

THE *PASSIVHAUS* STANDARD
IN EUROPEAN WARM CLIMATES

2. national proposals in detail



1 VIVIENDA PASSIVHAUS EN ESPAÑA

1.1 DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DE LA VIVIENDA

Se trata de una vivienda adosada con las dimensiones y forma típicas en España pero con una diferencia pequeña y muy importante: las paredes en común con las casas adyacentes son las más pequeñas en longitud. Esto permite una mayor área de las fachadas exterior. Dichas fachadas se orientan al sur y al norte respectivamente. El porcentaje acristalado de la fachada principal orientada hacia el sur es muy alto para obtener un aumento de la cantidad de radiación solar útil durante el invierno. Dicha superficie acristalada debe protegerse con un sistema de protecciones solares adecuados para evitar el acceso solar en verano que perjudicaría la demanda de refrigeración, para esto se ha previsto y diseñado una pérgola para la planta baja que se cubrirá con una protección móvil que se retirará en invierno o con una planta trepadora de hoja caduca. Para la planta superior cada ventana tendrá un voladizo individual diseñado con una longitud que permita el acceso solar en invierno y lo bloquee en verano. La fachada norte presenta una superficie acristalada muy baja. Esto no perjudica la iluminación natural ya que la distribución de la casa es muy interesante con un espacio de distribución junto a la fachada norte usado como un pasillo en la planta superior y como escaleras en la inferior.

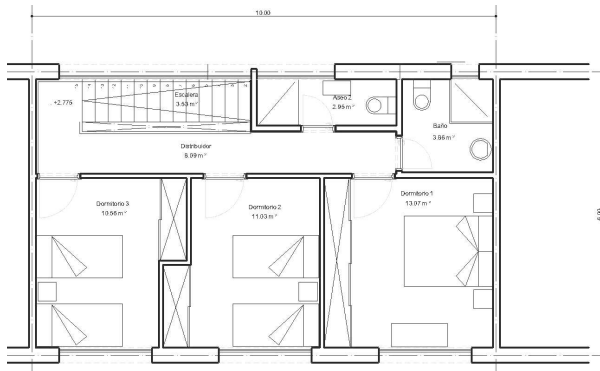


Fig. 2. 1 – Vista en planta de la planta baja de la vivienda

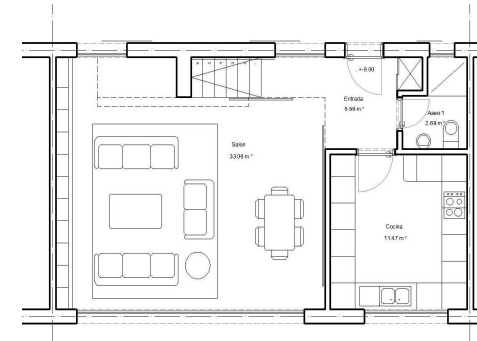


Fig. 2. 2 – Vista en planta de la planta alta de la vivienda

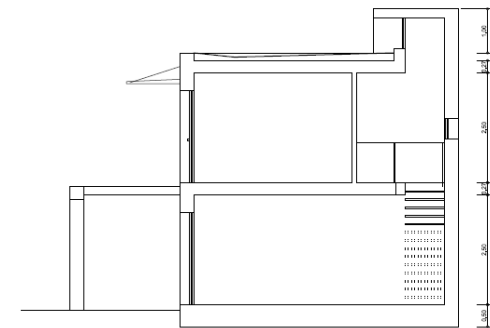


Fig. 2. 3 – Sección de la vivienda

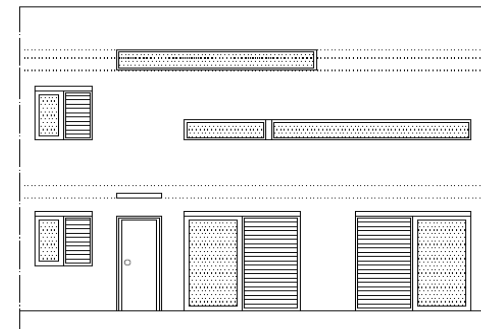


Fig. 2. 4 – Alzado norte de la vivienda

1.2 CLIMA

1.2.1 El clima de Sevilla

Podemos caracterizar el clima de Sevilla mediante los siguientes datos:

