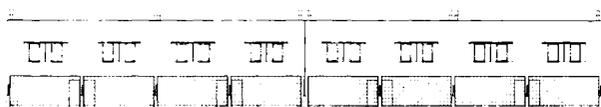
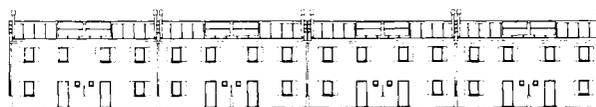


## Viviendas con energía solar pasiva

G. Yáñez\*



Alzado anterior (sur)



Alzado posterior (norte)

### INTRODUCCIÓN

Hemos realizado un proyecto de viviendas unifamiliares adosadas con aprovechamiento de la energía solar en forma pasiva para calefacción. Los objetivos de este proyecto serían básicamente:

- reducción del consumo energético y
- obtener datos experimentales de este diseño.

Este proyecto de viviendas unifamiliares que data del año 1985 se realiza en el polígono de los Rosales, al noroeste de Móstoles, localidad cercana a Madrid y que ha sido promovido por la Comunidad de Madrid en colaboración con la Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid. La actuación consiste en el proyecto, construcción y seguimiento de 30 viviendas unifamiliares que utilizan técnicas de aprovechamiento solar para reducir el consumo energético.

### ASPECTOS URBANÍSTICOS

Los terrenos del Polígono "Los Rosales" están situados al norte de la Avenida del Alcalde de Móstoles, al oeste del Barranco Prado Ovejero y al sureste de la carretera N-V. El Plan Parcial de dicho polígono remata el núcleo urbano mediante un desarrollo modélico de promoción pública residencial, industrial y de equipamientos adecuando urbanísticamente el nuevo acceso al núcleo de Móstoles. Las tipologías residenciales en dicho polígono son la manzana cerrada y la unifamiliar adosada en pequeñas parcelas, como es nues-

tro caso, que se localiza preferentemente al oeste de la actuación.

En nuestra zona de actuación la parcela mínima es de 110 m<sup>2</sup> y la máxima de 400 m<sup>2</sup>. La edificabilidad es de 0,6 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> y la superficie máxima construida es de 100 m<sup>2</sup>. La altura máxima es de 2 plantas con una altura máxima permitida de 7,3 m. En nuestro caso los coeficientes de ocupación varían desde un mínimo de 0,28 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> hasta un máximo de 0,44 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> aproximadamente. El terreno es prácticamente llano con una pendiente de 1,2 por ciento.

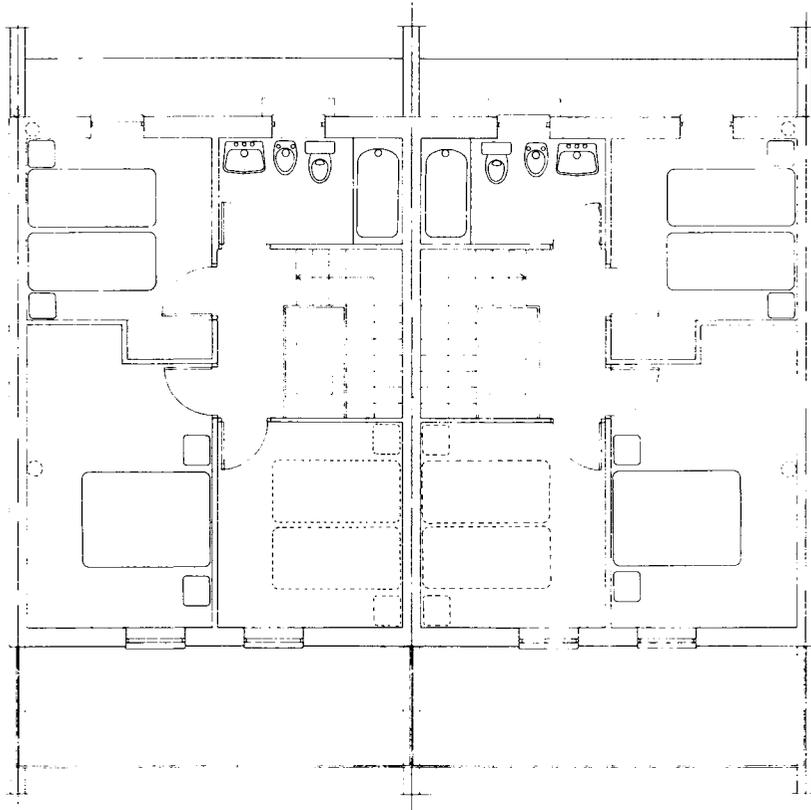
Las viviendas se han distribuido de manera que tengan orientación sur en la fachada principal en 2 hileras, 24 en las cotas más altas y las 6 restantes en las cotas más bajas.

