

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA INCORPORACIÓN DE CRITERIOS DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS: UN CASO DE ESTUDIO REAL.

Área temática: economía. Construcción / edificación sostenible.

María Jesús González Díaz, Justo García Navarro
Departamento de Construcción y Vías Rurales. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
Ciudad Universitaria, s/n. 28040 – MADRID (SPAIN)

E-mail: mjgonzalez@arquinox.es

Tfn: 91 415 69 46 / 983 39 48 35

Resumen:

La realización de edificios de bajo impacto ambiental se basa en la adopción de criterios destinados a conseguir la eficiencia energética, lo que supone algunas diferencias con respecto a la forma convencional de construir y diseñar. Estos criterios, de forma general, pueden aplicarse al diseño, a la aplicación de diferentes sistemas energéticos, a la selección de los materiales constructivos a emplear en su edificación, o a la adopción de energías renovables para el consumo interno del edificio.

En este estudio se trata de evaluar en términos económicos cada una de estas medidas, para conocer su influencia en el presupuesto con respecto a un edificio construido de forma convencional. La realización de sistemas pasivos de tipo bioclimático, como muros captadores, invernaderos, elementos de ventilación cruzada, la introducción de vegetación como elemento creador de microclima, etc; la selección de materiales de construcción de bajo impacto ambiental; la utilización energías renovables, principalmente la solar en sus formas activa, pasiva solar térmica y pasiva solar fotovoltaica, etc, son valorados de forma independiente sobre un caso de estudio real: tres viviendas realizadas en Valladolid por una promotora privada, “Casas para el nuevo siglo, S.L.”.

Keywords: edificación de bajo impacto ambiental; valoración económica; arquitectura bioclimática; selección de materiales.

1. INTRODUCCIÓN

Todos los criterios de construcción sostenible pueden ahorrar gran parte de la energía consumida en el edificio, tanto en la etapa de fabricación como en las de obra, mantenimiento y desaparición. Pueden también contribuir a mejorar la calidad interior del aire y a reducir la carga contaminante del edificio. Los criterios sobre cómo construir de

forma sostenible han sido ya suficientemente identificados a través de diferentes métodos de evaluación del impacto ambiental de los edificios, como son el GBC (Green Building Challenge) y su herramienta Gbtool, [1], y otros como BREEAM [2], CASBEE [3], etc.

Sin embargo, en la práctica, son aún muy pocos los edificios que se realizan con estos criterios. Uno de los principales inconvenientes para construir de esta forma es la falta de datos económicos. Promotores, arquitectos, etc, suponen o imaginan un sobrecoste elevado, pero la práctica diaria es testimonio de lo difícil que resulta encontrar estudios específicos sobre el tema. En un principio puede adivinarse un incremento, pero, ¿a cuánto puede elevarse este sobrecoste sobre el presupuesto de un edificio convencional? ¿Se incrementan por igual todos los parámetros? ¿Hay algún elemento que reduzca costes, en lugar de elevarlos?

Este estudio intenta contestar estas preguntas. La respuesta puede ser muy distinta en función de las circunstancias de la construcción específica: lugar, nivel constructivo y social, tipología, uso, forma y tamaño del edificio, etc. Por ello es importante definir las condiciones previas y circunstancias determinadas de este caso de estudio, en el que se han seguido las líneas de investigación siguientes:

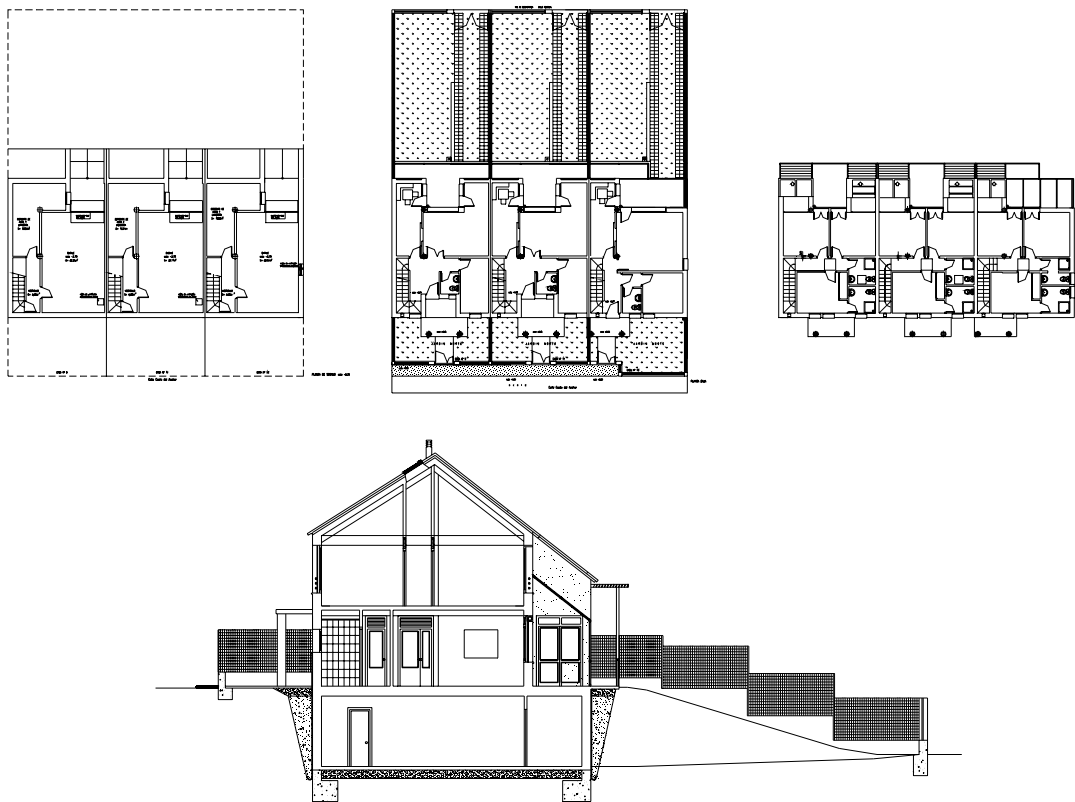


Figura 1. Plantas de sótano, baja, primera y sección de tres viviendas de bajo impacto ambiental en Valladolid.

2. LINEAS DE INVESTIGACIÓN

2.1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El estudio se ha realizado sobre un edificio recientemente finalizado en la calle Costa del Azahar, en Valladolid, realizado por la sociedad promotora privada “Casas para el nuevo siglo S.L.”, con la ayuda de Gas Natural S.A. Las condiciones climáticas de Valladolid son las propias de un clima continental, que requiere climatización tanto en condiciones de verano como en invierno. El edificio está compuesto por tres viviendas unifamiliares adosadas. Cada una de ellas tiene planta de sótano de 60 m², y 125 m² de vivienda distribuida en dos plantas. Poseen jardines anterior y posterior.

La tipología es bastante común, y nivel constructivo y social de tipo medio. (Figuras 1 y 2) El programa interior es el habitual para una familia tipo, (cuarto de estar, cocina, aseo y una habitación en planta baja; tres dormitorios y dos baños en planta alta) en una promoción privada en una zona residencial de nueva formación en casco urbano. El nivel tecnológico es también medio. El edificio cumple con todas las normativas exigibles, tanto urbanísticas como técnicas. El entorno, junto al río Pisuerga, favorece la definición de edificio “sostenible” en cuanto a accesibilidad, soleamiento, vegetación, zonas de recreo y esparcimiento, etc.

2.2. DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE ADOPTADOS

Han sido aplicados en la construcción gran parte de los criterios ya conocidos sobre construcción sostenible. Como referencias pueden citarse Wooley, Kimmins and Harrison (“Green Building Handbook”)[4], Anink, Boonstra (“Handbook of sustainable building”)[5], (“Guía de la edificación sostenible”)[6], González Díaz (“Arquitectura sostenible y aprovechamiento solar”)[7]. Autores y referencias que se han utilizado para definir los datos de la Tabla 1.

Estas pautas de sostenibilidad han sido divididas en cuatro capítulos (A,B,C,D), para evaluar los costes de forma separada. Se describen de la forma siguiente:

2.2.1. Capítulo A. Aspectos bioclimáticos.

En este capítulo se incluyen todas las soluciones de diseño adoptadas para adaptar geométrica y volumétricamente el edificio a sus particulares condiciones climáticas y su

posición con respecto al sol. Esto incluye la distribución interior de las estancias en función de su uso :orientación Sur para zonas más vivideras, y Norte para las menos; forma y disposición de los huecos en función de esta orientación, mínimas al Norte y máximas al Sur; optimización de la forma y el tamaño; dispositivos de sombreamiento, etc.

