

Energy efficiency influence on building value according to present cost value method

Axa Rojas Kovach

*Escuela de Arquitectura, Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad del Zulia.
Maracaibo, Venezuela. Telf: 58 261 7598501. E-mail: axarojas@hotmail.com,
axarojas@yahoo.com*

Abstract

The house's value based on its energy efficiency, constitutes a valuation process that is sustained in the economic yield of a building; every time that has settled down an efficiently power building, it is characterized to offer to his usuary savings in his power consumptions without it affects the thermal comfort. The energy efficiency can be described and, this qualification constitutes a judgment element to establish elements of judgment been worth to differentiate the constructions through its quality. Particularly the houses, are the constructions but susceptible to be classified by means of the degree of energy efficiency that these can offer from the beginning to their users of the diminution of the consumption of final energy. This energetic qualification can be obtained by means of the use of programs of computation designed to carry out the simulation of the thermal behavior of the constructions and since the obtained results this construction through the analysis of the cost in present value can be valued from the optics of the energy efficiency, which is sustained in the advance payment of the cash flow.

Key words: Value, building, energy efficiency, present value cost.

Influencia de la eficiencia energética sobre el valor de un inmueble según el método costo en valor presente

Resumen

El valor de una vivienda con base en su eficiencia energética, constituye un proceso de valoración que se sustenta en la rentabilidad económica de un inmueble; toda vez que se ha establecido que un inmueble eficientemente energético, se caracteriza por ofrecer a sus usuarios ahorros en sus consumos energéticos sin que ello afecte el confort térmico. La eficiencia energética puede ser calificada y, dicha calificación constituye una variable para establecer elementos de juicio validos para diferenciar las edificaciones a través de su calidad térmica. Particularmente las viviendas, son las edificaciones más susceptibles de ser clasificadas mediante el grado de eficiencia energética que estas pueden ofrecer a sus usuarios desde el principio de la disminución del consumo de energía final. Esta calificación energética puede lograrse mediante el uso de programas de computación diseñados para efectuar la simulación del comportamiento térmico de las edificaciones y a partir de los resultados obtenidos se puede valorar desde la óptica de la eficiencia energética dicha edificación a través del análisis del costo en valor presente, el cual se sustenta en el anticipo de los flujos de efectivo.

Palabras clave: Valor, inmueble, eficiencia energética, costo en valor presente.

Introducción

El proceso de revisión de la actividad evaluatoria, reconoce la importancia de realizar juicios de valor de forma global donde se tomen en cuenta diferentes variables, cuya participación se verifique de forma tal que cada vez más se garantice la objetividad en la tasación inmobiliaria. Esta metodología de valoración va dirigida a determinar la relación entre el valor de un inmueble y su eficiencia energética, por cuanto se ha considerado relevante, según los avances científicos y tecnológicos realizados por diversos autores [1-5], la obtención de la estimación de su hipotética compra venta, situado en cierto contexto social y económico, en circunstancias específicas del bien inmueble en el momento y lugar donde se encuentre.

A tal fin, se seleccionó una vivienda diseñada y construida por el Instituto de Desarrollo Social (IDES), que se encarga del desarrollo de la vivienda de interés social en la Región Zuliana de Venezuela. Sobre esta vivienda se estableció una serie de cambios a nivel de las características termofísicas de sus cerramientos, tendientes a mejorar su eficiencia energética, surgiendo de esta forma un modelo modificado de la vivienda original, la cual fue igualmente valorada como proyecto. Esta valoración fue realizada en primer término a través de un programa de simulación térmica denominado TRNSYS 14.2. Se determinó la carga térmica en ambas situaciones y se determinó la demanda de enfriamiento necesaria para compensar dicha carga térmica en cada caso, considerando condiciones idénticas para la evaluación.

Energéticamente, es esperada una diferencia a través del funcionamiento, con lo cual se puede destacar que cuanto mayor sea el tiempo de uso, menores serán los gastos operativos y por lo tanto, mayor será la capitalización de su renta. El valor de un inmueble sujeto, entre otros aspectos, a rendimientos esperados y a los factores de riesgo, constituye un nuevo punto de vista bajo el cual puede llevarse a efecto el avalúo inmobiliario.