### ASPECTOS CLIMÁTICOS

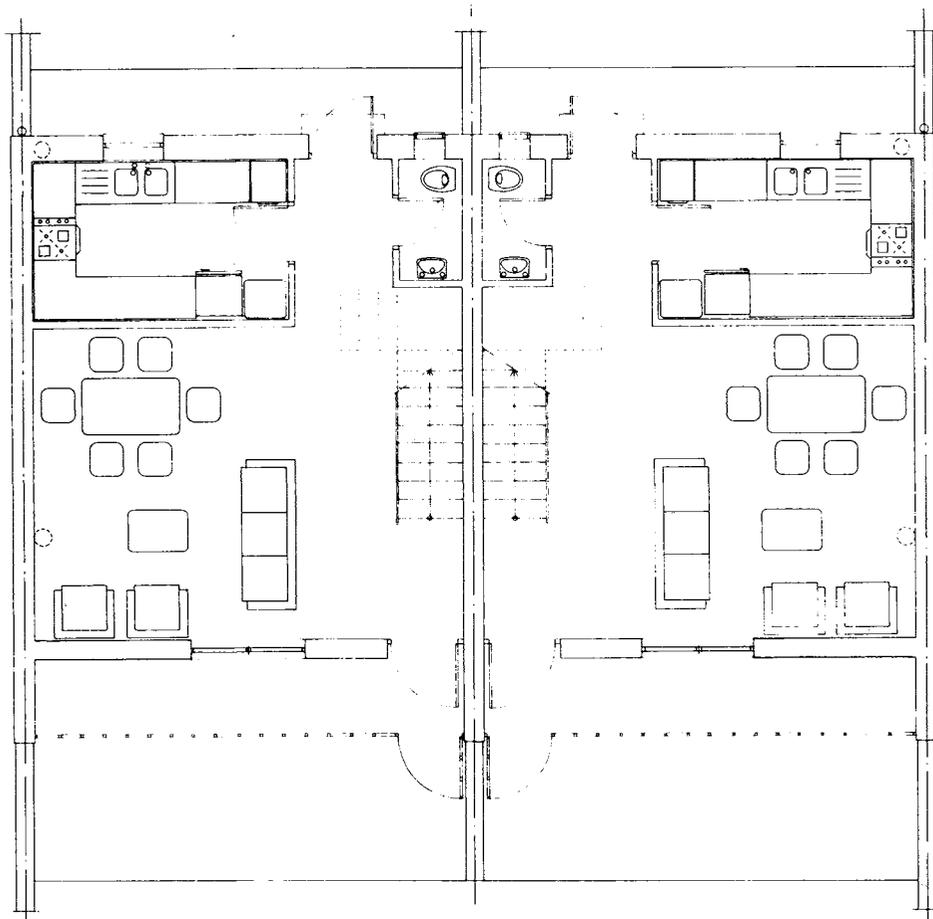
La climatología de Móstoles es muy parecida a la de Madrid y está dentro del tipo de clima mediterráneo continental. Algunos de los valores de sus variables climáticas se resumen en el siguiente cuadro:

|  |                          |
|--|--------------------------|
| — Latitud .....                              | 40,5°                    |
| — Altitud .....                              | 678 m                    |
| — Insolación .....                           | 2.900 h/m <sup>2</sup>   |
| — Irradiación solar media en diciembre ..... | 201,16 KJ/m <sup>2</sup> |
| — Irradiación solar media en junio .....     | 784,3 KJ/m <sup>2</sup>  |
| — Grados día anual (base 18 °C) .....        | 1.979 °C día             |
| — Viento velocidad .....                     | 21-50 km/h               |
| — Viento dirección .....                     | SO-NE                    |
| — Humedad relativa .....                     | 51-79 %                  |