Los elementos pasivos de captación de energía solar se contienen en este capítulo, como son el invernadero y los muros captadores tipo *trömbe*. También se han considerado todas las estrategias previstas para evitar el sobrecalentamiento de las condiciones de verano. Todas las carpinterías de puertas y ventanas, tanto exteriores como interiores, incluidos fraileros o contraventanas, tienen rejillas superiores para provocar la ventilación cruzada Norte-Sur, y para producir un tiro con las ventanas de cubierta. Junto con los dispositivos de sombra, mantienen la calidad interior del aire y aseguran la comodidad térmica en los meses de mucho calor.

(Elementos detallados en el capítulo A de la tabla nº 1)

2.2.2. Capítulo B. Selección de materiales de bajo impacto ambiental

Todos los materiales de construcción que se han empleado son los considerados de menor impacto ambiental, según los criterios y autores ya citados anteriormente [4], [5], [6] y [7]. Para ello se ha seguido una exhaustiva selección, basada en los métodos de análisis de ciclo de vida, y en el concepto de energía incorporada por cada material, desde su extracción a su colocación, a través de su fabricación, manufactura, etc.

Muchos de estos materiales fueron de práctica común en la construcción hace tiempo, pero actualmente han sido casi olvidados en la construcción convencional actual. Es el caso de los muros de carga de ladrillo, del uso de madera en la cubierta, en pilares interiores de estructura y en la carpintería tanto interior como exterior.

En revestimientos interiores se han seleccionado baldosa cerámica de baja cocción para suelos, azulejos de baja cocción y sin aditivos, pinturas al agua, barnices y protectores de la madera de bajo o mínimo contenido químico. En exteriores se ha utilizado piedra natural, de recuperación.

En instalaciones se ha gestionado la ausencia de PVC en tuberías, ya sea de distribución o de saneamiento, que han sido sustituidos por otros tipos plásticos, como PP y PE. Los tubos aislantes en las conducciones, en cajas, conectores y cableados de la instalación eléctrica están libres de halógenos.

Como aislamiento térmico se ha utilizado corcho natural, de alcornoque, en muros, suelos y cubierta, cuya conductividad térmica es de 0.034 Kcal/hm°C. Otros coeficientes térmicos utilizados: 2.8 Kcal/h°Cm² en cristal exterior; 0.38 Kcal/h°Cm² (muros exteriores); 0.71 Kcal/h°Cm² (suelo); 0.29 Kcal/h°Cm² (cubierta); 2.8 Kcal/h°Cm² (carpintería de madera), y 1.20 Kcal/h°Cm² para medianerías interiores.

(Relación de elementos en el capítulo B de la tabla 1)

2.2.3. Capítulo C. Sistemas activos de producción de energía solar

El edificio cuentan con energía solar activa, tanto térmica para la producción de agua caliente sanitaria, como fotovoltaica para su conexión a red. Cada vivienda tiene 3,8 m² de superficie colectora térmica, y un depósito acumulador de 300 litros. El sistema fotovoltaico se compone de paneles de silicio amorfo de triple capa, integrado en la formación de la cubierta, con una capacidad total de 4,608 Wp. Ninguno de los dos sistemas son comunes en esta comunidad.

(Elementos detallados en el capítulo C de la tabla 1)

2.2.4. Capítulo D . Ciclo del agua y vegetación

Dentro del ciclo del agua se han considerado tanto los diferentes sistemas de eficacia en el consumo de agua como todo lo relacionado con la vegetación, considerada como un elemento constructivo-arquitectónico más.

Para el eficacia en el consumo se han previsto la recogida de agua de lluvia en un depósito situado en el sótano de cada una de las viviendas, para ser potencialmente utilizada en el riego por goteo de los jardines. También se han previsto cisternas de doble acción y aireadores en todos los grifos. El objetivo, si los futuros usuarios son conscientes y utilizan electrodomésticos de bajo consumo, es llegar a los 100 litros por habitante y día.