| | Temperatura media de bulbo húmedo (°C) | Humedad Relativa media (%) | Radiación global sobre horizontal media (W/m ²) |
|---------|--|----------------------------|---|
| Ene | 10.7 | 76.0 | 105.8 |
| Feb | 11.9 | 72.0 | 141.6 |
| Mar | 14.0 | 64.0 | 185.3 |
| Abr | 16.0 | 64.0 | 228.7 |
| May | 19.6 | 57.0 | 279.4 |
| Jun | 23.4 | 54.0 | 299.7 |
| Jul | 26.8 | 49.0 | 315.3 |
| Ago | 26.9 | 51.0 | 287.2 |
| Sep | 24.4 | 55.0 | 221.9 |
| Oct | 19.5 | 64.0 | 165.5 |
| Nov | 14.3 | 73.0 | 118.2 |
| Dic | 11.1 | 76.0 | 96.0 |
| Ac. Año | 18.2 | 62.9 | 203.7 |

Tabla 2. 1 – Valores medios mensuales de la temperatura de bulbo húmedo, HR y radiación global horizontal en Sevilla.

| | Valor |
|--------------------|-------------------------|
| SCI | 0.32 |
| SCV | 2.56 |
| Radiación verano | 822.9 kW/m ² |
| Radiación invierno | 229.8 kW/m ² |
| GDI | 779.5 |

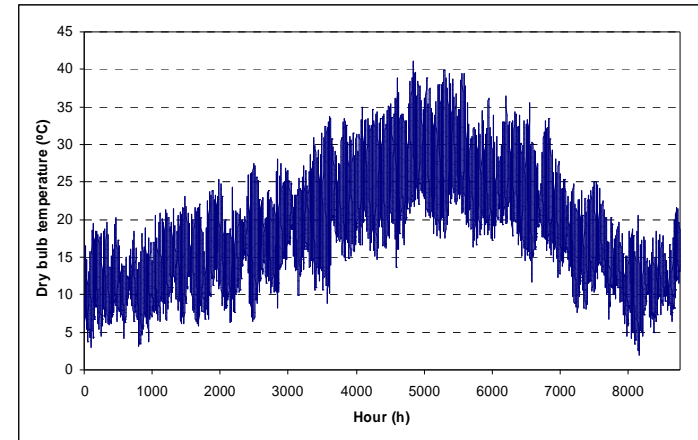


Fig. 2. 2 – Valores horarios de la temperatura de bulbo seco.

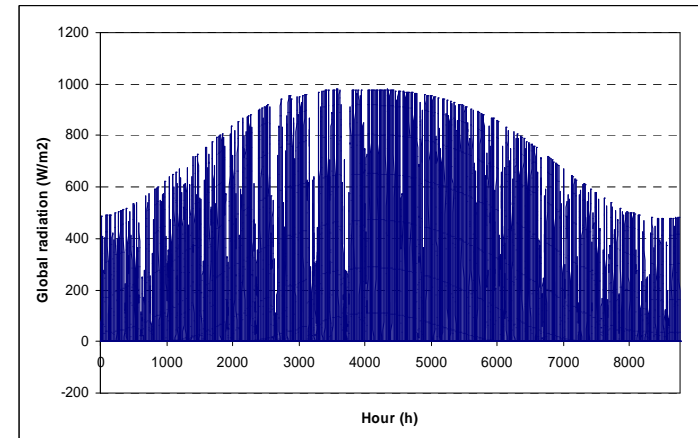


Fig. 2. 3 – Valores horarios de la radiación.

1.2.2 El clima de Granada:

Podemos caracterizar el clima de Granada mediante los siguientes datos:

| | Temperatura media de bulbo húmedo (°C) | Humedad Relativa media (%) | Radiación global sobre horizontal media (W/m ²) |
|---------|--|-------------------------------------|---|
| Ene | 6.7 | 75.0 | 104.1 |
| Feb | 8.4 | 70.0 | 135.4 |
| Mar | 10.5 | 62.0 | 184.0 |
| Abr | 12.6 | 61.0 | 221.7 |
| May | 16.3 | 55.0 | 277.5 |
| Jun | 21.1 | 48.0 | 308.8 |
| Jul | 24.4 | 41.0 | 321.4 |
| Ago | 24.1 | 44.0 | 290.1 |
| Sep | 21.1 | 53.0 | 290.1 |
| Oct | 15.4 | 64.0 | 161.1 |
| Nov | 10.6 | 73.0 | 114.5 |
| Dic | 7.4 | 78.0 | 92.1 |
| Ac. Año | 14.9 | 60.0 | 219.0 |