\*Profesor Titular de Proyectos  
ETS de Arquitectura  
U.P. de Madrid/España



*Planta alta*



*Planta baja*

*Fachada sur**Fachada norte**Fachada sur*

### TIPOLOGÍA EDIFICACIÓN, ORDENACIÓN DE LAS VIVIENDAS Y ADAPTACIÓN DEL EDIFICIO AL CLIMA

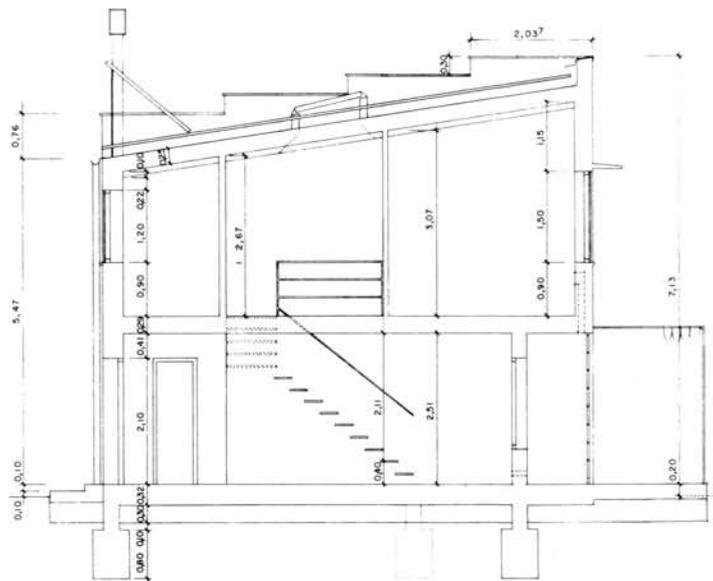
Edificación unifamiliar adosada formando hileras que no sobrepasen los 62 m. Las viviendas son además pareadas para concentrar instalaciones y resolver mejor las fachadas. La separación entre medianerías es de 6 m con un fondo máximo de 8 m. El programa de necesidad para este tipo de vivienda con 3 dormitorios se resuelve en dos plantas con una superficie útil total de 76,35 m<sup>2</sup> y con una superficie construida total de 94,32 m<sup>2</sup>.

La ordenación de las viviendas ha venido condicionada por cuatro factores: a) la orientación solar; b) la forma del terreno asignado, c) aprovechamiento del suelo y d) separación entre edificios para favorecer el soleamiento.

Como el trazado de viales del polígono no se ajusta al eje E-O ha obligado a una parcelación que en cierta medida se realiza en conflicto con el trazado de las calles que circunvalan al terreno asignado, dando lugar a parcelas de distinto tamaño creándose irregularidades en los bordes. Por otra parte se ha procurado, en la medida de lo posible, distanciar los edificios sin menoscabo de un aprovechamiento total del terreno, estableciéndose de esta forma hileras paralelas con distancias comprendidas entre 14,2 m en un terreno de 30 m, reduciéndose a distancias menores en los bordes, que varían de 13,8 m a 12 m. Sólo en algún caso aislado de 2 viviendas, esta distancia es menor. Para el día más desfavorable del año (solsticio de invierno) a las 12 h y teniendo en cuenta que la altura de fachada que interesa, a efectos de obstrucción, es la norte que tiene 5,6 m de altura la distancia requerida para un adecuado soleamiento de la fachada sur es de 11,2 m.