Las plantas y la vegetación han jugado un importante papel en el diseño del edificio. La arquitectura vegetal de pérgolas, aleros, dispositivos de sombra y la vegetación espesa en cercas y vallas, se utiliza como elemento constructivo para separar propiedades, producir sombras y crear microclimas. Se ha tenido en cuenta también la xerojardinería, utilizando plantas autóctonas y olorosas, de poco riego y propias de la zona.

(Elementos detallados en el capítulo D de la Tabla 1)

2.3. IDENTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN CONVENCIONAL

La definición de qué es exactamente un tipo de construcción “convencional” depende de una gran rango de parámetros. Sin embargo, la práctica diaria de la profesión lo hace evidente, hace innecesarias muchas explicaciones. De forma sistemática, la construcción pequeño-mediana de viviendas adosadas se realiza, en Valladolid, con estructura de hormigón armado, muros de ladrillo cerámico vitrificado, poliuretano proyectado o poliestireno expandido como aislamiento térmico, aluminio o PVC en carpinterías,

elementos cerámicos para suelos y paredes de gres de alta cocción, solados de parquet con barnices de PVC, pinturas plásticas, revestimientos y barnices de alto contenido químico. No se emplean sistemas activos ni pasivos de captación solar, ni ningún sistema específico para el ciclo del agua, ni plantas con función más que decorativa.

Las alternativas a estos elementos son raramente utilizadas. Todos los elementos o materiales que se salgan de la práctica habitual son sistemáticamente rechazados, a causa muchas veces de un hipotético aumento de presupuesto. Otras formas de construcción, como los muros de carga, el uso de madera en estructura de cubierta, en pilares interiores o en carpintería exterior casi han desaparecido, a pesar de contar con una larguísima tradición constructiva.

En la Columna B de la Tabla 1 se relatan los materiales y elementos constructivos que habitualmente se utilizan en la construcción en Valladolid.

2.4 COMPARACIÓN DE COSTES.

En las Columnas A se relatan los materiales y elementos que identifican una “construcción sostenible” y que han sido utilizados en el edificio de bajo impacto ambiental, con sus costes reales, obtenidos de la documentación de presupuestos, valoraciones y certificaciones de la contabilidad de la obra.

En las Columnas B se relacionan los materiales, elementos y costes de una edificación de la misma superficie y características, pero realizada de forma convencional, lo que supone el “edificio de referencia”, para el análisis de costes. Este “edificio de referencia” es el realizado en hipótesis para ser comparado con el realmente construido.

El balance entre costes reales edificio de bajo impacto ambiental ya construido y los del edificio de referencia se relaciona en la Columna C. Las cifras de esta columna C expresan el balance de costes entre ambas situaciones. Una cantidad positiva expresa el sobrecoste del edificio de bajo impacto ambiental. Una cantidad negativa en esta columna C expresa una reducción del presupuesto al construir el edificio de bajo impacto con respecto al edificio de referencia.

La última columna, D, expresa el balance en porcentaje con respecto al presupuesto total.

