

Residencia

Incidencia
de los patrones de ocupación
en la demanda energética
de edificios residenciales

Inmaculada Gallego Maya

Trabajo fin de máster

Tutor: Dr. Carlos Rubio Bellido
Cotutor: Dr. Alexis Pérez Fargallo

Incidencia de los patrones de ocupación en la demanda energética de edificios residenciales

Inmaculada Gallego Maya

Trabajo fin de máster

Tutor: Dr. Carlos Rubio Bellido
Cotutor: Dr. Alexis Pérez Fargallo

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, rounded initial 'A' followed by several loops and a horizontal stroke at the bottom.

COTUTOR

Dr. Alexis Pérez Fargallo
Universidad del Bío-Bío, Chile

A handwritten signature in blue ink, featuring a horizontal line with a vertical stroke intersecting it, followed by a long horizontal tail.

TUTOR

Dr. Carlos Rubio Bellido
Universidad de Sevilla

RESUMEN

El comportamiento de los ocupantes está reconocido como un factor de gran influencia en el rendimiento energético de un edificio. Su carácter estocástico le confiere una gran complejidad de estudio por lo que se considera uno de los problemas aún sin resolver en procesos de simulación y citado a menudo como causa principal en la brecha del rendimiento energético.

El presente trabajo se centra en el análisis de la influencia del comportamiento ocupacional en estudios de demanda energética en edificios residenciales mediante procesos de simulación con el software Energy Plus.

El objetivo de este trabajo discurre sobre el análisis de la incidencia de los patrones de ocupación normalizados por el Código Técnico de la Edificación (CTE) para casos de estudio en España y por los Estándares de Construcción con Criterios de Sustentabilidad (CSSC) para casos de estudio en Chile e identificar qué porcentaje de desviación de demanda es arrojado como resultado de una batería de procesos de simulación frente a la utilización de patrones de ocupación propuestos, obtenidos mediante resultados estadísticos, en estudios de consumo energético en edificios residenciales.

Finalmente se ha concluido el trabajo corroborando que el uso de los patrones de ocupación PRO presentan un incremento en la demanda energética total anual entre un 3,50% y un 3,93% frente al uso de los patrones de ocupación normalizados por el Código Técnico de la Edificación (CTE) mediante procesos de simulación en estudios de consumo energético en edificios residenciales. Y que el uso de los patrones de ocupación PRO presentan un incremento en la demanda energética total anual entre un 11,11% y un 47,04% frente al uso de los patrones de ocupación normalizados por los Estándares de Construcción con Criterios de Sustentabilidad (CSSC) mediante procesos de simulación en estudios de consumo energético en edificios residenciales.

Palabras clave: Eficiencia Energética; Vivienda; Demanda energética; Comportamiento ocupacional; solicitudes interiores.

ABSTRACT

Occupant behaviour is recognized as a factor of great influence in the energy performance of a building. Its stochastic character confers a great complexity of study for what is considered one of the problems still unresolved in simulation processes and often cited as the main cause in the energy performance gap.

The present work focuses on the analysis of the influence of occupational behaviour in energy consumption studies for residential buildings through simulation with Energy Plus software.

The objective of this paper is to analyze the influence of occupation patterns standardized by the Technical Building Code (CTE) for case studies in Spain and by the Construction Standards with Sustainability Criteria (CSSC) for case studies in Chile and identify what percentage of demand deviation is thrown as a result of a battery of simulation processes versus the use of proposed occupancy patterns, obtained through statistical results, in studies of energy consumption in residential buildings.

Finally the work has been concluded confirming that the use of the occupation patterns PRO present an increase in the total annual energy demand between 3.50% and 3.93% compared to the use of the occupation patterns standardized by the Technical Code of Building (CTE) through simulation processes in studies of energy consumption in residential buildings. And that the use of PRO occupation patterns show an increase in total annual energy demand between 11.11% and 47.04% compared to the use of occupancy patterns standardized by the Construction Standards with Sustainability Criteria (CSSC) through simulation processes in studies of energy consumption in residential buildings.

Keywords: Energy Efficiency; Housing; Energy demand; Occupational behaviour; Interior solicitations.

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| RESUMEN..... | 3 |
| ABSTRACT | 4 |
| ÍNDICE | 5 |
| LISTADO DE TABLAS | 9 |
| LISTADO DE FIGURAS | 11 |
| CAPÍTULO I ENUNCIADO DE LA INVESTIGACIÓN | 14 |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 15 |
| 2. HIPÓTESIS | 19 |
| 3. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN | 20 |
| 3.1. Objetivo general..... | 20 |
| 3.2. Objetivos específicos | 20 |
| CAPÍTULO II MARCO METODOLÓGICO | 21 |
| FASE I | |
| 4. VIVIENDA SOCIAL | 26 |
| 4.1. Vivienda social en España y Andalucía..... | 26 |
| 4.2. Vivienda social en Chile..... | 28 |
| 4.3. Normativa térmica de aplicación a la vivienda social en España | 29 |
| 4.4. Normativa térmica de aplicación a la vivienda social en Chile | 30 |
| 5. COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO | 31 |
| 5.1. Factores de impacto en el consumo energético | 31 |
| 5.2. Solicitaciones interiores | 34 |
| 5.3. Patrones de ocupación. Código Técnico de la Edificación Documento Básico - Ahorro de Energía 1 (CTE DB-HE 1)..... | 35 |
| 5.4. Patrones de ocupación. Estándares de Construcción con Criterios de Sustentabilidad (CSSC) | 35 |
| 5.5. Patrones de ocupación. Patrones de ocupación residencial propuestos (PRO) | 37 |
| FASE II | |
| 6. INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS | 47 |
| 6.1. Encuesta | 47 |

| | | |
|-----------------|---|----|
| 6.2. | Análisis de la encuestas aplicadas | 49 |
| 6.3. | Software para prácticas de simulación energética (Design Builder) | 49 |
| 6.4. | Software para análisis de datos estadísticos (StatGraphics) | 50 |
| 7. | VARIABLES | 50 |
| 7.1. | Variable dependiente | 50 |
| 7.2. | Variables independientes | 50 |
| 8. | Determinación mediante proceso de simulación la demanda energética resultado de aplicar a un modelo de vivienda tipo las solicitudes establecidas por el CTE DB-HE 1 en zonas climáticas templadas con verano seco y caluroso | 51 |
| 9. | Determinación mediante proceso de simulación la demanda energética resultado de aplicar a un modelo de vivienda tipo las solicitudes establecidas por el cssc en zonas climáticas templadas cálidas con lluvias invernales y gran humedad atmosférica | 55 |
| FASE III | | |
| 10. | Determinación mediante procesos de simulación la demanda energética resultado de aplicar a un modelo de vivienda tipo las solicitudes establecidas por los PRO en zonas climáticas templadas con verano seco y caluroso..... | 62 |
| 10.1. | Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 1 en la vivienda tipo | 62 |
| 10.2. | Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 1+1 en la vivienda tipo | 64 |
| 10.3. | Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 2 en la vivienda tipo | 67 |
| 10.4. | Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 2+1 en la vivienda tipo | 69 |
| 10.5. | Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 1+2 en la vivienda tipo | 72 |
| 10.6. | Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 3 en la vivienda tipo | 74 |
| 10.7. | Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 2+2 en la vivienda tipo | 75 |
| 10.8. | Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 4 en la vivienda tipo | 78 |
| 11. | Determinación mediante proceso de simulación la demanda energética resultado de aplicar a un modelo de vivienda tipo las solicitudes establecidas por los PRO | |

| | |
|--|------------|
| en zonas climáticas templadas cálidas con lluvias invernales y gran humedad atmosférica | 80 |
| 11.1. Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 1 en la vivienda tipo | 80 |
| 11.2. Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 1+1 en la vivienda tipo | 81 |
| 11.3. Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 2 en la vivienda tipo | 83 |
| 11.4. Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 2+1 en la vivienda tipo | 85 |
| 11.5. Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 1+2 en la vivienda tipo | 87 |
| 11.6. Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 3 en la vivienda tipo | 89 |
| 11.7. Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 2+2 en la vivienda tipo | 91 |
| 11.8. Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 4 en la vivienda tipo | 93 |
| FASE IV | |
| 12. Determinación de la desviación de demanda energética resultado de aplicar los PRO a la vivienda tipo frente al uso de las solicitudes establecidas por el CTE | 97 |
| 13. Determinación de la desviación de demanda energética resultado de aplicar los PRO a la vivienda tipo frente al uso de las solicitudes establecidas por el CSSC | 99 |
| CAPÍTULO III CONCLUSIONES | 102 |
| CAPÍTULO IV FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN | 105 |
| CAPÍTULO V PRODUCCIÓN CIENTÍFICA DURANTE EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO | 107 |
| 14. ARTÍCULOS CIENTÍFICOS | 108 |
| 15. APORTACIONES A CONGRESOS | 108 |
| 16. PARTICIPACIONES EN PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN | 108 |
| 17. BECAS DE INVESTIGACIÓN | 108 |

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO VI GLOSARIO | 109 |
| CAPÍTULO VII REFERENCIAS..... | 114 |
| CAPÍTULO VIII ANEXOS | 123 |
| ANEXO I | |
| Patrones de ocupación. Entrada de datos (Energy input). Patrones de ocupación residencial propuestos (PRO)..... | 124 |
| ANEXO II | |
| Sistemas constructivos de las viviendas modelo utilizadas en procesos de simulación para los casos de España y Chile | 126 |
| ANEXO III | |
| Formulario: Análisis del comportamiento ocupacional en edificios residenciales | 129 |

LISTADO DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 - Limitación de transmitancias (U), ventilación e infiltración para zona climática B4. ... | 30 |
| Tabla 2 - Limitación de transmitancias (U), ventilación e infiltración para Concepción, Región del Bío-Bío..... | 31 |
| Tabla 3 - Patrones de ocupación residencial. | 37 |
| Tabla 4 - Patrones usuales de ocupación residencial en España al año 2017. | 38 |
| Tabla 5 - Patrones de ocupación residencial propuestos para el caso de estudio (PRO) | 39 |
| Tabla 6 - Comportamiento ocupacional diario preestablecido por la actividad metabólica dentro del hogar..... | 41 |
| Tabla 7- Ecuaciones predictivas más utilizadas para la estimación del consumo energético en adultos en reposo. | 42 |
| Tabla 8 - Ecuaciones predictivas más utilizadas para la estimación del consumo energético en niños en reposo. | 42 |
| Tabla 9 - Cargas térmicas asociadas por individuo y por nivel de actividad. | 43 |
| Tabla 10 - Demandas asociadas a los principales equipos domésticos..... | 44 |
| Tabla 11 - Transmitancia térmica de los sistemas constructivos que componen la vivienda modelo para los casos de estudio en zona climática templada con verano seco y caluroso..... | 52 |
| Tabla 12 - Transmitancia térmica de los sistemas constructivos que componen la vivienda modelo para los casos de estudio en zona climática templada cálida con lluvias invernales y gran humedad atmosférica..... | 56 |
| Tabla 13 - Requerimiento de aporte energético mensual y anual para los perfiles de uso PRO y CTE (Wh/m ²). | 97 |
| Tabla 14 - Demanda energética diaria de refrigeración para los perfiles de uso PRO y CTE (Wh/m ²)..... | 98 |
| Tabla 15 - Demanda energética diaria de calefacción de los perfiles de uso PRO y CTE (Wh/m ²)..... | 98 |
| Tabla 16 - Requerimiento de aporte energético mensual y anual para los perfiles de uso PRO y CSSC (Wh/m ²)..... | 99 |

Tabla 17 - Demanda energética diaria de refrigeración para los perfiles de uso PRO y CSSC (Wh/m²)..... 100

Tabla 18 - Demanda energética diaria de calefacción para los perfiles de uso PRO y CSSC (Wh/m²)..... 100

LISTADO DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Diagrama de procesos sintetizado en los que se estructura el marco metodológico. | 22 |
| Figura 2 - Planta de vivienda tipo para el desarrollo del estudio y elevaciones del edificio. | 27 |
| Figura 3-Conjuntos de viviendas sociales en copropiedad destacadas en la Región del Bío-Bío, Chile. | 29 |
| Figura 4 - Energy input. Perfiles de uso residencial del CTE. | 35 |
| Figura 5 - Energy input. Perfiles de uso residencial vivienda Tipo 4. | 36 |
| Figura 6 - Clasificación climática según Köppen Geiger en la Península Ibérica e Islas Baleares. | 52 |
| Figura 7 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso CTE. | 53 |
| Figura 8 - Distribución de la demanda energética anual para perfiles de uso CTE. | 54 |
| Figura 9 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso CTE. | 55 |
| Figura 10 - Mapa político de Chile (izquierda) y | 57 |
| Figura 11 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso CSSC. | 58 |
| Figura 12 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso CSSC. | 58 |
| Figura 13 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso CSSC..... | 59 |
| Figura 14 - Energy input. Perfiles de uso PRO 1..... | 62 |
| Figura 15 Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 1..... | 63 |
| Figura 16 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 1..... | 63 |
| Figura 17 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 1..... | 64 |
| Figura 18 - Energy input. Perfiles de uso PRO 1+1..... | 65 |
| Figura 19 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 1+1..... | 65 |
| Figura 20 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 1+1. | 66 |
| Figura 21 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 1+1..... | 66 |
| Figura 22 - Energy input. Perfiles de uso PRO 2..... | 67 |

| | |
|--|----|
| Figura 23 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 2..... | 68 |
| Figura 24 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 2..... | 68 |
| Figura 25 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 2..... | 69 |
| Figura 26 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 2+1..... | 70 |
| Figura 27 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 2+1..... | 70 |
| Figura 28 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 2+1..... | 71 |
| Figura 29 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 2+1..... | 71 |
| Figura 30 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 1+2..... | 72 |
| Figura 31 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 1+2..... | 72 |
| Figura 32 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 1+2..... | 73 |
| Figura 33 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 1+2..... | 73 |
| Figura 34 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 3..... | 74 |
| Figura 35 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 3..... | 74 |
| Figura 36 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 3..... | 75 |
| Figura 37 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 3..... | 75 |
| Figura 38 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 2+2..... | 76 |
| Figura 39 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 2+2..... | 76 |
| Figura 40 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 2+2..... | 77 |
| Figura 41 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 2+2..... | 77 |
| Figura 42 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 4..... | 78 |
| Figura 43 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 4..... | 78 |
| Figura 44 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 4..... | 79 |
| Figura 45 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 4..... | 79 |
| Figura 46 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 1..... | 80 |

| | |
|--|----|
| Figura 47 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 1..... | 80 |
| Figura 48 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 1..... | 81 |
| Figura 49 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 1+1..... | 82 |
| Figura 50 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 1+1. | 82 |
| Figura 51 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 1+1..... | 83 |
| Figura 52 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 2..... | 84 |
| Figura 53 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 2..... | 84 |
| Figura 54 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 2..... | 85 |
| Figura 55 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 2+1..... | 86 |
| Figura 56 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 2+1. | 86 |
| Figura 57 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 2+1..... | 87 |
| Figura 58 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 1+2..... | 88 |
| Figura 59 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 1+2. | 88 |
| Figura 60 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 1+2..... | 89 |
| Figura 61 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 3..... | 90 |
| Figura 62 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 3..... | 90 |
| Figura 63 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 3..... | 91 |
| Figura 64 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 2+2..... | 92 |
| Figura 65 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 2+2. | 92 |
| Figura 66 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 2+2..... | 93 |
| Figura 67 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 4..... | 94 |
| Figura 68 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 4..... | 94 |
| Figura 69 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 4..... | 95 |

CAPÍTULO I ENUNCIADO DE LA INVESTIGACIÓN

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los obstáculos más importantes para mejorar sustancialmente la Eficiencia Energética (EE) en el sector residencial es la falta de conocimiento sobre los factores preponderantes en el uso de energía. Con relativa frecuencia se manifiesta una discrepancia acerca del consumo simulado y el consumo real en los edificios. Sin embargo, los motivos de esta divergencia a menudo tienen más que ver con el papel del comportamiento de los ocupantes que con las características de diseño del edificio (Emery, 1996; IEA, 2016).

El consumo energético de un edificio se encuentra relacionado con múltiples factores entre los que se distinguen por mayor grado de impacto (ASHRAE 55, 2013; EN 15251, 2007; Fanger, 1970; IEA, 2016; ISO 7730:2005, 2005):

- Condiciones climáticas
- Características constructivas de la envolvente térmica
- Instalaciones, equipamientos y tipos de energía
- Condiciones operacionales y mantenimiento del edificio
- Condiciones ambientales interiores
- Uso y comportamiento ocupacional

El confort térmico se puede definir como (ASHRAE 55, 2013):

"Aquella condición de la mente que proporciona satisfacción con el ambiente térmico"

El individuo, ante la necesidad de satisfacer su condición, actúa controlando el medio. Su presencia y sus acciones, acentuadas por la profusión de las variables físicas, condicionan el balance entre individuo y medio (Fanger, 1970).

De la importancia del comportamiento ocupacional surgen prestigiosas investigaciones, aunque en otra línea a la planteada en este trabajo, como son los proyectos RP-884 y SCATs (Smart Control and Thermal Comfort) sirviendo como fundamento para emergentes Estándares de Confort Térmico Adaptativo (ATC) considerados a día de hoy los más acreditados a escala global: ASHRAE 55-2013 (ASHRAE 55, 2013; De Dear & Brager, 2002) y EN 15251:2007 (EN 15251, 2007)(Nicol & Humphreys, 2002). Citados modelos son de aplicación para el estudio de edificios en condición de oscilación libre, es decir, no se asienta en la teoría de intercambio de calor sino en la capacidad de los ocupantes para adaptarse indistintamente y de modo bidireccional hasta conseguir la condición de confort deseada. Por tanto, son las personas las que se ajustan a su entorno térmico mediante cambios en el aislamiento de su ropa (Clo), nivel de tasa metabólica (MET) o tal vez mediante acciones de adaptación del entorno, por ejemplo, la acción de apertura o cierre de ventanas (Fanger, 1970; Humphreys, Rijal, & Nicol, 2013).

Mantener unas condiciones de confort definidas en el interior de un edificio requiere de un aporte energético que satisfaga la necesidad de demanda energética de sistemas de calefacción y refrigeración en función de las condiciones climáticas del entorno y del uso del

edificio. (CTE, 2013; Gou, Nik, Scartezini, Zhao, & Li, 2018). Existen una serie de cargas térmicas internas al edificio que, entre otros factores, perturban la condición de confort, entre ellas se encuentran las cargas térmicas internas asociadas a equipos electrodomésticos, aparatos de uso doméstico e iluminación, así como por las cargas térmicas generadas por la tasa metabólica de los individuos e incluso mascotas (Ruellan, Park, & Bennacer, 2016).

En España y en términos de energía global, el parque edificado residencial simboliza un 17% del consumo final total y un 25% de la demanda de energía eléctrica (IDAE, 2011). La Agencia Internacional de Energía (IEA) (Tam, 2013) recoge la tendencia del comportamiento energético del sector residencial desde el año 1990 al año 2011. La demanda de energía en sistemas de calefacción sufre una reducción del 0,8 % al año 2011 con respecto al año 1990; la demanda para iluminación presenta una reducción del 0,3 %. La demanda en sistemas de refrigeración, en cambio, sufre un incremento al año 2011 de un 2,6 %, seguido con un 2,3 % en la demanda energética para equipos electrónicos domésticos.

Comprender los factores que influyen en el uso de la energía y evaluar el papel desempeñado por la EE para reducir la demanda a través de mejoras en la eficiencia de los edificios, ayudarán a contener el crecimiento del consumo energético del sector residencial tanto desde el punto de vista social hasta el punto de vista de las políticas europeas para la reducción del impacto ambiental (Tam, 2013).

La norma internacional UNE-EN ISO 13790 (CEN, 2011), derogada a finales del pasado año, proponía diferentes métodos para el cálculo de la evaluación de la demanda energética de un edificio tanto de uso residencial como no residencial. Estos métodos permitían un análisis de carácter estático propuesto bajo la entrada de datos preestablecidos. En la actualidad, las nuevas herramientas tecnológicas permiten realizar estudios mediante software de simulación energética que facilitan conocer, controlar y cambiar el comportamiento energético de un edificio de manera virtual y dinámica.

La práctica de la simulación en el sector residencial, así como la categorización del consumo energético mediante certificaciones llevan siendo prácticas habituales desde hace pocos años atrás. El comportamiento de los ocupantes se ha determinado como altamente potencial en el impacto del uso de la energía y en la calidad ambiental interior, aunque frecuentemente mal representado en prácticas de simulación. (Rijal et al., 2007; Yang, Santamouris, & Lee, 2016).

El estudio del comportamiento de los ocupantes para predecir la influencia del consumo energético de solicitudes interiores ha sido muy estudiado en edificios de oficinas (Gentile & Dubois, 2017; Nagy, Yong, & Schlueter, 2016; Seungjae Lee; Panagiota Karava; Ilias Billionis; Athanasios Tzempelikos. Athanasios Tzempelikos, 2018), donde el comportamiento de los usuarios se observa como una variable explicativa, habitualmente sujeta a patrones casi programados (Gunay, O'Brien, Beausoleil-Morrison, & Gilani, 2017). Sin embargo, el propósito de analizar la conducta adaptativa en casos de edificios residenciales se ha realizado en estudios que verdaderamente ahondan en el análisis de los perfiles operacionales (Flett & Kelly, 2017; Gunay et al., 2017; Motuziene & Vilutiene, 2013; O'Brien & Gunay, 2014; Rijal et

al., 2007). El resultado de algunos de estos estudios, enfocados en el análisis de la demanda energética en calefacción, ventilación o iluminación a través de la influencia de las características del comportamiento habitacional, confirma que factores como la edad, el número de ocupantes por vivienda, así como el propio comportamiento, influyen notablemente en la obtención de resultados en procesos predictivos mediante simulación (Motuziene & Vilutiene, 2013).

Manejar datos más precisos sobre la influencia de la ocupación en el consumo energético nos ayudaría a acercarnos a un rendimiento energético más real en las viviendas. Además, ayudaría a proyectar diseños de construcción más adecuados y políticas globales de ahorro de energía para avanzar en plantear nuevos objetivos de reducción en el consumo (Guerra Santin, 2011).

Las solicitudes internas son acciones interiores al edificio que tienen efecto sobre el comportamiento térmico del mismo. Comprende, fundamentalmente, las cargas térmicas debidas a los aportes de energía de los ocupantes, equipos e iluminación (CTE DB-HE, 2013). Se tratan de factores parametrizables en procesos de simulación vinculados estrechamente con el comportamiento ocupacional. Para prácticas de simulación en España están siendo recogidas en el Código Técnico de la Edificación (CTE). El Documento Básico de Ahorro de Energía (CTE DB-HE) tiene por objetivo establecer reglas y procedimientos que posibiliten el cumplimiento de las exigencias establecidas en cuanto a EE (CTE DB-HE, 2013).

Define solicitudes interiores como (CTE DB-HE, 2013):

"Cargas térmicas generadas en el interior del edificio debidas a los aportes de energía de los ocupantes, equipos e iluminación".

Este documento acoge perfiles de uso normalizado para las solicitudes interiores interpretados como unidad de energía partida por superficie (W/m^2). Tales exigencias se encuentran consolidadas en un único patrón ocupacional, es decir, un único modelo de comportamiento de los individuos, modificado en función del uso del edificio, la densidad de las fuentes internas y el periodo de utilización entendido por rangos de horas (h).

Al igual que la normativa española, existen otras normativas que establecen exigencias para procesos de simulación en estudios de consumo energético de los edificios.

Las exigencias para la práctica de simulación en Chile vienen recogidas en un documento guía: Estándares de Construcción con Criterios de Sustentabilidad (CSSC), Tomo II Ahorro de Energía. Las solicitudes interiores están publicadas como fracción de cargas horarias a considerar para las cargas térmicas de la vivienda. Las cargas térmicas acogidas en la guía atienden a variaciones horarias ocupacionales descritas por B.M. Johnson en su investigación *Patterns of Residential Occupancy* (B. M. Johnson, 1981). La metodología desarrollada por B.M. Johnson establece una carga térmica (W) asociada por individuo. Esta carga radica directamente del nivel MET desempeñado por el individuo, comúnmente categorizado en diferentes grados de actividad (ASHRAE 55, 2013; B. M. Johnson, 1981; UNE-EN ISO 8996,

2005). El documento define dos modelos tipo de aportaciones energéticas más habituales en base a patrones de ocupación: unos de los modelos está definido por una estructura de hogar conformada por dos adultos, mientras el que el segundo de los modelos definidos describe a una estructura de hogar formada por dos miembros adultos y al menos un niño en edad escolar. El discurso que se plantea con citada referencia para un acercamiento riguroso mediante simulación del consumo energético no es la metodología planteada sino la errada praxis por parte del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) del uso de estos datos a las exigencias normativas de aplicación. Los CSSC asientan como exigencias representativas generales a un único patrón de ocupación, un único modelo predictivo, sabiendo que extrapolar estas exigencias a cualquier otra situación de estudio dada diferente a la del caso garantizaría resultados con altas probabilidades de distorsión respecto a la realidad.

Concluyendo por tanto que, todas aquellas exigencias recogidas en cuanto a EE para edificios de uso residencial, indistintamente en documentación o normativa para España o para Chile, en lo que atiende a patrones o calendarios de uso y ocupación, no reflejan la realidad. Como consecuencia, se manifiesta claramente una discrepancia entre la demanda total de energía predicha mediante simulación y la demanda total de energía real en los edificios, comúnmente conocido en diferentes ámbitos como Performance Gap (PG) o Brecha de Rendimiento (Kampelis et al., 2017; Khoury, Alameddine, & Hollmuller, 2017), que puede ser atribuida principalmente a la tergiversación del papel que desempeñan los ocupantes en la ecuaciones de estimación de energía. Y por otro lado, aunque los ocupantes presenten patrones de ocupación y uso variables, también se vislumbran variaciones en estimación de energía en ciclos de vida de los edificios a causa de que la herramientas de simulación actuales presentan dichas variables como constantes (Azar & Menassa, 2012).

El objetivo de esta investigación se centra en analizar la desviación de demanda energética obtenida mediante procesos de simulación de la aplicación de los patrones de ocupación normalizados por el Código Técnico de la Edificación (CTE) para casos de estudio en España con clima templado con verano seco y caluroso y por los Estándares de Construcción con Criterios de Sustentabilidad (CSSC) para casos de estudio en Chile con clima templado cálido con lluvias invernales y gran humedad atmosférica, frente a la utilización de patrones de ocupación de hogares tipo, en estudios de consumo energético en edificios residenciales.

La propuesta de análisis en dos zonas climáticas diferentes se ha planteado ante la curiosidad de averiguar si la propuesta de investigación, bajo problemas de similar índole, presenta algún comportamiento análogo.

2. HIPÓTESIS

El uso de patrones de ocupación normalizados por el Código Técnico de la Edificación (CTE) y por los Estándares de Construcción con Criterios de Sustentabilidad (CSSC) en procesos de simulación energética influyen en los resultados de demanda energética presentando cierta desviación frente a la utilización de patrones de ocupación de hogares tipo, en estudios de consumo energético en edificios residenciales.

3. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Objetivo general

Evaluar la desviación de demanda energética obtenida mediante procesos de simulación de la aplicación de los patrones de ocupación normalizados por el Código Técnico de la Edificación (CTE) para casos de estudio en España con clima templado con verano seco y caluroso y por los Estándares de Construcción con Criterios de Sustentabilidad (CSSC) para casos de estudio en Chile con clima templado cálido con lluvias invernales y gran humedad atmosférica, frente a la utilización de patrones de ocupación de hogares tipo, en estudios de consumo energético en edificios residenciales.

3.2. Objetivos específicos

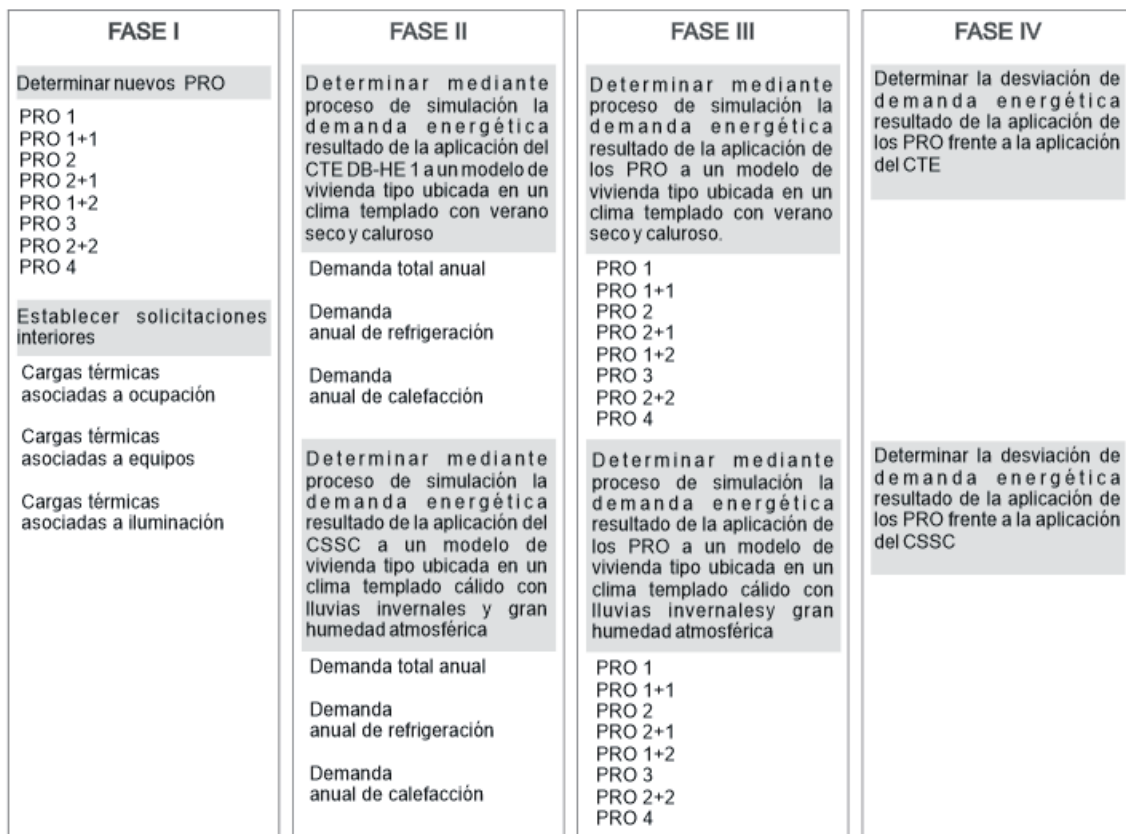
1. Determinar nuevos patrones de ocupación representativos para edificios de uso residencial mediante resultados estadísticos y establecer sus solicitudes interiores.
2. Determinar mediante procesos de simulación la demanda energética resultado de aplicar a un modelo tipo de vivienda las solicitudes establecidas por los documentos CTE DB-HE 1 y CSSC.
3. Determinar mediante procesos de simulación la demanda energética resultado de aplicar a un modelo tipo de vivienda las solicitudes interiores de los nuevos patrones de ocupación propuestos.
4. Comparar y determinar la desviación de demanda energética resultado de aplicar las solicitudes propuestas a un modelo tipo de vivienda, frente al uso de las solicitudes establecidas por los documentos CTE DB-HE 1 y CSSC.

CAPÍTULO II MARCO METODOLÓGICO

Establecer una estructura adecuada para el desarrollo de este trabajo ayudará tanto a la elaboración de éste como a su fácil comprensión.

El marco metodológico debe contemplar la explicación del proceso utilizado para resolver la problemática investigada. Es importante comprender que la metodología es un procedimiento progresivo y que no es posible crear un marco metodológico adecuado sin fundamentaciones teóricas que justifiquen el objetivo.

Proyectar una visión clara del proceso de análisis puede resultar una tarea difícil cuando se trata de un trabajo largo y complejo . Por esta razón se plantea un esquema gráfico sintetizado de la estructura del marco metodológico.



* NOTA. PRO Patrones de Ocupación Residencial propuestos para el estudio.

Figura 1 - Diagrama de procesos sintetizado en los que se estructura el marco metodológico.
FUENTE: Elaboración propia.

La estructura del marco metodológico (Figura 1) atiende a cuatro fases principales que dan respuesta a cada uno de los objetivos específicos desarrollados en el Apartado 3.2.

La primera de las fases, ligada al objetivo 1, es la fase que contempla mayor fundamento teórico. Está enfocada en el desarrollo del proceso de determinación de los nuevos patrones de ocupación que se han propuesto para alcanzar la hipótesis de este estudio. Una vez establecidos los nuevos patrones de ocupación el siguiente paso será determinar las cargas térmicas asociadas a las solicitudes interiores para cada uno de los modelos propuestos.

En la fase II comienzan los procedimientos técnicos para el análisis de la incidencia de los patrones de ocupación en estudios de demanda energética.

Desde esta fase en adelante el informe se divide en dos grandes líneas de trabajo paralelas. Esta propuesta de análisis paralelo se ha planteado ante la curiosidad de averiguar si la propuesta de investigación, bajo problemas de similar índole, presentaba algún comportamiento análogo.

- Una de las líneas se centra en el análisis de la normativa española. El estudio del comportamiento energético se realiza a una vivienda modelo tipo cuya ubicación es imprescindible en procesos de simulación, por lo que en esta primera línea se ha propuesto la ubicación en una zona climática que atiende al uso del marco normativo español. En este caso, adelantar que la ciudad para el caso estudio es la ciudad de Sevilla (Csa), clasificado según Köppen como clima templado con verano seco y caluroso.
- Atendiendo al mismo proceso que la línea anterior, se ha establecido una segunda línea enfocada al estudio de la normativa en Chile. El estudio del comportamiento energético se realiza a la misma vivienda modelo tipo pero en este caso la ubicación atiende a una zona climática ubicada dentro del uso del marco normativo chileno. La ciudad de Concepción (Csbn's) ha sido la ciudad elegida para el estudio, clasificada según Köppen como clima templado cálido con lluvias invernales y gran humedad atmosférica.

La fase III recoge el análisis de la aplicación de los nuevos patrones de ocupación diseñados para el estudio del comportamiento energético de la misma vivienda modelo tipo que se ha establecido para cada una de las zonas climáticas seleccionadas.

- Siguiendo con las dos líneas de estudio, se ha procedido al análisis de la demanda energética de los ocho nuevos patrones de ocupación sobre la vivienda tipo ubicada en un clima templado con verano seco y caluroso
- Del mismo modo, se han aplicado los patrones de ocupación sobre la vivienda tipo para el análisis de la demanda energética, en este caso en la zona climática templada cálida con lluvias invernales y gran humedad atmosférica.

En último lugar, la fase IV recoge el análisis de la incidencia de la aplicación de los ocho nuevos patrones de ocupación en el estudio de la demanda energética de la vivienda modelo frente a la aplicación de las normativa CTE y CSSC.

FASE I

Determinar nuevos patrones de ocupación representativos para edificios de uso residencial mediante resultados estadísticos y establecer sus solicitudes interiores

4. VIVIENDA SOCIAL

4.1. Vivienda social en España y Andalucía

Hacia el año 1954 ante la insistencia de hacer desaparecer el chabolismo y reducir los costes en la vivienda en España, surge la necesidad de definir cambios en la naturaleza constructiva instaurada en el momento. Aquellos cambios adquirieron una condición de obligatoriedad entre los arquitectos de la época, por lo que según la literatura podrían concebirse como las primeras exigencias instauradas en España referentes a viviendas de carácter social (“Los años 50. La arquitectura española y su compromiso con la historia.,” 2000). No es hasta el año 1963 con el Decreto 2114/1968, de 24 de julio por el que se aprueba el Reglamento para la aplicación de la Ley sobre viviendas de protección oficial, que se aprueba la primera legislación sobre viviendas de protección oficial.

En la actualidad, las exigencias de las viviendas de carácter social quedan reguladas por medio de las administraciones públicas autonómicas, desarrolladas en un primer momento por la administración general del Estado. El Decreto 149/2006, del 25 de julio, aprueba el Reglamento de Viviendas Protegidas de la Comunidad Autónoma de Andalucía y se desarrolla determinada Disposición de Ley 13/2005, del 11 de noviembre, de medidas en Materia de Vivienda Protegida y el Suelo (Consejería de Obras Públicas y Transportes, 2006).

En virtud de lo dispuesto por la Ley 13 / 2005, Medidas para la Vivienda Protegida y el Suelo, se entiende por vivienda protegida la que está sujeta a un precio máximo de venta o alquiler, se destine a residencia habitual, presente las exigencias técnicas diseño establecidas en las disposiciones de aplicación pertinente y sea calificada como tal por la consejería en materia de viviendas.

Las exigencias recogidas atenderán en función de los programas a los que quede acogida la calificación. A modo generalizado, el valor de los suelos destinados a la construcción de viviendas protegidas, sumados los costes de las obras de urbanización necesarias, no podrá exceder del 15 % del precio de venta de las viviendas protegidas que pudieran construirse sobre los mismos. La superficie útil quedará limitada como máximo en 90 m² para disposiciones de viviendas que posean 3 dormitorios. La distribución interna de los espacios queda regulada igualmente por atribución mínima de superficie útil, siendo de 12 m² como mínimo para el dormitorio principal y al menos de 8 m² para el resto de dormitorios; con la proyección de al menos un baño completo y un aseo. La altura de la edificación queda establecida en 2.70 m libres a considerar de forjado a forjado y 2.50 m de altura libre entre suelo acabado y techo acabado (Figura 2) (Consejería de Obras Públicas y Transportes, 2006; CTE, 2013; Ley 13/2005, 2005; Orden de 21 de Julio de 2008, 2008; Orden de 7 de Julio de 2009, 2009).