Fachada sur

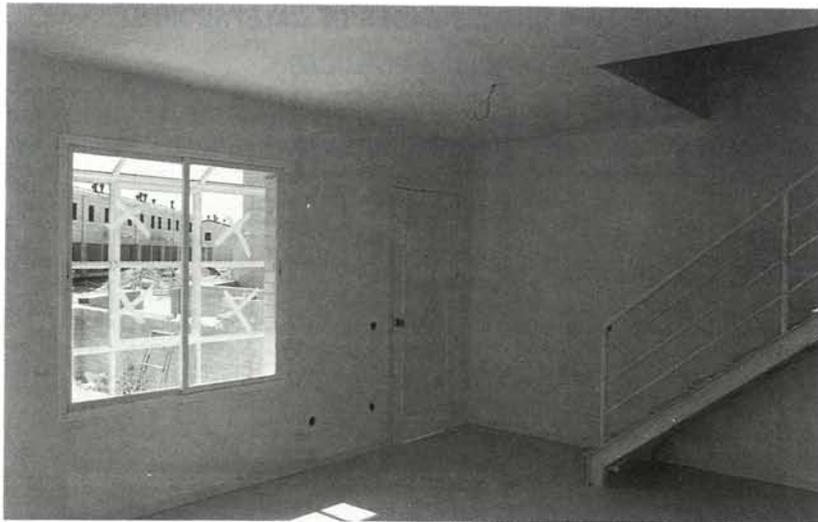


Sección A-A

La adaptación del edificio al clima se realiza a través de una serie de operaciones de diseño que se pueden resumir en las siguientes: 1) Factor de forma reducido, próximo a la unidad. 2) Orientación sur en fachada principal. 3) Tratamiento de fachada sur para que sea buena captadora en invierno y esté protegida del sol en verano. 4) Fachada norte con huecos reducidos. 5) Fachadas E y O opacas por ser las más desfavorables. 6) Utilización de ventilación cruzada en fachadas. 7) Ventilación en cubierta para reducir el impacto solar en verano y su excesivo enfriamiento en invierno por radiación nocturna. 8) Cubiertas de color claro. 9) Utilización de inercia térmica (1).

### CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO SOLAR. CALEFACCIÓN SOLAR

Una vez tenida en cuenta la distancia entre edificios a efectos del soleamiento, así como la reducción de altura en la fachada norte para disminuir el efecto de sombra con mayor aproximación, las operaciones de diseño antes apuntadas se basan en la adaptación del edificio al clima, de tipo mediterráneo continental con grandes variaciones de temperatura, tanto del invierno al verano como del día a la noche, especialmente en verano.