Table 2. 2 – Valores medios mensuales de la temperatura de bulbo húmedo, HR y radiación global horizontal en Sevilla.

| | Valor |
|--------------------|-------------------------|
| SCI | 0.81 |
| SCV | 1.11 |
| Radiación verano | 805.2 kW/m ² |
| Radiación invierno | 239.3 kW/m ² |
| GDI | 1118.2 |

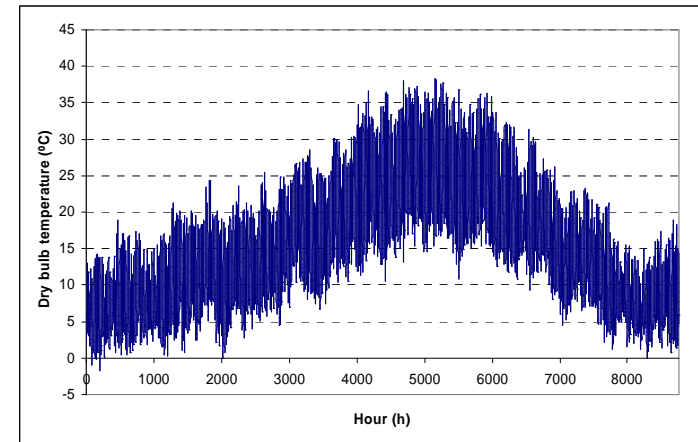


Fig. 2. 4 – Valores horarios de la temperatura de bulbo seco.

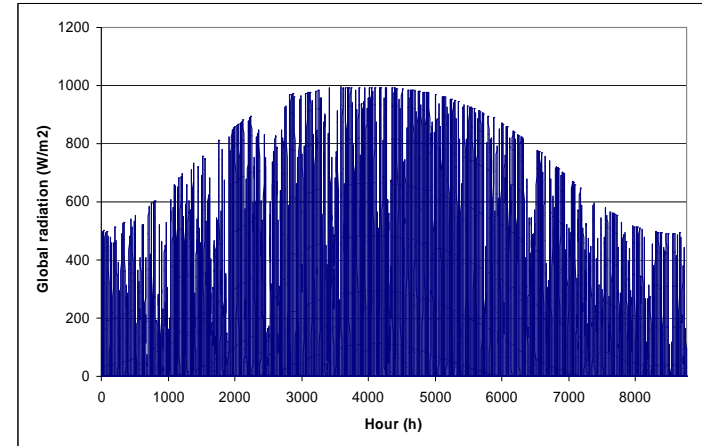


Fig. 2. 5 – Valores horarios de la radiación.