Figura 2 - Planta de vivienda tipo para el desarrollo del estudio y elevaciones del edificio.
FUENTE : Elaboración propia

El diseño de las viviendas destinadas a uso residencial puede considerarse un parámetro diversificado, acogido a corrientes de moda temporal. Las exigencias técnicas de diseño de las viviendas sociales actuales atienden a una estandarización legal aproximada, por tanto, han servido como justificación y fundamento para el diseño del modelo de vivienda tipo utilizado para el desarrollo de los objetivos planteados para el presente estudio. Sirva además como

oportunidad para la extrapolación de la metodología propuesta a futuros estudios en diferentes zonas climáticas.

4.2. Vivienda social en Chile

Chile, desde 1964 a 2015, ha entregado más de 3.671.646 subsidios para la construcción de viviendas sociales, representando en torno a 14.250.000 millones de pesos chilenos, equivalentes a 19.000 millones de euros de inversión desde el año 1990 (MINVU, 2016). Este dato da una visión ampliada de la importante inversión realizada para disminuir el déficit habitacional y mejorar la calidad de vida de los sectores más desfavorecidos de Chile. Los instrumentos legislativos para llevar a cabo la entrega de los subsidios para la obtención de viviendas en la actualidad son los Decretos Supremos 01 y 49 (MINVU, 2011a, 2011b).

Existen una serie de requisitos en Chile para que una vivienda pueda ser categorizada como vivienda social. En primer lugar debe cumplir con el Decreto con Fuerza de Ley N° 2, de 1959, sobre el Plan Habitacional (MOP, 1959). Se considerarán "viviendas económicas", para los efectos del presente Decreto con Fuerza de Ley, las que se construyan en conformidad a sus disposiciones, tengan una superficie edificada no superior a 140 metros cuadrados por unidad de vivienda y reúnan los requisitos, características y condiciones que determine el reglamento especial que dicte el presidente de la república. Y por otro lado además debe de cumplir con el Artículo 6.1.2. de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC) (MINVU, 1992), donde se define como vivienda social a la vivienda económica de carácter definitivo, cuyo valor de tasación no sea superior a 400 Unidades de Fomento, salvo que se trate de condominios de viviendas sociales en cuyo caso podrá incrementarse dicho valor hasta en un 30%.

Actualmente, las viviendas ejecutadas, independientemente de si son financiadas de forma privada o pública, tienden a cumplir un canon de similitud. Suelen estar bajo un modelo de viviendas aisladas, pareadas, en hilera y en bloque. Todas las viviendas presentan una geometría estandarizada que puede deberse a las limitaciones de superficie y de presupuesto. Habitualmente disponen de dos o tres dormitorios, una zona de living-comedor, cocina y baño. Sus características constructivas varían en función de las exigencias técnicas de aplicación en función de la región de Chile en las que se ejecuten, presentando similitudes todas aquellas viviendas pertenecientes a la misma región. La tipología predominante en la Región del Bío-Bío es el bloque de viviendas en altura. En la Figura 3 se pueden observar algunos conjuntos de bloques destacados de la región (MINVU, 2014b). Cuando se ejecutan como bloque de viviendas suelen tener sistemas constructivos menos livianos que los modelos de viviendas unifamiliares. Los muros estructurales y forjados están resueltos en hormigón armado, las cubiertas acabadas con planchas de aluminio - zinc sobre estructuras de cerchas de madera, los revestimientos exteriores se ejecutan generalmente con placas de fibrocemento y el revestimiento interior en aplacado de cartón yeso. Las carpinterías comúnmente son de aluminio con vidrio simple. Debido a sus sistemas constructivos suelen ser viviendas con un grado de hermeticidad al aire bajo y con una baja inercia térmica (CITEC UBB; DECON UC, 2012; MINVU, 2010).



Figura 3-Conjuntos de viviendas sociales en copropiedad destacadas en la Región del Bío-Bío, Chile.
FUENTE : (MINVU, 2014b)

4.3. Normativa térmica de aplicación a la vivienda social en España

En el Código Técnico de la Edificación (CTE), el Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) fue planteado para la unificación de toda aquella normativa que recogiese exigencias mínimas para el ahorro de energía en edificación. Las exigencias básicas recogidas atienden al ahorro de la energía, limitación de las demandas energéticas, rendimiento de las instalaciones térmicas, EE en instalaciones de iluminación, contribución solar mínima para ACS y contribución fotovoltaica mínima para energía eléctrica (CTE DB-HE, 2013).

La Directiva de Eficiencia Energética en Edificios del año 2002, a través Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, mediante el que se aprobó un Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción, establece la norma europea dirigida para garantizar el cumplimiento en cuanto al control de emisiones de CO₂, consumo energético y EE en el parque residencial. Como transposición de la norma referencia, así como posteriores textos redifundidos por la Directiva, España aprueba el Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios (RD 235/2013, 2013; RD 47, 2007).

La Calificación Energética es el resultado una metodología utilizada para estimar el consumo de una vivienda o parte de ésta en condiciones de funcionamiento habituales. La calificación energética es asignada en base a un informe realizado por un técnico competente, donde recoge información objetiva sobre valores de referencia tales como requisitos mínimos de EE con el fin de que los propietarios o arrendatarios del edificio o de una unidad de éste puedan comparar y evaluar su sostenibilidad; de esta forma se promueve valorar y comparar desde el punto de vista energético y económico el sector de la construcción y favorecer la promoción de edificios de alta EE así como posible la evaluación futura del retorno de inversiones en aspectos energéticos. Además, este real decreto contribuye a informar de las emisiones de CO₂ por el uso de la energía proveniente de fuentes emisoras en el sector residencial, lo que facilitará la adopción de medidas para reducir las emisiones y mejorar la calificación energética de los edificios (RD 235/2013, 2013; UNE-EN 16627, 2016).

Las exigencias térmicas relativas a envolvente térmica vienen acogidas en el CTE DB-HE Ahorro de Energía (Tabla 1). A día de hoy es el único documento de obligado cumplimiento que afecta al sector residencial en este ámbito.

Tabla 1 - Limitación de transmitancias (U), ventilación e infiltración para zona climática B4.
FUENTE : Elaboración propia a partir de (CTE DB-HE, 2013).

| Caso | U ventanas (W/m ² K) | U envolvente (W/m ² K) | | | Ventilación I/(s*persona) | Permeabilidad al aire (m ³ /h·m ²) |
|------|------------------------------------|-----------------------------------|-------|---------------------------|------------------------------|--|
| | | Techo | Muros | Forjados | | |
| | | | | (m ² K)/W]*100 | | |
| CTE | 4.20 | 0.45 | 0.82 | 0.52 | 0.80 | <50 |

*NOTA. Las exigencias recogidas en la tabla atienden a las de aplicación al caso de estudio.

4.4. Normativa térmica de aplicación a la vivienda social en Chile

Chile fue el primer país de América latina en incorporar en sus normativas conceptos de EE, aunque históricamente no se habían contemplado tales exigencias para los edificios. En la actualidad, el Art. 4.1.10. de OGUC regula los requisitos que deben cumplir las envolventes térmicas de las viviendas, asociadas con la transmitancia térmica; dicho artículo es de obligado cumplimiento pero sus requerimientos son bastante bajos (MINVU, 2007). También existen otros documentos como los Estándares de Construcción con Criterios de Sustentabilidad (CSSC), cuyos requerimientos son mayores pero por el momento solo es un documento de apoyo, no es obligado su cumplimiento (Building Research Establishment, 2016). Aun así, se puede decir que sus estándares (Tabla 2) son relativamente bajos si se comparan con otros estándares internacionales. Con fecha en el año 2014 se desarrolló un anteproyecto de Norma Técnica MINVU (NTM 11-2) que se desarrolla con objetivo de actualizar el Reglamento Técnico y el Art. 4.1.10 de la OGUC. En este documento se recogen unas exigencias térmicas notablemente superiores a las establecidas en por la OGUC (Tabla 2). Puesto que la intención de este anteproyecto de norma es su entrada en vigor en un futuro próximo, podría considerarse como ideal la consideración de sus exigencias previniendo esta futura legalidad. Por esta razón Bustamante afirma que incluso los edificios de nueva construcción serán en un futuro objeto de reacondicionamiento debido a sus bajas exigencias asociadas con la EE (Bustamante, Cepeda, Martínez, & Santa María, 2009). Los mismos autores indican que pese a tener una participación en el consumo energético del país del 21,3%, la mayor parte de las viviendas se encuentran por debajo de los límites de temperatura en confort en época de invierno a causa del alto coste que presentan los combustibles y los bajos ingresos que tienen las familias, deduciéndose por tanto la importancia de avanzar en los aspectos relacionados con la EE y habitabilidad de los edificios ya construidos o que se puedan construir. Además, desde el punto de vista económico, los bajos niveles de desempeño térmico de las viviendas en Chile cuestan cerca de 1.000 millones de dólares anualmente al Estado (Figuerola et al., 2013).

Tabla 2 - Limitación de transmitancias (U), ventilación e infiltración para Concepción, Región del Bío-Bío
 FUENTE : Elaboración propia a partir de (OGUC (Art. 4.1.10), Estándares de Construcción Sustentable con Criterios de Sustentabilidad para Viviendas en Concepción y Norma Técnica MINVU NTM 11-2).

| Caso | U ventanas (W/m ² K) | | | U envolvente (W/m ² K) | | | Ventilación I/(s*persona) | Hermeticidad (ACH50) |
|------|---------------------------------|---------|--------|-----------------------------------|-------|---------------------------|---------------------------|----------------------|
| | <21% | 21-60% | 60-75% | Techo | Muros | Forjados | | |
| | | | | | | (m ² K)/W]*100 | | |
| OGUC | >3,6 | 2,4-3,6 | < 2,4 | 0,38 | 1,7 | 150 | - | - |
| SCCS | - | 2,4-3,6 | < 2,4 | 0,33 | 0,5 | 45 | 5,2 | 8 |
| NTM | 3,00 | | < 3,6 | 0,33 | 0,5 | 167 | - | - |

5. COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO

5.1. Factores de impacto en el consumo energético

Las condiciones climáticas, las características constructivas de la envolvente térmica, las instalaciones, los equipos, el tipo de energía consumida, las condiciones operativas del edificio, el mantenimiento, las condiciones ambientales interiores, así como el programa de usos y el comportamiento de los ocupante, son algunos de los múltiples factores que infieren con mayor grado de impacto en el consumo energético de un edificio (ASHRAE 55, 2013; EN 15251, 2007; Fanger, 1970; IEA, 2016; ISO 7730:2005, 2005).

5.1.1. Condiciones climáticas

Las simulaciones energéticas a menudo se utilizan para evaluar las condiciones ambientales interiores además del consumo de energía de los edificios. En dichas simulaciones, es común usar datos meteorológicos regionales que normalmente se basan en las condiciones climáticas actuales o pasadas (Kikumoto, Ooka, Arima, & Yamanaka, 2015). En los últimos años ha sido una línea de investigación donde abordar el compromiso de evaluar los impactos del cambio climático en el uso y consumo de energía durante el ciclo de vida de edificios e investigar medidas de mitigación en etapas de diseño, principalmente, para su adaptación climática (Kikumoto et al., 2015; Nicol & Humphreys, 2002; Rubio-Bellido, Pérez-Fargallo, & Pulido-Arcas, 2016; Santamouris, Cartalis, Synnefa, & Kolokotsa, 2015; van Hooff, Blocken, Hensen, & Timmermans, 2014; Wang & Chen, 2014).

5.1.2. Características constructivas de la envolvente térmica

Las principales soluciones para mejorar la EE de un edificio es gestionar el flujo de calor a través de su envolvente térmica. (Aldawi, Alam, Khan, & Alghamdi, 2013). Se considera como parte de la envolvente del edificio paredes exteriores, ventanas, puertas, techo y suelo; dicho de otro modo, aquellos elementos que pueden afectar significativamente al consumo de energía. Se trata de una ardua tarea por tanto conseguir una buena EE en función de la solución de las envolvente térmica y aún más si se utilizan materiales de construcción convencionales (Lawania & Biswas, 2016).

5.1.3. Instalaciones, equipamientos y tipos de energía

El sector de la edificación en España asume un 30 % del consumo energético total del país, correspondiendo un 18.5 % al parque edificado residencial. Su importancia es aún mayor como consumidor de determinadas fuentes de energía: supone el 98 % del consumo de energía solar térmica, el 84 % del consumo de GLP, casi el 79 % de la energía geotérmica, 65% biomasa, el 61 % en consumo de electricidad y el 42 % del total de combustibles gaseosos. El parque edificatorio es el campo con mayor implantación de energías renovables alcanzando un 54,86 % sobre el consumo nacional total y apenas un 10 % del otro casi 50 % del consumo total de energía nacional, representa las energías derivadas del petróleo (Ministerio del Fomento, 2013).

En el consumo de energía por usos en España despunta el consumo por calefacción con un 43 % del consumo total del sector residencial; le sigue el consumo de energía por electrodomésticos y con un porcentaje minoritario se señala el consumo de equipos de acondicionamiento. Esta clasificación difiere en un menor porcentaje de consumo en calefacción y mayores porcentajes en el resto de consumos frente a la categorización por usos establecida en el sector residencial a nivel de la UE, sin embargo, en el ranking de consumo energético del sector residencial a nivel europeo, España se encuentra entre uno de los países con menor consumo. La principal hipótesis de esta causa se basa en el hecho de que una mayoría sustancial de hogares no puede permitirse a nivel económico mantener su casa adaptada a unas condiciones de confort óptimas, es por ello, que la posición mencionada por la Encuesta de Condiciones de Vida del consumo de energía y combustible de los hogares españoles con respecto a los hogares de la UE tiene por causa de que para economizar en las facturas energéticas de los hogares, en España se sacrifican de las condiciones de confort (Ministerio del Fomento, 2013).

En Chile el consumo de energía en el sector residencial ascendió al año 2015 a 40.945 Tcal, representando un 15 % del consumo de energía total del país. La distribución de consumo de energías total del sector alcanza a nivel del país un 43 % para biomasa, despuntando notablemente sobre el resto de fuentes energéticas; le sigue con 15 % el consumo de energía eléctrica, con un 17 % para el gas licuado del petróleo y los menores porcentajes de consumo lo adquieren el gas natural con un 12 % y el keroseno con un 5 % (Ministerio de Energía, 2015).

El consumo bruto de energía destaca en el sector residencial en Chile por presentar un consumo del 56,3 % para sistemas de calefacción, seguido de un 17,3 % para ACS (MINVU, 2014a)

5.1.4. Condiciones operacionales y mantenimiento del edificio

A la problemática planteada y a la preocupación por el factor impacto económico en el que se traduce, surge la necesidad por parte de los organismos reguladores de normalizar en el ámbito legal algoritmos para el análisis de tales impactos, y no solo económicos, sino también

sociales y medio ambientales a lo largo del ciclo de vida de los edificios (EN 15643-4, 2012; UNE-EN 16627, 2016).

Hablar de líneas temporales es hablar con cierta relatividad. Si se hiciese el ejercicio de imaginar la línea temporal del sector de la construcción en España se podría observar como la normalización de exigencias en este campo son relativamente reciente. Las normas EN 15643 Sostenibilidad en la construcción - Evaluación de la sostenibilidad de los edificios y EN 16627 Sostenibilidad en las obras de construcción - Evaluación del comportamiento económico de los edificios - Métodos de cálculo, pretenden acometer un camino a la investigación en la línea de evaluación de impactos y su traducción económica en las diferentes fases de la construcción. Aunque la norma En 15643 del año 2012 ya fundamenta directrices para su estudio en fases anteriores al uso y posteriores al uso, aún no contempla la fase operacional y de mantenimiento y sin duda, nada relativo a consumo energético en dicha fase. No será hasta el año 2016 cuando la norma EN 16627 recoja por primera vez la evaluación de impactos del consumo energético en fases operacionales y mantenimiento en ciclos de vida.

5.1.5. Condiciones ambientales interiores

En el ámbito de la edificación todo está sujeto a posibles modificaciones, ya sean en la envolvente, en los materiales utilizados, en las instalaciones, etc., pero una de las condiciones imprescindibles para que sean viables esos cambios es que se mantenga la calidad las condiciones ambientales interiores (EN 15251, 2007).

En la construcción comúnmente se utilizan métodos convencionales o temperaturas de consigna fijas para determinar niveles de confort, pero no representan la situación real en la que se encuentra el edificio y principalmente si se tratan de edificios pasivos. En el caso de viviendas sociales es posible afirmar que evaluar su calidad ambiental a partir de requerimientos de confort estáticos como los planteados por los documentos CTE y OGUC no es lo más adecuado, principalmente, porque serán factores como el comportamiento ocupacional de los usuarios los que determinen mediante variables como el arropamiento o la ventilación su situación de confort para reducir al máximo el consumo de energía (De Dear & Brager, 2002; Fanger, 1970; Nicol & Humphreys, 2002; Pérez-Fargallo, Rubio-Bellido, Pulido-Arcas, Gallego-Maya, & Guevara-García, 2018).

5.1.6. Uso y comportamiento ocupacional

El comportamiento de los ocupantes está determinado como altamente potencial en el impacto del uso energético operativo y en la calidad ambiental interior, aunque frecuentemente mal representado en prácticas de simulación (Rijal et al., 2007; Yang et al., 2016).

Existen diversas teorías para el estudio de la calidad ambiental interior y en consecuencia del impacto del uso energético. Entre las más utilizadas está la Teoría Adaptativa (De Dear & Brager, 2002; Nicol & Humphreys, 2002)(ASHRAE 55, 2013; EN, 2007) se basa en la capacidad de adaptación de los individuos a las condiciones térmicas. Sin embargo, aunque tal teoría deja lugar para el impacto ocupacional no acoge exigencias para su evaluación, es decir,

las únicas variables del modelo son las temperaturas máximas y mínimas establecidas por los modelos y las temperaturas exteriores establecidas por el archivo climático (De Dear & Brager, 2002; Nicol & Humphreys, 2002).

5.2. Solicitaciones interiores

Las sollicitaciones interiores son aquellas cargas térmicas generadas en el interior del edificio debido a valores como las cargas térmicas asociadas a ocupación, al uso de equipos electrónicos, ACS e iluminación (B. M. Johnson, 1981).

Por condiciones operacionales el CTE DB-HE 1 - Limitación de la demanda energética, entiende que están determinadas por los siguientes parámetros:

- Temperaturas de consigna de calefacción
- Temperaturas de consigna de refrigeración
- Carga interna debida a la ocupación
- Carga interna debida a la iluminación
- Carga interna debida a los equipos

Es necesario indicar que los edificios residenciales generalmente suelen funcionar en oscilación libre salvo condiciones extremas de calor o frío.

El consumo de energía se ve alterado relevantemente por la ocupación y es considerada como parte esencial en motores de simulación como Energy Plus (Drury B. Crawley; Linda K. Lawrie; Frederick C. Winkelmann; W.F. Buhl; Y.Joe Huang; Curtis O. Pedersen; Richard K. Strand; Richard J. Liesen; Daniel E. Fisher; Michael J. Witte; Jason, 2001).

La mayoría de los patrones de comportamiento de los ocupantes vienen asociados, además de a la propia carga interna de ocupación, a las otras cargas térmicas internas como equipos e iluminación. Por ejemplo, ciertos dispositivos electrónicos como ordenadores portátiles a menudo se vinculan con los ocupantes de manera individualizada. Estos dispositivos portátiles se intuyen se mueven junto con los ocupantes de espacio en espacio haciendo su correspondiente consumo de energía y generando ganancias de calor. Por tanto, el estudio de este comportamiento de los miembros de una muestra en actividades durante 24 horas diarias revela qué actividades realizan dentro del hogar y de manera directa, qué uso hacen de los equipos electrónicos, o por ejemplo qué intervalos precisan de iluminación artificial (Adil Al-Mumin; Omar Khattab; Gopiseti Sridhar., 2003) (Xiaohang Feng; Da Yan; Tianzhen Hong., 2015).

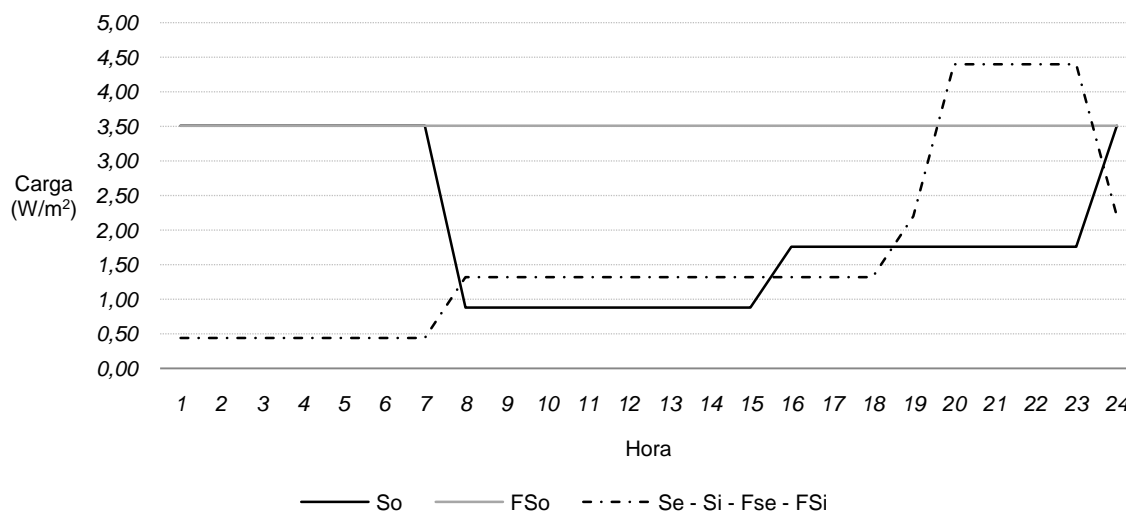
El uso es una característica que resulta difícil de cuantificar, sin embargo, es vital para la correcta predicción de herramientas de simulación. En algunos estudios se consigue un 9% de ahorro en el edificio cuando se personalizaron los perfiles de ocupación (Yang y Becerik-Gerber 2014) y en otros se concluye que hasta un 30% de la energía consumida en ciertos edificios es un obstáculo para analizar el comportamiento real del edificio (Labeodan, et al. 2015).

5.3. Patrones de ocupación. Código Técnico de la Edificación Documento Básico - Ahorro de Energía 1 (CTE DB-HE 1)

Las solicitaciones interiores para prácticas de simulación en España están siendo recogidas en el Código Técnico de la Edificación Documento Básico de Ahorro de Energía 1 (CTE DB-HE 1). Este documento tiene por objetivo establecer reglas y procedimientos que posibiliten el cumplimiento de las exigencias establecidas en cuanto a EE en España.

Los perfiles de uso, llamadas así las solicitaciones interiores por el CTE, han sido determinados por perfiles de uso normalizado en edificios de uso residencial. Bien es cierto, que hasta el momento se desconoce el origen de toda fuente de datos del susodicho documento, en lo que atiende por ahora a estas exigencias, por lo que todo origen aludido a éstas será meramente hipotético. Dicho esto, considera valores de carga para las fuentes internas por densidad, es decir, atienden a grados de intensidad de uso estando categorizados entre densidad baja, media o densidad alta. Las exigencias atienden a un único patrón ocupacional registrado a lo largo un ciclo diario categorizado en densidad baja, donde las cargas térmicas (W) vienen asociadas por individuo y radican directamente de su nivel de actividad metabólica. Se reflejan en periodo semanal y de fines de semana, así como cargas térmicas asociadas a equipos e iluminación para días semanales y de fines de semana (

Figura 4):



donde:

- So Cargas térmicas asociadas a ocupación semanal
- Se Cargas térmicas asociadas a equipos semanal
- Si Cargas térmicas asociadas a iluminación semanal
- FSo Cargas térmicas asociadas a ocupación fines de semana
- FSe Cargas térmicas asociadas a equipos fines de semana
- FSi Cargas térmicas asociadas a iluminación fines de semana

Figura 4 - Energy input. Perfiles de uso residencial del CTE.
FUENTE : Elaboración propia a partir de (CTE DB-HE, 2013)

5.4. Patrones de ocupación. Estándares de Construcción con Criterios de Sustentabilidad (CSSC)

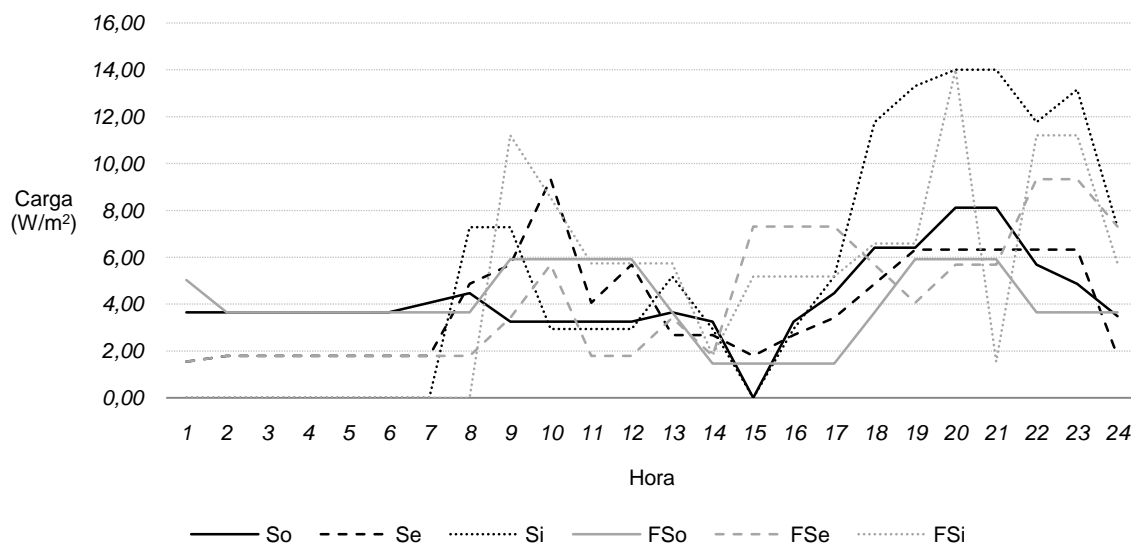
Las exigencias térmicas de edificios residenciales para la práctica de simulación en Chile vienen recogidas en el Tomo II Ahorro de Energía del conjunto de seis tomos que conforman la guía denominada Estándares de Construcción con Criterios de Sustentabilidad (CSSC), editado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).

Se trata de una reciente actualización del CCS cuyo objetivo es establecer estándares y buenas prácticas con el fin de mejorar su desempeño ambiental, económico y social mediante la definición e incorporación de criterios de sustentabilidad.

Las cargas térmicas acogidas en la guía atienden a variaciones horarias ocupacionales descritas por B.M. Johnson en su investigación *Patterns of Residential Occupancy (B. M. Johnson, 1981)*. El estudio establece patrones de comportamiento ocupacional mediante los que determina las cargas energéticas horarias asociadas a las solicitudes interiores de la vivienda (donde:

- So Cargas térmicas asociadas a ocupación semanal
- Se Cargas térmicas asociadas a equipos semanal
- Si Cargas térmicas asociadas a iluminación semanal
- FSo Cargas térmicas asociadas a ocupación fines de semana
- FSe Cargas térmicas asociadas a equipos fines de semana
- FSi Cargas térmicas asociadas a iluminación fines de semana

Figura 5).



donde:

- So Cargas térmicas asociadas a ocupación semanal
- Se Cargas térmicas asociadas a equipos semanal
- Si Cargas térmicas asociadas a iluminación semanal
- FSo Cargas térmicas asociadas a ocupación fines de semana
- FSe Cargas térmicas asociadas a equipos fines de semana
- FSi Cargas térmicas asociadas a iluminación fines de semana

Figura 5 - Energy input. Perfiles de uso residencial vivienda Tipo 4.
FUENTE : Elaboración propia a partir de (B. M. Johnson, 1981)

Establecer asociaciones de cargas térmicas por periodos de edad, generalizando edad adulta y niñez concretamente, pero atendiendo con conocimiento a la influencia de factores como la edad o el sexo, entre otros, en la disparidad metabólica de los individuos (Luo et al., 2018).

B.M. Johnson afirma a lo largo de su estudio la influencia inmediata del comportamiento ocupacional con otras cargas térmicas generadas en el interior de la vivienda. Declara la evidente previsión de uso de ciertos misceláneos ligados a rutinarios patrones de actividad de los individuos, citando entre ejemplos, que en los datos recogidos en las encuestas para el estudio, los encuestados afirmaban usar un tostador con una frecuencia de 1.3 veces

semanales y aunque la encuesta no recogía horarios de uso de tal electrodoméstico, encuadra su uso a una franja horaria limitada a las horas usuales de desayuno.

De los estudios de combinaciones probabilísticas para determinar un porcentaje de posibilidad de que los miembros de una misma vivienda permanezcan o no fuera del hogar, surgen los dos modelos tipo más habituales al momento de patrones de ocupación (Tabla 3):

Tabla 3 - Patrones de ocupación residencial.
 FUENTE: Elaboración propia a partir de (B. M. Johnson, 1981)

| Tipo | Patrón de ocupación |
|------|--|
| 3 | Dos adultos (< 65 años) |
| 4 | Dos adultos y al menos un niño en edad escolar (Tabla 1) |

El discurso que se plantea con citadas referencias para el acercamiento riguroso mediante simulación del consumo energético no es la metodología planteada sino la errada praxis por parte del MINVU de la selección de éstos. Los CSSC asientan como exigencias representativas generales el patrón de ocupación correspondiente a la vivienda *Tipo 4*; conociendo en este punto que esta categorización representa viviendas cuyo núcleo está formado por dos adultos y al menos un niño en edad escolar. Extrapolar estas exigencias a cualquier otra situación de estudio dada diferente a la del caso garantizaría resultados con altas probabilidades de difusión respecto a la realidad.

5.5. Patrones de ocupación. Patrones de ocupación residencial propuestos (PRO)

5.5.1. Cargas térmicas asociadas a ocupación

5.5.1.1. Estructura ocupacional del hogar actual.

ESPAÑA

A lo largo de estas últimas décadas Europa y en concreto España, han sido testigos de un notable cambio en las formas de organización familiar. Este cambio de la estructura familiar responde a las circunstancias de la nueva concepción de la vida en sociedad en el transcurso del tiempo. Ámbitos como el económico, político o social han influenciado en esta evolución hacia nuevos cambios y han obligado a adoptar a la sociedad diferentes patrones de comportamiento. El alto nivel de desempleo, la disminución porcentual de contracciones matrimoniales o el aumento de separaciones y divorcios en la sociedad actual pueden considerarse como algunos de los hechos responsables más relevantes (Cortés, 2012; Santín y Sicilia, 2016).

En España al año 2016 se estimaron un total de 18,4 millones de hogares. En relación al Censo de Población y Vivienda realizado al año anterior 2015 se produjo un aumento del 0,3 % de hogares según las cifras recogidas en el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2017);

considerándose como hogar un grupo de personas que conviven en una misma vivienda familiar.

Los hogares más reiterados al año de realización del censo fueron los constituidos por un núcleo de dos personas, representando un total del 30,5 % de los hogares y a su vez un 24,4 % de la población total censada. En escala de asiduidad en función de los miembros congregados por hogar continúan aquellos formados por una sola persona, alcanzando un 25,2 % del total de hogares. Prosiguen con un porcentaje del 31,0 % aquellos hogares en los que conviven tres personas, aclarando, dos adultos y al menos un hijo. En último lugar asignan con un 17,6 % los hogares formados por cuatro miembros y un ínfimo 5,7 % para los hogares de cinco o más personas (INE, 2017).

Estas cifras evidencian un cambio sustancial referido a la organización por núcleos de hogares con respecto a cifras obtenidas en estudios antecedentes. Subrayan en reducido, pero con tendencia en aumento, las estructuras de hogares unipersonales, así como las estructuradas por dos miembros. Al contrario de lo acontecido con aquellos núcleos de hogar de cinco o más personas, en el que se advierte una tendencia en decremento de entorno a un - 0,8 % (INE, 2016, 2017).

Los rangos de edad son una variable valorizada para el estudio, a cuya consideración quedan condicionadas otras variables de índole dependiente como el MET. La viabilidad de combinaciones atendidas a rangos de edad presentadas por el organismo censor quedan de la siguiente manera:

- Hogares formados por una sola persona adulta. Representan el 25,2 % del total. En España había 4.638.400 personas viviendo solas en el año 2016. De esa cifra un 41,7 % tenían 65 o más años y un 58,3 % para edades menores a 65 años.
- Hogares formados por dos personas adultas. Representan el 21,0 % del total.
- Hogares formados por dos adultos y un hijo. Representan el 15,6 % del total.
- Hogares formados por dos adultos y dos hijos. Representan el 15,1 % del total.
- Hogares formados por un adulto y al menos dos hijos. Representan el 10,7 % del total.

*Tabla 4 - Patrones usuales de ocupación residencial en España al año 2017.
FUENTE : Elaboración propia partir de (INE, 2017)*

| | Adultos [> 18] | Niños [≤ 18] | Total pax |
|-------------------------|----------------------------|-----------------------|------------------|
| Un adulto | 1 | - | 1 |
| Dos adultos | 2 | - | 2 |
| Dos adultos + un niño | 2 | 1 | 3 |
| Un adulto + dos niños | 1 | 2 | 3 |
| Dos adultos + dos niños | 2 | 2 | 4 |

Asimismo, otras clasificaciones han sido reflejadas: núcleos ordinarios más terceras personas, al menos dos núcleos familiares en un mismo hogar y aquellos que no pueden considerarse como núcleos familiares, que en total se estiman que representan una parte de entorno al 10 % (INE, 2017).

Para rangos de edad comprendidos entre 25 y 29 años expresa el informe de censo que un 54.1 % de jóvenes aún no habían abandonado el hogar familiar y permanecían conviviendo con ambos de sus padres o con al menos uno de ellos. Esta consideración promueve tener en cuenta la proyección de nuevo hogares, por tanto, de nuevos patrones ocupacionales agregados a los patrones ordinarios. Asentando las variables ocupaciones referidas podemos concretar que de las combinaciones posibles alguna ya quedaría evidenciada por el caso de estudio como por ejemplo para casos 2 o 1+2 (Tabla 4). Sin embargo, los patrones ocupacionales 1+1, 3 y 4 serán patrones propuestos para el caso de estudio fundados por los datos descritos en el informe de referencia (Tabla 5) quedando así evidenciada la realidad de las estructuras ocupacionales de los hogares a la fecha de realización de este trabajo.

*Tabla 5 - Patrones de ocupación residencial propuestos para el caso de estudio (PRO)
FUENTE: Elaboración propia.*

| | | Adultos [> 18] | Niños [≤ 18] | Total pax |
|-----|-------------------------|------------------|----------------|-----------|
| 1 | Un adulto | 1 | - | 1 |
| 1+1 | Un adulto + un niño | 1 | 1 | 2 |
| 2 | Dos adultos | 2 | - | 2 |
| 2+1 | Dos adultos + un niño | 2 | 1 | 3 |
| 1+2 | Un adulto + dos niños | 1 | 2 | 3 |
| 3 | Tres adultos | 3 | - | 3 |
| 2+2 | Dos adultos + dos niños | 2 | 2 | 4 |
| 4 | Cuatro adultos | 4 | - | 4 |

CHILE

El contexto sociocultural por el que está atravesando América Latina se plantea totalmente diferente. En las últimas dos décadas se ha observado un cambio importante en la estructura familiar pero las causas justificadas se deben principalmente a los procesos de transición demográfica, aumento de la participación laboral femenina, cambio en los patrones de convivencia, diferente concepción de la maternidad e incremento de la estructura monoparental.

En la encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (Casen, 2015) los hogares se definen como personas o grupos de personas que, siendo residentes de una misma vivienda, pudiendo o no tener vínculos de parentesco, habitualmente hacen vida en común, es decir, se alojan y se alimentan juntas. Dicho de otra forma, habitan en la misma vivienda.

Al año 2015, según el informe, un 59,3% de los hogares estudiados correspondía a hogares formados por núcleos biparentales. Seguido en porcentaje continúan los hogares con

miembros sin vinculación familiar con un 18,7%. El 13,6% de los hogares eran unipersonales y el 5,1% de los hogares estaba compuesto por familias monoparentales con al menos un miembro en edad inferior a 19 años. En menores porcentajes recoge el informe otro tipo de estructuras familiares como los hogares formados por dos o más núcleos familiares (Ministerio de Desarrollo Social, 2015).

Con los patrones propuestos en la Tabla 5 se pretende representar y aunar de manera mucho más detallada las clasificaciones estadísticas que dan respuesta a la estructura de los hogares tanto de España como de Chile. Bien es cierto que la clasificación por edad está planteada de manera generalizada a dos rangos básicos adultos - niños y que acometer en el factor edad nos podría arrojar resultados mucho más afinados pero con este informe tan solo se pretende un acercamiento al estudio del comportamiento ocupacional por lo que cualquier posibilidad de mejora y perfección del planteamiento se planteará en investigaciones futuras.

5.5.1.2. Comportamiento ocupacional

El comportamiento ocupacional está relacionado directamente con el uso de las prestaciones de un hogar y estas a su vez, aseguran que cada vez con mayor éxito, al comportamiento energético de los hogares (Guerra Santin, 2011; IDAE, 2011; van Raaij & Verhallen, 1983).

Se pretende analizar mediante el estudio de patrones de comportamiento su relación inherente con la energía.

La rutina diaria de los ocupantes se ve condicionada ineludiblemente por la actividad laboral o educativa. El mercado laboral español presenta a nivel generalizado jornadas de trabajo partidas comúnmente entre las 14:00 y 16:00 horas . La rutina para los rangos de edad en etapa escolar primaria, secundaria y estudios de nivel no obligatorio (a excepción de niveles universitarios) también están limitados por un calendario escolar que habitualmente va desde las 8:00 horas hasta las 14:30 horas del día (BOE, 1995; BOJA, 2009).