Tabla 1. Evaluación económica

| COLUMNA A.- EDIFICIO DE BAJO IMPACTO | | COLUMNA B.-EDIFICIO DE REFERENCIA | | C | D | |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------|-----------------|--------------|
| (conjunto de las tres viviendas) | | | | | | |
| CAPÍTULO A. DISEÑO BIOCLIMÁTICO | | € | | € | BALANCE | % presup. |
| 1 | FORMA Y TAMAÑO | 0,0 | FORMA Y TAMAÑO CONVEN. | 0,0 | 0,0 | 0,00 |
| 2 | ORIENTACIÓN NORTE-SUR | 0,0 | ORIENTACIÓN DEL SOLAR | 0,0 | 0,0 | 0,00 |
| 3 | VENTILACIÓN CRUZADA | 4.391,0 | SIN VENTILACIÓN CRUZADA | 627,6 | 3.763,4 | 0,74 |
| 4 | MURO TRÓMBE | 9.762,3 | CERRAMIENTO CONVENCIONAL | 2.422,0 | 7.340,3 | 1,44 |
| 5 | INVERNADERO | 9.313,2 | SIN INVERNADERO | 0,0 | 9.313,2 | 1,83 |
| 6 | DISPOSITIVOS DE SOMBRA | 1.134,6 | SIN DISPOSITIVOS DE SOMBRA | 0,0 | 1.134,6 | 0,22 |
| SUMA CAPÍTULO A | | 24.601,1 | | 3.049,6 | 21.551,5 | 4,23 |
| CAPÍTULO B. MATERIALES | | € | | € | BALANCE | % presup. |
| 1 | ESTRUCTURA INTERIOR MADERA | 58.617,4 | ESTRUCTURA DE HORMIGÓN | 36.143,3 | 22.474,1 | 4,41 |
| 2 | CARPINTERÍA DE MADERA | 21.623,9 | CARPINTERÍA DE ALUMINIO | 8.156,3 | 13.467,6 | 2,64 |
| 3 | CONRAVENTANAS MADERA | 24.776,9 | PERSIANAS ALUMINIO / PVC | 10.264,3 | 14.512,6 | 2,85 |
| 4 | SANEAMIENTO PP y PE | 1.345,7 | SANEAMIENTO PVC | 1.482,5 | -136,8 | -0,03 |
| 5 | TUBERÍAS Y DIST. PP y PE | 6.974,9 | TUBERÍAS Y DIST. PVC y COBRE | 5.716,6 | 1.258,3 | 0,25 |
| 6 | SOLADO CERÁMICO BAJA COCCIÓN | 12.605,4 | SOLADO CER. ALTA COCCIÓN | 15.429,8 | -2.824,4 | -0,55 |
| 7 | AISLAMIENTO DE CORCHO NATURAL | 6.090,1 | AISLAMIENTO PLIURETANO | 4.245,9 | 1.844,2 | 0,36 |
| 8 | INS. ELÉCTRICA BAJA HALÓGENOS | 22.772,3 | INST. ELÉCTRICA DE PVC | 14.100,0 | 8.672,3 | 1,70 |
| 9 | BARNICES NATURALES | 2.719,2 | BARNICES SISNTÉTICOS | 3.147,6 | -428,4 | -0,08 |
| 10 | PIEDRA NATURAL EN EXTERIORES | 14.254,2 | PIEDRA ARTIFICIAL | 17.839,2 | -3.585,0 | -0,70 |
| 11 | PINTURAS AL AGUA | 6.533,7 | PINTURAS SINTÉTICAS | 9.291,6 | -2.757,9 | -0,54 |
| SUMA CAPÍTULO B | | 178.313,7 | | 125.817,1 | 52.496,6 | 10,29 |
| CAPÍTULO C. ENERGÍA SOLAR | | € | | € | BALANCE | % presup. |
| 1 | ENERGÍA SOLAR TÉRMICA | 12.993,0 | SIN ENERGÍA SOLAR TÉRMICA | 0,0 | 12.993,0 | 2,55 |
| 2 | ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA | 54.226,4 | SIN ENERGÍA FOTOVOLTAICA | 4.300,0 | 49.926,4 | 9,79 |
| SUMA CAPÍTULO C | | 67.219,4 | | 4.300,0 | 62.919,4 | 12,34 |
| CAP. D. AGUA Y VEGETACIÓN | | € | | € | BALANCE | %presup. |
| 1 | DISPOSITIVOS AHORRADORES | 275,0 | SIN DISPOSITIVOS | 0,0 | 275,0 | 0,05 |
| 2 | RECOGIDA AGUA DE LLUVIA | 875,0 | SIN RECOGIDA DE AGUA LLUVIA | 0,0 | 875,0 | 0,17 |
| 3 | PLANTAS EFECTO MICROCLIMA | 4.722,3 | SIN VEGETACIÓN | 0,0 | 4.722,3 | 0,93 |
| 4 | SEPARACIONES VEGETALES | 16.545,4 | SEPARACIONES DE ALBAÑILERÍA | 20.457,2 | -3.911,8 | -0,77 |
| SUMA CAPÍTULO D | | 22.417,7 | | 20.457,2 | 1.960,5 | 0,38 |
| AUMENTO TOTAL | | | | | 27,24 | |

3. CONCLUSION

Evaluar y cuantificar todas las variaciones en los costes puede ser muy útil para determinar qué selección de elementos y criterios sostenibles se quieren emplear en una determinada edificación. Los cuatro capítulos señalados (diseño bioclimático, selección de materiales de bajo impacto, energía solar activa, sistemas de agua y vegetación) contribuyen a la eficacia energética y al ahorro energético, a medio y largo plazo, como todos los métodos de evaluación definen (GBC [1], BREEAM [2], CASBEE [3]). Contribuyen además a la mejora de la calidad interior y a la reducción de contaminación. En este caso concreto, estudios paralelos sobre este edificio han demostrado como se ha ahorrado en un 27 % la contribución de CO₂ a la atmósfera en la etapa de construcción del edificio. Ahora bien, la aplicación inmediata de todos estos conocimientos en la industria de la construcción depende de los presupuestos previos.