1.3 CONSTRUCCIÓN

1.3.1 Construcción en Sevilla

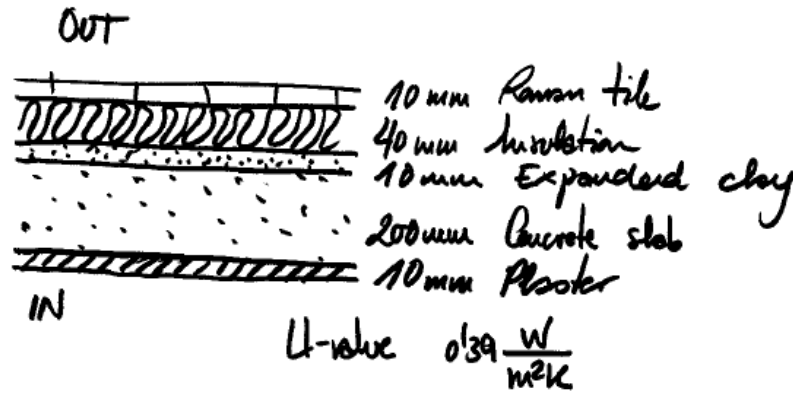


Fig. 2. 6 – Cubierta

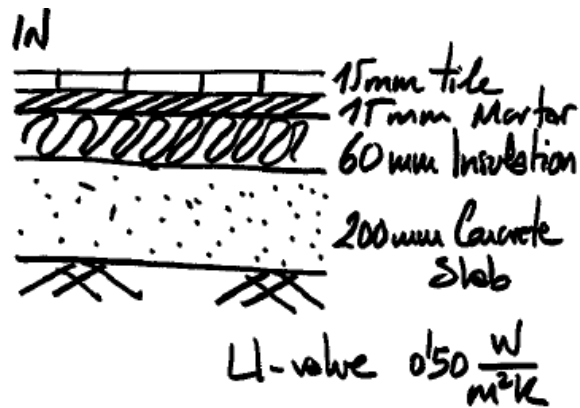


Fig. 2. 7 – Suelo en contacto con el terreno

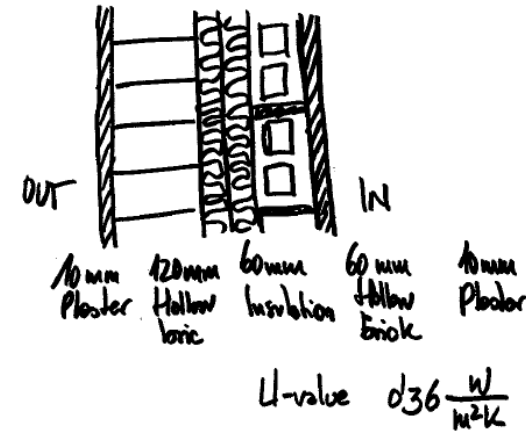


Fig. 2. 8 – Paredes exteriores

Tabla 2. 3 – Capas de los cerramientos exteriores

| Capa | Espesor |
|--|---------|
| Enfoscado | 0.02 m |
| Aislante ($\lambda=0.032 \text{ W/mK}$) | 0.06 m |
| Bloque Termoarcilla con mortero aislante | 0.19 m |
| Enlucido | 0.02 m |

U: $0.37 \text{ W/m}^2\text{K}$, espesor total 0.29 m, con masa térmica en el interior y ausencia de puentes térmicos

Tabla 2. 4 – Ventanas

| Sur | Norte |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 4-6-4 Vidrio doble | 4-6-4 Doble bajo emisivo |
| U: $3.38 \text{ W/m}^2\text{K}$ | U: $2.93 \text{ W/m}^2\text{K}$ |