Establecer patrones precisos es una tarea cuanto menos impracticable cuando atendemos al estudio de una población tan grande, permisible de infinidad de criterios de clasificación, pero principalmente debido a la índole indefinida e inconstante de la conducta humana terciada por factores biológicos, psicológicos y sociales (Cano y Guillen, 2000). La realización de encuestas ha servido para hacer una distribución lógica del acontecer del comportamiento pese a las limitaciones encontradas.

Se ha establecido el comportamiento mediante una hipótesis homogeneizada que permitiese a la orientación del uso y distribución de las sollicitaciones interiores de una vivienda en una línea temporal simplificada que posibilitesen la determinación a cómputo diario del consumo energético (Tabla 6).

Tabla 6 - Comportamiento ocupacional diario preestablecido por la actividad metabólica dentro del hogar.
FUENTE: Elaboración propia.

| Hora | Semana | | Fines de semana | |
|-------|---------------|---------------|-----------------|---------------|
| | Adulto [< 18] | Niño [< 18] | Adulto [< 18] | Niño [< 18] |
| 1:00 | Reposo | Reposo | Act. Baja | Reposo |
| 2:00 | Reposo | Reposo | Reposo | Reposo |
| 3:00 | Reposo | Reposo | Reposo | Reposo |
| 4:00 | Reposo | Reposo | Reposo | Reposo |
| 5:00 | Reposo | Reposo | Reposo | Reposo |
| 6:00 | Reposo | Reposo | Reposo | Reposo |
| 7:00 | Reposo | Reposo | Reposo | Reposo |
| 8:00 | Act. Baja | Act. Baja | Reposo | Reposo |
| 9:00 | - | - | Reposo | Reposo |
| 10:00 | - | - | Act. Baja | Reposo |
| 11:00 | - | - | Act. Baja | Act. Baja |
| 12:00 | - | - | Act. Moderada | Act. Baja |
| 13:00 | - | - | Act. Moderada | Act. Moderada |
| 14:00 | - | - | Act. Moderada | Act. Moderada |
| 15:00 | Act. Moderada | Act. Moderada | Act. Moderada | Act. Moderada |
| 16:00 | - | - | Act. Baja | Act. Baja |
| 17:00 | - | - | Act. Baja | Act. Moderada |
| 18:00 | - | - | - | - |
| 19:00 | - | - | - | - |
| 20:00 | - | - | - | - |
| 21:00 | Act. Moderada | Act. Moderada | Act. Moderada | Act. Moderada |
| 22:00 | Act. Moderada | Act. Baja | Act. Moderada | Act. Baja |
| 23:00 | Act. Baja | Reposo | Act. Baja | Reposo |
| 00:00 | Act. Baja | Reposo | Act. Baja | Reposo |

5.5.1.3. Tasas de actividad metabólica (MET)

La tasa metabólica es un factor determinante tanto para el estudio del confort como para la estimación de sobrecarga resultante de la exposición a un ambiente térmico (UNE-EN ISO 8996, 2005).

La primera aproximación a la cuantificación del consumo energético de un individuo surge en el campo de la medicina hacia el año 1957 por Holliday y Segar (HOLLIDAY & SEGAR, 1957). A partir de entonces se han establecido multitud de ecuaciones posibles para su estudio (Sancho Martínez, Dorao Martínez-Romillo, & Ruza Tarrío, 2008). A nivel médico, las utilizadas con más asiduidad para tratamientos clínicos son las ecuaciones de estimación siguientes (Tabla 7 - Tabla 8):

Tabla 7- Ecuaciones predictivas más utilizadas para la estimación del consumo energético en adultos en reposo.
FUENTE : Elaboración propia a partir de (Melier Vargas; Lilia Lancheros ; María del Pilar Barrer., 2011)

| Ecuaciones predictivas | Adulto | TMB / GMB (Kcal/día) | |
|------------------------|--------|---------------------------------------|-------------------|
| Harris and Benedict | Hombre | $66,4730+13,1516P+5,0033T-6,7759E$ | |
| | Mujer | $665,0955+9,5634P+1,8496T+4,6756E$ | |
| Quenouille | Hombre | $2,975T+8,90P+11,7SC+3,0h-4,0t+293,8$ | |
| | Mujer | | |
| Oxford | Hombre | 10-18 años | $15,6P+266T+229$ |
| | | 18-30 años | $14,4P+313T+113$ |
| | | 30-60 años | $11,4P+541T-137$ |
| | | > 60 años | $11,4P+541T-256$ |
| | Mujer | 10-18 años | $9,40P+249T+462$ |
| | | 18-30 años | $10,4P+615T-282$ |
| | | 30-60 años | $8,18P502T-11,6$ |
| | | > 60 años | $8,52P+421T+10,7$ |

donde:

P Peso (kg)

T Altura (cm)

E Edad (años)

SC Superficie Corporal de DuBois

h Humedad

t Temperatura

TMB Tasa Metabólica Basal

Tabla 8 - Ecuaciones predictivas más utilizadas para la estimación del consumo energético en niños en reposo.
FUENTE : Elaboración propia a partir de (Sancho Martínez et al., 2008)

| Ecuaciones predictivas | Niño | TMB / GMB (Kcal/día) | |
|------------------------|----------|----------------------|---|
| Caldwell y Kennedy | < 2 años | $22+31,05P+1,16A$ | |
| Fleisch | Niño | 1-12 años | $24 \cdot SC \cdot (42,5-[0,643(E-13)])$ |
| | | 13-19 años | $24 \cdot SC \cdot (42,5-[0,643(E-13)])$ |
| | Niña | 1-12 años | $24 \cdot SC \cdot (54-[1,045 \cdot E])$ |
| | | 13-19 años | $24 \cdot SC \cdot (42,5-[0,778 \cdot (E-11)])$ |
| Schofield | Niño | < 3años | $(0,0007 \cdot P)+(6,349 \cdot A)-2,584$ |
| | | 3-10 años | $(0,082 \cdot P)+(0,545 \cdot A)-1,736$ |
| | | 11-18 años | $(0,068 \cdot P)+(0,574 \cdot A)+2,157$ |
| | Niña | < 3años | $(0,068 \cdot P)+(4,281 \cdot A)-1,730$ |
| | | 3-10 años | $(0,071 \cdot P)+(0,677 \cdot A)-1,553$ |
| | | 11-18 años | $(0,035 \cdot P)+(1,9484 \cdot A)+0,837$ |

donde:

P Peso (kg)

A Altura (m)

E Edad (años)

SC Superficie Corporal de DuBois

La principal complejidad que se presenta a la hora de abordar estas ecuaciones para la aplicación a este estudio es que los PRO propuestos para el caso son patrones cuyo alcance

es mucho menor que el alcance necesario para la posible aplicación de estas ecuaciones presentadas como ejemplo (Ver Tabla 7).

En base a la literatura existente (ASHRAE 55, 2013; B. M. Johnson, 1981; UNE-EN ISO 8996, 2005) podemos observar diferentes cargas térmicas ya predeterminadas asociadas por individuo y por su nivel de actividad (Tabla 9).

Tabla 9 - Cargas térmicas asociadas por individuo y por nivel de actividad.
FUENTE : Elaboración propia a partir (ASHRAE 55, 2013; B. M. Johnson, 1981; UNE-EN ISO 8996, 2005)

| Nivel de Actividad | Noma | Adulto | Niño |
|--------------------|------------------|-----------|------|
| | | W | W |
| Reposo | EN ISO 8996:2004 | 100 - 125 | - |
| | ASHRAE 55:2013 | 40 | - |
| | B.M. JOHNSON | 100 | 75 |
| | PRO | 100 | 75 |
| Actividad Baja | EN ISO 8996:2004 | 125 - 235 | - |
| | ASHRAE 55:2013 | 60 | - |
| | B.M. JOHNSON | 230 | 170 |
| | PRO | 125 | 170 |
| Actividad Moderada | EN ISO 8996:2004 | 235 - 360 | - |
| | ASHRAE 55:2013 | 115 - 200 | - |
| | B.M. JOHNSON | 375 | 280 |
| | PRO | 235 | 280 |

Por cuestiones de alcance en la línea investigada, el conflicto surge ante la desmesurada y cambiante diversidad paramétrica indispensable para la aplicación de las ecuaciones, tanto es así, que podría ser objeto principal de investigación de un nuevo trabajo. En este estudio por razones de tiempo se ha considerado inviable afrontar tal conflicto, por lo que se ha inclinado por hacer uso de los valor predefinidos por los documentos normativos e investigaciones previas ya referenciadas.

Los PRO propuestos se muestran de forma paralela a las cargas térmicas asociadas por individuo y por nivel de actividad de la Tabla 9. Se han asumido distintamente las cargas para adultos y niños; los valores mínimos recogidos por la norma EN ISO 8996:20014 para adultos y debido a que tanto la norma europea como la norma americana no distingue por edades las cargas térmicas de los individuos, se han adoptado aquellas cargas establecidas por el estudio de B.M. Johnson en edades menores a 18 años.

5.5.2. Cargas térmicas asociadas a equipos

Los estándares de EE en electrodomésticos son una medida que permite disminuir de forma efectiva el consumo en el parque edificatorio y a su vez como una gran oportunidad de reducción en costes energéticos (Swisher, 1994).

El uso de aparatos electrónicos domésticos o computadoras se viene refiriendo a la frecuencia de su utilización con el fin de traducir la generación de demanda en consumo de energía.

Se evidencia una concienciación en los hogares de la reducción del consumo a través de la inversión sustancial en EE, inversiones que esperan ser retornadas a futuro con reducción de costes en facturas; y aunque se vislumbran otras cuestiones como el aumento del precio de las energías (Allcott & Greenstone, 2012; Gillingham & Palmer, 2013), en el ámbito estrictamente teórico la capacidad eficiente dispone conseguir un efecto hacia la reducción de recursos.

Investigaciones sobre la eficiencia de equipos domésticos (Kavousian, Rajagopal, & Fischer, 2013), concluyen que el número de refrigeradores por vivienda es un factor estadísticamente predominante en el consumo energético. Otros equipos destacan por su alto consumo y por presentar una carga constante como los calentadores de agua eléctricos. Los pequeños electrodomésticos también implican un alto consumo a pesar de su carga intermitente. El número de ocupantes por hogar, así como sus patrones de comportamiento diario reflejan el uso total de electrodomésticos de pequeña envergadura; es por ello que realizar una gestión eficiente de todos éstos implica educar en buenos hábitos a los ocupantes.

Los ratios de implicación de electrodomésticos en la vivienda han sido obtenidos mediante el formulario y las principales cargas energéticas asociadas a varios de estos equipos puede observarse en la tabla siguiente:

Tabla 10 - Demandas asociadas a los principales equipos domésticos.

| Equipo | kWh / año |
|--------------------|------------------|
| TV | 241 |
| Lavadora | 259 |
| Secadora | 192 |
| Horno | 162 |
| Plancha | 70 |
| Placa de cocina | 25 |
| Frigorífico | 231 |
| Campana extractora | 25 |

Para los cálculos aplicados se ha considerado un coeficiente de mayoración de 1.2 excepto en aquellos electrodomésticos de alto consumo que presentan cargas constantes.

5.5.3. Cargas térmicas asociadas a iluminación

Los ocupantes adoptan un papel activo cuando hablamos de su adaptación a las condiciones interiores; se entiende como conducta adaptativa (J.F. Nicol, 2004). Este comportamiento implica acciones tales como el ajuste de la iluminación del ambiente interior, ya sea a través del control de la iluminación natural con acciones que supongan la apertura o cierre de persianas o haciendo uso del encendido o apagado de luminarias en iluminación artificial (Gunay et al.,

2017; Rijal et al., 2007; Seungjae Lee; Panagiota Karava ;Ilias BilonisIlias; Athanasios Tzempelikos.Athanasios Tzempelikos, 2018).

Analizar los perfiles de iluminación se ha convertido en una estrategia muy común en el sector de la construcción utilizando la simulación como medida predictiva en el estudio del consumo energético canalizado al ahorro (Mardaljevic, Hescong Arch, & Lee, 2009).

El estudio del comportamiento de los ocupantes para predecir la influencia del consumo energético de cargas asociadas a iluminación ha sido muy característico en edificios de oficinas (Gentile & Dubois, 2017; Nagy et al., 2016; Seungjae Lee; Panagiota Karava ;Ilias BilonisIlias; Athanasios Tzempelikos.Athanasios Tzempelikos, 2018), donde el comportamiento de los usuarios se observa como una variable explicativa, habitualmente sujeta a patrones casi programados (Gunay et al., 2017). Sin embargo, el propósito de analizar la conducta adaptativa en casos de edificios residenciales tan solo deja unos pocos estudios que verdaderamente ahondan en el análisis de los perfiles operacionales (Flett & Kelly, 2017; Gunay et al., 2017; Motuziene & Vilutiene, 2013; O'Brien & Gunay, 2014; Rijal et al., 2007). El resultado de algunos de estos estudios enfocados al análisis de la demanda energética en calefacción, ventilación o iluminación a través de la influencia de las características del comportamiento habitacional, confirma que factores de los individuos como la edad, el número de ocupantes por vivienda, así como el propio comportamiento, infieren notablemente en la obtención de resultados en procesos predictivos mediante simulación (Motuziene & Vilutiene, 2013).

Analizar el comportamiento habitacional preestablecido por los documentos normativos vigentes frente a la propuesta conjeturada de nuevos perfiles operacionales que abordan significantes factores variantes como la edad, el número de ocupantes por vivienda o la aproximación al conocimiento de su comportamiento, han dado como resultado el planteamiento hipotetizado de un total de ocho patrones de ocupación programados mediante veinticuatro perfiles operacionales constituidos, como se ha ido desarrollando en apartados anteriores, por el análisis de solicitudes asociadas a ocupación, solicitudes asociadas a equipos y por último, y aunque no menos importante, solicitudes asociadas a iluminación (Anexo I).

Los patrones de uso de iluminación artificial han sido determinados por el proceso de formulario. Se ha obtenido un registro informal que sugiere a priori que a mayor número de individuos por hogar la demanda de iluminación sería mayor, en cambio, durante el análisis de los resultados de manera concienciada ha demostrado que esta relación no es lineal puesto que igualmente influye el nivel de actividad metabólica de los individuos. Se ha asumido, para finalizar, una carga máxima para iluminación artificial contante de no más de 65 W/m² asumiendo una carga de 0,02 kW por lámpara.

FASE II

Determinar mediante procesos de simulación la demanda energética resultado de aplicar a un modelo tipo de vivienda las solicitudes establecidas por los documentos CTE DB-HE 1 y CSSC

6. INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

6.1. Encuesta

6.1.1. Análisis del comportamiento ocupacional en edificios residenciales

Se trata de un documento redactado ante la inquietud por disponer de información adicional sobre la demanda energética en el sector residencial a través de la conducta de los miembros que integran una unidad familiar u hogar. Se ha pretendido que las encuestas sirvieran como elemento comparativo a las fuentes referenciadas en los anteriores apartados 5.5.1, 5.5.2, 5.5.3, para el planteamiento de una hipótesis de comportamiento homogénea.

Ante la preocupación por conocer cierta información de interés que ayudase a organizar de manera más detallada las situaciones propuestas, se propone una batería de preguntas vinculadas a la cotidianeidad de los hogares:

- Formulario que permitiese conocer el nivel MET de los ocupantes en rangos predefinidos.
- Formulario asociado a información relativa a disposición y uso de misceláneos.
- Recopilación de información acerca de la influencia del comportamiento de los ocupantes sobre la demanda de iluminación en el hogar.

La validación de encuestas resulta un proceso complejo que requiere un alto conocimiento específico. Afrontar este proceso se ha convertido en un obstáculo inabordable que por cuestiones de tiempo e inexperiencia se plantea como una dificultad a asumir en próximos trabajos que permitan llevar esta investigación a un nivel avezado.

6.1.2. Población y muestra

6.1.2.1. Universo y población

En estadística el universo hace referencia al campo general de investigación en el que se pretende enfocar el objetivo para el caso de estudio. De este universo será seleccionada la población, conocida, comúnmente, como un conjunto finito o infinito de entes que presentan unas características comunes sobre las cuales se efectúa el estudio (Manzano, 2009).

Uno de los objetivos de la investigación es la realización de los PRO y para ello es necesario hipotetizar el perfil operacional a escala de horas / día de los ocupantes que nos ayude a conocer qué influencia tiene su comportamiento sobre las solicitudes interiores de equipos e iluminación para el estudio del consumo energético en cómputo diario de una vivienda. El comportamiento ocupacional, como ya se ha venido refiriendo a lo largo del desarrollo del presente documento, se trata de un parámetro inconstante, difuso e ilógico y aunque el balance del consumo diario será el valor trascendental, será apropiado distribuir correctamente las cargas energéticas horas / día. Es por ello que en esta investigación se ha considerado la realización de un muestreo con el objetivo de disponer de algunos datos clave sobre el

comportamiento habitacional que ayuden a la comparación de la hipótesis de cargas hora / día con el fin de aproximar al acierto dicha distribución.

En investigaciones como esta es frecuente que el universo y la población se consideren lo mismo a causa de la envergadura de la población para el estudio. Para extraer la población a datos asequibles y manejables al nivel de este análisis, se ha considerado oportuno emplear la población censada en la ciudad de Sevilla, aunque también es cierto, que tras una serie de tanteos en los cálculos de definición de la muestra (apartado siguiente 6.2) los datos nos han manifestado que estableciendo el tamaño de la muestra con datos del censo de población de la ciudad de Sevilla al año 2017, que rondan los 700 mil habitantes (INE, 2017) y otros datos censados de poblaciones de mayor tamaño (un ejemplo calculado fue a nivel nacional) se concluye que los resultados son prácticamente invariables por motivos no relacionales y/o proporcionales entre variables (Manzano, 2009). Es en este caso es cuando podríamos definirla como una población infinita o indefinida.

Esta encuesta se centrará en conocer aspectos clave sobre el comportamiento de las personas, ya sean adultas o menores, independientemente de su género, su condición social, su situación económica, etc., pero que se ajusten obviamente a las condiciones del objetivo del estudio.

6.1.2.2. Muestra

El muestreo es un proceso de selección de una pequeña parte estadísticamente designada y que a modo general, es empleada para inferir el valor de una o varios parámetros del conjunto (Real Academia Española, n.d.). Evocando al Dr. Manzano-Arrondo (Manzano, 2009), señalaba que, el tamaño de la muestra adecuada es aquella que obedece a los objetivos que se han establecido, a las características de la población y a las condiciones contextuales en el que discurre la estimación; y que si es bien sabido que a mayor tamaño de la muestra se incurre a mayor precisión y menor riesgo, si el proceso de obtención de datos no es el adecuado bien poco importa el tamaño de la muestra.

El muestreo aleatorio o probabilísticos es aquel en el que no se clasifican los sujetos de la población para la realización de la encuesta, esto representa por tanto una mayor garantía de extrapolación de resultados (Morales Vallejo, 2012).

Existen tres variables (Morales Vallejo, 2012) que infieren en la delimitación del tamaño de una muestra:

- Nivel de confianza (z). Se trata del nivel de seguridad. Es la probabilidad de ocurrencia esperada de la variable que se pretende medir, el valor asignado atiende al nivel de significatividad que tiene la variable en función de la magnitud de ocurrencia. Para casos donde el nivel de confianza es desconocido la postura más adecuada es la postura conservadora, es decir, adquirir valores donde los errores por toma de muestras pequen en exceso. Para esta postura el nivel de confianza será del 95 % o también expresado como $z = 1.96$.

- Varianza (pq). Cuando necesitamos saber la dispersión de opiniones de los sujetos. A mayor dispersión esperada en los resultados precisará que el tamaño de la muestra sea mayor, por lo que cuando se espera mayor dispersión se adquieren valores cercanos a 0.5. Para el estudio se asume un varianza de $p = q = 0.5$
- Margen de error (e). Margen de error estándar con el que se desea trabajar para proyectar los resultados. Generalmente se trabaja con valores que oscilan entre 0,010 y 0,015 en casos de alta exigencia, puesto que mientras menor sea el margen de error estimado mayor confiabilidad tendrán los resultados, aunque cualquier valor entre 0 y 1 será adecuado si se está dispuesto a asumir el riesgo. Debido al limitado tiempo del trabajo y a la viabilidad de alcance, se ha decidido trabajar con un error de $e = 0,1$.

$$N = \frac{z^2 pq}{e^2} = \frac{1.96^2 0.25}{0.1^2} = 95$$

Donde:

N Tamaño de la muestra

z Nivel de confianza

pq Varianza de la muestra

e Margen de error

6.2. Análisis de la encuestas aplicadas

Las encuestas fueron contestadas por un total de 171 personas, de las cuales 84 residen en la ciudad de Sevilla.

B.M Johnson afirmó en su literatura que los padres contestaban a las preguntas que los hijos no tenían capacidad para comprender (Johnson, 1981). Tal vez por razones justificadas en la complejidad del vocabulario o por razones que tendrían más que ver con el enfoque del diseño y difusión, no se han obtenido encuestas aptas para obtener resultados en el rango de edad menor a 18 años. Es por este motivo que se asume una hipótesis para estos casos basadas en datos en referenciados. En cambio, pese a la limitaciones presentadas, del análisis de las encuestas se ha podido obtener testimonio de valor informal acerca de la actuación de los sujetos. Información aprovechada y utilizada como base referencial para el desarrollo del apartado 5.5 de este mismo informe.

6.3. Software para prácticas de simulación energética (Design Builder)

El objetivo general de este trabajo es evaluar qué desviación conlleva el uso de patrones de ocupación normalizados por el Código Técnico de la Edificación (CTE) y por los Estándares de Construcción con Criterios de Sustentabilidad (CSSC) en procesos de simulación energética, frente a la utilización de patrones de ocupación obtenidos mediante resultados estadísticos en estudios de consumo energético en edificios residenciales.

Los procesos de simulación energética han sido imprescindibles para poder obtener los datos de consumo de energía total anual, mensual y diario de una vivienda bajo los criterios preestablecidos por la condición ocupacional. Dichas simulaciones han sido ejecutadas en la versión de Design Builder 5.0.1.016.

Design Builder es un software de simulación energética avanzada, con tecnología de modelado de vanguardia en el mercado, que para que arquitectos, ingenieros y profesionales del sector de las energías puedan atender, cada vez con mayor eficacia, a un diseño en el parque edificatorio que arroje el menor impacto ambiental de la manera más eficiente en tiempo, esfuerzo y coste. Funciona con el motor de cálculo Energy Plus, hasta el momento el más extendido a nivel internacional para la ejecución de simulaciones dinámicas.

6.4. Software para análisis de datos estadísticos (StatGraphics)

StatGraphics es un software de análisis Big Data que permite realizar funciones estadísticas desde nivel básico hasta niveles avanzados. Permite obtener a nivel usuario resultados estadísticos basados en herramientas y procesos Six Sigma (6σ).

Este software está diseñado para facilitar el análisis estadístico de datos. Mediante su aplicación es posible realizar un análisis descriptivo de una o varias variables, utilizando gráficos que expliquen su distribución o calculando sus medidas características. Entre sus muchas prestaciones, también figuran el cálculo de intervalos de confianza, contrastes de hipótesis, análisis de regresión, análisis multivariantes, así como diversos métodos de gestión de calidad, principalmente métodos empíricos y estadísticos.

7. VARIABLES

7.1. Variable dependiente

- Demanda energética: energía útil necesaria que tendrían que proporcionar los sistemas técnicos para mantener en el interior del edificio unas condiciones definidas reglamentariamente en función del uso del edificio (perfiles de uso) y de la zona climática en la que se ubique (clima de referencia). Se puede dividir en demanda energética de calefacción, de refrigeración, de agua caliente sanitaria (ACS) y de iluminación, y se expresa en $\text{kWh/m}^2 \cdot \text{año}$, considerada la superficie útil de los espacios habitables del edificio.

7.2. Variables independientes

- Carga térmica asociada a equipos: Se considerarán las cargas térmicas asociadas a los equipos eléctricos con mayor presencia en las viviendas, y que tienen un mayor porcentaje de utilización.
- Carga térmica asociada a ocupación: Cargas térmicas asociadas a las personas que residen en la vivienda.
- Carga térmica asociada a iluminación: Cargas térmicas asociadas a los sistemas de iluminación de la vivienda.

8. DETERMINACIÓN MEDIANTE PROCESO DE SIMULACIÓN LA DEMANDA ENERGÉTICA RESULTADO DE APLICAR A UN MODELO DE VIVIENDA TIPO LAS SOLICITACIONES ESTABLECIDAS POR EL CTE DB-HE 1 EN ZONAS CLIMÁTICAS TEMPLADAS CON VERANO SECO Y CALUROSO

El proceso de simulación resulta una práctica altamente compleja, es por ello que la normativa desempeña un papel concertador.

La vivienda modelo utilizada (Figura 2) para el caso de estudio corresponde a una vivienda de 76.64 m² útiles y 87.80 m² construidos, con una geometría básica regida por la normativa de aplicación al diseño de viviendas sociales en España, siendo en todo este proceso comparativo la norma de aplicación más restrictiva y por tanto, quedando igualmente definida como vivienda social ante la normativa de aplicación vigente en Chile, acogida en el Artículo 1 del Decreto con Fuerza de Ley N° 2 de 1959 sobre el Plan Habitacional (MOP, 1959) y el Artículo 6.1.2. de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (MINVU, 1992).

El uso de soluciones constructivas tanto del edificio como de la vivienda nos determinarán los parámetros característicos a cumplir según las exigencias térmicas. Para cada zona climática de uso se han tomado un rango de transmitancias térmicas (U), es por esto, que no determinar correctamente la zona climática del caso de estudio nos podría empujar a resultados erróneos.

Para casos de estudio en España, el CTE define en las tablas B.1 y B.2 del DB - HE las zonas climáticas pertenecientes a la península y a los archipiélagos. La ciudad de Sevilla está acogida en la zona climática B4, designación que define la severidad climática en estaciones extremas. Aunque para delimitar los distintos tipos de clima para el estudio se ha contemplado la clasificación climática según Köppen Geiger (Agencia Estatal de Meteorología Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2011) a partir de los valores medios mensuales de precipitación y temperatura. Delimitó las zonas climáticas de la Península Ibérica aplicando técnicas de álgebra de mapas a los campos medios mensuales de temperatura y precipitación que habían sido previamente calculados para los mapas de temperatura y precipitación del Atlas Ibérico (Figura 6). La ciudad de Sevilla (Csa) se caracteriza según esta clasificación por presentar un clima templado - Tipo C. La temperatura media del mes más frío está comprendida entre 0 °C y 18 °C. A su vez, los establece una subcategorización en la que se encuadra a la ciudad como por tener un verano marcadamente seco (Cs) y caluroso (a) (temperatura media del mes más cálido superior a 22 °C).

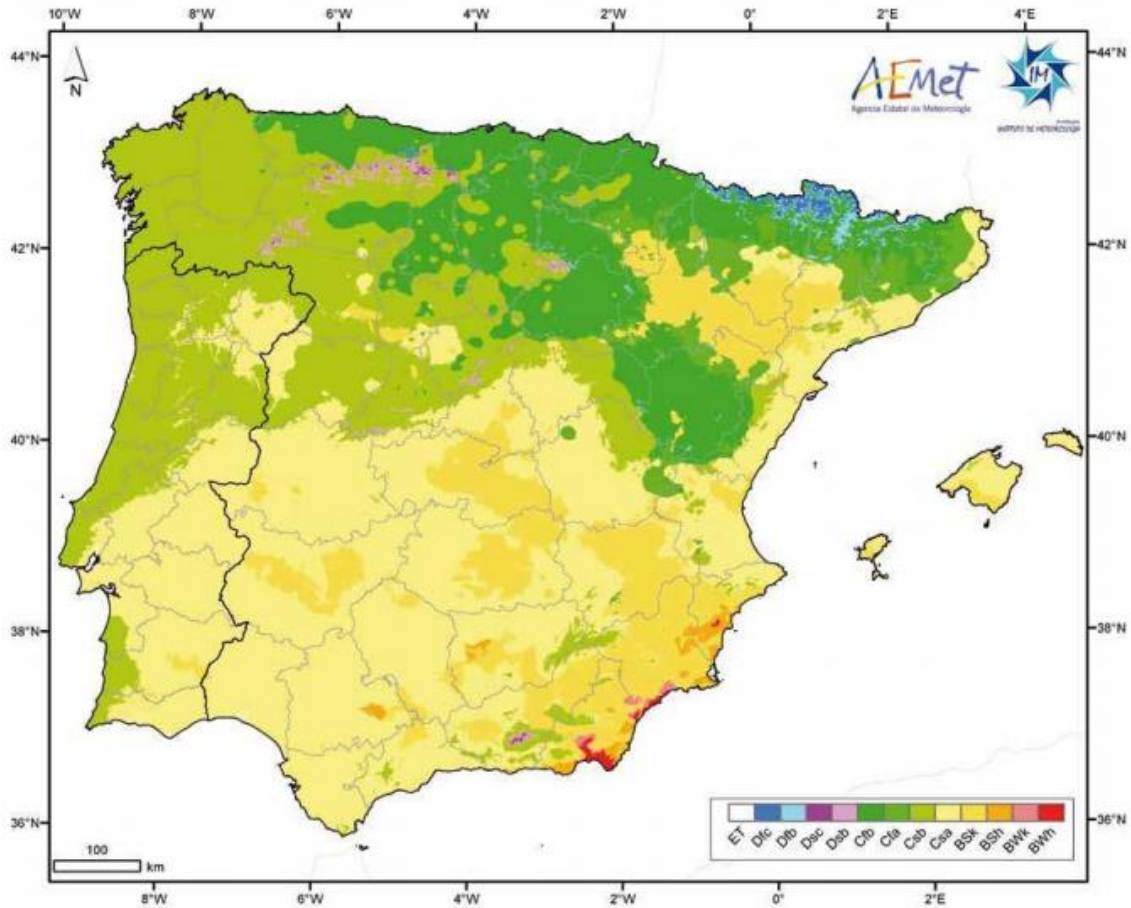


Figura 6 - Clasificación climática según Köppen Geiger en la Península Ibérica e Islas Baleares.
 FUENTE: (Agencia Estatal de Meteorología Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2011)

Bajo las exigencias establecidas en la Tabla 1, el CTE establece el cumplimiento mínimo de exigencias térmicas atendiendo a muros, forjados y cubiertas. Quedan así definidos los cerramientos de la vivienda (Tabla 11). Sistema constructivo adjunto en ANEXO II.

Tabla 11 - Transmitancia térmica de los sistemas constructivos que componen la vivienda modelo para los casos de estudio en zona climática templada con verano seco y caluroso
 FUENTE: Elaboración propia.

| Elementos | ESTRUCTURA | | | | TRANSMITANCIA | | |
|-----------------|----------------------------|--|------------------------------------|---|--------------------------|---------------------|------|
| | Revestimiento exterior | Barrera de humedad | Estructura | Aislamiento | Revestimiento interior | W/m ² ·K | CTE |
| Muros | Enfoscado de cemento 15 mm | Lámina asfáltica impermeabilizante 4 kg/m ² | Fábrica de ladrillo 24x11,5x7,5 cm | Lana de roca 15kg/m ³ 20mm | Cartón - yeso 10 mm | 0,69 | 0,82 |
| Forjados | Cartón - yeso 20 mm | - | HA 30 cm | Lámina polietileno reticulado 27 kg/m 3,5mm | Solera cerámica 45x45 mm | 1,10 | 1,10 |
| Huecos | - | - | Vidrio 4+6+4 | - | - | 3,15 | 4,20 |

Las ventanas son un elemento especialmente interesante debido a que confieren en diversos aspectos a considerar como es el aislamiento térmico, las ganancias solares, iluminación natural, protección contra el sobrecalentamiento, protección contra el ruido, privacidad y seguridad. Además determinan de manera significativa el consumo de energía de un edificio

(Citherlet, Di Guglielmo, & Gay, 2000). Tales exigencias para los huecos quedan definidas la Tabla 1.

La construcción de perfiles operacionales o condiciones operacionales son necesarios en procesos de simulación para interpretar aquellas sollicitaciones interiores necesarias. Los datos intervenidos para este caso de simulación donde se pretende estimar la demanda energética mediante las exigencias del CTE quedaron detallados en la

Figura 4.

Definir las temperaturas de consigna es un paso que nos va a condicionar decisivamente en el proceso de simulación. Estas temperaturas serán las consideradas para el cálculo de la demanda energética. Fijan el límite de la temperatura interior de la vivienda a partir de la cual van a operar o a dejar de operar los sistemas de calentamiento o refrigeración, requiriendo aportes energéticos. Estas temperaturas de consigna para calefacción y refrigeración quedan definidas por el CTE en el Apéndice C1 - Perfiles de uso. Las consignas para temperaturas bajas, es decir, para requerimiento de sistemas de calefacción, quedan definidas entre 17 °C y 20 °C. Las consignas para temperaturas altas, es decir, para requerimiento de sistemas de refrigeración, quedan definidas entre 25 °C y 27 °C.

Programar adecuadamente el software es un proceso profundamente complejo puesto que, además de definir una serie de exigencias ya fijadas por la normativa, es necesario definir otra serie de parámetros indispensables para la adecuada obtención de resultados.

De la aplicación de las presentes condiciones paramétricas obtenemos (Figura 7):

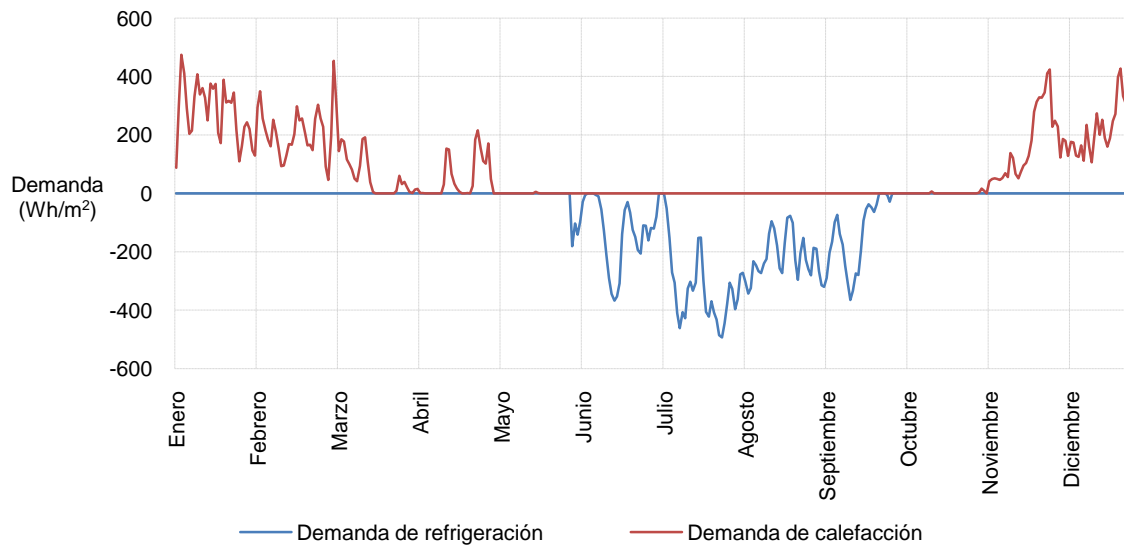


Figura 7 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso CTE.
FUENTE : Elaboración propia.

Estos requerimientos de aportes energéticos anuales quedan definidos por una gráfica de balances en la que se genera una demanda en sistema de calefacción a modo generalizado entre los meses de Noviembre - Mayo y una demanda en sistemas de refrigeración en el periodo principalmente estival pero comprendido entre finales de Mayo hasta inicios de Octubre.

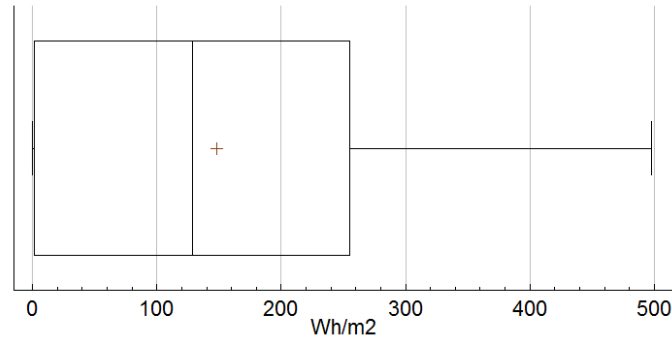


Figura 8 - Distribución de la demanda energética anual para perfiles de uso CTE.
FUENTE : Elaboración propia.

Este gráfico (Figura 8) está basado en cuartiles y mediante el cual se visualiza la distribución del conjunto de datos de la Figura 7. Se trata de un buen instrumento para mostrar varias características de una muestra de datos. La parte rectangular del diagrama se extiende desde el cuartil inferior hasta el cuartil superior, cubriendo la mitad central de la muestra. La línea del centro dentro de la caja indica la localización de la mediana de la muestra. El signo más indica la localización de la media muestral. Los bigotes se extienden desde la caja hasta los valores mínimo y máximo en la muestra, excepto por cualquier punto alejado ó muy alejado, los cuales serán graficados por separado. Puntos alejados son aquellos que se encuentran a más de 1,5 veces el rango intercuartílico por arriba ó por debajo de la caja y se muestran como pequeños cuadrados. Los puntos muy alejados se encuentran a más de 3,0 veces el rango intercuartílico por arriba ó por abajo de la caja y se muestran como pequeños cuadrados con un signo más dentro de ellos. En este caso, hay 41 puntos alejados y 12 puntos muy alejados. La presencia de puntos muy alejados puede indicar la presencia de valores aberrantes ó una distribución muy sesgada.

El valor mínimo de demanda de refrigeración y demanda de calefacción es 0, momento de carga nula o no requerimiento de aporte energético al sistema. La demanda media anual es de 148,57 Wh/m² con una desviación estándar de 136,90 Wh/m², alcanzando un requerimiento máximo de 498,03 Wh/m². Los datos obtenidos son representativos al análisis anual.

Para perfilar el análisis de las demandas y para tener una mejor percepción a nivel estadístico se plantea el estudio individualizado de demanda de refrigeración y demanda de calefacción.