Construcción de un método de valoración de la eficiencia energética

El método de valoración se fundamentó en el efecto que tiene una mejora en las característi-

cas energéticas sobre el gasto energético mensual: y anual. Para lo cual, se llevaron a efecto una serie de criterios y herramientas útiles para el análisis comparativo de costos y beneficios de un modelo de vivienda original con la misma vivienda sometida a modificaciones en los componentes de su envolvente, con el fin de valorar la eficiencia energética que podría experimentar la vivienda mediante estos cambios propuestos. Las comparaciones económicas, se enmarcaron en criterios contemplados por la ingeniería económica, lográndose una aproximación racional y significativa para evaluar aspectos económicos por métodos diferentes. Se consideraron de esa forma, entre diferentes alternativas, aspectos relacionados con:

- Costo de compra (inversión inicial), costo inicial tanto de las viviendas como al costo de los aires acondicionados necesarios para compensar las ganancias de calor.
- La previsión de vida del activo, lo cual se estimó en sesenta (60) años para ambos modelos de vivienda y para los aires acondicionados de diez (10) años.
- El cálculo de la carga térmica para ambas viviendas, se determinó mediante el programa computarizado TRNSYS 14.2, comparándose ambas viviendas en condiciones idénticas en cuanto a ubicación, orientación, área, entre otros.
- La demanda de enfriamiento para ambas viviendas, carga térmica a remover con aire acondicionado a los fines de concluir en términos de Kilovatios por hora/mes/año.
- Costos totales de mantenimiento anuales, costos de mantenimiento que incluyeron costos de equipos de aires acondicionados y sus costos operativos.

Dichas alternativas fueron identificadas en términos monetarios, éstas requirieron para su valoración reconocer, el concepto del valor del dinero en el tiempo, lo cual constituyó la estrategia utilizada para determinar el incremento entre la suma originalmente invertida y la cantidad finalmente acumulada. A continuación se presentan de forma comparativa las principales diferencias entre la vivienda original y la vivienda modificada (Tabla 1), presupuestos de obra (Tabla 2), así

Tabla 1
Características constructivas de la vivienda original vs. la vivienda propuesta

| Propiedad | Vivienda Original | Vivienda Modificada |
|---------------------------------------|---|---|
| Área de la vivienda (m ²) | 57,00 | 57,00 |
| Área del parcela (m ²) | 180,00 | 180,00 |
| Distribución | Sala. Cocina-pantry. Lavadero. Dormitorio principal. 1 Baño 2 Dormitorios. | Sala. Cocina-pantry Dormitorio principal. 1 Baño 2 Dormitorios. |
| Sistema constructivo | Tradicional: Estructura metálica, fundaciones, vigas de riostra y base de pavimento de concreto estructural | Estructura de muro portante tipo sándwich de poliestireno, red de acero y concreto estructural proyectado en ambas caras. Sistema Emedos (M2) |
| Cubierta | Ligera con láminas de acerolit, cara externa color verde estructura de soporte metálica | Sistema constructivo Emedos. Panel simple, espesor 10 cm |
| Paredes | Bloques de concreto, espesor 10 cm | Emedos. Panel simple, espesor 10 cm |
| Ventanas | Romanillas metálicas | Romanillas de aluminio y vidrio |
| Puertas | Metálicas de lámina de hierro tipo punta de diamante | Madera maciza acceso principal, entamboradas interiores y metálica acceso secundario. |
| Pisos | Concreto requemado | Concreto requemado |

Tabla 2
Resumen presupuestos de obra (inversión inicial)

| Partida | Vivienda Original | Vivienda Propuesta |
|--------------------------|-------------------|--------------------|
| Preliminares | 170.307,00 | 170.307,00 |
| Concreto | 1.529.123,88 | 1.162.668,75 |
| Encofrado de madera | 191.902,72 | 191.902,72 |
| Acero de refuerzo | 1.671.363,61 | 5.479.889,11 |
| Revestimiento y acabados | 3.458.932,86 | 799.144,50 |
| Instalaciones eléctricas | 2.139.410,90 | 2.139.410,90 |
| Puertas/Ventanas/Marcos | 1.965.409,92 | 2.113.285,68 |
| Instalaciones sanitarias | 1.756.879,30 | 2.335.563,60 |
| Pintura | 553.496,20 | 1.577.998,32 |
| Impermeabilización | - | 525.000,00 |
| Total (+IVA) | 15.586.718,61 | 19.134.397,87 |

como los planos de arquitectura de las mismas (Figuras 1 y 2).