1.3.2 Construcción en Granada

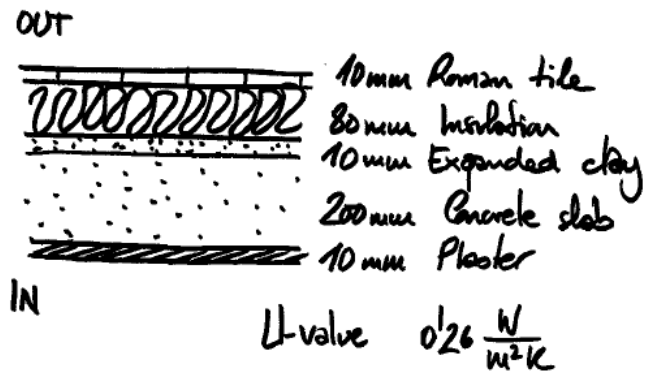


Fig. 2. 9 – Cubierta

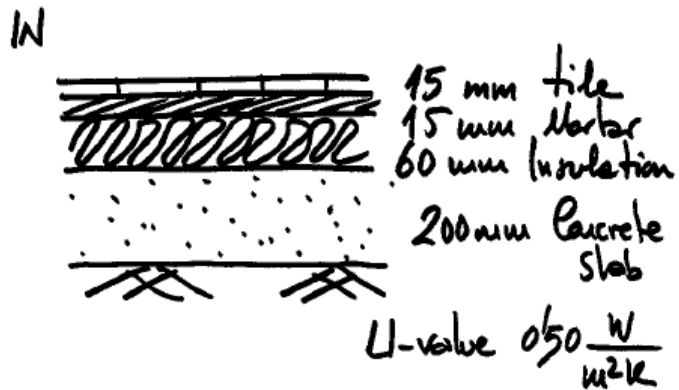


Fig. 2. 10 – Suelo en contacto con el terreno

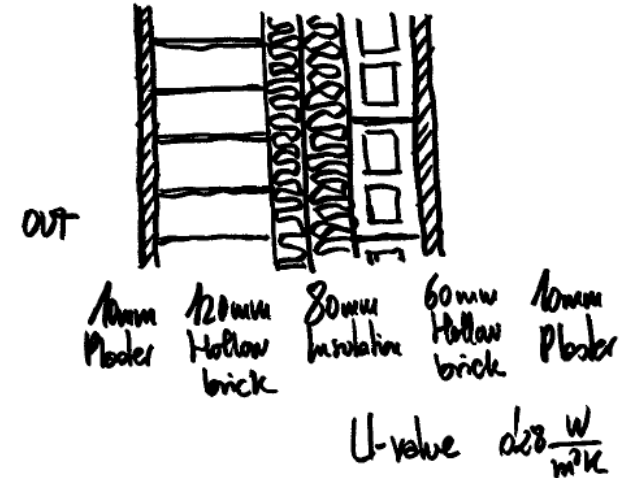


Fig. 2. 11 – Paredes exteriores

En Granada no se permite la construcción con cerramiento de termoarcilla por ser zona de alto riesgo sísmico.

Table 2. 5 – Ventanas

| Sur | Norte |
|--------------------------|--------------------------|
| 4-6-4 Doble bajo emisivo | 4-6-4 Doble bajo emisivo |
| U: 2.93 W/m²K | U: 2.93 W/m²K |

1.4 ESTRATEGIAS

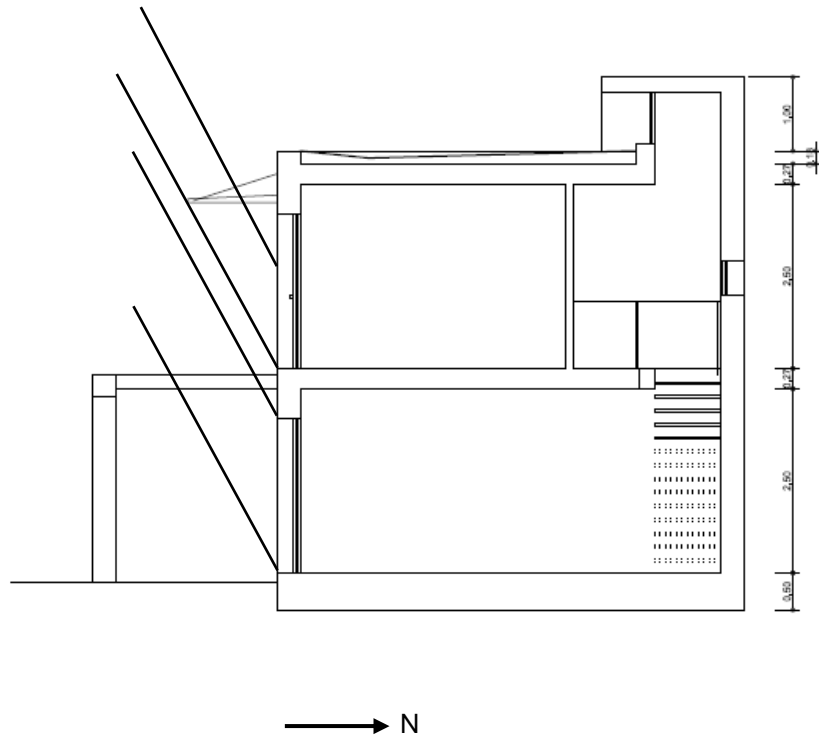


Fig. 2. 12 – Iluminación en verano, Vista del acceso solar en sección.