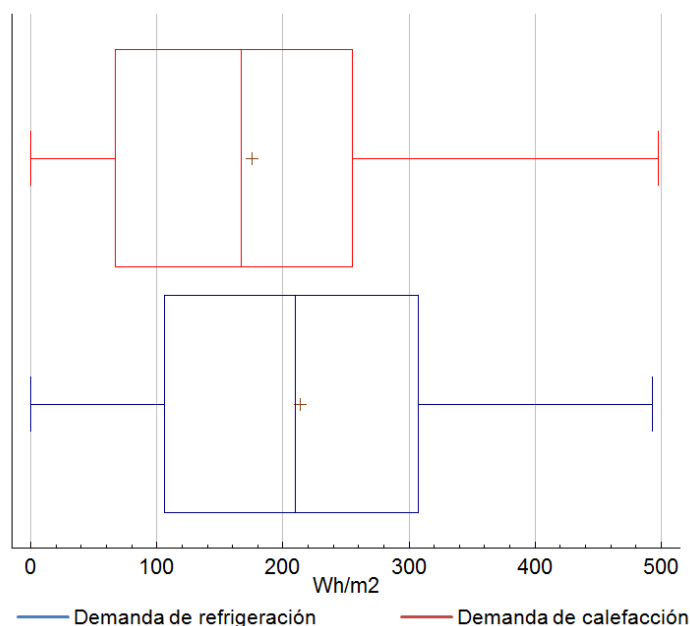


Figura 9 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso CTE.
FUENTE : Elaboración propia.

La carga mínima demandada para refrigeración es de 0,12 Wh/m². La demanda media diaria es de 214,00 Wh/m² con una desviación estándar de 128,40 Wh/m², alcanzando un requerimiento máximo de 493,36 Wh/m². La demanda mínima presentada para sistemas de calefacción es de 0,013 Wh/m², con una media de 148.57 Wh/m² y desviación estándar de 122,71 Wh/m² y con requerimiento máximo de 498,03 Wh/m². Estos valores son representativos únicamente para el estudio de las demandas diarias de los sistemas de calefacción y refrigeración de manera individualizada (Figura 9).

9. DETERMINACIÓN MEDIANTE PROCESO DE SIMULACIÓN LA DEMANDA ENERGÉTICA RESULTADO DE APLICAR A UN MODELO DE VIVIENDA TIPO LAS SOLICITACIONES ESTABLECIDAS POR EL CSSC EN ZONAS CLIMÁTICAS TEMPLADAS CÁLIDAS CON LLUVIAS INVERNALES Y GRAN HUMEDAD ATMOSFÉRICA

La transmitancia térmicas de los sistemas constructivos de la vivienda modelo se han calculado en base a la norma NCh 853 Of 2007. "Acondicionamiento térmico - Envoltente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas" (INN, 2007), aplicando la fórmula:

$$U = \frac{1}{R_r} = \frac{\sum U_i \cdot A_i}{\sum A_i} \quad [1]$$

La Norma Técnica NTM 11-2 ha sido la establecida para el cumplimiento mínimo de exigencias térmicas en la vivienda modelo debido a que se trata de un anteproyecto de norma donde se desarrolla una propuesta de actualización del Reglamento Técnico y del Art. 4.1.10 de la OGUC, con intención próxima de su entrada en vigor.

Los sistemas constructivos para la aplicación del caso a la zona climática atiende a los elementos que componen los sistemas constructivos de muros, techumbre y pisos en contacto con el terreno siguientes (Tabla 12). Sistema constructivo adjunto en ANEXO II.

Tabla 12 - Transmitancia térmica de los sistemas constructivos que componen la vivienda modelo para los casos de estudio en zona climática templada cálida con lluvias invernales y gran humedad atmosférica
FUENTE: Elaboración propia.

| Elementos | ESTRUCTURA | | | | | TRANSMITANCIA | |
|-----------------|--------------------------|--|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|---------------------|------|
| | Revestimiento exterior | Barrera de humedad | Estructura | Aislamiento | Revestimiento interior | W/m ² ·K | NTM |
| Muros | Smart panel SR8 e=11,1mm | Lámina asfáltica impermeabilizante 4 kg/m ² | Fábrica de ladrillo 24x11,5x7,5 cm | Poliestileno extruido [XPS] e=40 mm | Cartón - yeso 15 mm | 0,50 | 0,50 |
| Forjados | Cartón - yeso 20 mm | - | HA 10 cm | Poliestileno extruido [XPS] e=40 mm | Solera cerámica 45x45 mm | 0,55 | 0,60 |
| Huecos | - | - | Vidrio 6+4+6 | - | - | 2,73 | 3,00 |

Las ventanas son un elemento especialmente interesante debido a que confieren en diversos aspectos a considerar como es el aislamiento térmico, las ganancias solares, iluminación natural, protección contra el sobrecalentamiento, protección contra el ruido, privacidad y seguridad. Además determinan de manera significativa el consumo de energía de un edificio así como confort térmico (Citherlet et al., 2000). Tener en consideración las superficies de acristalamiento proporciona al estudio un enfoque mucho más objetivo en cuanto al comportamiento y/o rendimiento de un sistema con presencia de acristalamiento. Las exigencias para huecos quedan establecidas en la Tabla 2.

La construcción de perfiles operacionales o condiciones operacionales son necesarios en procesos de simulación para interpretar aquellas solicitaciones interiores necesarias. Los datos intervenidos para este caso de simulación donde se pretende estimar la demanda energética mediante las exigencias del CSSC quedaron detallados en la donde:

- So Cargas térmicas asociadas a ocupación semanal
- Se Cargas térmicas asociadas a equipos semanal
- Si Cargas térmicas asociadas a iluminación semanal
- FSo Cargas térmicas asociadas a ocupación fines de semana
- FSe Cargas térmicas asociadas a equipos fines de semana
- FSi Cargas térmicas asociadas a iluminación fines de semana

Figura 5.

El cálculo de la demanda energética de refrigeración y calefacción deberá realizarse, al igual que con la normativa española, considerando unos límites de temperatura. Sin embargo, el CSSC establece unos límites ajustados a cada mes del año. Estas temperaturas de consigna fueron determinadas en base al método de CA de Dear & Brager (1998), señalado en ASHRAE Fundamentals, capítulo "Thermal Comfort", considerando una desviación de +2,5 °C a -2,5 °C, con respecto de la temperatura media de confort. Las temperaturas de consigna para calefacción y refrigeración máximas y mínimas que se han considerado son 20,9 °C - 18,0 °C y 23,0°C - 25,9 °C respectivamente. Las temperaturas de consigna se seleccionan a partir de una clasificación por zona climática del país. Esta clasificación se basa en la establecida por Köppen Geiger, al igual que en su estudio de atlas ibérico, Köppen estudió la cartografía

chilena estableciendo que, la ciudad de Concepción, ciudad seleccionada como ubicación de este estudio, se caracteriza por ser un clima templado cálido con lluvias invernales y con gran humedad atmosférica (Csbn's) (Figura 10).

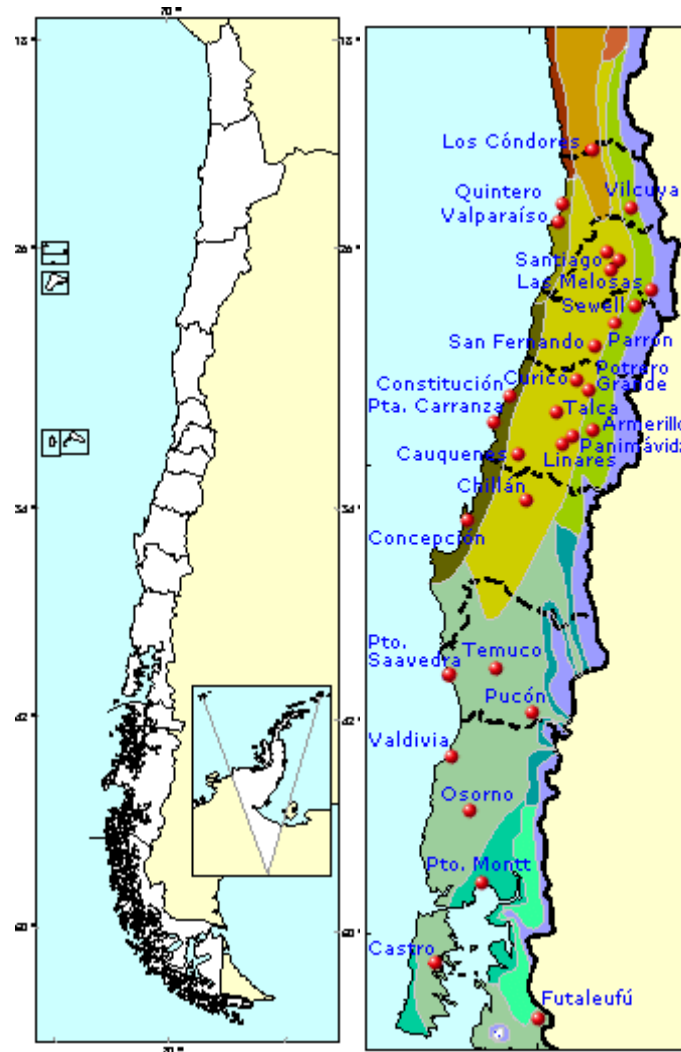


Figura 10 - Mapa político de Chile (izquierda) y Clasificación climática según Köppen Geiger de la Región Central (derecha). FUENTE: (Reinaldo Ríoseco Hormazábal y Claudio Tesser Obregón, n.d.)

La demanda de calefacción o refrigeración por parte de la vivienda se verá condiciona por su correcta programación en el software. Es necesario programar los calendarios de uso tanto de calefacción como de refrigeración acordes con las condiciones que se pretenden simular. Para determinar correctamente las necesidades de demanda en periodo mensual se procedió en primer lugar a realizar una simulación en funcionamiento en oscilación libre, es decir, sin que interfieran sistemas de acondicionamiento mecánico. A través de los resultados obtenidos se diseñaron los calendarios de uso de los sistemas quedando establecida la demanda de refrigeración entre los meses de octubre a mayo y demanda de calefacción desde mayo a octubre. Por si fuese necesario recordar, la ciudad de Concepción se encuentra en el hemisferio sur por lo que las condiciones climáticas o estaciones del año atienden de manera

inversa a las de nuestra concepción habitual en el hemisferio norte. En la siguiente figura podemos observar el balance de demanda diario a lo largo de un año.

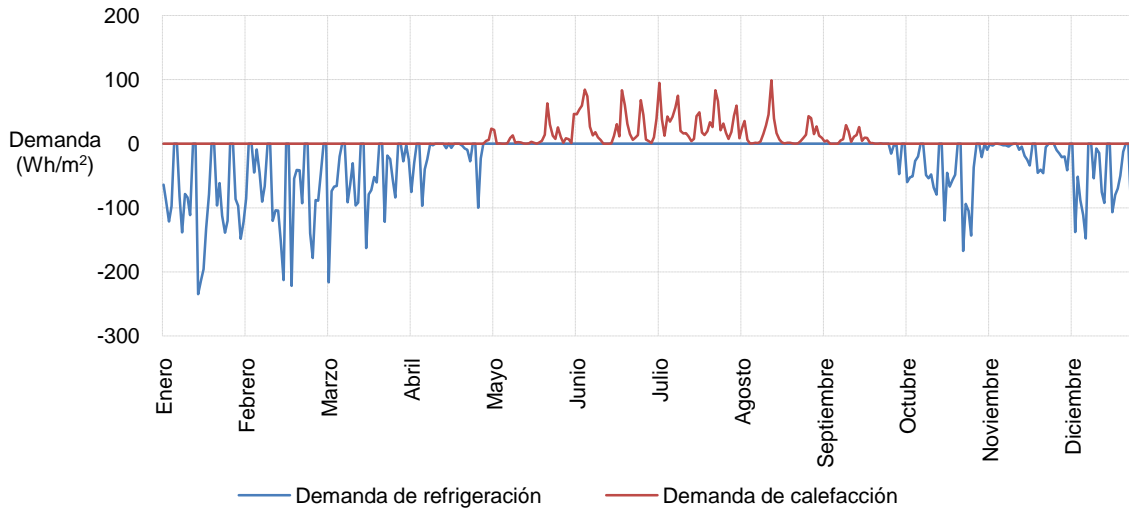


Figura 11 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso CSSC.
FUENTE : Elaboración propia.

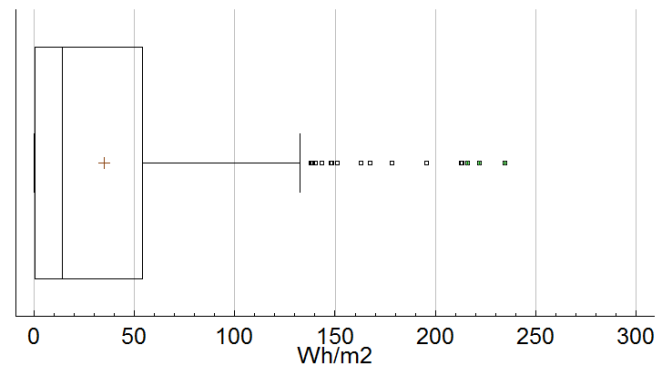


Figura 12 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso CSSC.
FUENTE : Elaboración propia.

El valor mínimo de demanda de refrigeración y demanda de calefacción es 0, momento de carga nula o no requerimiento de aporte energético al sistema. La demanda media anual es de $34,93 \text{ Wh/m}^2$ con una desviación estándar de $45,85 \text{ Wh/m}^2$, alcanzando un requerimiento máximo de $234,86 \text{ Wh/m}^2$. Los datos obtenidos son representativos al análisis anual (Figura 12).

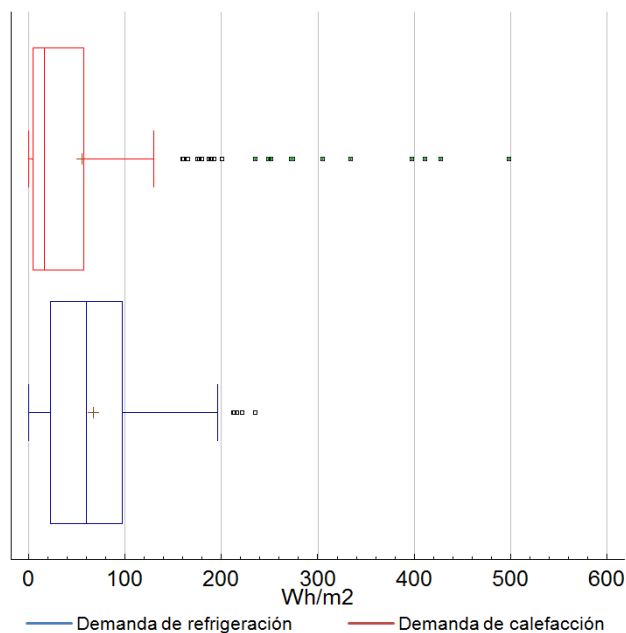


Figura 13 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso CSSC.
 FUENTE : Elaboración propia.

El resumen estadístico de la demanda de refrigeración considera que la carga mínima es de 0,03 Wh/m². La demanda media diaria es de 67,42 Wh/m² con una desviación estándar de 53,22 Wh/m², alcanzando un requerimiento máximo de 234,86 Wh/m². La demanda mínima presentada para sistemas de calefacción es de 0,02 Wh/m², con una media de 55,05 Wh/m² y desviación estándar de 90,49 Wh/m² y con requerimiento máximo de 498,03 Wh/m². Estos valores son representativos únicamente para el estudio de las demandas diarias de los sistemas de calefacción y refrigeración de manera individualizada (Figura 13).

FASE III

Determinar mediante procesos de simulación la demanda energética resultado de aplicar a un modelo tipo de vivienda las solicitudes interiores de los nuevos patrones de ocupación propuestos

Los PRO que se han propuesto son un modelo de oportunidad para la aproximación a la realidad vivida diaria de los usuarios de las viviendas de objeto de estudio para estimaciones de consumo energético. Afinar en la creación de modelos predictivos implica dar un paso más hacia la exactitud.

Como parte del desarrollo de la fase I se han explicado los patrones de ocupación establecidos por la normativa española CTE y por los CSSC que define las exigencias en procesos de simulación en Chile.

La creación de los PRO ha conllevado un largo proceso de estudio para asentarse justamente en las bases de la hipótesis planteada para definir de manera apropiada la rutina de comportamiento diario de los ocupantes y como resultado definir las cargas térmicas asociadas a ocupación, las cargas térmicas asociadas a equipos y las cargas térmicas asociadas a iluminación. Todo este proceso se ve concluido en las tablas adjunta en el ANEXO I.

En esta fase se va estudiar la demanda energética de la aplicación de los PRO. El objetivo general de esta investigación es averiguar el grado de incidencia de las solicitudes interiores de los PRO frente al uso de las solicitudes interiores de las normativas española y chilena. Es por ello, que para poder analizar objetivamente la incidencia de estos parámetros con la aplicación de unos u otros modelos, lo correcto es trabajar bajo los mismos parámetros del modelo al que se desea comparar. Es decir, para analizar la incidencia de las solicitudes interiores establecidas por los PRO frente al uso de las solicitudes interiores establecidas por el CTE se ha tomado el mismo modelo de vivienda, los mismos parámetros de simulación y los mismos datos climáticos y han sido modificados aquellos parámetros que se pretenden evaluar: cargas internas asociadas a ocupación, cargas internas asociadas a equipos y cargas internas asociadas a iluminación. Este proceso será repetido para el análisis de la incidencia de las solicitudes interiores establecidas por los PRO frente al uso de las solicitudes interiores establecidas por el CSSC. Igualmente, para esta tanda de simulaciones se ha mantenido el mismo modelo de vivienda, los mismos parámetros de simulación que los utilizados para el análisis de demanda del CSSC y los mismos datos climáticos y han sido modificados aquellos parámetros que se pretenden evaluar: cargas internas asociadas a ocupación, cargas internas asociadas a equipos y cargas internas asociadas a iluminación.

Del mismo modo que para el análisis de las normativas CTE y CSSC se ha ubicado la vivienda para la simulación en una zona climática templada con verano seco y caluroso y una zona climática templada cálida con lluvias invernales y con humedad atmosférica respectivamente, para los procesos de simulación de esta fase con aplicación de los PRO, las zonas climáticas serán exactamente las mismas y el resto de variables permanecerán invariables puesto que lo que se pretende medir es la influencia de las solicitudes interiores propuestas frente a las de la normativa.

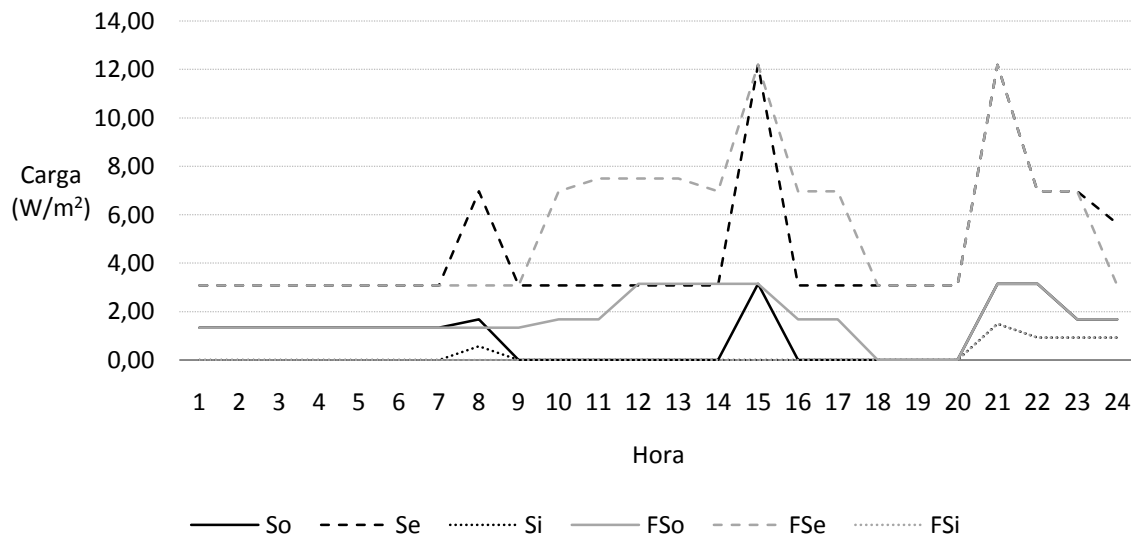
En primer lugar se va a proceder a analizar de forma individual cada uno de los perfiles de uso propuestos desde el punto de vista de la demanda energética. Posteriormente se realizará el estudio comparativo de los resultados obtenidos de cada uno de estos perfiles frente a los

resultados obtenidos con la aplicación del CTE y del CSSC para cada uno de los casos. Y por último se analizará desde un punto de vista estadístico la correlación entre las variables influyentes.

10. DETERMINACIÓN MEDIANTE PROCESOS DE SIMULACIÓN LA DEMANDA ENERGÉTICA RESULTADO DE APLICAR A UN MODELO DE VIVIENDA TIPO LAS SOLICITACIONES ESTABLECIDAS POR LOS PRO EN ZONAS CLIMÁTICAS TEMPLADAS CON VERANO SECO Y CALUROSO

10.1. Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 1 en la vivienda tipo

El perfil PRO 1 está constituido para la representación de hogares unipersonales. Las solicitudes interiores propuestas quedan descritas bajo cargas térmicas asociadas a ocupación, equipos e iluminación siguientes (Figura 14). Pueden consultarse de manera más detallada en el ANEXO I.



donde:

- So Cargas térmicas asociadas a ocupación semanal
- Se Cargas térmicas asociadas a equipos semanal
- Si Cargas térmicas asociadas a iluminación semanal
- FSo Cargas térmicas asociadas a ocupación fines de semana
- FSe Cargas térmicas asociadas a equipos fines de semana
- FSi Cargas térmicas asociadas a iluminación fines de semana

Figura 14 - Energy input. Perfiles de uso PRO 1.
FUENTE : Elaboración propia.

Del estudio de la demanda mediante simulación se ha obtenido la gráfica de balance siguiente (Figura 15). En cuanto a los periodos de requerimiento de calefacción o refrigeración atienden de forma generalizada del mismo modo que los requerimientos de aporte energético del CTE.

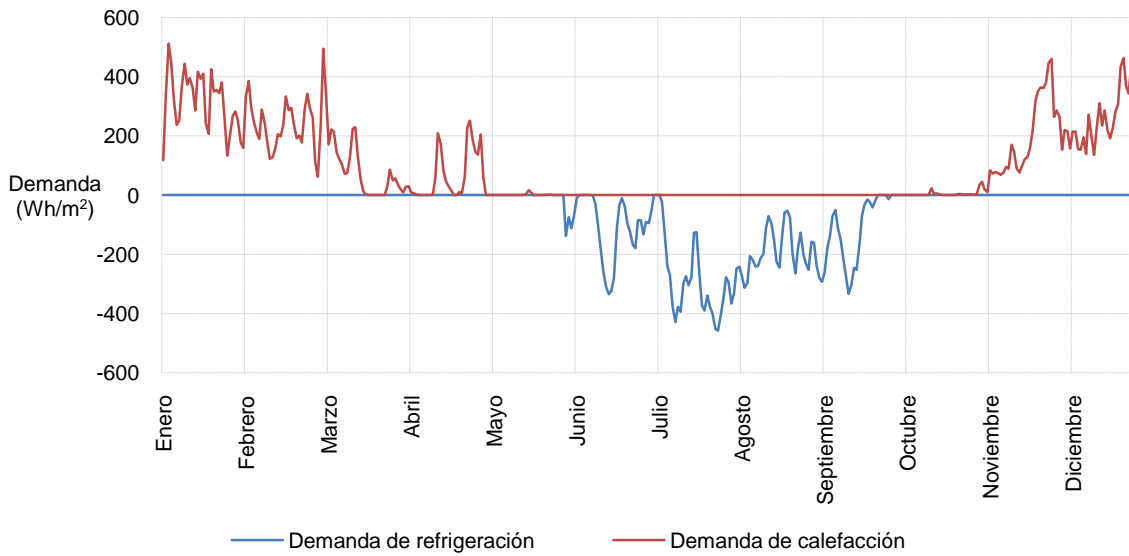


Figura 15 Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 1.
FUENTE : Elaboración propia.

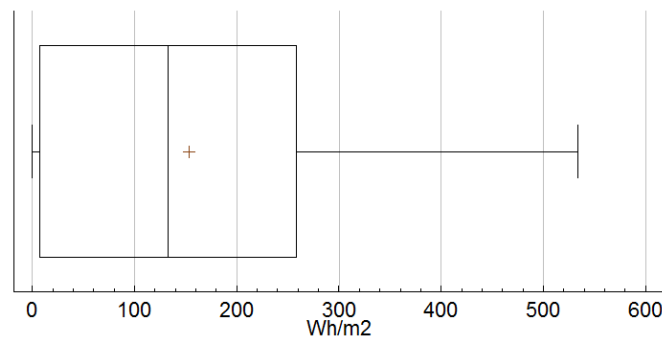


Figura 16 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 1.
FUENTE : Elaboración propia.

Como valores representativos: el valor mínimo del análisis de la demanda anual es 0, momento de carga nula o no requerimiento de aporte energético al sistema. Todos los patrones van a presentar una carga nula o carga 0 debido a que en todos los casos se da la circunstancia en que a lo largo del año hay días donde no existe requerimiento por parte de la vivienda para ninguno de los sistemas. La demanda media anual es de 153,53 Wh/m² con una desviación estándar de 139,16 Wh/m², alcanzando un requerimiento máximo de 534,14 Wh/m²(Figura 16).

Como parte del estudio individualizado de la demanda energética de refrigeración y calefacción se establece la gráfica siguiente:

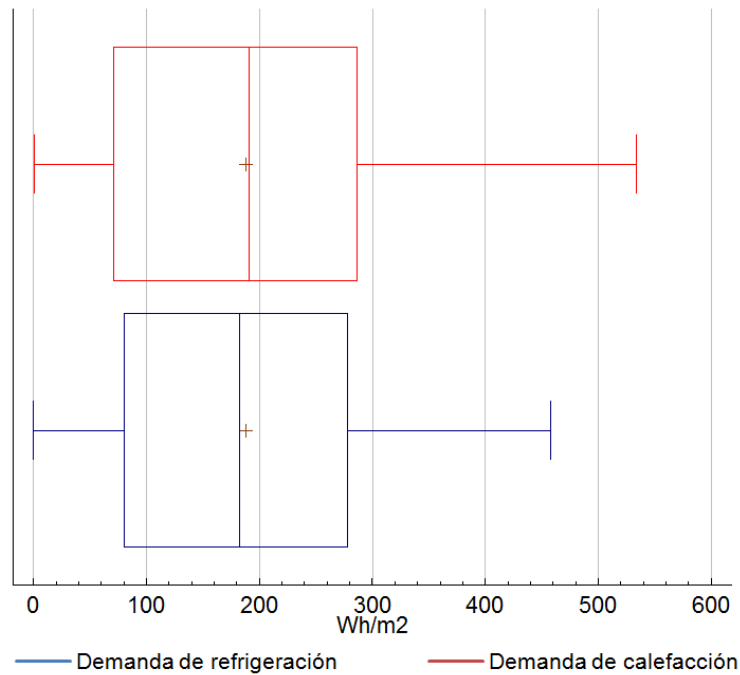


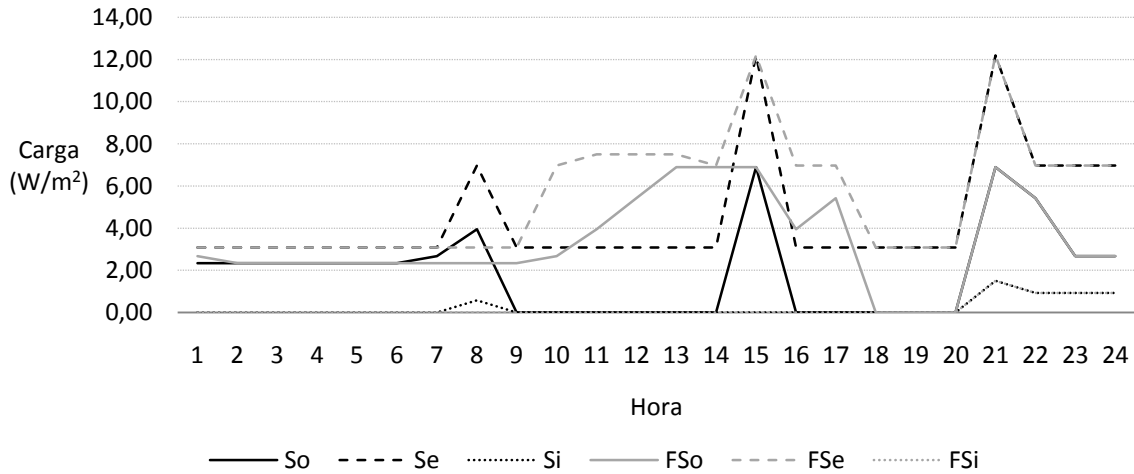
Figura 17 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 1
FUENTE : Elaboración propia.

Los resultados a destacar de este análisis son el valor mínimo correspondiente a la demanda mínima para refrigeración que es de $0,03 \text{ Wh/m}^2$. La demanda media diaria es de $188,13 \text{ Wh/m}^2$ con una desviación estándar de $122,62 \text{ Wh/m}^2$, alcanzando un requerimiento máximo de $458,06 \text{ Wh/m}^2$. La demanda mínima presentada para sistemas de calefacción es de $0,67 \text{ Wh/m}^2$; una media anual de $188,37 \text{ Wh/m}^2$ con una desviación estándar de $136,29 \text{ Wh/m}^2$ y con requerimiento máximo de $534,14 \text{ Wh/m}^2$. Estos valores son representativos únicamente para el estudio de las demandas diarias de los sistemas de calefacción y refrigeración de manera individualizada (Figura 17).

El proceso a seguir para describir el estudio será el mismo de aquí en adelante por lo que será sintetizada la narración y reflejados los resultados de manera pragmática.

10.2. Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 1+1 en la vivienda tipo

Este apartado corresponde con el análisis de la estructura de hogar formada por un adulto y un niño. Las solicitudes interiores de este patrón presentan una carga térmica máxima asociada a ocupación de $6,90 \text{ W/m}^2$, carga constituida cuando ambos individuos presentan una tasa de actividad metabólica moderada. Bajo el planteamiento de la utilización simultánea del mayor número de equipos domésticos se ha establecido una carga máxima de $12,19 \text{ W/m}^2$. Y para cargas térmicas asociadas a iluminación la carga máxima es de $1,50 \text{ W/m}^2$ (Figura 18).



donde:

- So Cargas térmicas asociadas a ocupación semanal
- Se Cargas térmicas asociadas a equipos semanal
- Si Cargas térmicas asociadas a iluminación semanal
- FSo Cargas térmicas asociadas a ocupación fines de semana
- FSe Cargas térmicas asociadas a equipos fines de semana
- FSi Cargas térmicas asociadas a iluminación fines de semana

Figura 18 - Energy input. Perfiles de uso PRO 1+1.
FUENTE : Elaboración propia.

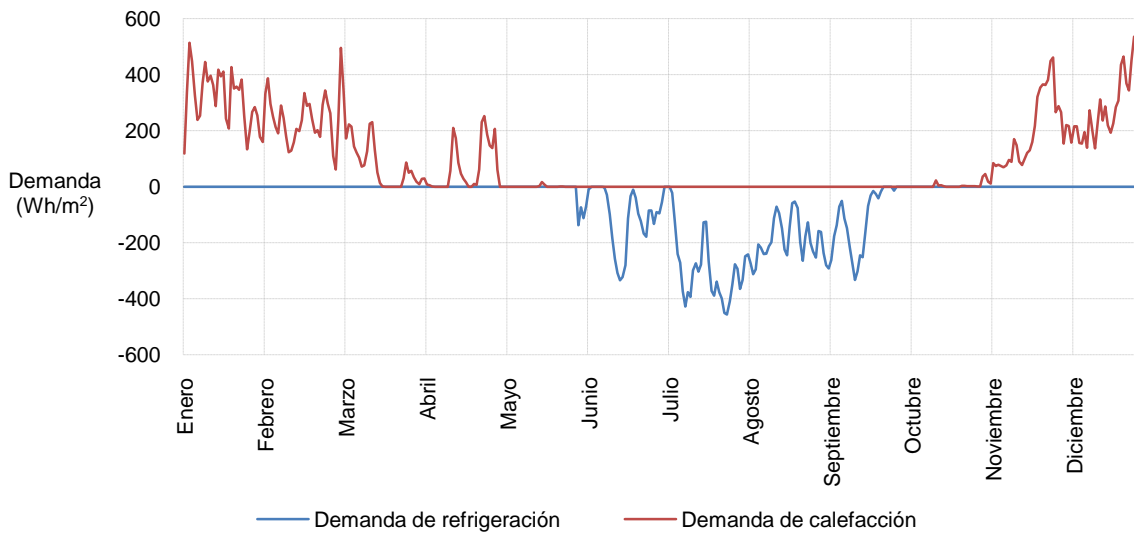


Figura 19 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 1+1.
FUENTE : Elaboración propia.

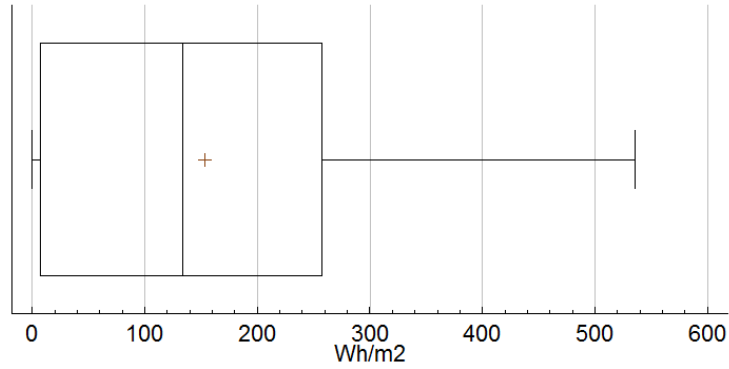


Figura 20 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 1+1.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda de energía media de la vivienda en periodo anual es de $153,75 \text{ Wh/m}^2$ con una desviación estándar de $139,30 \text{ Wh/m}^2$, alcanzando un requerimiento máximo de $535,66 \text{ Wh/m}^2$ (Figura 20).

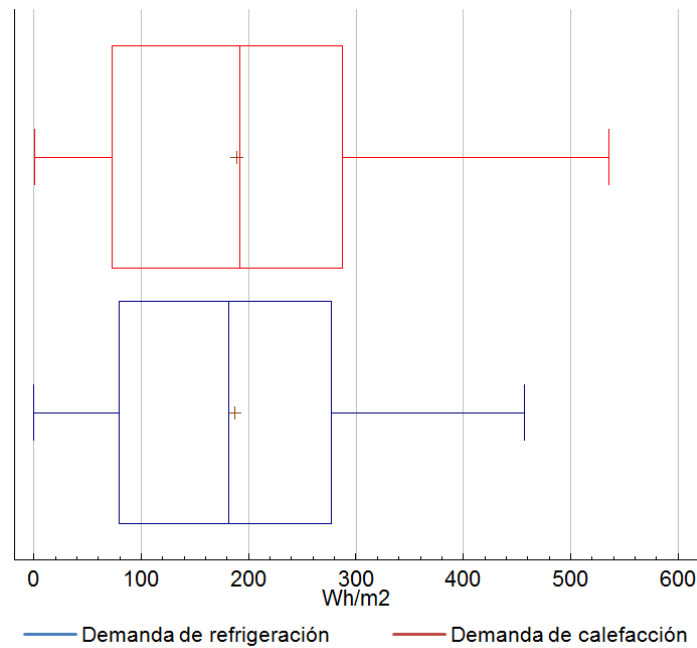
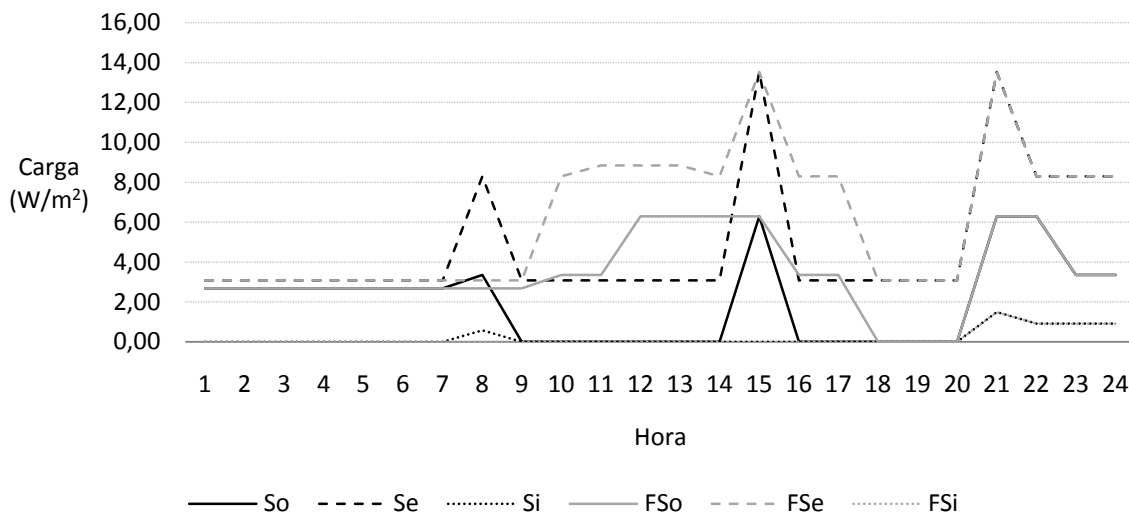


Figura 21 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 1+1.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda de refrigeración mínima y máxima requerida es de $0,03 \text{ Wh/m}^2$ y $456,61 \text{ Wh/m}^2$ respectivamente. El promedio de la demanda de refrigeración es de $187,41 \text{ Wh/m}^2$ con una desviación estándar de $122,45 \text{ Wh/m}^2$. La demanda media de calefacción es de $189,29 \text{ Wh/m}^2$ con una desviación estándar de $136,55 \text{ Wh/m}^2$; requiriendo un aporte mínimo de energía de $0,74 \text{ Wh/m}^2$ y un aporte máximo de $535,66 \text{ Wh/m}^2$ (Figura 21)

10.3. Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 2 en la vivienda tipo

Esta estructura de hogar está formada por un número de miembros de hogar igual a dos adultos. Cabe destacar de esta estructura las cargas térmicas asociadas a ocupación (Figura 22). A diferencia que la estructura de hogar PRO 1+1, aunque el número total de miembros sea dos, entrar en detalle sobre la edad de los individuos nos demuestra que los hogares con niños presentan mayores cargas térmicas asociadas a ocupación debido a que presentan mayores tasas en actividad metabólica; es por esto, que en el patrón PRO 2, ante la suposición de encontrarse dos adultos en actividad metabólica moderada presentan una carga máxima de 6.30 W/m^2 , 0.60 W/m^2 menos que el patrón anterior.



donde:

So Cargas térmicas asociadas a ocupación semanal

Se Cargas térmicas asociadas a equipos semanal

Si Cargas térmicas asociadas a iluminación semanal

FSo Cargas térmicas asociadas a ocupación fines de semana

FSe Cargas térmicas asociadas a equipos fines de semana

FSi Cargas térmicas asociadas a iluminación fines de semana

Figura 22 - Energy input. Perfiles de uso PRO 2.