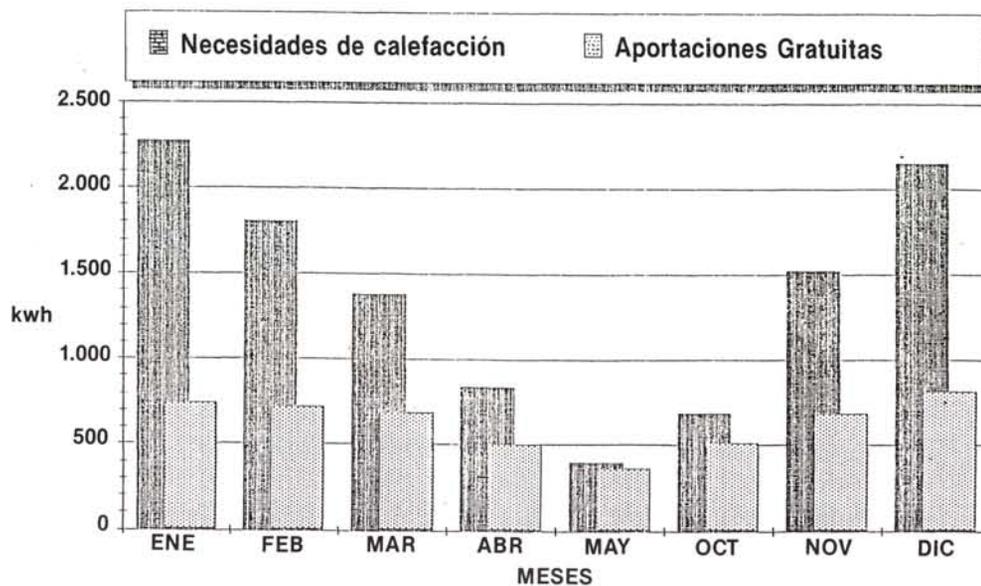


Interior planta baja



Interior invernadero

**APORTACIÓN POR CALEFACCIÓN SOLAR PASIVA**



### CÁLCULO DE NECESIDADES DE CALEFACCIÓN PÉRDIDAS TÉRMICAS

|   | S/Lon.<br>m <sup>2</sup> ó m | U Día<br>W/°C/m | U Noche<br>W/°C/m | Pérdidas<br>W/°C          | Día<br>% | Pérdidas<br>W/°C | Noche<br>% |
|---|------------------------------|-----------------|-------------------|---------------------------|----------|------------------|------------|
| <b>PÉRDIDAS POR:</b>                      |                              |                 |                   |                           |          |                  |            |
| MURO EXTERIOR 1                           | 35.6                         | 0,54            | 0,54              | 19                        | 8.1      | 19               | 8.2        |
| MURO EXTERIOR 2                           | 25.0                         | 0,60            | 0,60              | 15                        | 6.4      | 15               | 6.5        |
| CUBIERTA                                  | 49.0                         | 0,68            | 0,68              | 33                        | 14.2     | 33               | 14.5       |
| PAVIMENTO                                 | 50.3                         | 0,77            | 0,77              | 38                        | 16.4     | 38               | 16.7       |
| PUERTAS                                   | 4.0                          | 3.00            | 3.00              | 12                        | 5.1      | 12               | 5.2        |
| VENTANAS D.V.                             | 3.4                          | 3.94            | 3.94              | 13                        | 5.7      | 13               | 5.8        |
| VENTANAS V.S.                             | 2.7                          | 5.68            | 3.50              | 15                        | 6.5      | 9                | 4.1        |
| <b>PÉRDIDAS LINEALES</b>                  |                              |                 |                   |                           |          |                  |            |
| <b>PÉRDIDAS LOCALES NO CALEFACTADAS</b>   |                              |                 |                   |                           |          |                  |            |
| — INVERNADERO SUR                         |                              |                 |                   | 12                        | 4.9      | 13               | 5.8        |
| <b>TOTAL PÉRDIDAS TRANSMISIÓN</b>         |                              |                 |                   | 158                       | 67.3     | 154              | 66.7       |
| <b>PÉRDIDAS POR RENOVACIÓN DE AIRE</b>    |                              |                 |                   |                           |          |                  |            |
| — VENTILACIÓN (1 renovación/hora)         |                              |                 |                   | 79                        | 33.4     | 79               | 34.0       |
| — DEDUCCIONES                             |                              |                 |                   | 2                         | 0,7      | 2                | 0,7        |
| <b>TOTAL PÉRDIDAS RENOVACIÓN DE AIRE</b>  |                              |                 |                   | 77                        | 32.7     | 77               | 33.3       |
| <b>TOTAL PÉRDIDAS</b>                     |                              |                 |                   | 235                       | 100.0    | 231              | 100.0      |
| <b>COEFICIENTE G (W/°C/m<sup>3</sup>)</b> |                              |                 |                   | 1.018                     |          | 1.000            |            |
| <b>COEFICIENTE G PONDERADO</b>            |                              |                 |                   | 1.009 W/°C/m <sup>3</sup> |          |                  |            |



*Fachada posterior*

Este tipo de edificio tiene fundamentalmente "3 fachadas": la sur, la norte y la cubierta. Al conseguir una buena orientación en la fachada principal (orientada al sur) permite la captación de calorías solares en invierno y un cierto control solar en verano complementado con voladizos y toldos. Asimismo (salvo en las viviendas ex-

tremas) el intercambio térmico se realiza exclusivamente por la fachada sur, norte y la cubierta. Por ello se ha tenido especial cuidado en diferenciar su tratamiento. La fachada norte es más opaca que la sur. En cualquier caso el acristalamiento es doble en fachada norte y simple en la fachada sur.