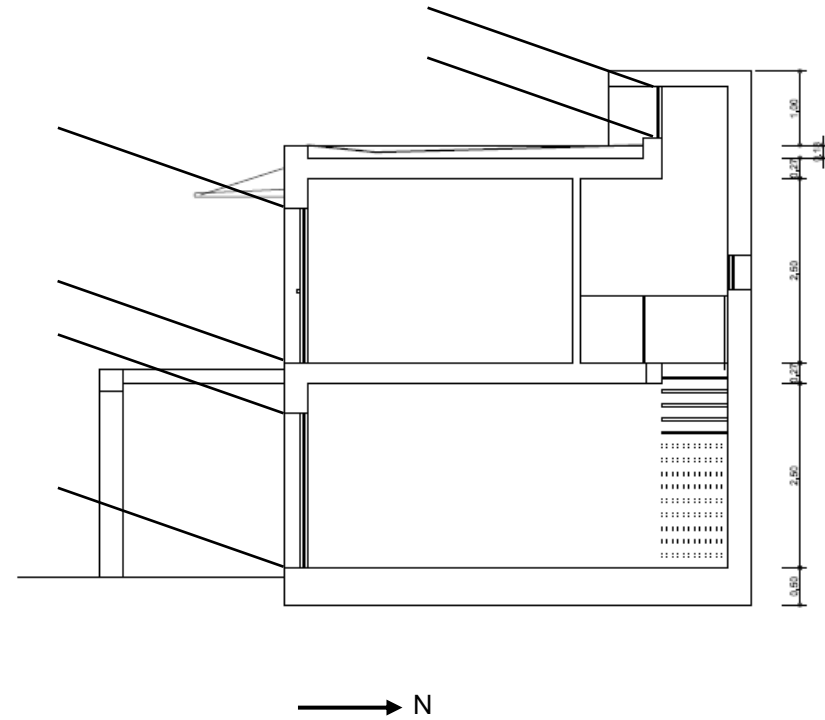


Fig. 2. 13 – Iluminación en invierno, Vista del acceso solar en sección.

1.4.1 Estrategia de iluminación

La alta proporción de superficie acristalada al sur así como la apertura de los espacios interiores aseguran un buen nivel lumínico durante el todo el año. La pared que separa la sala de estar de las escaleras se ha proyectado de pavés que al ser translúcido deja pasar la luz. También se ha previsto en el hueco de la escalera una ventana en la azotea que, a modo de “falso sur”, ilumina este espacio cuya fachada exterior está orientada al norte.

1.4.2 Estrategia de control solar

Las ventanas de las habitaciones de la planta superior tienen unos voladizos que evitan las ganancias de calor debidas a la radiación en verano. El dimensionado de estos componentes y su eficacia es alta ya que están orientados hacia el sur.

Con el mismo objetivo, se ha instalado una pérgola en la planta baja. Dicha pérgola está cubierta por una planta de hoja caduca para obtener sombra en verano y sol en invierno.

1.4.3 Sistemas y componentes

La siguiente imagen muestra una proyección estereográfica de una ventana orientada al sur sin ninguna protección solar. El sol se ha representado en las posiciones correspondientes a los días del solsticio de invierno –la más baja-, solsticio de verano –la más alta- y del equinoccio –intermedia-.

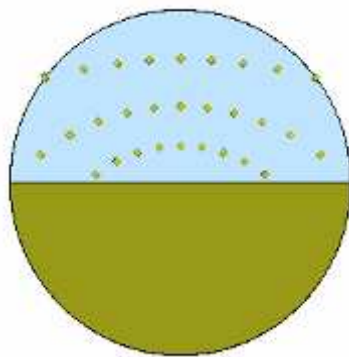


Fig. 2. 14 – Proyección estereográfica de una ventana orientada al sur sin protecciones solares.

La siguiente imagen muestra la misma proyección, pero en este caso se ha añadido un voladizo horizontal superior con una longitud tal, que bloquea la radiación en verano pero no en invierno.

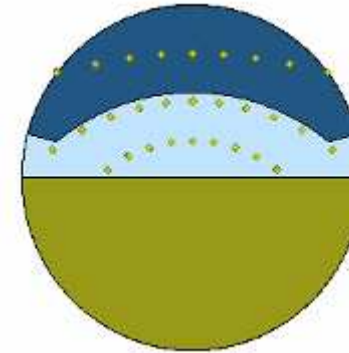


Fig. 2. 15 – Proyección estereográfica de una ventana orientada al sur con un voladizo.

1.4.4 Estrategia de ventilación nocturna en verano

Esta técnica de refrigeración natural se ha utilizado para disminuir la demanda de refrigeración en verano. Dicha estrategia se ha modelado como un número de renovaciones por hora del aire durante las horas nocturnas en verano.