FUENTE : Elaboración propia.

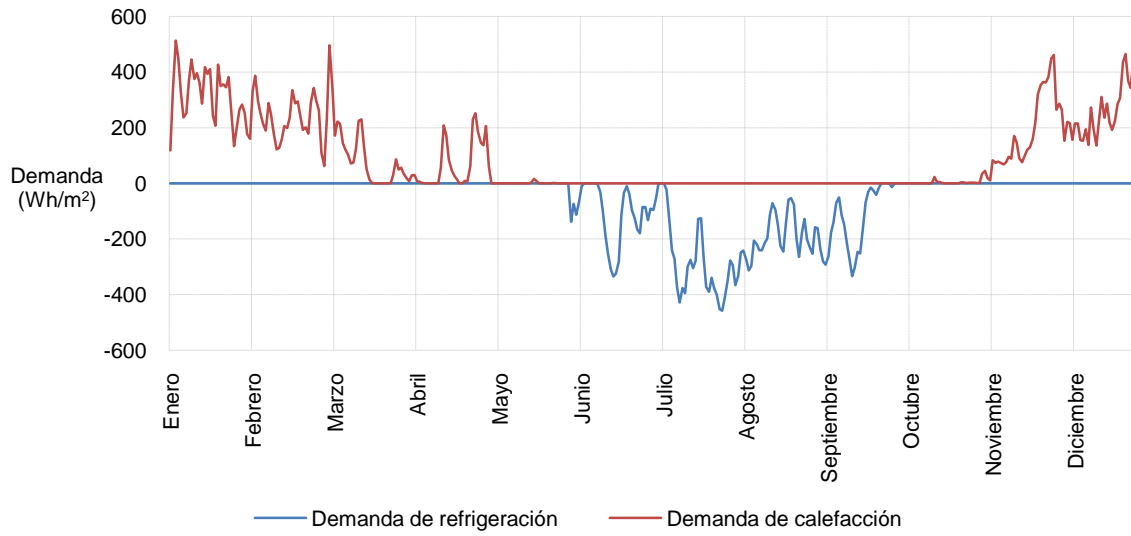


Figura 23 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 2.
FUENTE : Elaboración propia.

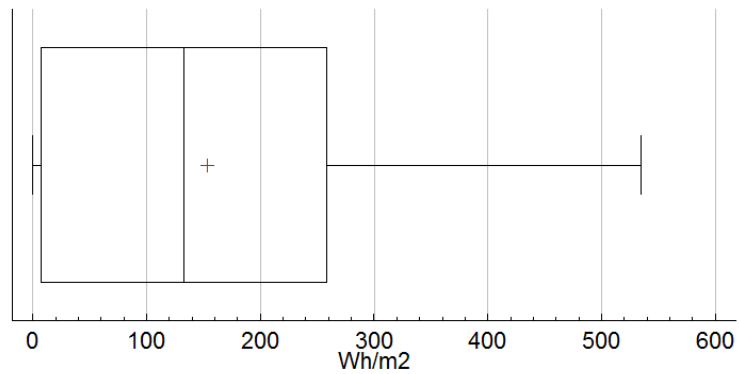


Figura 24 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 2.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda de energía media anual de la vivienda es de 153,50 Wh/m² con una desviación estándar de 139,16 Wh/m², alcanzando un requerimiento máximo de 534,32 Wh/m² (Figura 24).

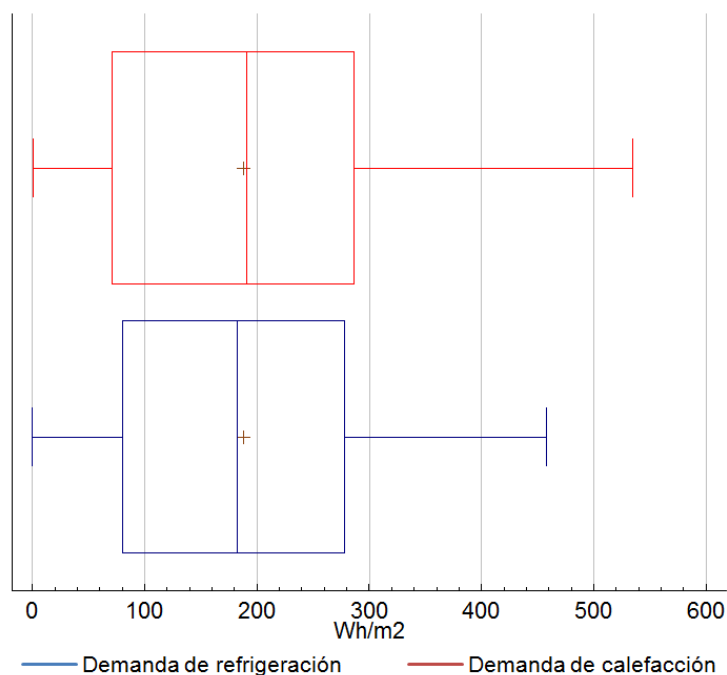
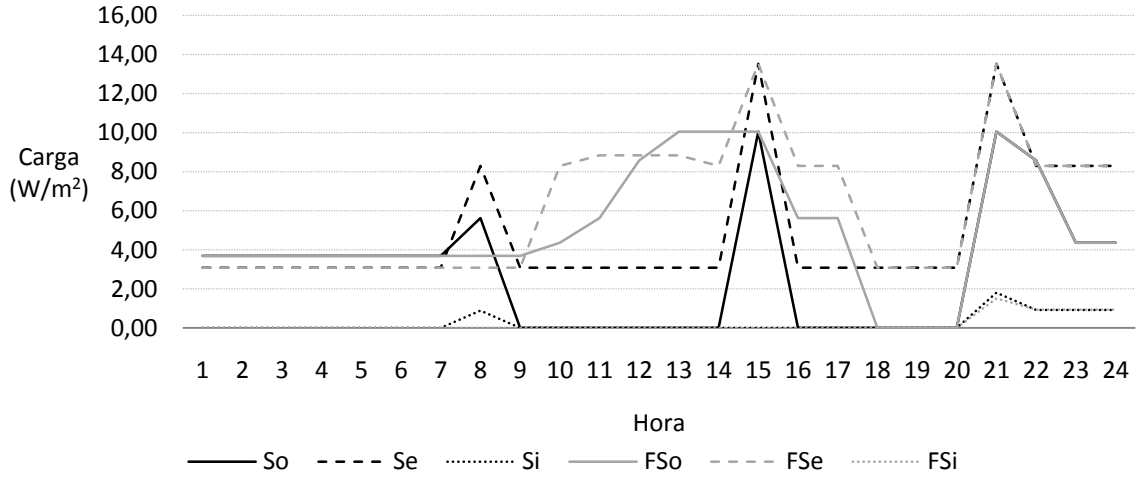


Figura 25 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 2.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda de refrigeración mínima y máxima requerida es de 0,03 Wh/m² y 458,16 Wh/m² respectivamente. El promedio de la demanda de refrigeración es de 188,15 Wh/m² con una desviación estándar de 122,66 Wh/m². La demanda media de calefacción es de 188,30 Wh/m² con una desviación estándar de 136,26 Wh/m²; requiriendo un aporte mínimo de energía de 0,67 Wh/m² y un aporte máximo de 534,32 Wh/m² (Figura 25).

10.4. Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 2+1 en la vivienda tipo

La estructura de hogar PRO 2+1 es aquella constituida por dos adultos y un niño (Figura 26).



donde:

- So Cargas térmicas asociadas a ocupación semanal
- Se Cargas térmicas asociadas a equipos semanal
- Si Cargas térmicas asociadas a iluminación semanal
- FSo Cargas térmicas asociadas a ocupación fines de semana
- FSe Cargas térmicas asociadas a equipos fines de semana
- FSi Cargas térmicas asociadas a iluminación fines de semana

Figura 26 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 2+1.
FUENTE : Elaboración propia.

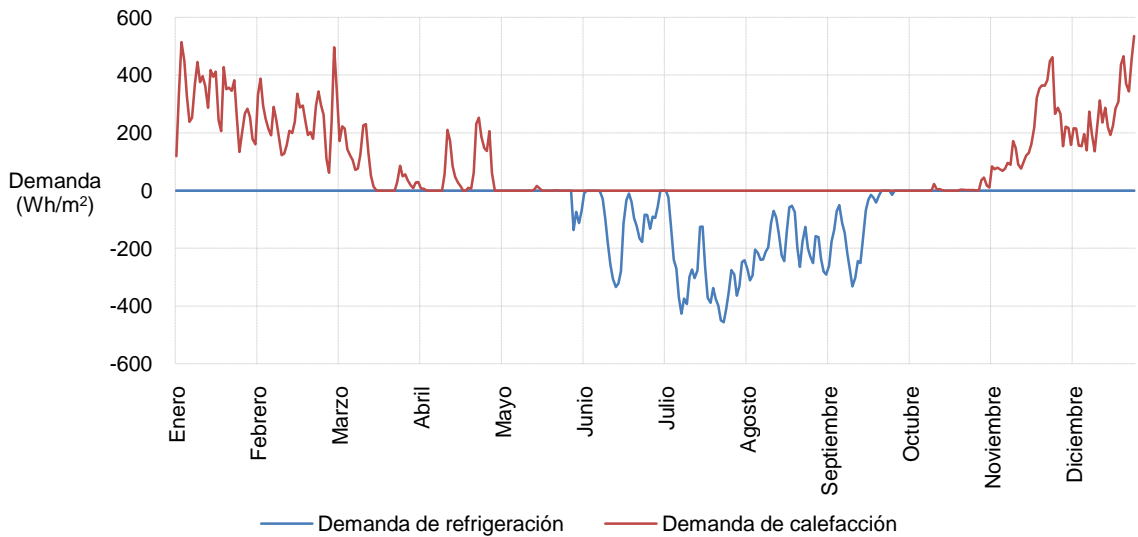


Figura 27 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 2+1.
FUENTE : Elaboración propia.

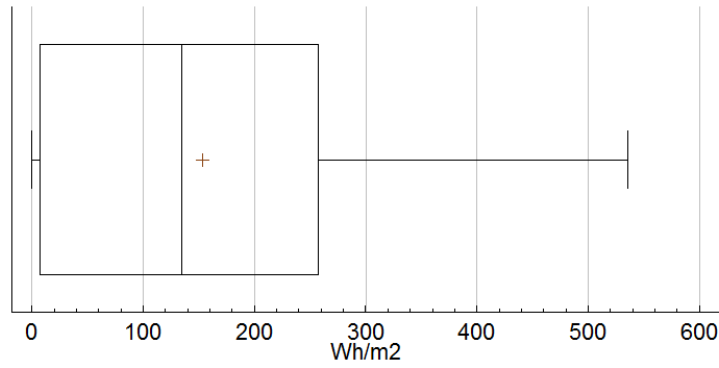


Figura 28 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 2+1.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda energética media anual es de 153,76 Wh/m² con una desviación estándar de 139,35 Wh/m², alcanzando un requerimiento máximo de 535,71 Wh/m² (Figura 28).

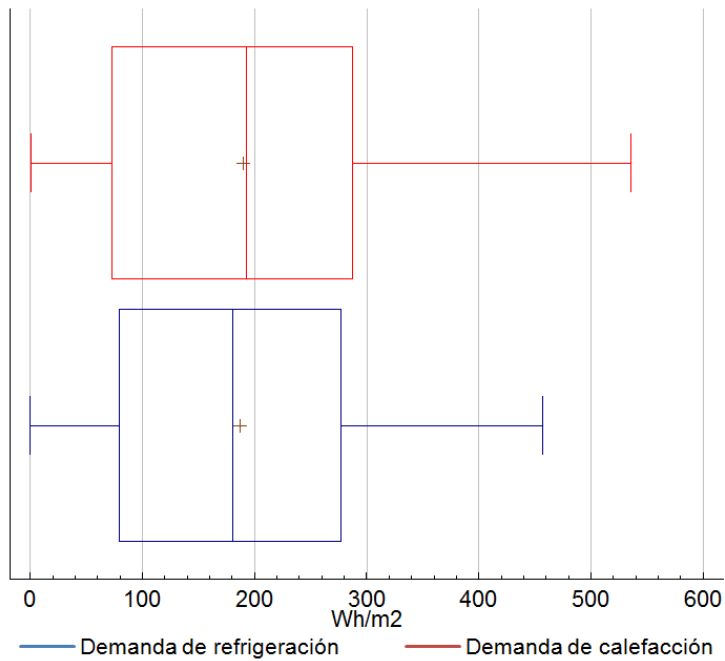
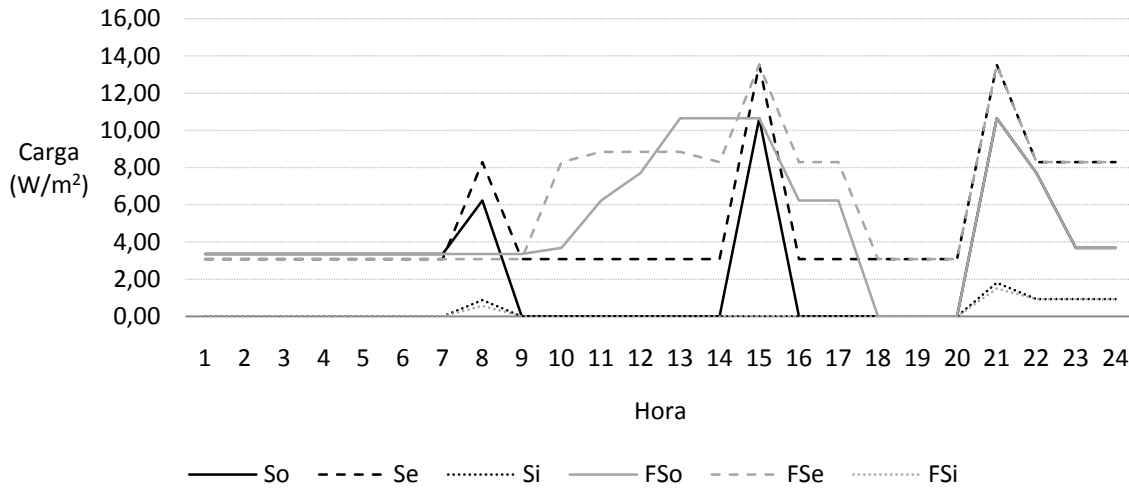


Figura 29 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 2+1.
FUENTE : Elaboración propia.

Los resultados a destacar de este análisis son el valor mínimo correspondiente a la demanda mínima para refrigeración que es de 0,02 Wh/m². La demanda media diaria es de 187,05 Wh/m² con una desviación estándar de 122,38 Wh/m², alcanzando un requerimiento máximo de 456,93 Wh/m². La demanda mínima presentada para sistemas de calefacción es de 0,71 Wh/m²; una media anual de 189.54 Wh/m² con una desviación estándar de 136,68 Wh/m² y con requerimiento máximo de 534,14 Wh/m². Estos valores son representativos únicamente para el estudio de las demandas diarias de los sistemas de calefacción y refrigeración de manera individualizada (Figura 29).

10.5. Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 1+2 en la vivienda tipo

El número de miembros de esta estructura también es de tres, pero en este caso conformados por 1 adulto y dos niños.



donde:

- So Cargas térmicas asociadas a ocupación semanal
- Se Cargas térmicas asociadas a equipos semanal
- Si Cargas térmicas asociadas a iluminación semanal
- FSo Cargas térmicas asociadas a ocupación fines de semana
- FSe Cargas térmicas asociadas a equipos fines de semana
- FSi Cargas térmicas asociadas a iluminación fines de semana

Figura 30 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 1+2.
FUENTE : Elaboración propia.

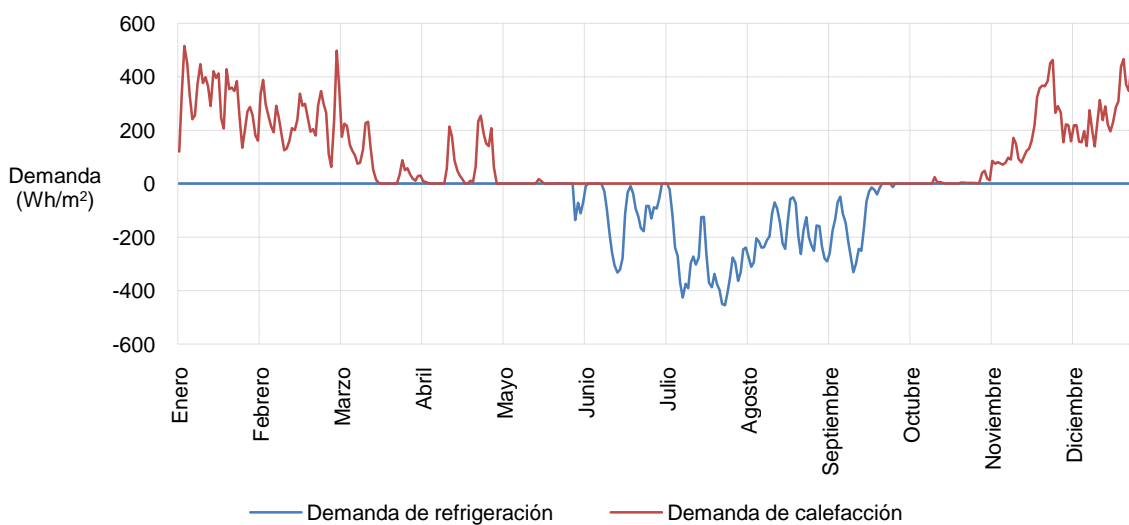


Figura 31 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 1+2.
FUENTE : Elaboración propia.

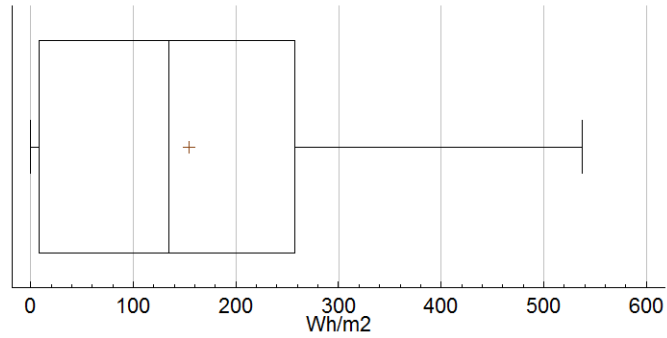


Figura 32 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 1+2.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda energética media anual es de $154,10 \text{ Wh/m}^2$ con una desviación estándar de $139,53 \text{ Wh/m}^2$, alcanzando un requerimiento máximo de $537,13 \text{ Wh/m}^2$ (Figura 32).

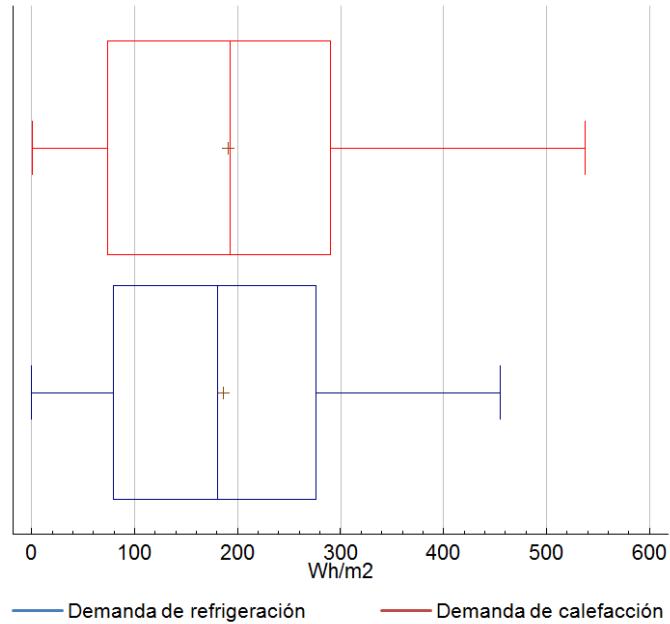
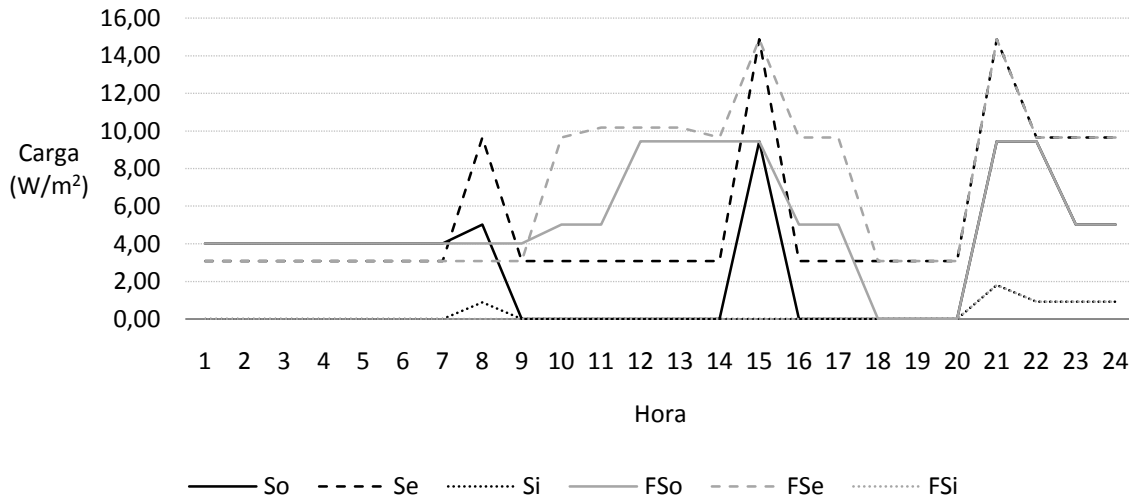


Figura 33 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 1+2.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda de refrigeración mínima es de $0,01 \text{ Wh/m}^2$ y la máxima requerida de $454,62 \text{ Wh/m}^2$. El promedio de la demanda de refrigeración es de $186,53 \text{ Wh/m}^2$ con una desviación estándar de $122,22 \text{ Wh/m}^2$. La demanda media de calefacción es de $190,55 \text{ Wh/m}^2$ con una desviación estándar de $136,94 \text{ Wh/m}^2$; requiriendo un aporte mínimo de energía de $0,76 \text{ Wh/m}^2$ y un aporte máximo de $537,13 \text{ Wh/m}^2$ (Figura 33).

10.6. Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 3 en la vivienda tipo



donde:
 So Cargas térmicas asociadas a ocupación semanal
 Se Cargas térmicas asociadas a equipos semanal
 Si Cargas térmicas asociadas a iluminación semanal
 FSo Cargas térmicas asociadas a ocupación fines de semana
 FSe Cargas térmicas asociadas a equipos fines de semana
 FSi Cargas térmicas asociadas a iluminación fines de semana

Figura 34 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 3.
 FUENTE : Elaboración propia.

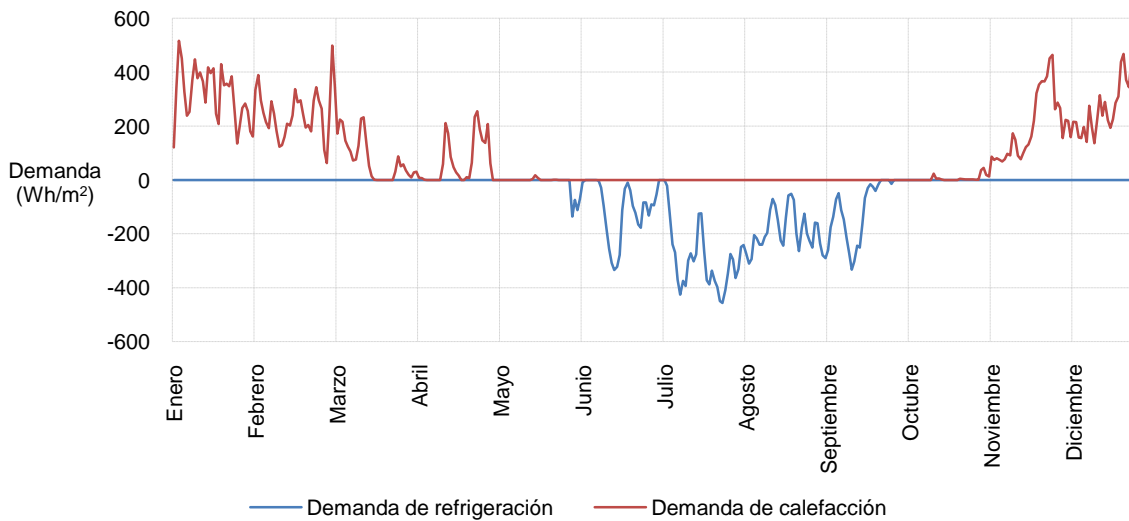


Figura 35 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 3.
 FUENTE : Elaboración propia.

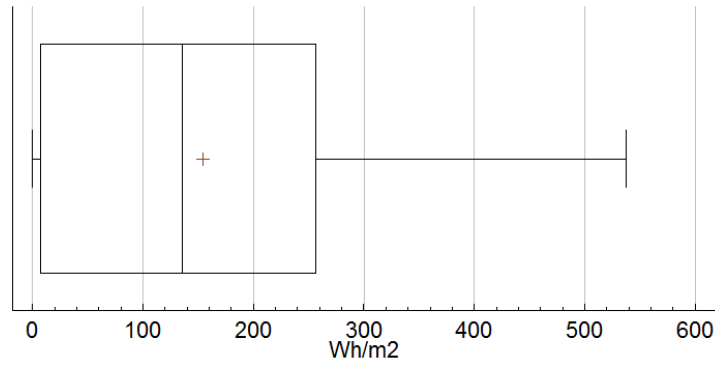


Figura 36 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 3.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda energética media anual es de 153,93 Wh/m² con una desviación estándar de 139,47 Wh/m², alcanzando un requerimiento máximo de 537,20 Wh/m² (Figura 36).

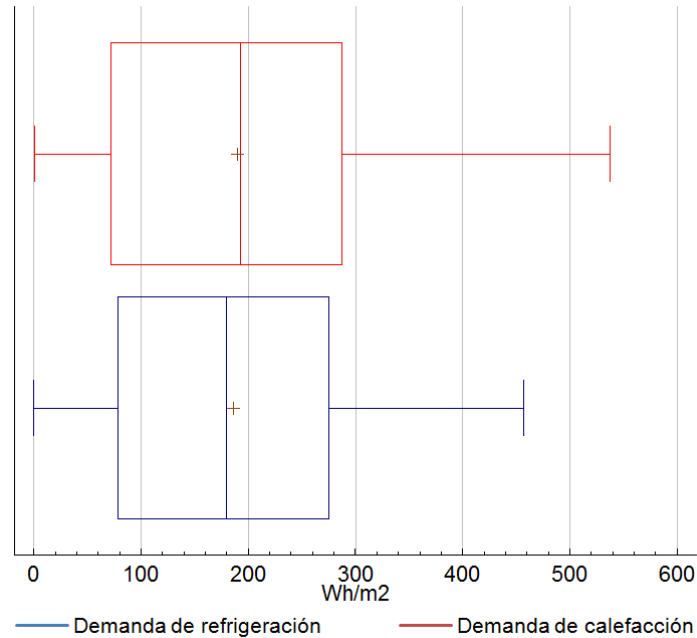
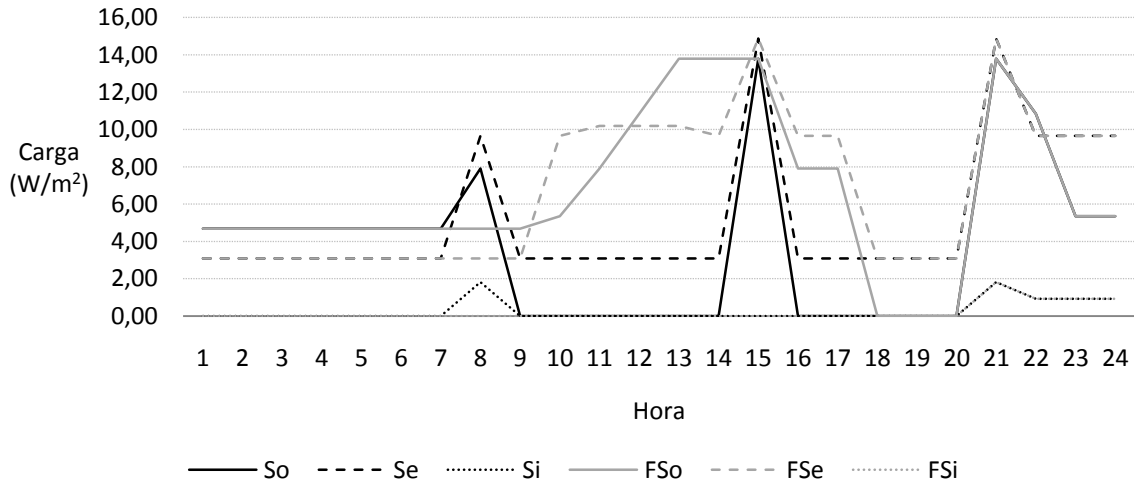


Figura 37 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 3.
FUENTE : Elaboración propia.

Los resultados de este análisis arrojan que la demanda mínima para refrigeración que es de 0,02 Wh/m². La demanda media diaria es de 186,51 W/m² con una desviación estándar de 122,30 Wh/m², alcanzando un requerimiento máximo de 456,71 Wh/m². La demanda mínima presentada para sistemas de calefacción es de 0,78 Wh/m²; una media anual de 190,22 Wh/m² con una desviación estándar de 136,87 Wh/m² y con requerimiento máximo de 537,20 Wh/m² (Figura 37).

10.7. Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 2+2 en la vivienda tipo

Este caso está supuesto para las estructuras de hogares de cuatro miembros: dos adultos y dos niños (Figura 38).



donde:

- So Cargas térmicas asociadas a ocupación semanal
- Se Cargas térmicas asociadas a equipos semanal
- Si Cargas térmicas asociadas a iluminación semanal
- FSo Cargas térmicas asociadas a ocupación fines de semana
- FSe Cargas térmicas asociadas a equipos fines de semana
- FSi Cargas térmicas asociadas a iluminación fines de semana

Figura 38 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 2+2.
FUENTE : Elaboración propia.

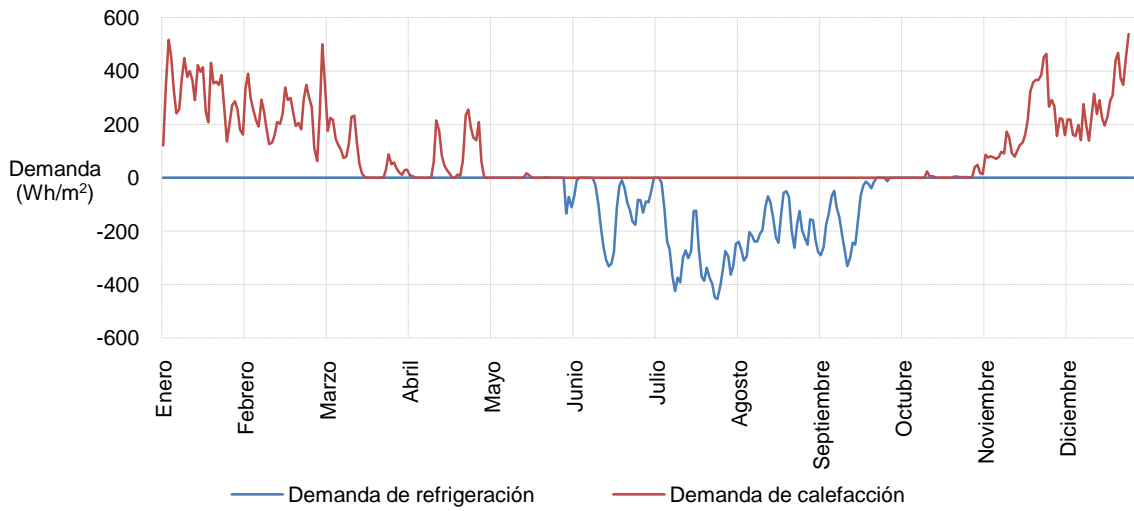


Figura 39 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 2+2.
FUENTE : Elaboración propia.

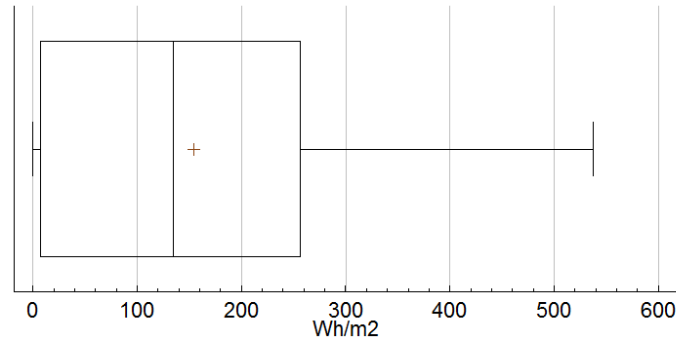


Figura 40 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 2+2.
FUENTE : Elaboración propia

La demanda energética media anual es de $154,01 \text{ Wh/m}^2$ con una desviación estándar de $139,59 \text{ Wh/m}^2$, alcanzando un requerimiento máximo de $537,54 \text{ Wh/m}^2$ (Figura 40).

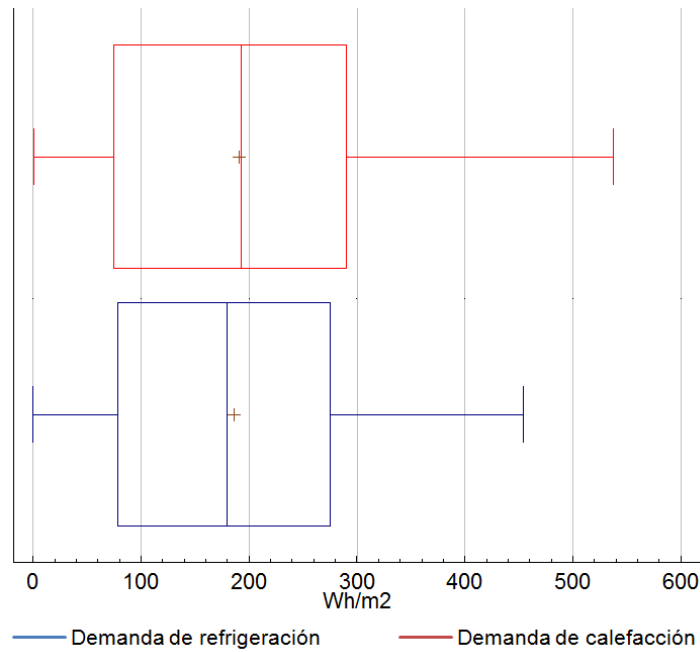
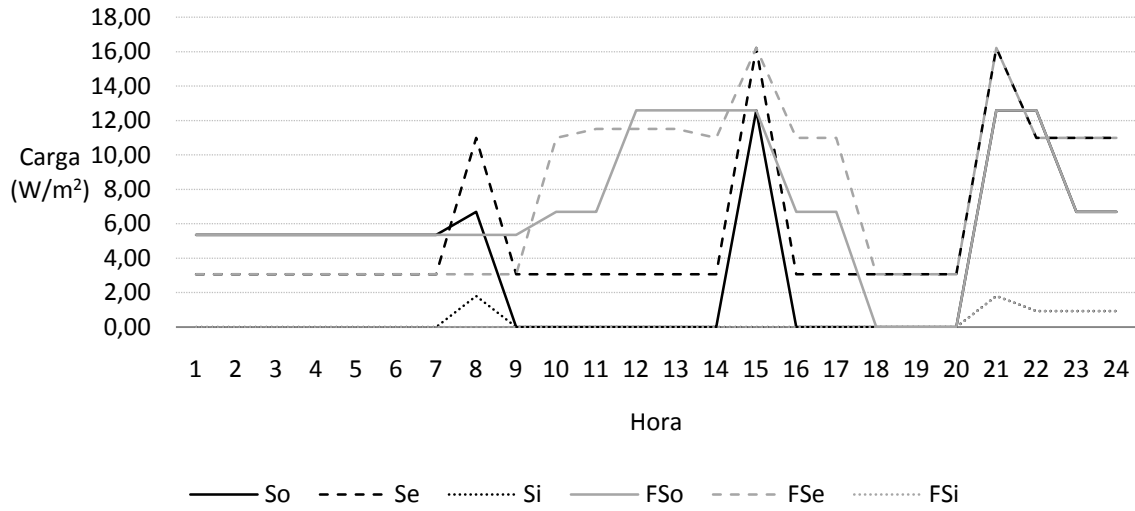


Figura 41 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 2+2.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda media diaria de refrigeración es de $158,83 \text{ Wh/m}^2$ con una desviación estándar de $122,07 \text{ Wh/m}^2$, alcanzando un requerimiento máximo de $454,51 \text{ Wh/m}^2$ y una demanda mínima de $0,001 \text{ Wh/m}^2$. La demanda mínima presentada para sistemas de calefacción es de $0,65 \text{ Wh/m}^2$; una media anual de $190,81 \text{ Wh/m}^2$ con una desviación estándar de $137,19 \text{ Wh/m}^2$ y con requerimiento máximo de $537,54 \text{ Wh/m}^2$ (Figura 41).