| MES                | DIAS CALEF. | TEMP. EXTERIOR (°C) | DIA (°C · día) | PERÍODO DIURNO (horas) | COEF. G (W/°C/m³) | TÉRMICA (kW · h) |
|--------------------|-------------|---------------------|----------------|------------------------|-------------------|------------------|
| ENERO              | 31          | 4,9                 | 406            | 12,0                   | 1.009             | 2.272            |
| FEBRERO            | 28          | 6,5                 | 322            | 12,0                   | 1.009             | 1.801            |
| MARZO              | 31          | 10,0                | 248            | 12,0                   | 1.009             | 1.387            |
| ABRIL              | 30          | 13,0                | 150            | 12,0                   | 1.009             | 839              |
| MAYO               | 31          | 15,7                | 71             | 12,0                   | 1.009             | 399              |
| OCTUBRE            | 31          | 14,0                | 124            | 12,0                   | 1.009             | 694              |
| NOVIEMBRE          | 30          | 8,9                 | 273            | 12,0                   | 1.009             | 1.527            |
| DICIEMBRE          | 31          | 5,6                 | 384            | 12,0                   | 1.009             | 2.150            |
| <b>TOTAL ANUAL</b> |             |                     | <b>1.979</b>   |                        |                   | <b>11.070</b>    |

Temperatura confort: 18 °C

### GANANCIAS

| MES          | GANANCIAS DIRECTAS |           |              |           | MUROS    |          | MUROS    |          | TOTALES      |           |              |
|--------------|--------------------|-----------|--------------|-----------|----------|----------|----------|----------|--------------|-----------|--------------|
|              | kW · h             | %         | kW · h       | %         | kW · h   | %        | kW · h   | %        | kW · h       | %         | kW · h       |
| ENERO        | 140                | 19        | 368          | 49        | 0        | 0        | 0        | 0        | 239          | 32        | 747          |
| FEBRERO      | 142                | 19        | 390          | 52        | 0        | 0        | 0        | 0        | 261          | 29        | 746          |
| MARZO        | 148                | 18        | 426          | 52        | 0        | 0        | 0        | 0        | 239          | 29        | 813          |
| ABRIL        | 113                | 17        | 337          | 50        | 0        | 0        | 0        | 0        | 231          | 34        | 682          |
| MAYO         | 90                 | 15        | 270          | 45        | 0        | 0        | 0        | 0        | 239          | 40        | 599          |
| OCTUBRE      | 148                | 19        | 406          | 51        | 0        | 0        | 0        | 0        | 239          | 30        | 793          |
| NOVIEMBRE    | 148                | 19        | 390          | 51        | 0        | 0        | 0        | 0        | 231          | 30        | 768          |
| DICIEMBRE    | 165                | 20        | 429          | 52        | 0        | 0        | 0        | 0        | 239          | 29        | 833          |
| <b>TOTAL</b> | <b>1.094</b>       | <b>18</b> | <b>3.017</b> | <b>50</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>1.871</b> | <b>31</b> | <b>5.982</b> |