Las horas con ventilación nocturna han sido desde las 0 a las 7 horas a.m. debido a que es en este periodo de tiempo cuando el aire exterior es más frío que el interior.

Para buscar el escenario óptimo se ha variado el nivel de ventilación entre 4, 8 y 12 renovaciones/hora, resultando que con 4 se obtiene la clase energética A en demanda de refrigeración en Granada mientras que en Sevilla se obtiene clase B.

En cualquier caso siempre se obtendría una calificación energética A en emisiones globales de CO₂.

1.5 RENDIMIENTO ENERGÉTICO

Tabla 2. 6 – Demanda de energía anual. (kWh/m2)

| | Sevilla | Granada |
|---------------|---------|---------|
| Calefacción | 2.8 | 8.7 |
| Refrigeración | 21.7 | 7.9 |

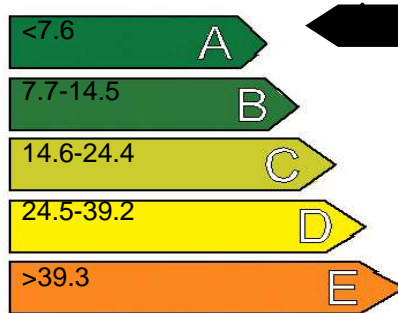


Fig. 2. 16 – Calificación energética del edificio en Sevilla en demanda de calefacción.

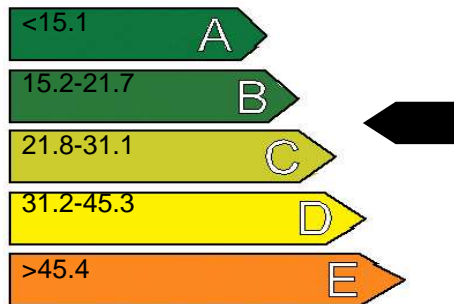


Fig. 2. 17 – Calificación energética del edificio en Sevilla en demanda de refrigeración.

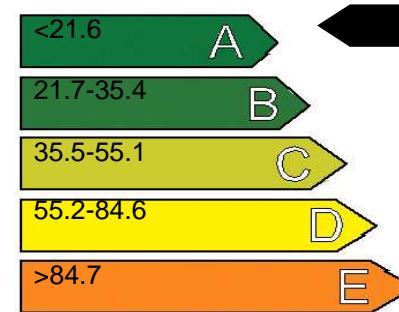


Fig. 2. 18 – Calificación energética del edificio en Granada en demanda de calefacción.

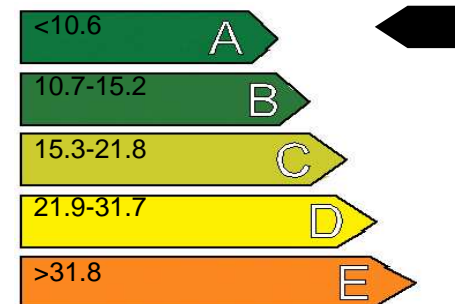


Fig. 2. 19 – Calificación energética del edificio en Granada en demanda de refrigeración.

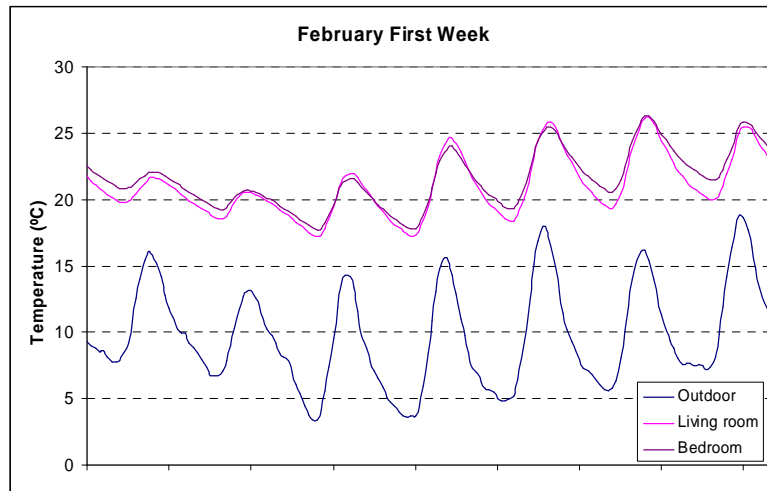


Fig. 2. 20 – Temperaturas horarias en la vivienda en Sevilla durante una semana de invierno.