10.8. Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 4 en la vivienda tipo

El PRO 4 representa núcleo familiares formados por cuatro adultos (Figura 42).



donde:

- So Cargas térmicas asociadas a ocupación semanal
- Se Cargas térmicas asociadas a equipos semanal
- Si Cargas térmicas asociadas a iluminación semanal
- FSo Cargas térmicas asociadas a ocupación fines de semana
- FSe Cargas térmicas asociadas a equipos fines de semana
- FSi Cargas térmicas asociadas a iluminación fines de semana

Figura 42 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 4.
FUENTE : Elaboración propia.

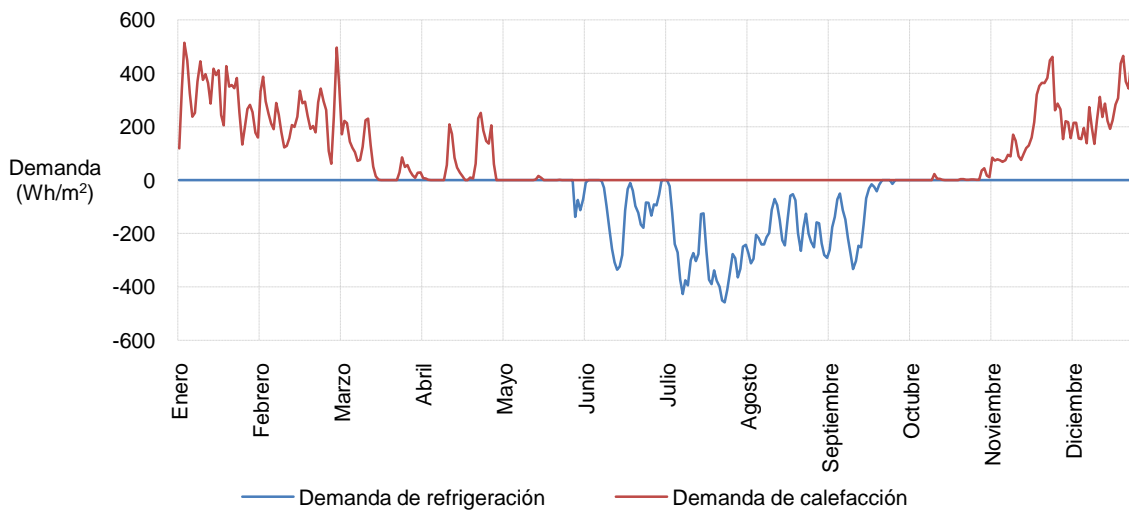


Figura 43 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 4.
FUENTE : Elaboración propia.

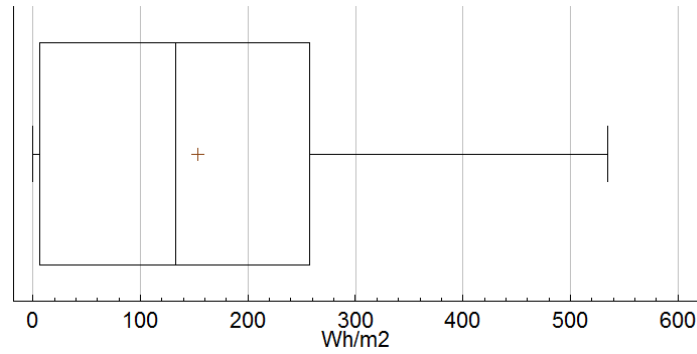


Figura 44 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 4.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda energética media anual para el perfil de uso PRO 4 es de 153,46 Wh/m² con una desviación estándar de 139,23 Wh/m², alcanzando un requerimiento máximo de 534,50 Wh/m² (Figura 44),

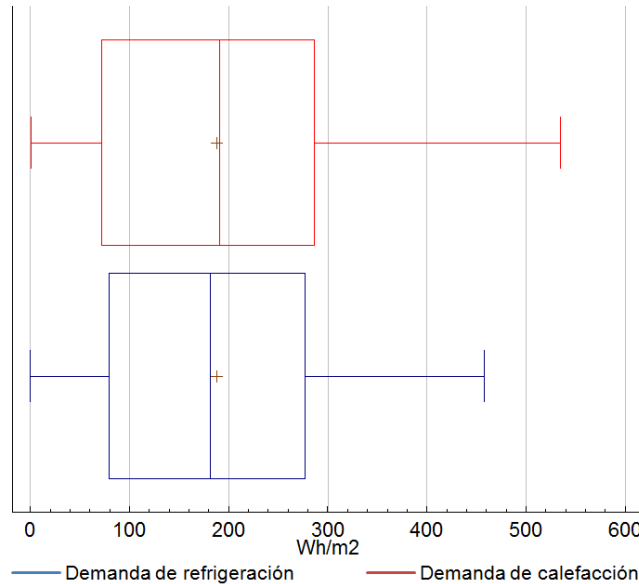


Figura 45 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 4.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda media diaria de refrigeración es de 187,69 W/m² con una desviación estándar de 122,52 Wh/m², alcanzando un requerimiento máximo de 458,18 Wh/m² y una demanda mínima de 0,03 Wh/m². La demanda mínima presentada para sistemas de calefacción es de 0,53 Wh/m²; una media anual de 188,52 Wh/m² con una desviación estándar de 136,51 Wh/m² y con requerimiento máximo de 534,50 Wh/m². Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación los PRO en la vivienda tipo (Figura 45)

11. DETERMINACIÓN MEDIANTE PROCESO DE SIMULACIÓN LA DEMANDA ENERGÉTICA RESULTADO DE APLICAR A UN MODELO DE VIVIENDA TIPO LAS SOLICITACIONES ESTABLECIDAS POR LOS PRO EN ZONAS CLIMÁTICAS TEMPLADAS CÁLIDAS CON LLUVIAS INVERNALES Y GRAN HUMEDAD ATMOSFÉRICA

11.1. Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 1 en la vivienda tipo

Las solicitudes interiores asociadas a ocupación, equipos e iluminación quedaron definidas gráficamente a lo largo del Apartado 10 para cada uno de los PRO. En este apartado, puesto que el proceso de obtención de datos será el mismo que en el apartado anterior, se desarrollará la información de manera algo más sintetizada.

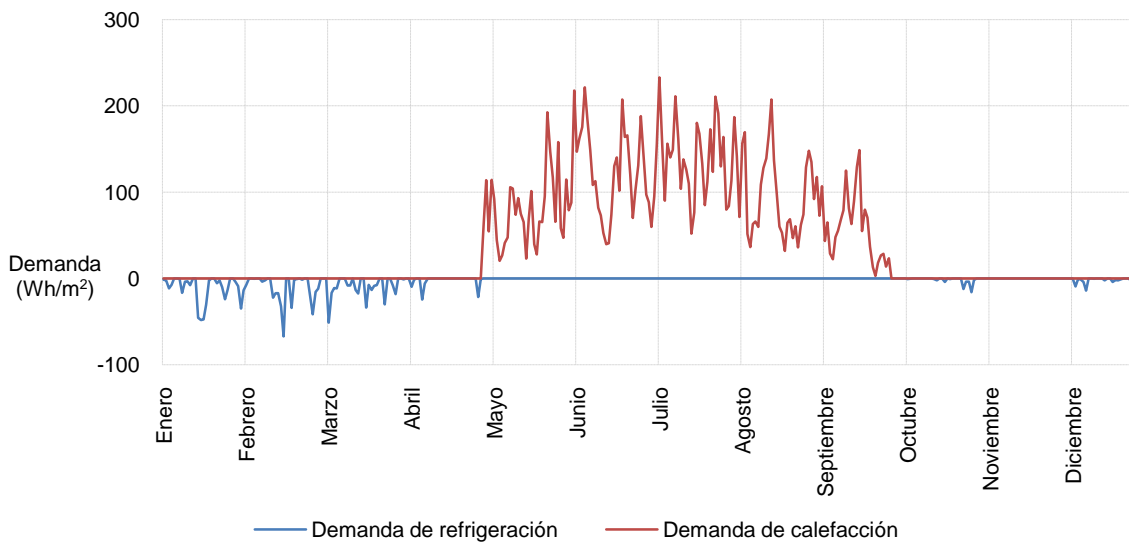


Figura 46 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 1.
FUENTE : Elaboración propia.

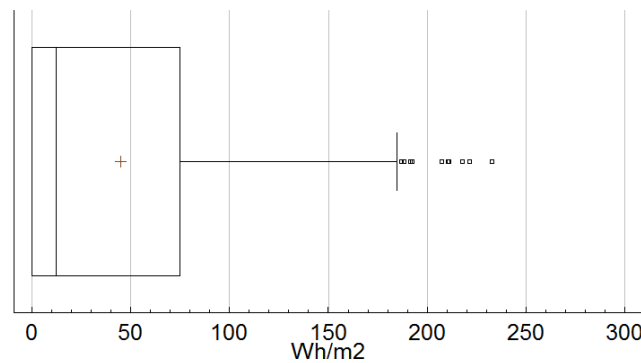


Figura 47 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 1.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda energética media anual para el perfil de uso PRO 1 es de 44,87 Wh/m² con una desviación estándar de 58,49 Wh/m², alcanzando un requerimiento máximo de 233,05 Wh/m² (

Figura 47).

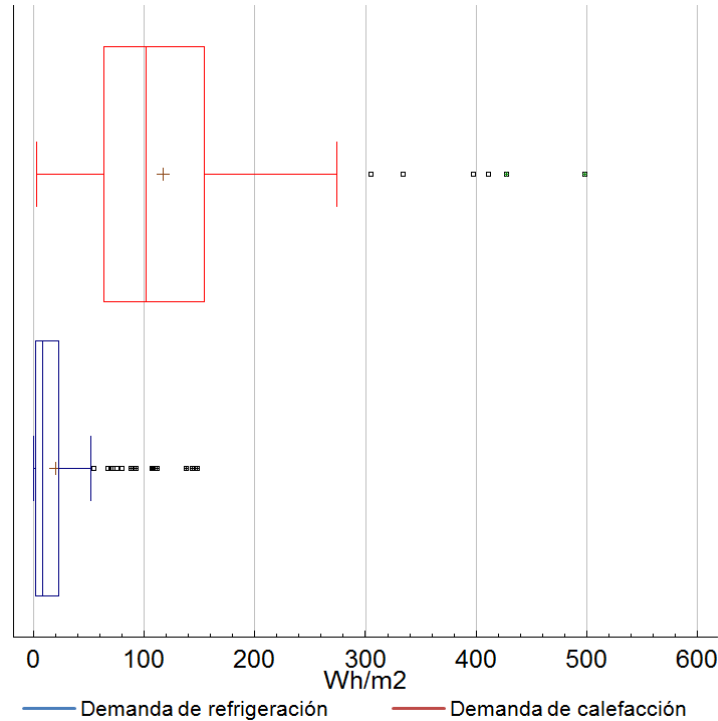


Figura 48 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 1.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda media diaria de refrigeración es de 19,80 W/m² con una desviación estándar de 29,70 Wh/m², alcanzando un requerimiento máximo de 148,1 Wh/m² y una demanda mínima de 0,01 Wh/m². La demanda mínima presentada para sistemas de calefacción es de 2,90 Wh/m²; una media anual de 116,58 Wh/m² con una desviación estándar de 79,75 Wh/m² y con requerimiento máximo de 498,03 Wh/m². Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación los PRO en la vivienda tipo (Figura 48).

11.2. Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 1+1 en la vivienda tipo

El balance de demandas de calefacción y refrigeración de este patrón corresponden con la Figura 49:

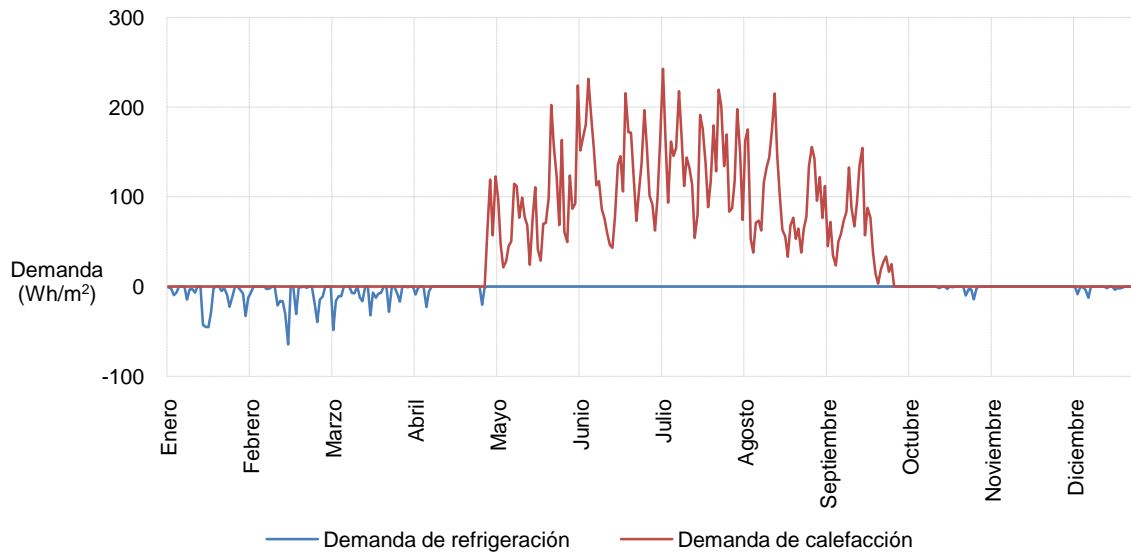


Figura 49 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 1+1.
FUENTE : Elaboración propia.

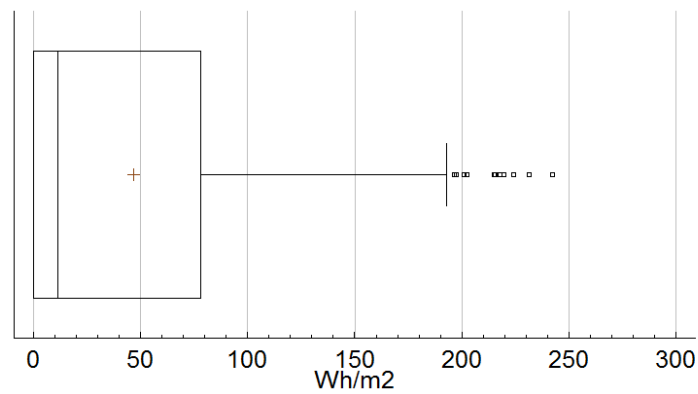


Figura 50 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 1+1.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda energética media anual es de $46,72 \text{ Wh/m}^2$ con una desviación estándar de $61,21 \text{ Wh/m}^2$, alcanzando un requerimiento máximo de $242,61 \text{ Wh/m}^2$ (Figura 50).

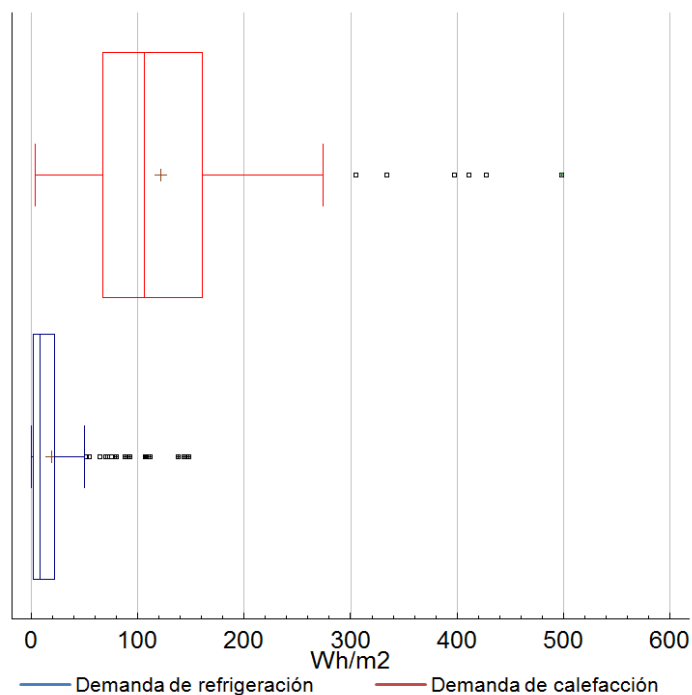


Figura 51 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 1+1.
 FUENTE : Elaboración propia.

La demanda de refrigeración mínima es de 0,01 Wh/m² y la máxima requerida de 148,1 Wh/m². El promedio de la demanda de refrigeración es de 19,30 Wh/m² con una desviación estándar de 29,64 Wh/m². La demanda media de calefacción es de 121,11 Wh/m² con una desviación estándar de 79,89 Wh/m²; requiriendo un aporte mínimo de energía de 3,21 Wh/m² y un aporte máximo de 498,03 Wh/m² (Figura 51).

11.3. Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 2 en la vivienda tipo

Los patrones de ocupación PRO 2 corresponden a estructuras de hogar formadas por dos miembros en edad adulta, cuya gráfica de balances de demanda se puede ver en la Figura 52.

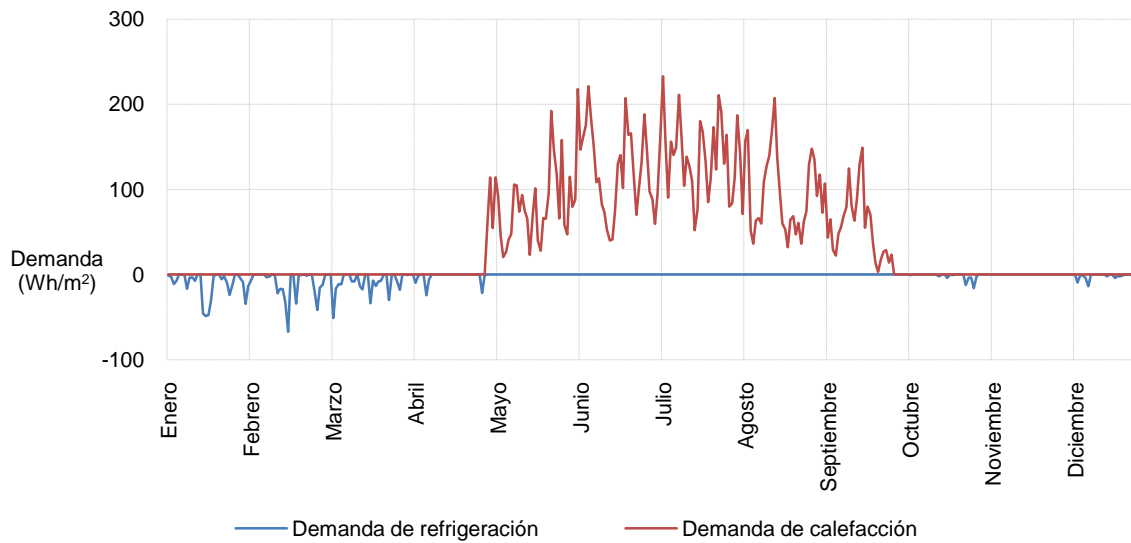


Figura 52 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 2.
FUENTE : Elaboración propia.

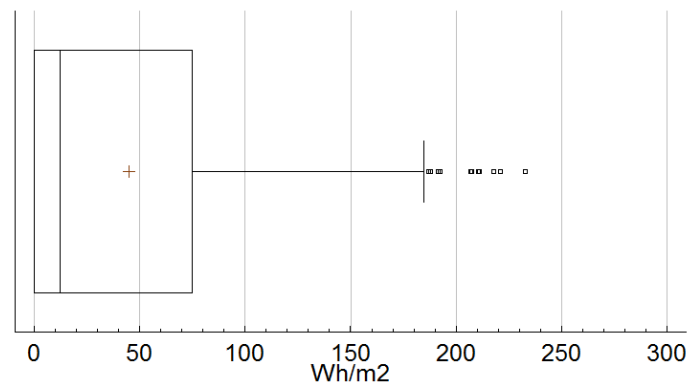


Figura 53 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 2.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda energética media anual es de 44,85 Wh/m² con una desviación estándar de 58,46 Wh/m², alcanzando un requerimiento máximo de 232,8 Wh/m² (Figura 53).

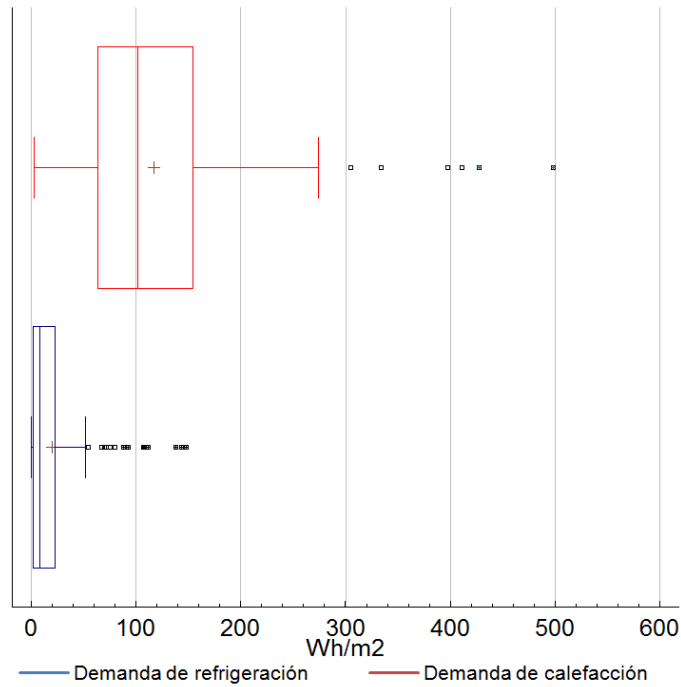


Figura 54 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 2.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda media de refrigeración es de 19,81 Wh/m² con una desviación estándar de 29,70 Wh/m²; requiriendo un aporte mínimo de energía de 0,01 Wh/m² y un aporte máximo de 148,1 Wh/m². La demanda media de calefacción es de 116,53 Wh/m² con una desviación estándar de 79,75 Wh/m²; requiriendo un aporte mínimo de energía de 2,88 Wh/m² y un aporte máximo de 498,03 Wh/m²(Figura 54).

11.4. Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 2+1 en la vivienda tipo

El número de miembros que conforman este patrón es de tres en total, clasificados como dos adultos y un niño en edad inferior a 18 años. La demanda de la vivienda tras la aplicación de las solicitudes interiores propuestas para el PRO 2+1 quedaría así (Figura 55):

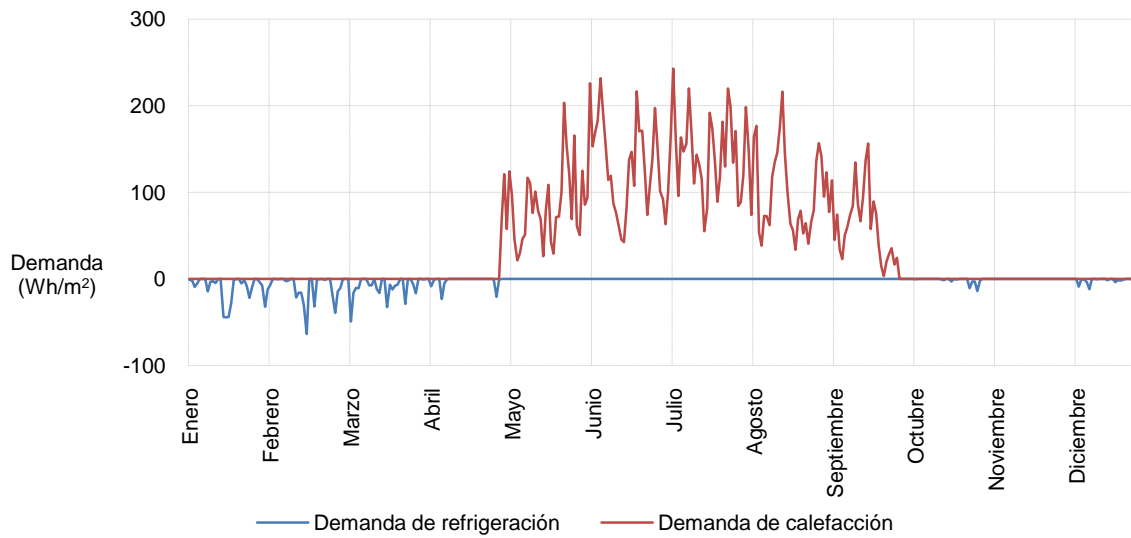


Figura 55 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 2+1.
FUENTE : Elaboración propia.

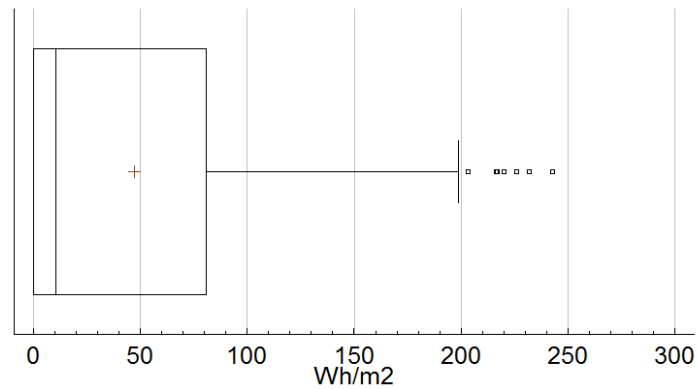


Figura 56 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 2+1.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda energética media anual es de 46,98 Wh/m² con una desviación estándar de 61,56 Wh/m², alcanzando un requerimiento máximo de 243,02 Wh/m² (Figura 56).

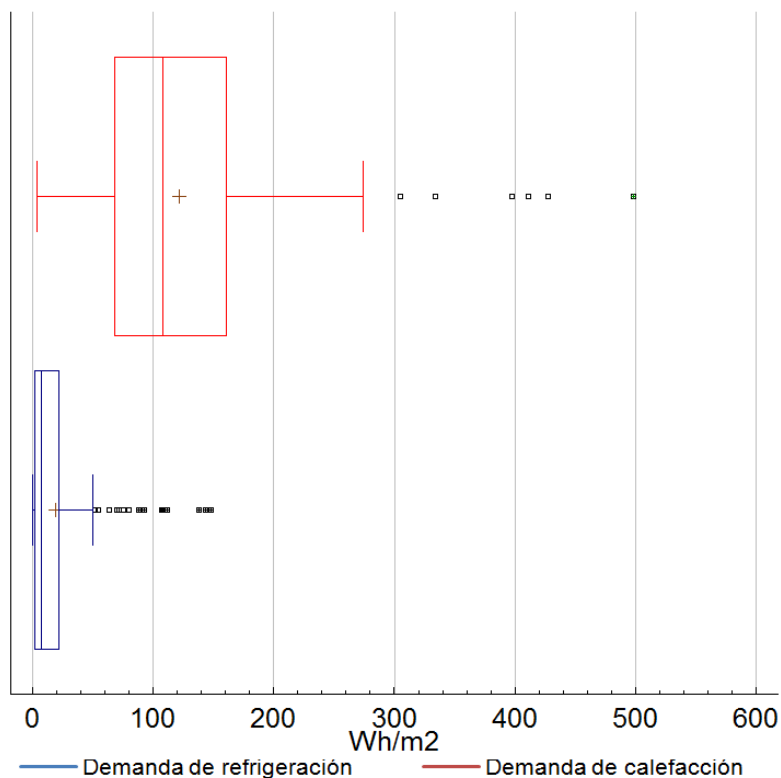


Figura 57 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 2+1.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda media de refrigeración es de 19,20 Wh/m² con una desviación estándar de 29,65 Wh/m²; requiriendo un aporte mínimo de energía de 0,02 Wh/m² y un aporte máximo de 148,1 Wh/m². La demanda media de calefacción es de 121,78 Wh/m² con una desviación estándar de 79,81 Wh/m²; requiriendo un aporte mínimo de energía de 3,34 Wh/m² y un aporte máximo de 498,03 Wh/m² (Figura 57).

11.5. Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 1+2 en la vivienda tipo

El patrón PRO 1+2 está también formado por tres miembros, pero a diferencia del patrón anterior PRO 2+1, en esta caso hace referencia a estructuras de hogar monoparentales con al menos un niño. El balance de demandas de calefacción y refrigeración de este patrón está representado por la Figura 58.

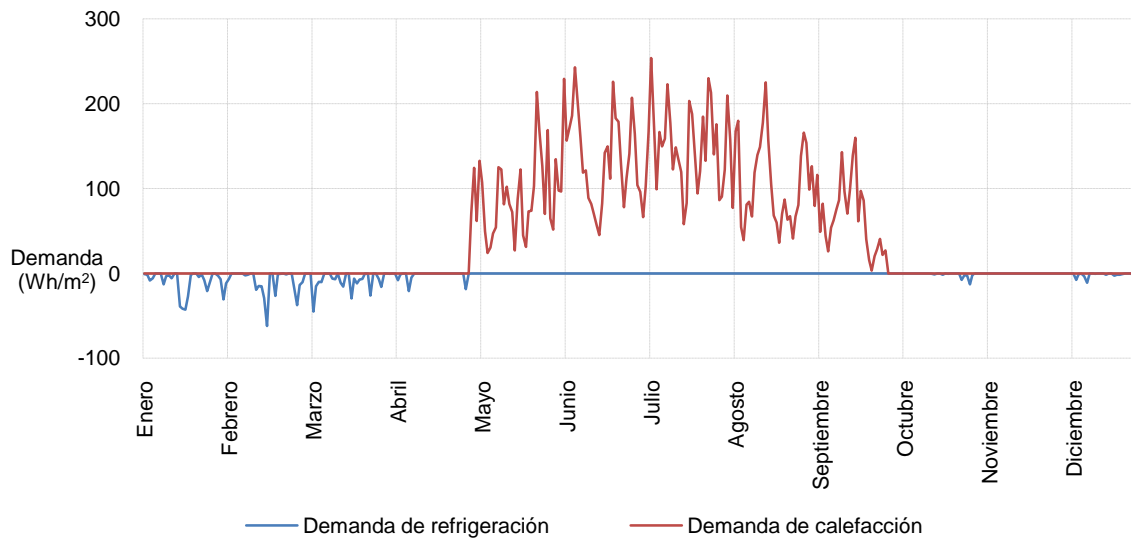


Figura 58 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 1+2.
FUENTE : Elaboración propia.

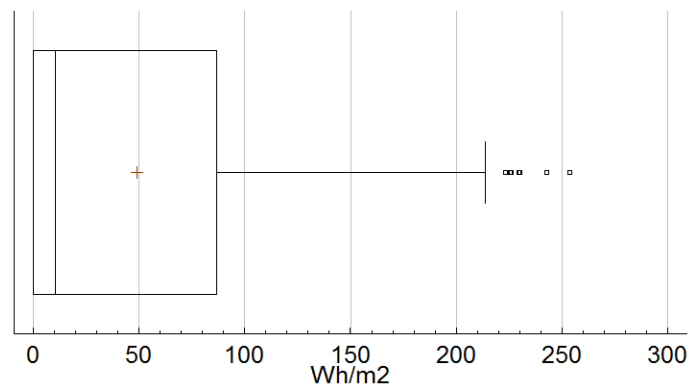


Figura 59 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 1+2.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda energética media anual es de 48,93 Wh/m² con una desviación estándar de 64,35 Wh/m², alcanzando un requerimiento máximo de 253,92 Wh/m² (Figura 59).

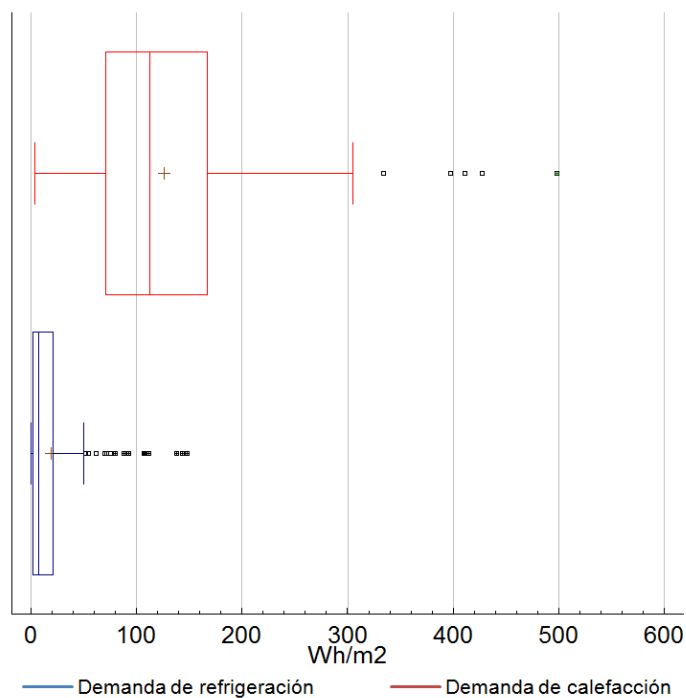


Figura 60 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 1+2.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda media de refrigeración es de $18,74 \text{ Wh/m}^2$ con una desviación estándar de $29,56 \text{ Wh/m}^2$; requiriendo un aporte mínimo de energía de $0,02 \text{ Wh/m}^2$ y un aporte máximo de $148,1 \text{ Wh/m}^2$. La demanda media de calefacción es de $126,49 \text{ Wh/m}^2$ con una desviación estándar de $79,97 \text{ Wh/m}^2$; requiriendo un aporte mínimo de energía de $3,51 \text{ Wh/m}^2$ y un aporte máximo de $498,03 \text{ Wh/m}^2$ (Figura 60).

11.6. Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 3 en la vivienda tipo

Este modelo está creado para acoger las estructuras de hogares donde conviven tres miembros en edad adulta. Tras el proceso de simulación se arrojaron los siguientes resultados (Figura 61).

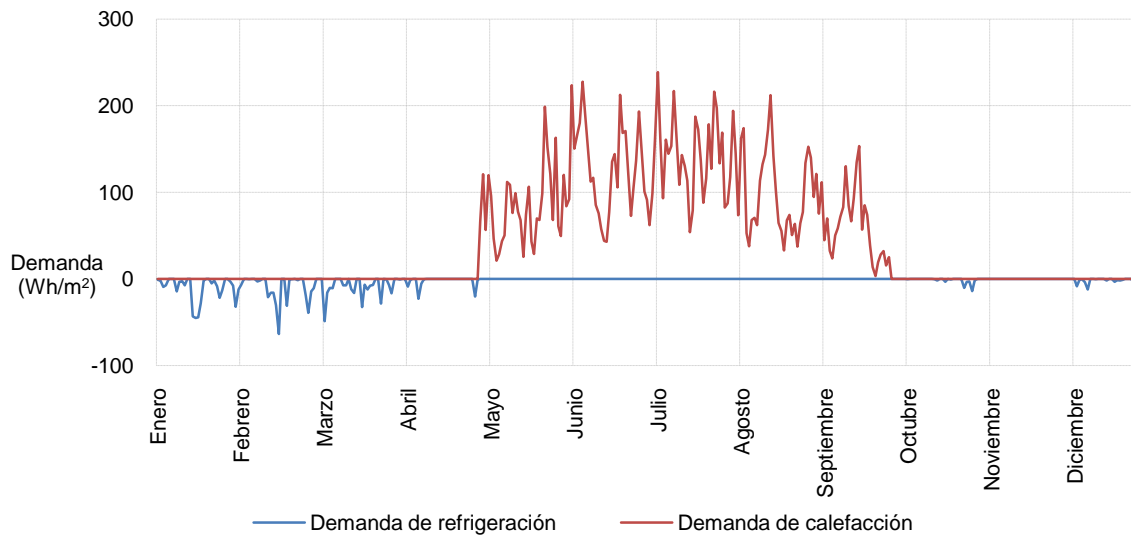


Figura 61 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 3.
FUENTE : Elaboración propia.

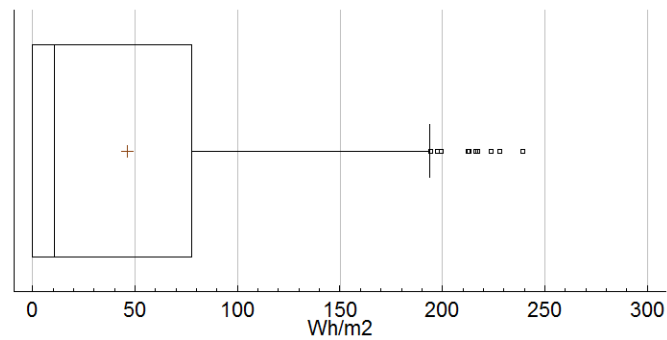


Figura 62 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 3.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda energética media anual es de $46,26 \text{ Wh/m}^2$ con una desviación estándar de $60,58 \text{ Wh/m}^2$, alcanzando un requerimiento máximo de $239,04 \text{ Wh/m}^2$ (Figura 62).