### RESUMEN FINAL

|           | Temp. ext. (°C) | Temp. int. (°C) | Temp. solar (°C) | Total Pérdidas (kW · h) | Total Ganan. (kW · h) | Ren. % | Ganan. útiles (kW · h) | Calef. (kW · h) | Fracción grat. (%) |
|-----------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------------|-----------------------|--------|------------------------|-----------------|--------------------|
| ENERO     | 4,9             | 18,0            | 9,2              | 2.272                   | 747                   | 100    | 747                    | 1.525           | 32,9               |
| FEBRERO   | 6,5             | 18,2            | 11,3             | 1.801                   | 748                   | 96     | 721                    | 1.080           | 40,0               |
| MARZO     | 10,0            | 18,7            | 14,7             | 1.387                   | 813                   | 85     | 689                    | 698             | 49,7               |
| ABRIL     | 13,0            | 19,1            | 17,1             | 839                     | 682                   | 73     | 500                    | 339             | 59,6               |
| MAYO      | 15,7            | 19,4            | 19,2             | 399                     | 599                   | 61     | 364                    | 35              | 91,3               |
| OCTUBRE   | 14,0            | 19,6            | 18,6             | 694                     | 793                   | 65     | 512                    | 182             | 73,6               |
| NOVIEMBRE | 8,9             | 18,5            | 13,5             | 1.527                   | 768                   | 90     | 688                    | 839             | 45,1               |
| DICIEMBRE | 5,6             | 18,1            | 10,4             | 2.150                   | 833                   | 98     | 820                    | 1.331           | 38,1               |

Pérdidas térmicas: 11.070 kwh - Aportaciones gratuitas: 5.040 kwh - Calefacción adicional: 6.029 kwh - Fracción gratuita: 45,5 %



Colectores solares de agua en cubierta

Por otra parte, la tercera fachada que se ha diseñado con chapa plegada de color blanca actúa como protección solar en verano, ya que en esa época del año el impacto solar es mayor.

La captación de calorías solares se realiza en la fachada sur a través de: 1) invernadero adosado y 2) ventanas. EL invernadero adosado en planta baja captará la radiación solar que transmitirá al interior, bien en forma directa a través de la ventana interior del cuarto de estar o de manera indirecta a través del muro que transmitirá las calorías con un retraso de 6-8 horas al ambiente interior. Por otra parte la composición de forjados y muros permitirá almacenar parte del calor solar. Además las ventanas de la planta alta captarán energía solar especialmente en invierno ya que la protección solar fija reducirá el impacto solar durante el verano.

Para reducir la captación solar en verano se han previsto protecciones solares fijas en ventanas de fachada sur y toldos en invernaderos.

Durante la obra se ha estimado conveniente ampliar el espacio destinado a invernadero para mejorar su uso, logrando de esta manera un local de estancia más adecuado.

Por otra parte, el hueco de la escalera permitirá una mayor comunicación tanto a nivel espacial como térmico entre la planta baja y alta. Este hueco está iluminado cenitalmente mediante un hueco practicable en cubierta que favorecerá la ventilación en verano.

La construcción es de tipo tradicional con muros de carga y cerramientos de ladrillo con aislamiento térmico. Se utilizan forjados de distinta inercia térmica. En fachada norte se ha aumentado el peso por razones acústicas.

Como calefacción de apoyo se ha elegido la eléctrica con convectores por ser de respuesta instantánea, facilitar el control individualizado de temperaturas en cada pieza, así como por ofrecer una fácil y rápida contabilidad del consumo de energía convencional, lo que facilitará enormemente el seguimiento.

A continuación se exponen los datos del cálculo que ofrecen una estimación de ahorro del 45,5 por 100 en energía para calefacción (2).

Además se ha incluido en el diseño un sistema de agua caliente por energía solar con colectores planos con una superficie de 3,5 m<sup>2</sup>/viv, aparte un 70 por 100 del consumo de energía para agua caliente a 45 °C (3). La disposición de colectores en la cubierta permite un aumento del aporte solar sobre los colectores al utilizar el efecto de reflexión sobre la misma.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) G. Yáñez "Energía Solar. Edificación y Clima". M.O.P.U. 1982
- (2) Cálculo facilitado por la Sección de Nuevas Energías del Departamento de Industria y Energía de la Generalidad de Cataluña.
- (3) Cálculo realizado con el Programa INTASOL (ISES 82).
- (4) G. Yáñez, Arquitectura solar (Aspectos pasivos, bioclimatismo e iluminación natural). M.O.P.U. 1988.



Vista panorámica del Conjunto de Viviendas Experimentales en Mostoles. Comunidad de Madrid.

\* \* \*