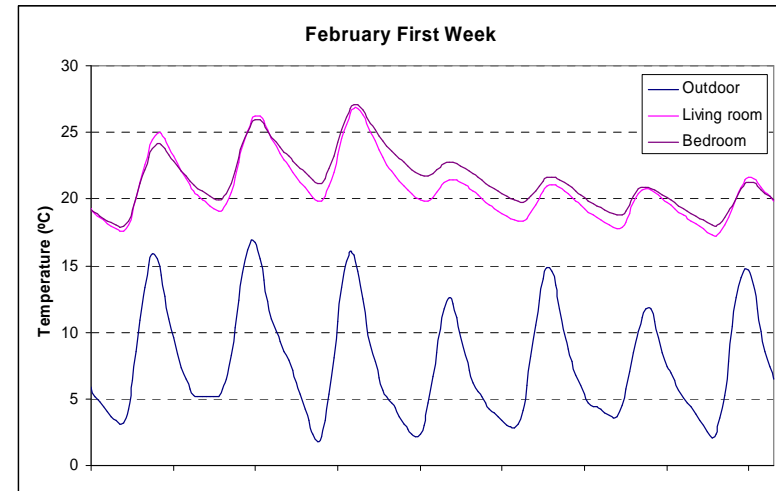


Fig. 2. 22 – Temperaturas horarias en la vivienda en Granada durante una semana de invierno.

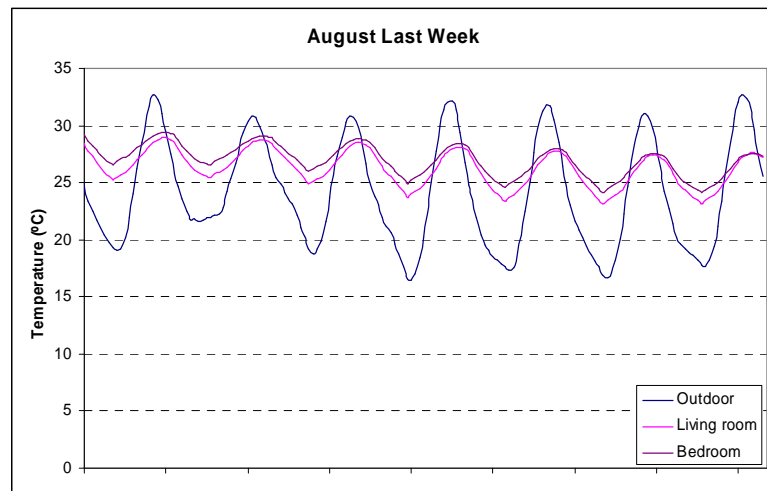


Fig. 2. 21 – Temperaturas horarias en la vivienda en Sevilla durante una semana de verano.

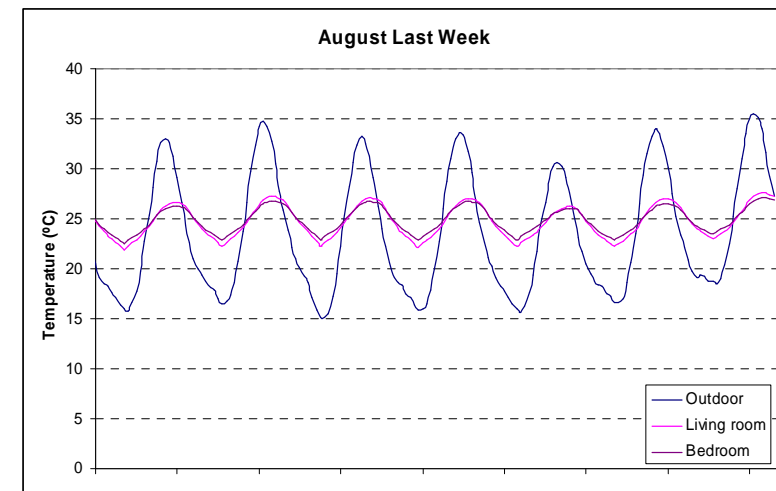


Fig. 2. 23 – Temperaturas horarias en la vivienda en Granada durante una semana de verano.