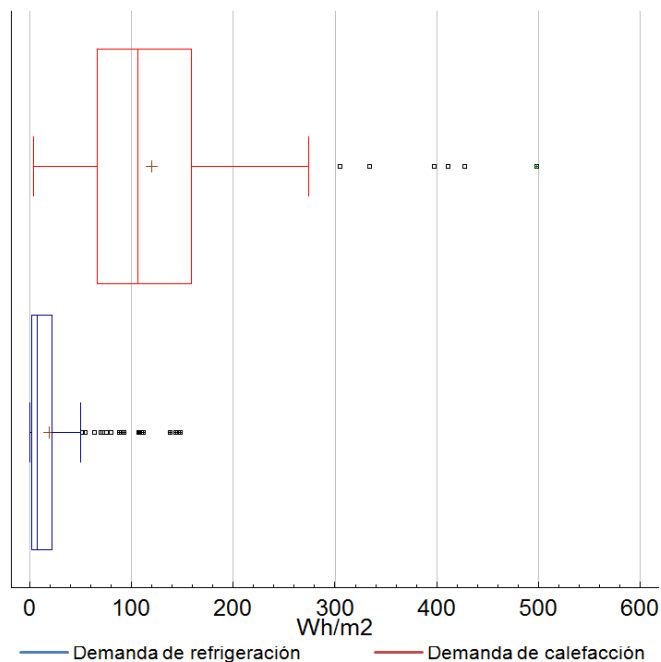


Figura 63 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 3.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda media de refrigeración es de 19,25 Wh/m² con una desviación estándar de 29,63 Wh/m²; requiriendo un aporte mínimo de energía de 0,01 Wh/m² y un aporte máximo de 148,1 Wh/m². La demanda media de calefacción es de 120,15 Wh/m² con una desviación estándar de 79,73 Wh/m²; requiriendo un aporte mínimo de energía de 3,41 Wh/m² y un aporte máximo de 498,03 Wh/m² (Figura 63).

11.7. Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 2+2 en la vivienda tipo

En la gráfica siguiente (Figura 64) se pueden observar las demandas de calefacción y refrigeración del patrón PRO 2+2. Recordar que este patrón corresponde con una estructura formada por dos miembros adultos y dos miembros menores a 18 años.

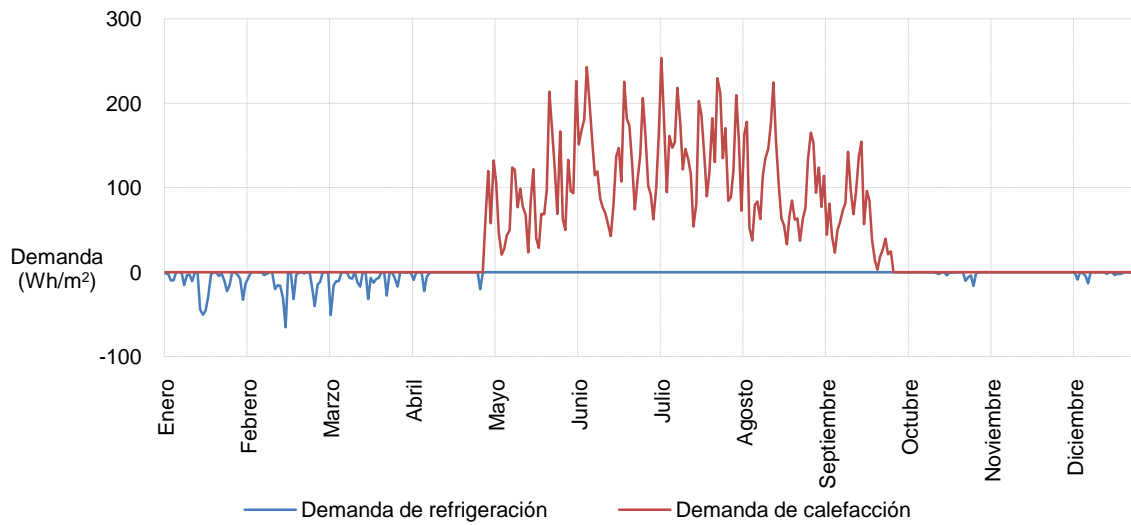


Figura 64 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 2+2.
FUENTE : Elaboración propia.

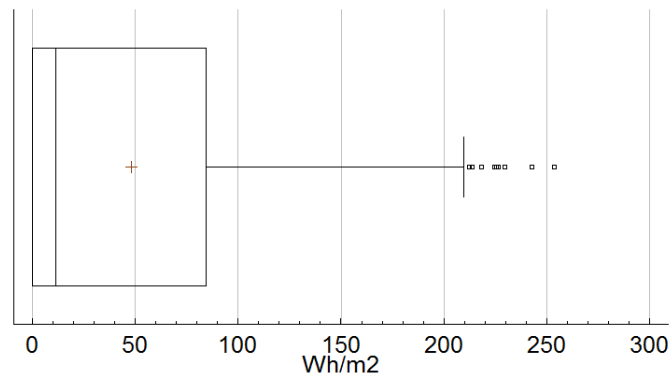


Figura 65 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 2+2.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda energética media anual es de 48,10 Wh/m² con una desviación estándar de 63,20 Wh/m², alcanzando un requerimiento máximo de 253,61 Wh/m² (Figura 65).

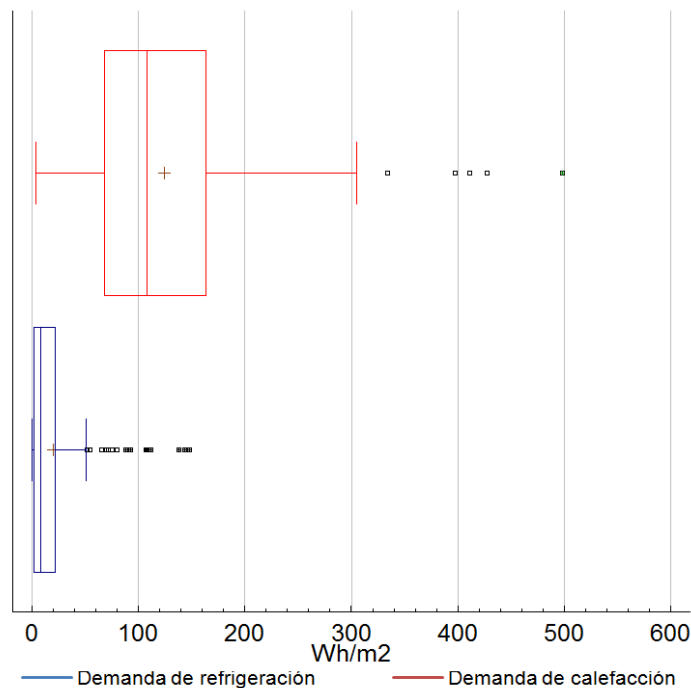


Figura 66 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 2+2.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda media de refrigeración es de 19,47 Wh/m² con una desviación estándar de 29,65 Wh/m²; requiriendo un aporte mínimo de energía de 0,01 Wh/m² y un aporte máximo de 148,1 Wh/m². La demanda media de calefacción es de 123,96 Wh/m² con una desviación estándar de 80,66 Wh/m²; requiriendo un aporte mínimo de energía de 3,09 Wh/m² y un aporte máximo de 498,03 Wh/m² (Figura 66).

11.8. Determinación mediante simulación de la demanda energética de la aplicación del PRO 4 en la vivienda tipo

Por último, el patrón PRO 4, formado por cuatros miembros todos en edad adulta (> 18 años), arrojan los siguientes resultados (Figura 67).

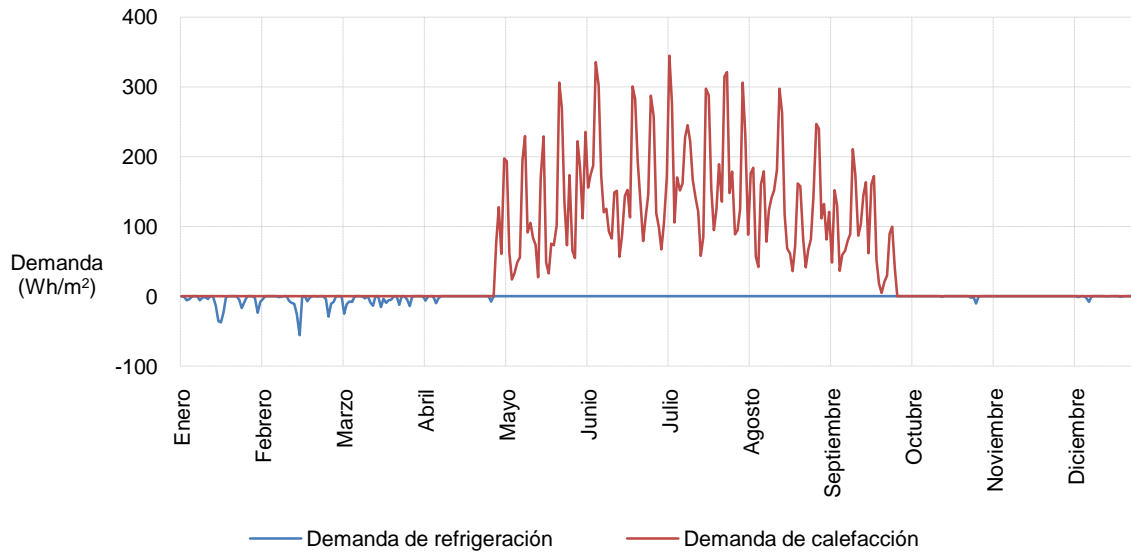


Figura 67 - Requerimiento de aporte energético para perfiles de uso PRO 4.
FUENTE : Elaboración propia.

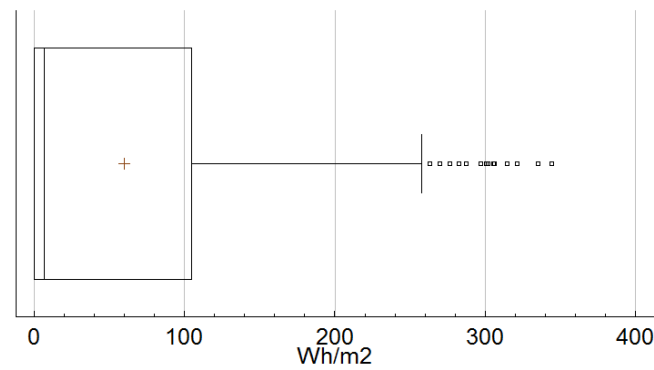


Figura 68 - Distribución de la demanda energética para perfiles de uso PRO 4.
FUENTE : Elaboración propia.

La demanda energética media anual es de 59,66 Wh/m² con una desviación estándar de 84,39 Wh/m², alcanzando un requerimiento máximo de 344,64 Wh/m² (Figura 68).

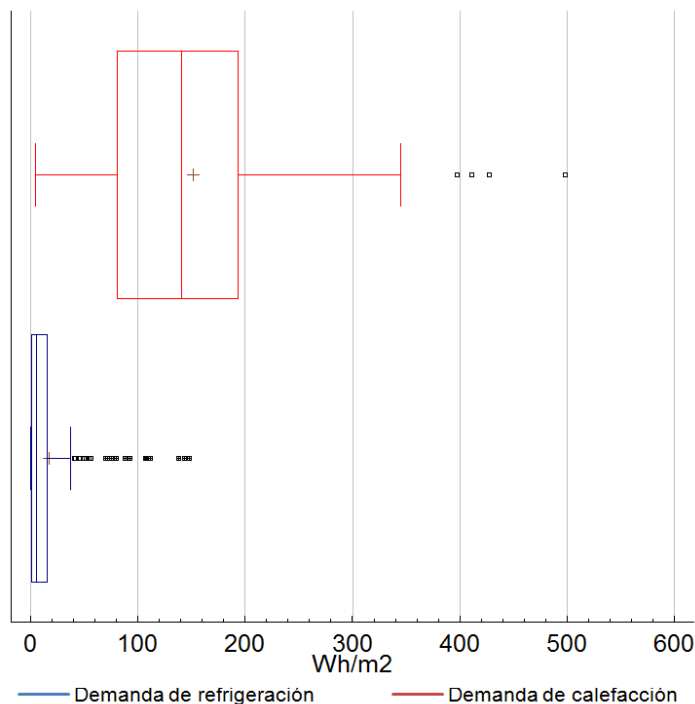


Figura 69 - Distribución de la demanda energética diaria para perfiles de uso PRO 4.
 FUENTE : Elaboración propia.

La demanda media de refrigeración es de 17,07 Wh/m² con una desviación estándar de 29,45 Wh/m²; requiriendo un aporte mínimo de energía de 0,01 Wh/m² y un aporte máximo de 148,1 Wh/m². La demanda media de calefacción es de 151,80 Wh/m² con una desviación estándar de 92,03 Wh/m²; requiriendo un aporte mínimo de energía de 4,68 Wh/m² y un aporte máximo de 498,03 Wh/m² (Figura 69).

FASE IV

Comparar y determinar la desviación de demanda energética resultado de aplicar las solicitudes propuestas a un modelo tipo de vivienda, frente al uso de las solicitudes establecidas por los documentos CTE DB-HE 1 y CSSC

12. DETERMINACIÓN DE LA DESVIACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA RESULTADO DE APLICAR LOS PRO A LA VIVIENDA TIPO FRENTE AL USO DE LAS SOLICITACIONES ESTABLECIDAS POR EL CTE

Con esta primera tanda de simulaciones se pretende analizar las desviaciones en los requerimientos energéticos resultado de la utilización de los PRO frente a la utilización de las exigencias del CTE.

Tabla 13 - Requerimiento de aporte energético mensual y anual para los perfiles de uso PRO y CTE (Wh/m²).
FUENTE : Elaboración propia.

| | PRO 1 | PRO 1+1 | PRO 2 | PRO 2+1 | PRO 1+2 | PRO 3 | PRO 2+2 | PRO 4 | CTE |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Enero | 9707,65 | 9741,34 | 9702,07 | 9752,04 | 9789,49 | 9779,16 | 9803,27 | 9716,98 | 8623,98 |
| Febrero | 6510,75 | 6540,47 | 6509,22 | 6549,30 | 6582,69 | 6570,71 | 6590,68 | 6517,20 | 5614,04 |
| Marzo | 3250,02 | 3269,66 | 3248,80 | 3275,59 | 3297,32 | 3292,60 | 3301,07 | 3252,13 | 2645,65 |
| Abril | 1923,92 | 1940,37 | 1922,93 | 1942,89 | 1963,30 | 1954,93 | 1962,55 | 1921,11 | 1451,98 |
| Mayo | 89,22 | 90,45 | 88,93 | 90,95 | 92,90 | 92,68 | 92,00 | 88,31 | 55,49 |
| Junio | 3296,54 | 3278,45 | 3296,55 | 3269,71 | 3256,30 | 3255,90 | 3240,12 | 3286,33 | 3974,77 |
| Julio | 7979,45 | 7954,66 | 7980,50 | 7943,72 | 7922,34 | 7926,80 | 7901,42 | 7965,09 | 8823,50 |
| Agosto | 6372,98 | 6349,65 | 6373,32 | 6336,56 | 6324,47 | 6318,11 | 6297,21 | 6357,03 | 7229,43 |
| Septiembre | 4103,71 | 4085,80 | 4103,95 | 4076,91 | 4063,22 | 4063,67 | 4047,11 | 4093,36 | 4796,12 |
| Octubre | 48,69 | 51,04 | 48,39 | 51,62 | 54,85 | 54,31 | 54,03 | 47,93 | 6,52 |
| Noviembre | 4640,26 | 4667,80 | 4638,87 | 4676,55 | 4705,89 | 4698,07 | 4713,87 | 4645,87 | 3835,95 |
| Diciembre | 8113,37 | 8147,85 | 8112,08 | 8156,93 | 8193,38 | 8177,41 | 8210,55 | 8121,23 | 7059,41 |
| Total anual | 56036,57 | 56117,54 | 56025,61 | 56122,77 | 56246,15 | 56184,34 | 56213,87 | 56012,57 | 54116,83 |

El uso de los patrones de ocupación PRO presentan un incremento en la demanda energética total anual de entre 3,50% y 3,93% frente al uso de los patrones de ocupación normalizados por el Código Técnico de la Edificación (CTE) mediante procesos de simulación en estudios de consumo energético en edificios residenciales (Tabla 13).

Bajo un análisis de periodo mensual podemos observar (Tabla 13) como en los meses de requerimiento de energía para calefacción ésta se incrementa con la aplicación de los perfiles PRO frente al uso de los perfiles del CTE. En cambio, sucede lo contrario cuando el requerimiento de energía es para refrigeración, produciéndose un decremento en la demanda. Para periodo anual y a modo general se produce un incremento de demanda energética con la aplicación de los perfiles PRO frente al uso de los perfiles del CTE.

De la Tabla 13 se puede extraer testimonio de la influencia del factor ocupacional. A modo general, aquellas estructuras con el mismo número de miembros presentan mayores demandas energéticas las que están constituidas por al menos un niño con edad inferior a 18 años. Esto demostraría que la principal característica a tener en cuenta de los individuos podría ser la edad y consigo su tasa de actividad metabólica como factor influyente en estudios de consumo energético mediante procesos de simulación. El comportamiento de los perfiles PRO compuestos por adultos presentan un comportamiento distinto; aunque presenta una tendencia

al incremento de manera generalizada, el comportamiento es oscilante: la estructura PRO 2 requiere una menor demanda que el perfil PRO 1 y el perfil PRO 4 menor demanda con respecto al PRO 3, es decir, los hogares con 2 y 4 adultos presentan menores demandas energéticas que los perfiles con 1 y 3 adultos respectivamente.

Tabla 14 - Demanda energética diaria de refrigeración para los perfiles de uso PRO y CTE (Wh/m²).
FUENTE : Elaboración propia.

| | PRO 1 | PRO 1+1 | PRO 2 | PRO 2+1 | PRO 1+2 | PRO 3 | PRO 2+2 | PRO 4 | CTE |
|----------------------------|--------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|
| Media | 188,13 | 187,41 | 188,15 | 187,05 | 186,53 | 186,51 | 158,83 | 187,69 | 214 |
| Desviación Estándar | 122,62 | 122,45 | 122,66 | 122,38 | 122,22 | 122,3 | 122,07 | 122,52 | 128,4 |
| Demanda máxima | 458,06 | 456,61 | 458,16 | 456,93 | 454,62 | 456,71 | 454,51 | 458,18 | 493,36 |
| Demanda mínima | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,001 | 0,03 | 0,12 |

Tabla 15 - Demanda energética diaria de calefacción de los perfiles de uso PRO y CTE (Wh/m²).
FUENTE : Elaboración propia

| | PRO 1 | PRO 1+1 | PRO 2 | PRO 2+1 | PRO 1+2 | PRO 3 | PRO 2+2 | PRO 4 | CTE |
|----------------------------|--------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|
| Media | 188,37 | 189,29 | 188,3 | 189,54 | 190,55 | 190,22 | 190,81 | 188,52 | 148,57 |
| Desviación Estándar | 136,29 | 136,55 | 136,26 | 136,68 | 136,94 | 136,87 | 137,19 | 136,51 | 122,71 |
| Demanda máxima | 534,14 | 535,66 | 534,32 | 534,14 | 537,13 | 537,2 | 537,54 | 534,5 | 498,03 |
| Demanda mínima | 0,67 | 0,74 | 0,67 | 0,71 | 0,76 | 0,78 | 0,65 | 0,53 | 0,13 |

Del análisis estadístico individualizado de la demanda de refrigeración (Tabla 14) y de la demanda de calefacción (Tabla 15) se consolidan las tablas anteriores. En este proceso podemos afirmar que, aplicando los PRO en procesos de simulación en estudios de consumo energético frente a la utilización de las exigencias del CTE se reduce entorno a un 12.08 % y un 13.16 % la demanda media energética para requerimientos de energía en sistemas de refrigeración. En los patrones ocupacionales PRO 1, PRO 1+1, PRO 2 y PRO 4 se produce una reducción en menor medida del porcentaje de demanda, girando en torno a un 12.08 % y un 12.43 %, correspondiendo el perfil PRO 1+1 con el porcentaje más alto de ellos. Los patrones ocupacionales PRO 2+1, PRO 1+2, PRO 3 y PRO 2+2 destacan por presentar los mayores porcentajes de reducción de demanda, entre 12.59 % y 13.16 %. En general, los hogares fundados por al menos 3 miembros presentan las mayores desviaciones, destacando que los hogares con dos miembros adultos y al menos dos niños con edades inferiores a 18 años arrojan la mayor desviación.

En cambio, aplicando los PRO en procesos de simulación en estudios de consumo energético frente a la utilización de las exigencias del CTE aumenta entre un 26.74 % y un 28.43 % la demanda media energética para requerimientos de energía en sistemas de calefacción. Los PRO se comportan de manera similar a los requerimientos de energía para refrigeración. En los patrones ocupacionales PRO 1, PRO 1+1, PRO 2 y PRO 4 se produce un aumento, aunque en menor medida, del porcentaje de demanda, situándose en torno a un 26.74 % y un 27.41 %. Los patrones ocupacionales PRO 2+1, PRO 1+2, PRO 3 y PRO 2+2 destacan por presentar los

mayores porcentajes de incremento de demanda, encontrándose en torno a un 27.58 % y 28.43 %. El comportamiento de las estructuras obedece al mismo patrón de comportamiento que en requerimiento de refrigeración. Al igual que en el análisis de la Tabla 13, los perfiles PRO constituidos por al menos una niño con edad inferior a 18 años reflejan mayores desviaciones que los conformados por estructuras con igual número de miembros adultos.

13. DETERMINACIÓN DE LA DESVIACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA RESULTADO DE APLICAR LOS PRO A LA VIVIENDA TIPO FRENTE AL USO DE LAS SOLICITACIONES ESTABLECIDAS POR EL CSSC

En la segunda tanda de simulaciones se pretendió analizar las desviaciones en los requerimientos energéticos resultado de la utilización de los PRO frente a la utilización de las exigencias del CSSC.

Tabla 16 - Requerimiento de aporte energético mensual y anual para los perfiles de uso PRO y CSSC (Wh/m²).
FUENTE : Elaboración propia.

| | PRO 1 | PRO 1+1 | PRO 2 | PRO 2+1 | PRO 1+2 | PRO 3 | PRO 2+2 | PRO 4 | CSSC |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Enero | 346,23 | 318,56 | 347,21 | 307,50 | 289,18 | 316,71 | 337,33 | 199,69 | 2705,48 |
| Febrero | 297,84 | 279,43 | 298,15 | 276,89 | 258,30 | 276,34 | 282,24 | 177,06 | 1980,79 |
| Marzo | 265,41 | 248,82 | 265,65 | 246,96 | 228,93 | 247,81 | 249,65 | 150,52 | 1595,62 |
| Abril | 64,94 | 59,71 | 65,01 | 59,91 | 53,66 | 60,06 | 59,33 | 27,32 | 507,61 |
| Mayo | 2466,61 | 2599,99 | 2465,13 | 2620,93 | 2765,14 | 2575,36 | 2677,57 | 3530,91 | 889,03 |
| Junio | 3789,34 | 3962,48 | 3787,75 | 3987,71 | 4169,68 | 3923,18 | 4083,23 | 5146,99 | 932,15 |
| Julio | 4160,11 | 4332,25 | 4158,46 | 4355,59 | 4528,38 | 4294,60 | 4441,33 | 5373,52 | 1147,78 |
| Agosto | 3062,85 | 3213,54 | 3060,77 | 3237,66 | 3387,26 | 3179,53 | 3304,51 | 4242,47 | 985,34 |
| Septiembre | 2012,04 | 2125,55 | 2011,10 | 2140,80 | 2268,01 | 2100,26 | 2205,79 | 3028,50 | 1032,51 |
| Octubre | 45,17 | 36,79 | 45,38 | 36,69 | 28,51 | 38,15 | 44,75 | 14,45 | 1423,20 |
| Noviembre | 1,83 | 1,50 | 1,85 | 1,39 | 1,20 | 1,48 | 1,57 | 0,68 | 311,96 |
| Diciembre | 47,12 | 40,89 | 47,30 | 40,22 | 34,79 | 40,42 | 42,77 | 14,11 | 1386,68 |
| Total anual | 14898,14 | 17219,52 | 16553,76 | 17312,25 | 18013,04 | 17053,89 | 17730,07 | 21906,24 | 14898,14 |

El uso de los patrones de ocupación PRO presentan un incremento en la demanda energética total anual entre un 11,11% y un 47,04% frente al uso de los patrones de ocupación normalizados por los Estándares de Construcción con Criterios de Sustentabilidad (CSSC) mediante procesos de simulación en estudios de consumo energético en edificios residenciales (Tabla 16).

Los resultados desglosados de manera mensual nos indican que la vivienda presenta un requerimiento medio de energía para refrigeración muy inferior al demandado por las exigencias del CSSC. En cambio, la vivienda demanda una mayor aportación de energía para sistemas de calefacción con la aplicación de los modelos PRO frente al uso del CSSC.

Podemos afirmar que existe una relación directa entre el factor ocupacional y los requerimientos de energía en esta investigación. En la Tabla 16 podemos ver que los patrones con mayores requerimientos de energía para sistemas de calefacción son los modelos PRO 1+1, PRO 2+1, PRO 1+2, PRO 2+2 y PRO 4 comparados con respecto a aquellos modelos con el mismo número de miembros; esto podría significar que destacan a modo general los modelos conformados por al menos un niño por presentar mayores demandas. Sin embargo, los datos muestran que estos mismo patrones atienden a una menor demanda de energía para los meses en los existe requerimiento de refrigeración.

Tabla 17 - Demanda energética diaria de refrigeración para los perfiles de uso PRO y CSSC (Wh/m²).
FUENTE : Elaboración propia.

| | PRO 1 | PRO 1+1 | PRO 2 | PRO 2+1 | PRO 1+2 | PRO 3 | PRO 2+2 | PRO 4 | CSSC |
|----------------------------|-------|---------|-------|---------|---------|-------|---------|-------|--------|
| Media | 19,8 | 19,3 | 19,81 | 19,2 | 18,74 | 19,25 | 19,47 | 17,07 | 67,42 |
| Desviación Estándar | 29,7 | 29,64 | 29,7 | 29,65 | 29,56 | 29,63 | 29,65 | 29,45 | 53,22 |
| Demanda máxima | 148,1 | 148,1 | 148,1 | 148,1 | 148,1 | 148,1 | 148,1 | 148,1 | 234,86 |
| Demanda mínima | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,03 |

Tabla 18 - Demanda energética diaria de calefacción para los perfiles de uso PRO y CSSC (Wh/m²).
FUENTE : Elaboración propia.

| | PRO 1 | PRO 1+1 | PRO 2 | PRO 2+1 | PRO 1+2 | PRO 3 | PRO 2+2 | PRO 4 | CSSC |
|----------------------------|--------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|
| Media | 116,58 | 121,11 | 116,53 | 121,78 | 126,49 | 120,15 | 123,96 | 151,8 | 55,05 |
| Desviación Estándar | 79,75 | 79,89 | 79,75 | 79,81 | 79,97 | 79,73 | 80,66 | 92,03 | 90,49 |
| Demanda máxima | 498,03 | 498,03 | 2,88 | 498,03 | 498,03 | 498,03 | 498,03 | 498,03 | 498,03 |
| Demanda mínima | 2,9 | 3,21 | 498,03 | 3,34 | 3,51 | 3,41 | 3,09 | 4,68 | 0,02 |

Del análisis estadístico individualizado de la demanda de refrigeración y de la demanda de calefacción se consolidan las Tabla 17 y Tabla 18. Analizando los resultados se establece que aplicando los PRO en procesos de simulación en estudios de consumo energético frente a la utilización de las exigencias del CSSC se reduce entre un 70.62 % y un 74.68 % la demanda media energética para requerimientos de energía en sistemas de refrigeración. Los patrones ocupacionales presenta una tendencia generalizada a la reducción de demanda por refrigeración a mayor número de miembros que conforman el modelo. Destaca por presentar una mayor desviación el patrón PRO 4, alcanzando una desviación de reducción de la demanda en un 74.68 %. Le siguen los patrones conformados por al menos un niño como son los patrones PRO 1+1, PRO 2+1, PRO 1+2 y PRO 2+2, además del PRO 3, que aunque no esté conformado por ningún niño segundo modelo con mayor número de miembros; la desviación se establece entre un 71.12% y un 72.20 % y por último, los patrones PRO 1 y PRO 2 destacan por arrojar la menor desviación con un mínimo del 70.62 %.

En cambio, aplicando los PRO en procesos de simulación en estudios de consumo energético frente a la utilización de las exigencias del CSSC aumenta entre un 111.77 % y un 175.75 % la demanda media energética para requerimientos de energía en sistemas de calefacción. Los

PRO se comportan de manera similar a los requerimientos de energía para refrigeración. En los patrones ocupacionales PRO 1, PRO 2 y PRO 3 se produce un aumento, aunque en menor medida, del porcentaje de demanda, situándose en torno a un 111.77 % y un 118.26 %. Los patrones ocupacionales PRO 1+1, PRO 2+1, PRO 1+2 y PRO 2+2 destacan por presentar los porcentajes intermedios en el incremento de demanda con respecto al resto de patrones, encontrándose entre un 120.00 % y 129.77 %. Y con una mayor desviación destaca el patrón PRO 4 alcanzando un incremento en la demanda de calefacción hasta un 175.75 % con respecto a la aplicación del CSSC.

CAPÍTULO III CONCLUSIONES

A lo largo de la presente investigación se ha evaluado la desviación de demanda energética obtenida mediante procesos de simulación de la aplicación de los patrones de ocupación normalizados por el Código Técnico de la Edificación (CTE) para casos de estudio en España con clima templado con verano seco y caluroso y por los Estándares de Construcción con Criterios de Sustentabilidad (CSSC) para casos de estudio en Chile con clima templado cálido con lluvias invernales y gran humedad atmosférica, frente a la utilización de patrones de ocupación de hogares tipo, en estudios de consumo energético en edificios residenciales.

La propuesta metodológica está enfocada a cumplir cada uno de los objetivos general y específicos propuestos al inicio de este estudio. El método ha consistido en primer lugar en plantear la creación de una batería de solicitudes interiores asociadas a nuevos patrones de ocupación propuestos con el fin de poder analizar la incidencia de estos parámetros en estudios de demanda energética. Los procesos de simulación para la determinación de la demanda energética de la aplicación normativa nacional e internacional se han basado expresamente en las exigencias acogidas por éstas para realizar procesos de simulación en estudios de consumo energético. El estudio de la demanda energética de las normas ha servido como caso base para ir modificando aquellos parámetros definidos en cada uno de los modelos PRO considerados como variables independientes de estudio.

Se ha concluido el trabajo corroborando que el uso de los patrones de ocupación PRO presentan un incremento en la demanda energética total anual entre un 3,50% y un 3,93% frente al uso de los patrones de ocupación normalizados por el Código Técnico de la Edificación (CTE) mediante procesos de simulación en estudios de consumo energético en edificios residenciales. Y que el uso de los patrones de ocupación PRO presentan un incremento en la demanda energética total anual entre un 11,11% y un 47,04% frente al uso de los patrones de ocupación normalizados por los Estándares de Construcción con Criterios de Sustentabilidad (CSSC) mediante procesos de simulación en estudios de consumo energético en edificios residenciales.

Los resultados obtenidos se presentan en rangos muy superiores cuando se trata de comparar los estándares de los CSSC. A grandes rasgos es conveniente indiciar que las exigencias establecidas por la norma chilena en cuanto a conducta habitacional atienden al año 1981, lo que supone contemplar un contexto sociocultural anclado al pasado, que no ha considerado el desarrollo del entorno social sufrido en el transcurso de treinta y siete años en un país en pleno desarrollo. El análisis de la normativa española, por otro lado, aún siendo desconocido el origen del proceso que llevó a establecer sus exigencias, los resultados nos indican que el CTE establece unos parámetros que, en comparación con los CSSC, establece exigencias que se ajustan mucho más a la realidad social que enmarca la norma.

La propuesta de análisis en dos zonas climáticas diferentes se ha planteado como curiosidad para observar si la propuesta de investigación, bajo problemas de similar índole, presentaba algún comportamiento análogo. Finalmente y observando las desviaciones arrojadas de la aplicación de los modelos propuestos frente a la aplicación de las normativas podemos afirmar

que, pese a realizar el estudio bajo diferentes exigencias técnicas y térmicas, esta investigación ratifica que el comportamiento ocupacional es un factor determinante en estudios de demanda energética mediante procesos de simulación en edificios residenciales.

CAPÍTULO IV FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Durante el desarrollo de esta investigación han ido surgiendo más dudas que las resueltas que serán planteadas como líneas de investigación futura debido a que este estudio se ha realizado como Trabajo Fin de Máster pero también como trabajo previo de investigación a la Tesis Doctoral.

Algunas de las líneas planteadas podrían ser:

- Incidencias de las cargas térmicas internas asociadas a ocupación obtenidas mediante las ecuaciones predictivas de Harris and Benedict, Quenouille y Oxford en estudios de consumo energético en edificios residenciales.
- Incidencia de la edad de los ocupantes en estudios de consumo energético en edificios residenciales mediante procesos de simulación.
- Incidencias de las cargas térmicas internas asociadas a los equipos electrónicos domésticos en estudios de consumo energético en edificios residenciales.
- Incidencias de las cargas térmicas internas asociadas a iluminación en estudios de consumo energético en edificios residenciales.
- Modelo estadístico de predicción para la aplicación de los PRO en edificios residenciales en estudios de consumo energético.
- Modelos estadísticos de predicción para ajuste de exigencias del CTE a los PRO en estudios de estimación de demanda energética en diversas zonas climáticas.
- Determinación de mejoras en la envolvente térmica de edificios residenciales ajustadas a los modelos PRO para la reducción del consumo energético.
- Análisis de la influencia del comportamiento ocupacional en el ciclo de vida de edificios residenciales en estudios de consumo energético.

CAPÍTULO V PRODUCCIÓN CIENTÍFICA DURANTE EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO

14. ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Pérez-Fargallo, A.; Rubio-Bellido, C.; Pulido-Arcas, J.A.; Gallego-Maya, I.; Guevara-García, F.J. Influence of Adaptive Comfort Models on Energy Improvement for Housing in Cold Areas. *Sustainability* 2018, 10, 859, JCR 2'075, Q₂

Pérez-Fargallo, A.; Rubio-Bellido, C.; Gallego-Maya, I.; Influence of adaptive comfort models in execution costs improvements for housing thermal environment in Concepción, Chile. *Sustainability* 2018, JCR 2'075, Q₂ (En segunda ronda de revisión).

15. APORTACIONES A CONGRESOS

Gallego-Maya, I.; Pérez-Fargallo, A; Trebilcock-Kelly, M.

"Analysis of the influence of adaptive comfort models in the execution costs for improvements of the thermal environment of housing in Concepción, Chile"

IV International Congress on Construction and Building Research. Engineering Higher Polytechnic School, Technical Architecture Section, of the University of La Laguna. San Cristóbal de la Laguna - Tenerife - Spain. 14 - 15 December 2017.

16. PARTICIPACIONES EN PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

| | | | | |
|--------------|---|------------------|--------------------------|-----------|
| 3160806 | Estudio del estándar de mejoramiento energético viable para viviendas sociales en situación de pobreza energética mediante la evaluación del confort adaptativo post ocupacional y de su implementación progresiva. | Investigadora | FONDECYT Postdoctoral | 2015-2018 |
| 15244-IN IIP | Innovaciones en los procesos de diseño y fiscalización de obras de construcciones habitacionales administradas por el SERVIU | Personal técnico | CORFO-INNOVA BIOBIO | 2016-2018 |

17. BECAS DE INVESTIGACIÓN

Contrato de iniciación a la investigación en el marco del programa de Garantía Juvenil en apoyo a la I+D+I de la Universidad de Sevilla adjudicado bajo concurso público. 2018. Investigación sobre técnicas y procesos constructivos en la Exposición Iberoamericana de 1929. Recreación en metodología BIM de las soluciones analizadas en su entorno construido. Directora: Dr Amparo Graciani García.

CAPÍTULO VI GLOSARIO

Ambiente térmico: las condiciones ambientales térmicas que afectan la pérdida de calor de una persona.

Calificación energética: letra que indica la clase de eficiencia energética para un indicador determinado (por ejemplo, consumo energético). La escala de calificación energética se construye en base al valor del indicador para el edificio de referencia, el valor del indicador para el edificio objeto y la dispersión del indicador para la población de referencia. En edificios nuevos la escala comprende, en orden de mayor a menor eficiencia, las calificaciones o clases A, B, C, D y E, extendiéndose hasta las calificaciones F y G para edificios existentes.

Carga interna: conjunto de solicitaciones generadas en el interior del edificio, debidas, fundamentalmente, a los aportes de energía de los ocupantes, los equipos eléctricos y la iluminación.

Carga térmica asociada a equipos: Se considerarán las cargas térmicas asociadas a los equipos eléctricos con mayor presencia en las viviendas, y que tienen un mayor porcentaje de utilización.

Carga térmica asociada a ocupación: Cargas térmicas asociadas a las personas que residen en la vivienda.

Carga térmica asociada a iluminación: Cargas térmicas asociadas a los sistema de iluminación de la vivienda.

Cerramiento: elemento constructivo del edificio que lo separa del exterior, ya sea aire, terreno u otros edificios. Comprende las cubiertas, suelos, huecos, muros y medianeras.

Condiciones climáticas: Conjunto de circunstancias ambientales que afectan a un proceso o al estado de una persona o cosa.

Condiciones operacionales: variables determinantes del un proceso o sistema; se definen por los siguientes parámetros: a) temperaturas de consigna de calefacción; b) temperaturas de consigna de refrigeración; c) carga interna debida a la ocupación; d) carga interna debida a la iluminación; e) carga interna debida a los equipos.

Confort térmico: condición de la mente que expresa satisfacción con el medio ambiente térmico y se evalúa por medio de evaluación movimiento.

Consumo energético: es la energía necesaria para satisfacer la demanda energética de los servicios de calefacción, refrigeración, ACS y, en edificios de uso distinto al residencial privado, de iluminación, del edificio, teniendo en cuenta la eficiencia de los sistemas empleados. En el contexto de este documento, se expresa en términos de energía primaria y en unidades kW·h/m² .año, considerada la superficie útil de los espacios habitables del edificio.