La conclusión general es que construir de forma sostenible ha aumentado el coste del edificio en un 27 % más con respecto a un edificio convencional (el edificio de referencia), en este caso particular y en estas circunstancias. El coste unitario de una operación similar se calcula entre 780-800 € por m², mientras que esta construcción ha alcanzado los 991 € por m². Sin embargo, no se puede separar esta cifra de lo que suponen los beneficios ambientales y económicos a medio y largo plazo. Además de ello, un análisis más específico revela más conclusiones :

La primera de ellas es que algunos elementos no suponen sobrecoste alguno, como puedan ser una forma y tamaños adecuados, orientación Norte-Sur del edificio, tamaño y posición de los huecos en función de sus orientaciones, etc. Todos ellos elementos de diseño bioclimático.

En segundo lugar, aquellos elementos que implican una reducción. Entre ellos, la utilización de tuberías de PP y PE en lugar de otros sistemas más convencionales, como hormigón, PVC, cobre y otros (reducción de un 0,03% del presupuesto total); los elementos cerámicos de baja cocción (0,55% del presupuesto total), barnices naturales (0,70%), pinturas al agua (0,54% del presupuesto total), y elementos vegetales como separadoras de propiedades y vallados (0,77%). Elementos todos ellos relacionados con la calidad del aire interior y los efectos microclimáticos.

Por otro lado, todos los elementos relatados en los capítulos de energía solar activa suponen un sobrecoste considerable, cerca del 12,34% del presupuesto total. Los costes de captación de energía pasiva, como invernadero y muro *trömbe*, incrementan el presupuesto en un 1,83 y un 1,44 % respectivamente. Sin embargo, todos ellos contribuyen a un ahorro de energía en mantenimiento del edificio muy apreciable, entre un 50 y un 80 %.

Finalmente, algunos sobrecostes, sobre todo en lo referente a algunos materiales constructivos, están más relacionados con políticas erróneas y cambios de mercado que con el coste de materiales en sí mismos. Es el caso de estructuras interiores y carpinterías de madera, que suponen un sobrecoste de un 4,41% del presupuesto. La práctica de construir con estos materiales, que ha soportado una larguísima tradición, está ahora olvidada y retirada del mercado a causa del exhaustivo uso del hormigón, de los cambios del mercado, y la falta de trabajadores especializados.

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Larson, N., Cole, R. "GBC Green Building Challenge. Analysis and Summary of GBC 2002 Case-Study projects." International Conference Sustainable Building 2002. Proceedings, 318. Oslo 2002.
- [2] Prior, J. "BREEAM /new offices" PhD., version 1/93 and "Bre housing design handbook Energy and internal layout". Ed. BRE. U.K. London 1993,
- [3] "CASBEE manual." Design for Environment. Institute for Building Environment and Energy Conservation. IBEC. Ed. Japan Sustainable Building Consortium. Tokyo, 2003
- [4] Woolley, T., Kimmins, S., Harrison, P., Harrison, R. "Green Building Handbook". E & FN SPON. London, 1997.pp 28-29.
- [5] Anink, D., Boonstra, C."Handbook of sustainable building" James & James, Science Publishers. London, 1996. pp 75-80.
- [6]. I.D.A.E. (Instituto para la diversificación y el eficacia en el consumo energético.) "Guía de la edificación sostenible. Calidad Energética y medioambiental en edificación" Instituto Cerdá. Ministerio de Fomento. Madrid 1999. pp 35-39
- [7] González, M.J."Arquitectura sostenible y aprovechamiento solar". Era solar. S.A.P.T Publicaciones Técnicas. Madrid, 2003 pp.23-26.



Figura 2. Fachada Sur.

FIN