Clo: unidad utilizada para expresar el aislamiento térmico proporcionado por prendas y conjuntos de vestimenta, en los que 1 clo = 0,155 m² · ° C /W (0,88 ft² · h · ° F / Btu).

Demanda energética: energía útil necesaria que tendrían que proporcionar los sistemas técnicos para mantener en el interior del edificio unas condiciones definidas reglamentariamente en función del uso del edificio (perfiles de uso) y de la zona climática en la que se ubique (clima de referencia). Se puede dividir en demanda energética de calefacción, de refrigeración, de agua caliente sanitaria (ACS) y de iluminación, y se expresa en $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$.año, considerada la superficie útil de los espacios habitables del edificio.

Eficiencia energética: capacidad de disponer hacia una reducción en el consumo de energía.

Elemento constructivo: parte del edificio con una función independiente. Se entienden como tales los suelos, los muros, las fachadas y las cubiertas.

Estándar: Que sirve como tipo, modelo, norma, patrón o referencia.

Envolvente térmica: está compuesta por todos los cerramientos que delimitan los espacios habitables con el aire exterior, el terreno u otro edificio, y por todas las particiones interiores que delimitan los espacios habitables con espacios no habitables en contacto con el ambiente exterior.

Equipos. Energía consumida por aparatos usados en la vivienda / edificio como por ejemplo, ordenadores, maquinaria o aparatos de cocina.

Estructura familiar: Estructura organizacional invisible de la familia determinada por los miembros del grupo familiar, determinada en función de cada miembro y sus relaciones jerárquicas.

Etiqueta de eficiencia energética: distintivo que señala el nivel de calificación de eficiencia energética obtenida por el edificio o unidad del edificio.

Hermeticidad al aire: Que se cierra de tal modo que no deja pasar el aire u otros fluidos.

Hogar: es la persona o conjunto de personas que residen en una vivienda familiar.

Hueco: cualquier elemento transparente o semitransparente de la envolvente del edificio. Comprende las ventanas, lucernarios y claraboyas así como las puertas acristaladas con una superficie semitransparente superior al 50%

Iluminación: Energía eléctrica consumida por el sistema de iluminación general y/o la iluminación de tarea y acento.

Inercia térmica: La inercia térmica es la capacidad que tiene una masa de conservar la energía térmica recibida e ir liberándola progresivamente.

Tasa metabólica (MET) : tasa de transformación de sustancias químicas en energía calor o trabajo mecánico por actividades metabólicas de un individuo, por unidad de superficie de la piel (expresada en unidades de met) igual a $58.2 \text{ W} / \text{m}^2$ ($18.4 \text{ Btu} / \text{h} \cdot \text{ft}^2$), que es el energía producida por unidad de área superficial de la piel de una persona promedio sentado en reposo.

Temperatura de consigna: temperatura o rango de temperaturas consideradas en el cálculo de la demanda energética que fija el límite de temperatura interior a partir del cual operan los sistemas de acondicionamiento del edificio, requiriendo aportes energéticos.

Transmitancia térmica: flujo de calor, en régimen estacionario, para un área y diferencia de temperaturas unitarias de los medios situados a cada lado del elemento que se considera.

Simulación: Representar algo por imitando.

Solicitaciones interiores: acciones interiores al edificio que tienen efecto sobre el comportamiento térmico del mismo. Comprende, fundamentalmente, las cargas térmicas debidas a los aportes de energía de los ocupantes, equipos e iluminación.

Solución constructiva: elemento constructivo caracterizado por los componentes concretos que lo forman junto con otros elementos del contorno ajenos al elemento constructivo cuyas características influyen en el nivel de prestación proporcionado.

Técnico competente: técnico que esté en posesión de cualquiera de las titulaciones académicas y profesionales habilitantes para la redacción de proyectos o dirección de obras y dirección de ejecución de obras de edificación o para la realización de proyectos de sus instalaciones térmicas, según lo establecido en la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, o para la suscripción de certificados de eficiencia energética, o haya acreditado la cualificación profesional necesaria para suscribir certificados de eficiencia energética según lo que se establezca mediante la orden prevista en la disposición adicional cuarta.

Perfil de uso: descripción hora a hora, para un año tipo, de las cargas internas (carga sensible por ocupación, carga latente por ocupación, equipos, iluminación y ventilación) y temperaturas de consigna (alta y baja) de un espacio habitable. Está determinado por el uso del espacio habitable, su nivel de cargas internas y su periodo de utilización.

Permeabilidad al aire: propiedad de una ventana o puerta de dejar pasar el aire cuando se encuentra sometida a una presión diferencial. La permeabilidad al aire se caracteriza por la capacidad de paso del aire, expresada en m³ /h, en función de la diferencia de presiones.

Unidades de Fomento (UF): es una unidad de cuenta usada en Chile, reajutable de acuerdo con la inflación. Fue creada durante el gobierno del presidente Eduardo Frei Montalva, mediante el Decreto 40 del 20 de enero de 1967, del Ministerio de Hacienda. Se usa la UF en una serie de normas legales que fijan valores en la constitución de sociedades, multas, etc.

Vivienda familiar: Vivienda destinada a ser habitada por una o varias personas, no necesariamente unidas por parentesco, y que no constituyen un establecimiento colectivo.

Zona climática: zona para la que se definen unas solicitaciones exteriores comunes a efectos de cálculo de la demanda energética. Se identifica mediante una letra, correspondiente a la

severidad climática de invierno, y un número, correspondiente a la severidad climática de verano.

CAPÍTULO VII REFERENCIAS

- Adil Al-Mumin; Omar Khattab; Gopiseti Sridhar. (2003). Occupants' behavior and activity patterns influencing the energy consumption in the Kuwaiti residences. *Energy and Buildings*, 35(6), 549–559. [http://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00167-6](http://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00167-6)
- Agencia Estatal de Meteorología Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2011). ATLAS CLIMÁTICO IBÉRICO IBERIAN CLIMATE ATLAS. Retrieved from <https://www.aemet.es/documentos/es/conocerlas/publicaciones/Atlas-climatologico/Atlas.pdf>
- Allcott, H., & Greenstone, M. (2012). Is There an Energy Efficiency Gap? *Journal of Economic Perspectives*, 26(1), 3–28. <http://doi.org/10.1257/jep.26.1.3>
- ASHRAE 55. (2013). *ASHRAE Standard 55-2013 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. (ASHRAE Inc., Ed.), *Ashrae*. Atlanta GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.
- Azar, E., & Menassa, C. C. (2012). Agent-Based Modeling of Occupants and Their Impact on Energy Use in Commercial Buildings. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 26(4), 506–518. [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000158](http://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000158)
- B. M. Johnson. (1981). Patterns of residential occupancy.
- BOE. (1995). REAL DECRETO 1561/1995, de 21 de septiembre, sobre jornadas especiales de trabajo, 1801, 1–11.
- BOJA. (2009). DECRETO 301/2009, de 14 de julio, por el que se regula el calendario y la jornada escolar en los centros docentes, a excepción de los universitarios. Retrieved from <http://www.juntadeandalucia.es/boja/2009/139/boletin.139.pdf>
- Building Research Establishment. Código de Construcción Sustentable (2016). Santiago de Chile. Retrieved from <http://csustentable.minvu.cl/consulta-publica/>
- Bustamante, W., Cepeda, R., Martínez, P., & Santa María, H. (2009). Eficiencia energética en vivienda social: un desafío posible. In *Camino al Bicentenario - Propuestas para Chile* (pp. 253–282).
- Cano y Guillen, J. (2000). Psicología. Editorial Trilce. Retrieved from <https://psicologiayempresa.com/aspectos-basicos-del-comportamiento-humano.html>
- CEN. UNE-EN ISO 13790:2011 Eficiencia energética de los edificios. Cálculo del consumo de energía para calefacción y refrigeración de espacios. (ISO 13790:2008) (2011).
- CITEC UBB; DECON UC. (2012). *Manual de hermeticidad al aire de edificaciones*. (M. TREBILCOCK, Ed.) (1st ed.). Concepción: Fondef.
- Citherlet, S., Di Guglielmo, F., & Gay, J.-B. (2000). Window and advanced glazing systems life cycle assessment. *Energy and Buildings*, 32(3), 225–234. [http://doi.org/10.1016/S0378-7788\(98\)00073-5](http://doi.org/10.1016/S0378-7788(98)00073-5)
- Consejería de Obras Públicas y Transportes. (2006). DECRETO 149/2006, de 25 de julio, por

el que se aprueba el Reglamento de Viviendas Protegidas de la Comunidad Autónoma de Andalucía y se desarrollan determinadas Disposiciones de la Ley 13/2005, de 11 de noviembre, de medidas en materia de Vivienda Protegida.

Cortés, P. (2012). El modelo familiar en España: el salvavidas anticrisis. Retrieved October 31, 2017, from <http://www.unitedexplanations.org/2012/12/24/el-modelo-familiar-en-espana-el-salvavidas-anticrisis/>

CTE. (2013). Código Técnico de la Edificación.

CTE DB-HE. (2013). CTE DB-HE. Retrieved from <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>

De Dear, R. J., & Brager, G. S. (2002). Thermal comfort in naturally ventilated buildings: Revisions to ASHRAE Standard 55. *Energy and Buildings*, 34(6), 549–561. [http://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00005-1](http://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00005-1)

Drury B. Crawley; Linda K. Lawrie; Frederick C. Winkelmann; W.F. Buhl; Y. Joe Huang; Curtis O. Pedersen; Richard K. Strand; Richard J. Liesen; Daniel E. Fisher; Michael J. Witte; Jason. (2001). EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program. *Energy and Buildings*, 33(4), 319–331. [http://doi.org/10.1016/S0378-7788\(00\)00114-6](http://doi.org/10.1016/S0378-7788(00)00114-6)

Emery, A. F. L. M. G. (1996). Quantifying Occupant Energy Behavior Using Pattern Analysis Techniques. Retrieved from https://aceee.org/files/proceedings/1996/data/papers/SS96_Panel8_Paper06.pdf

EN. EN 15217:2007 Energy performance of building. Methods for expressing energy performance and for energy certification of building (2007). Bruselas.

EN 15251. (2007). *EN 15251:2007 Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor quality, thermal environment, lighting and acoustics*. Brussels: European Committee for Standardization.

EN 15643-4. (2012). Sostenibilidad en la construcción Evaluación de la sostenibilidad de los edificios Parte 4: Marco para la evaluación del comportamiento económico Sustainability of construction works. Assessment of buildings. Part 4: Framework for the assessment of econom. Retrieved from https://ev.us.es/bbcswebdav/pid-2599873-dt-content-rid-8650464_1/courses/201718-50860002-M086/UNEEN15643_Sostenibilidad en la construccion_Marco evaluacion economica.pdf

Fanger, P. O. (1970). *Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering*. (McGraw-Hill, Ed.). New York.

Figueroa, R., Bobadilla, A., Besser, D., Días, M., Arriagada, R., & Espinoza, R. (2013). Air infiltration in Chilean housing : A baseline determination. In *PLEA2013 - 29th Conference, Sustainable Architecture for a Renewable Future* (p. 6). Munich.

Flett, G., & Kelly, N. (2017). A disaggregated, probabilistic, high resolution method for

- assessment of domestic occupancy and electrical demand. *Energy and Buildings*, 140, 171–187. <http://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2017.01.069>
- Gentile, N., & Dubois, M.-C. (2017). Field data and simulations to estimate the role of standby energy use of lighting control systems in individual offices. *Energy and Buildings*, 155, 390–403. <http://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2017.09.028>
- Gillingham, K., & Palmer, K. (2013). Bridging the Energy Efficiency Gap Insights for Policy from Economic Theory and Empirical Analysis Bridging the Energy Efficiency Gap: Insights for Policy from Economic Theory and Empirical Analysis. Retrieved from <http://www.rff.org/files/sharepoint/WorkImages/Download/RFF-DP-13-02.pdf>
- Gou, S., Nik, V. M., Scartezzini, J.-L., Zhao, Q., & Li, Z. (2018). Passive design optimization of newly-built residential buildings in Shanghai for improving indoor thermal comfort while reducing building energy demand. *Energy and Buildings*, 169, 484–506. <http://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2017.09.095>
- Guerra Santin, O. (2011). Behavioural Patterns and User Profiles related to energy consumption for heating. *Energy and Buildings*, 43(10), 2662–2672. <http://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2011.06.024>
- Gunay, H. B., O'Brien, W., Beausoleil-Morrison, I., & Gilani, S. (2017). Development and implementation of an adaptive lighting and blinds control algorithm. *Building and Environment*, 113, 185–199. <http://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2016.08.027>
- HOLLIDAY, M. A., & SEGAR, W. E. (1957). The maintenance need for water in parenteral fluid therapy. *Pediatrics*, 19(5), 823–32. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/13431307>
- Humphreys, M. A., Rijal, H. B., & Nicol, J. F. (2013). Updating the adaptive relation between climate and comfort indoors; new insights and an extended database. *Building and Environment*, 63, 40–55. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.01.024>
- IDAE. (2011). PROYECTO SECH-SPAHOUSEC Análisis del consumo energético del sector residencial en España. Retrieved from http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf
- IEA. (2016). Total Energy Use in Buildings: Analysis and Evaluation Methods (Annex 53). Retrieved from http://www.iea-ebc.org/Data/publications/EBC_PSR_Annex53.pdf
- INE. (2016). Cifras INE : boletín informativo del Instituto Nacional de Estadística . Retrieved October 30, 2017, from <http://www.ine.es/prensa/np965.pdf>
- INE. (2017). *Cifras INE : boletín informativo del Instituto Nacional de Estadística*.
- INN. NCh853 of 2007. Acondicionamiento térmico - Envoltura térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas (2007).

- ISO 7730:2005. (2005). *Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. Brussels: International Standardization Organization.
- J.F. Nicol, M. A. H. (2004). A stochastic approach to thermal comfort–occupant behavior and energy use in buildings. *Ashrae Trans.*, 110.
- Kampelis, N., Gobakis, K., Vagias, V., Kolokotsa, D., Standardi, L., Isidori, D., ... Santamouris, M. (2017). Evaluation of the performance gap in industrial, residential & tertiary near-Zero energy buildings. *Energy and Buildings*, 148, 58–73. <http://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2017.03.057>
- Kavousian, A., Rajagopal, R., & Fischer, M. (2013). Determinants of residential electricity consumption: Using smart meter data to examine the effect of climate, building characteristics, appliance stock, and occupants' behavior. *Energy*, 55, 184–194. <http://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2013.03.086>
- Khoury, J., Alameddine, Z., & Hollmuller, P. (2017). Understanding and bridging the energy performance gap in building retrofit. *Energy Procedia*, 122, 217–222. <http://doi.org/10.1016/J.EGYPRO.2017.07.348>
- Kikumoto, H., Ooka, R., Arima, Y., & Yamanaka, T. (2015). Study on the future weather data considering the global and local climate change for building energy simulation. *Sustainable Cities and Society*, 14, 404–413. <http://doi.org/10.1016/J.SCS.2014.08.007>
- Ley 13/2005. (2005). Ley 13 /2005, de 11 de noviembre, de Medidas para la Vivienda Protegida y el Suelo.
- Los años 50. La arquitectura española y su compromiso con la historia. (2000). *Actas Del Congreso Internacional*. Retrieved from <https://www.unav.edu/documents/29070/6431631/actas-02.pdf>
- Luo, M., Wang, Z., Ke, K., Cao, B., Zhai, Y., & Zhou, X. (2018). Human metabolic rate and thermal comfort in buildings: The problem and challenge. *Building and Environment*, 131, 44–52. <http://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2018.01.005>
- Manzano, V. (2009). El tamaño de la muestra. Retrieved from <http://asignatura.us.es/dadpsico/apuntes/TamMuestra.pdf>
- Mardaljevic, J., Heschong Arch, L. M., & Lee, E. M. (2009). Daylight metrics and energy savings. <http://doi.org/10.1177/1477153509339703>
- Melier Vargas; Lilia Lancheros; María del Pilar Barrer. (2011). *Energy expenditure in repose related to body composition in adults*. *Revista de la Facultad de Medicina* (Vol. 59). Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from <https://revistas.unal.edu.co/index.php/revfacmed/article/view/24108>
- Ministerio de Desarrollo Social. (2015). Gobierno de Chile -Ministerio de Desarrollo Social –

- Observatorio Social. Retrieved from http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/documentos/Panorama_Casen_2015_Hogares_y_bienestar.pdf
- Ministerio de Energía. (2015). Balance Nacional de Energía 2015. Retrieved from http://dataset.cne.cl/Energia_Abierta/Reportes/Minenergia/Reporte BNE 2015.pdf
- Ministerio del Fomento. (2013). ERESEE 2017. Retrieved from https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/es_building_renov_2017_es.pdf
- MINVU. (1992). *DS 47 - Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones*. Santiago de Chile. Retrieved from <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=8201>
- MINVU. (2007). Artículo 4.1.10. Exigencias de acondicionamiento térmico de la Ordenanza general de urbanismo y construcciones. In MINVU (Ed.), *DS 47 Ordenanza general de la ley general de urbanismo y construcciones*. Santiago.
- MINVU. (2010). Política Urbano - Habitacional de Calidad e Integración. Retrieved from <file:///C:/Users/Inma/Downloads/Catalogo Minvu01.pdf>
- MINVU. DS 01. REGLAMENTO DEL SISTEMA INTEGRADO DE SUBSIDIO HABITACIONAL (2011). Santiago de Chile. Retrieved from <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1026260>
- MINVU. DS 49. REGLAMENTO DEL PROGRAMA FONDO SOLIDARIO DE ELECCIÓN DE VIVIENDA (2011). Santiago de Chile. Retrieved from <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1039424>
- MINVU. (2014a). CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS. *MINVU*. Retrieved from <http://www.calificacionenergetica.cl/media/CEV-2014.pdf>
- MINVU. (2014b). *Vivienda Social En Copropiedad*.
- MINVU. (2016). Estadísticas históricas. Retrieved April 28, 2016, from <http://www.observatoriahabitacional.cl/>
- MOP. (1959). Decreto con Fuerza de Ley N° 2 SOBRE PLAN HABITACIONAL. Retrieved November 16, 2016, from http://www.sii.cl/pagina/jurisprudencia/legislacion/basica/dfi2_1.htm
- Morales Vallejo, P. (2012). Tamaño necesario de la muestra : ¿ Cuántos sujetos necesitamos ? *Estadística Aplicada a Las Ciencias Sociales*, 20. Retrieved from <http://web.upcomillas.es/personal/peter/investigacion/Tama%F1oMuestra.pdf>
- Motuziene, V., & Vilutiene, T. (2013). Modelling the Effect of the Domestic Occupancy Profiles on Predicted Energy Demand of the Energy Efficient House. *Procedia Engineering*, 57, 798–807. <http://doi.org/10.1016/J.PROENG.2013.04.101>
- Nagy, Z., Yong, F. Y., & Schlueter, A. (2016). Occupant centered lighting control: A user study

- on balancing comfort, acceptance, and energy consumption. *Energy and Buildings*, 126, 310–322. <http://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2016.05.075>
- Nicol, J. F., & Humphreys, M. A. (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and Buildings*, 34(6), 563–572. [http://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00006-3](http://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00006-3)
- O'Brien, W., & Gunay, H. B. (2014). The contextual factors contributing to occupants' adaptive comfort behaviors in offices – A review and proposed modeling framework. *Building and Environment*, 77, 77–87. <http://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2014.03.024>
- Orden de 21 de Julio de 2008. (2008). Orden de 21 de julio de 2008, sobre normativa técnica de diseño y calidad aplicable a las viviendas protegidas en la comunidad Autónoma de Andalucía y se agiliza los procedimientos establecidos para otorgar Calificaciones de Vivienda Protegida.
- Orden de 7 de Julio de 2009. (2009). Orden de 7 de julio de 2009, por la que se publica el texto integrado del Plan Concertado de vivienda y suelo 2008-2012, aprobado por el Decreto 395/2008, de 24 de junio, con las modificaciones introducidas por el Decreto 266/2009, de 9 de junio.
- Pérez-Fargallo, A., Rubio-Bellido, C., Pulido-Arcas, J., Gallego-Maya, I., & Guevara-García, F. (2018). Influence of Adaptive Comfort Models on Energy Improvement for Housing in Cold Areas. *Sustainability*, 10(3), 859. <http://doi.org/10.3390/su10030859>
- RD 235/2013. Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. (2013).
- RD 47. REAL DECRETO 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción. (2007).
- Real Academia Española. (n.d.). DLE: muestreo - Diccionario de la lengua española - Edición del Tricentenario. Retrieved March 22, 2018, from <http://dle.rae.es/?id=Q0I3R3U>
- Reinaldo Rioseco Hormazábal y Claudio Tesser Obregón. (n.d.). Cartografía interactiva de los climas de Chile. Retrieved June 23, 2018, from www.uc.cl/sw_educ/geografia/cartografiainteractiva
- Rijal, H. B., Tuohy, P., Humphreys, M. A., Nicol, J. F., Samuel, A., & Clarke, J. (2007). Using results from field surveys to predict the effect of open windows on thermal comfort and energy use in buildings. *Energy and Buildings*, 39(7), 823–836. <http://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2007.02.003>
- Rubio-Bellido, C., Pérez-Fargallo, A., & Pulido-Arcas, J. A. (2016). Optimization of annual energy demand in office buildings under the influence of climate change in Chile. *Energy*, 114, 569–585. <http://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2016.08.021>

- Ruellan, M., Park, H., & Bennacer, R. (2016). Residential building energy demand and thermal comfort: Thermal dynamics of electrical appliances and their impact. *Energy and Buildings*, 130, 46–54. <http://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2016.07.029>
- Sancho Martínez, A., Dorao Martínez-Romillo, P., & Ruza Tarrío, F. (2008). Valoración del gasto energético en los niños. Implicaciones fisiológicas y clínicas. Métodos de medición. *Anales de Pediatría*, 68(2), 165–180. <http://doi.org/10.1157/13116234>
- Santamouris, M., Cartalis, C., Synnefa, A., & Kolokotsa, D. (2015). On the impact of urban heat island and global warming on the power demand and electricity consumption of buildings—A review. *Energy and Buildings*, 98, 119–124. <http://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2014.09.052>
- Santín y Sicilia. (2016). Does family structure affect children's academic outcomes? Evidence for Spain. *The Social Science Journal*, 53(4), 555–572. <http://doi.org/10.1016/J.SOSCIJ.2016.04.001>
- Seungjae Lee; Panagiota Karava; Ilias BilonisIlias; Athanasios Tzempelikos. Athanasios Tzempelikos. (2018). Inference of Thermal Preference Profiles for Personalized Thermal Environments. *Conference: ASHRAE Winter Conference 2018 At: Chicago*, (January).
- Swisher, J. N. (1994). Dynamics of appliance energy efficiency in Sweden. *Energy*, 19(11), 1131–1141. [http://doi.org/10.1016/0360-5442\(94\)90069-8](http://doi.org/10.1016/0360-5442(94)90069-8)
- Tam, C. (2013). Desarrollo de Indicadores para el Sector Residencial. Retrieved from https://www.iea.org/media/training/presentations/latinamerica2014/6A_Energy_Efficiency_Indicators_Residential_Spanish.pdf
- UNE-EN 16627. (2016). Sostenibilidad en las obras de construcción Evaluación del comportamiento económico de los edificios Métodos de cálculo.
- UNE-EN ISO 8996. Ergonomía del ambiente térmico. Determinación de la tasa metabólica. (2005).
- van Hooff, T., Blocken, B., Hensen, J. L. M., & Timmermans, H. J. P. (2014). On the predicted effectiveness of climate adaptation measures for residential buildings. *Building and Environment*, 82, 300–316. <http://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2014.08.027>
- van Raaij, W. F., & Verhallen, T. M. M. (1983). Patterns of residential energy behavior. *Journal of Economic Psychology*, 4(1–2), 85–106. [http://doi.org/10.1016/0167-4870\(83\)90047-8](http://doi.org/10.1016/0167-4870(83)90047-8)
- Wang, H., & Chen, Q. (2014). Impact of climate change heating and cooling energy use in buildings in the United States. *Energy and Buildings*, 82, 428–436. <http://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2014.07.034>
- Xiaohang Feng; Da Yan; Tianzhen Hong. (2015). Simulation of occupancy in buildings. *Energy and Buildings*, 87, 348–359. <http://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2014.11.067>
- Yang, J., Santamouris, M., & Lee, S. E. (2016). Review of occupancy sensing systems and

occupancy modeling methodologies for the application in institutional buildings. *Energy and Buildings*, 121, 344–349. <http://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2015.12.019>

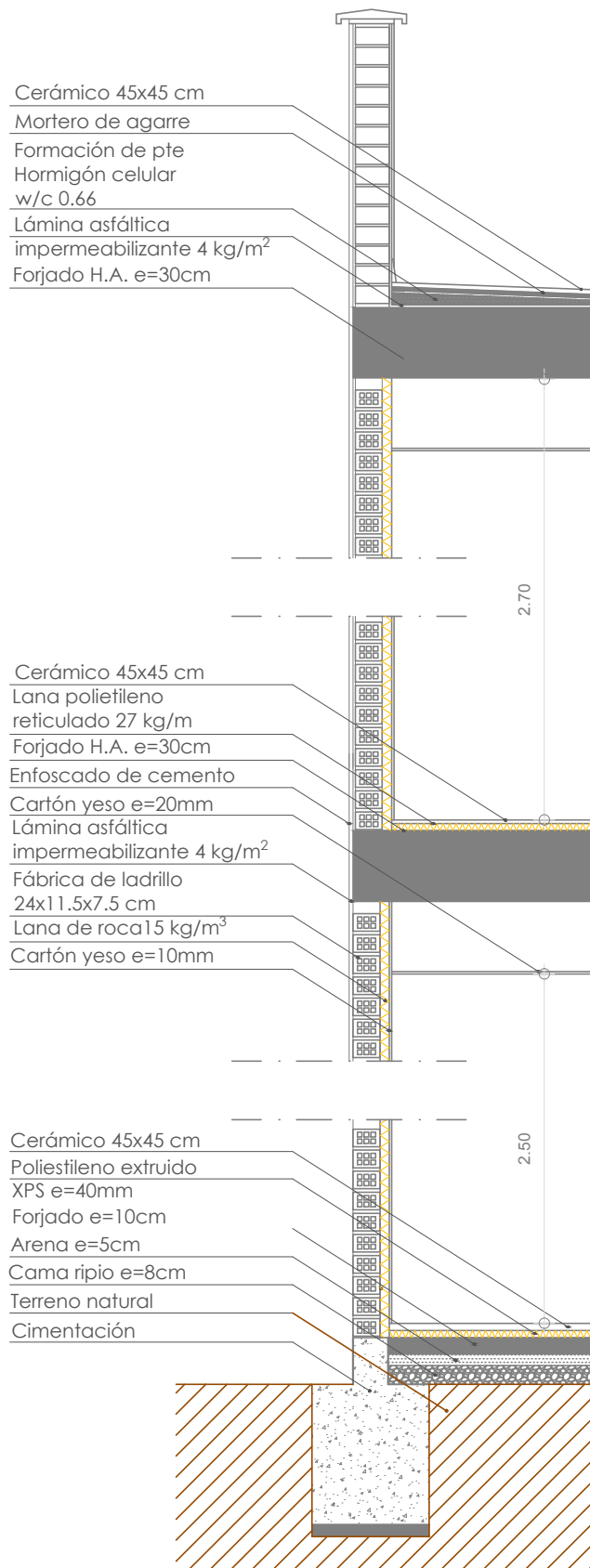
CAPÍTULO VIII ANEXOS

ANEXO I

Patrones de ocupación. Entrada de datos (Energy input). Patrones de ocupación residencial propuestos (PRO)

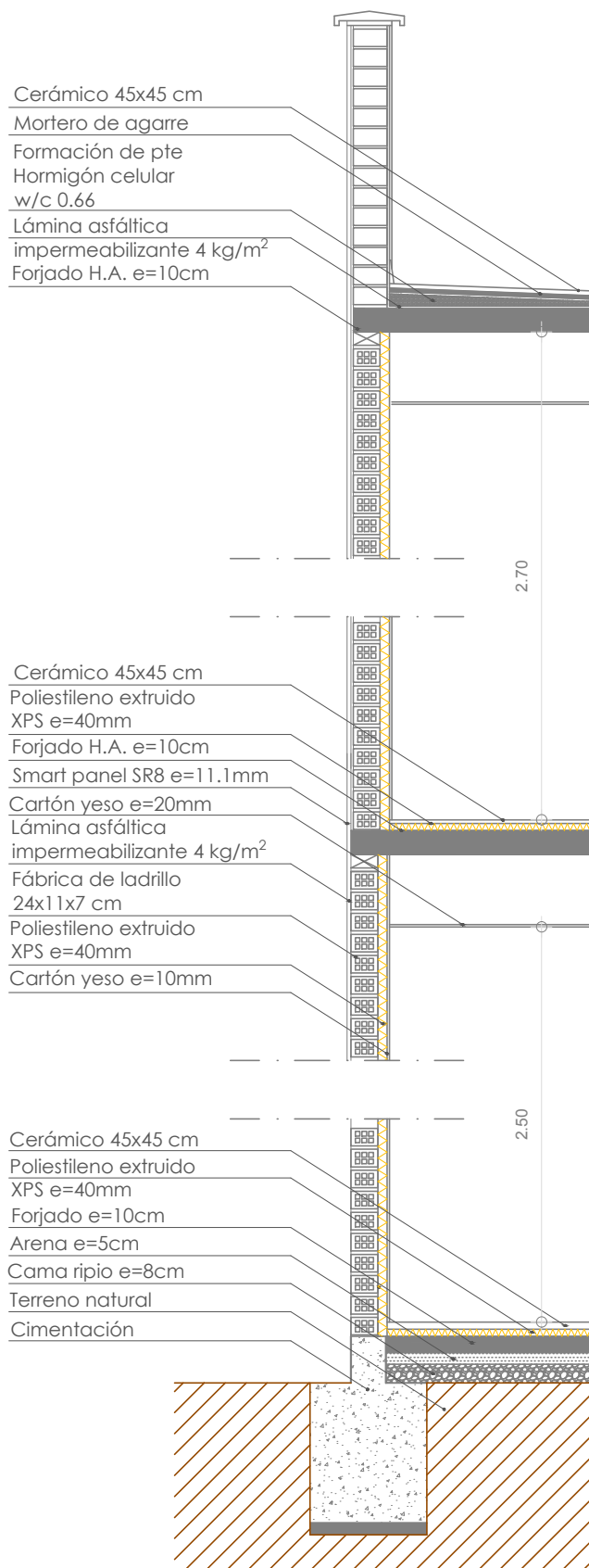
ANEXO II

Sistemas constructivos de las viviendas modelo utilizadas en procesos de simulación para los casos de España y Chile



SECCIÓN CONSTRUCTIVA

[Vivienda modelo España]



SECCIÓN CONSTRUCTIVA

[Vivienda modelo Chile]

ANEXO III

Formulario: Análisis del comportamiento ocupacional en edificios residenciales

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO OCUPACIONAL EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

Estimado participante:

Quien suscribe, Inmaculada Gallego Maya con D.N.I. 53595623-B, alumna del Magister Universitario en Gestión Integral en Edificación por la Escuela Técnica Superior de Ingeniería en Edificación de la Universidad de Sevilla, dirige una investigación titulada: "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LOS PATRONES DE OCUPACIÓN EN EL CONSUMO ENERGÉTICO DE EDIFICIOS RESIDENCIALES"

El objetivo de este estudio es "evaluar qué desviación conlleva el uso de patrones de ocupación normalizados frente a la utilización de patrones de ocupación propuestos en procesos de simulación para estudios de consumo energético en edificios residenciales".

La información obtenida a través de este estudio será mantenida bajo estricta confidencialidad. Su nombre no será utilizado y la información será solo almacenada por el investigador. Esta información únicamente será utilizada para alcanzar el objetivo de esta investigación por lo que se ruega contestar con la mayor rigurosidad posible.

El estudio no conlleva ningún riesgo para su seguridad, ni percibirá ningún beneficio o compensación por su participación.

Si tiene alguna pregunta sobre esta investigación diríjase a Inmaculada Gallego en el correo electrónico igallego1@us.es. Si desease disponer de los resultados finales de la investigación igualmente puede realizarlo poniéndose en contacto en la misma dirección electrónica.

Agradecida por su participación.

Att. Inmaculada Gallego.

***Obligatorio**

1. **Dirección de correo electrónico ***

2. *Marca solo un óvalo.*

Opción 1

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO OCUPACIONAL EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

El cuestionario está compuesto por 14 preguntas en total y no le llevará más de 7 minutos contestarlo.

3. **1. País en el que reside ***

4. **2. Provincia o región donde reside. ***

5. **3. ¿Es usted mayor de edad? ***

Marca solo un óvalo.

Sí
 No

6. **4. Seleccione el tipo de su vivienda ***

Marca solo un óvalo.

Bloque de viviendas plurifamiliar
 Vivienda adosada unifamiliar
 Vivienda aislada unifamiliar
 Otro: _____

7. **5. Número total de miembros que residen en su hogar MAYORES DE 18 AÑOS. ***

*Seleccione una opción
Marca solo un óvalo.*

1
 2
 3
 4
 5 o más

8. **6. Número de miembros en su hogar MENORES de 18 años. ***

Marca solo un óvalo.

0
 1
 2
 3 o más

9.

7. En el caso de haber menores en su hogar ...

Seleccione según su nivel de actividad cuando permanezca con los menores en casa. En el caso contrario pase a la siguiente pregunta.
 Marca solo un óvalo.

- No requieren mi atención permanente. Suelo estar tranquilo/a y relajado/a.
- Requieren mi atención permanente. No encuentro el momento para sentarme.

10.

8. Si tiene mascotas y viven dentro de casa de forma permanente... *

Seleccione una opción
 Marca solo un óvalo.

- No tengo mascota
- Tengo un perro pequeño o mediano
- Tengo un gato
- Tengo dos o más perros / gatos
- Otros

11.

9. Marque su horario habitual de sueño (DE LUNES A VIERNES) (SÁBADOS Y DOMINGOS) *

Marque todas las horas en las que permanezca durmiendo
 Marca solo un óvalo por fila.

| | 1:00 h | 2:00 h | 3:00 h | 4:00 h | 5:00 h | 6:00 h | 7:00 h | 8:00 h | 9:00 h | 10:00 h | 11:00 h | 12:00 h | 13:00 h | 14:00 h | 15:00 h | 16:00 h | 17:00 h | 18:00 h | 19:00 h | 20:00 h | 21:00 h | 22:00 h | 23:00 h | 00:00 h |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Lunes a viernes | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Sábados y domingos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

12. 10. Marque las horas en las que generalmente permanece fuera de casa por motivos de trabajo, estudios u ocio (DE LUNES A VIERNES) (SÁBADOS Y DOMINGOS) *

Marque todas las horas que considere.
 Marca solo un óvalo por fila.

| | 1:00 h | 2:00 h | 3:00 h | 4:00 h | 5:00 h | 6:00 h | 7:00 h | 8:00 h | 9:00 h | 10:00 h | 11:00 h | 12:00 h | 13:00 h | 14:00 h | 15:00 h | 16:00 h | 17:00 h | 18:00 h | 19:00 h | 20:00 h | 21:00 h | 22:00 h | 23:00 h | 00:00 h |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Lunes a viernes | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Sábados y domingos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

13.

11. Marque cuántos de estos electrodomésticos tiene en su hogar. *

Marca solo un óvalo por fila.

| | No tengo | 1 | 2 | 3 | 4 o más |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Microondas | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Lavadora | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Secadora | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Lavavajillas o lavaplatos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Horno | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Cocina (Gas, vitrocerámica o inducción) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Televisor | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Computador u ordenador | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Plancha de ropa | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Hervidor de agua | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Calentador de agua eléctrico | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Calentador de agua con energía solar propia | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Calentador de agua con electricidad y energía solar alternadamente | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

14.

12. Marque los días de la semana en los que SE USAN estos electrodomésticos en su hogar

Marca solo un óvalo por fila.

| | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Microondas | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Lavadora | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Secadora | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Lavavajillas o lavaplatos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Horno | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Cocina (Gas, vitrocerámica o inducción) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Televisor | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Computador u ordenador | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Plancha de ropa | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Hervidor de agua | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

15. 13. Marque las horas en las que SE USAN estos electrodomésticos en su hogar

Marque todas aquellas horas que considere. Si no tiene algún electrodoméstico deje la fila sin rellenar.

Marca solo un óvalo por fila.

| | 1:00 h | 2:00 h | 3:00 h | 4:00 h | 5:00 h | 6:00 h | 7:00 h | 8:00 h | 9:00 h | 10:00 h | 11:00 h | 12:00 h | 13:00 h | 14:00 h | 15:00 h | 16:00 h | 17:00 h | 18:00 h | 19:00 h | 20:00 h | 21:00 h | 22:00 h | 23:00 h | 00:00 h |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Microondas | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Lavadora | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Secadora | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Lavavajillas o lavaplatos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Horno | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Cocina (Gas, vitrocerámica o inducción) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Televisor | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Computador u ordenador | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Plancha de ropa | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Hervidor de agua | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

16. 14. Marque las horas en las que habitualmente necesita encender las luces de casa según estas estaciones del año. *

Marque todas las horas que considere.

Marca solo un óvalo por fila.

| | 1:00 h | 2:00 h | 3:00 h | 4:00 h | 5:00 h | 6:00 h | 7:00 h | 8:00 h | 9:00 h | 10:00 h | 11:00 h | 12:00 h | 13:00 h | 14:00 h | 15:00 h | 16:00 h | 17:00 h | 18:00 h | 19:00 h | 20:00 h | 21:00 h | 22:00 h | 23:00 h | 00:00 h |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Lunes a vienes (Verano) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Sábados y domingos (Verano) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Lunes a vienes (Invierno) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Sábados y domingos (Invierno) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