Arquitectura de las viviendas (Inversión original A y Propuesta B)

Ver Figuras 1 y 2.

Metodología de Análisis

Aplicando la teoría del consumidor [6], se analizaron las curvas de indiferencia de satisfacción (Figura 3), que relaciona el valor de una vivienda y el costo del valor presente de las toneladas de aire acondicionado consumidas.

A partir de la Figura 3 se observa que el costo en valor presente de climatización de la vivienda propuesta es mucho menor al de la vivienda original (1). Asimismo, se destaca que, la diferencia entre el costo en valor presente debido a el equipo de climatización de la vivienda original y el de la propuesta (2), refleja un ahorro que constituye una variable importante para la valoración de la eficiencia energética de las viviendas.

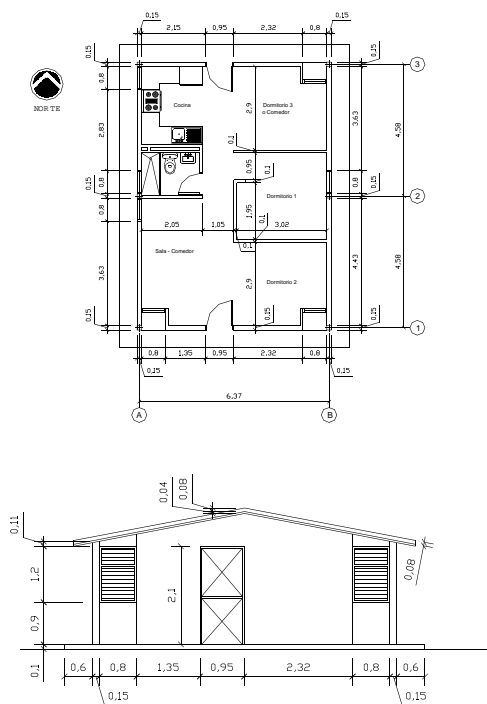


Figura 1. Planta y fachada sur (principal) de la vivienda original.

$$[CVPA_B]_2^3 << [CVPA_A]_0^1. \quad (1)$$

$$[CVPA_A]_0^1 - [CVPA_B]_2^3 = [CVPA]_m^1. \quad (2)$$

Prevalece en este análisis la restricción presupuestaria del consumidor frente al logro del máximo bienestar económico, lo cual determina la demanda individual de los bienes inmuebles. Las curvas de demanda representan igual nivel de satisfacción del consumidor para las diferentes combinaciones de los bienes vivienda y climatización por aire acondicionado. Dichas curvas, comprenden diferentes niveles de satisfacción, constituyendo el mayor nivel la curva que más se aleja del origen ($S_{CONFORT}$). La satisfacción expresada por las curvas depende de que tan eficiente es la vivienda desde el punto de vista energético como producto de su diseño y materiales empleados en su construcción.

Uno de los bienes objeto de análisis, es el valor de la vivienda representado en el eje horizontal (IA, IB), el cual varía de acuerdo a los materiales propuestos para su construcción. Se presenta un primer modelo, calificado como tradi-

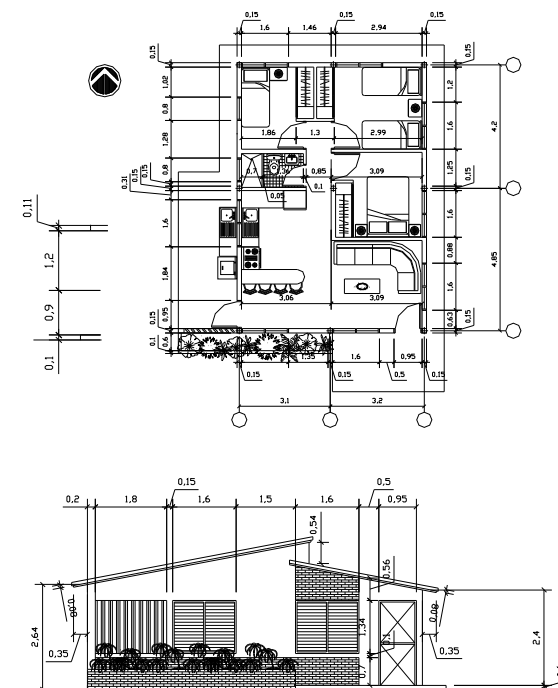


Figura 2. Planta y fachada sur (principal) de vivienda propuesta.

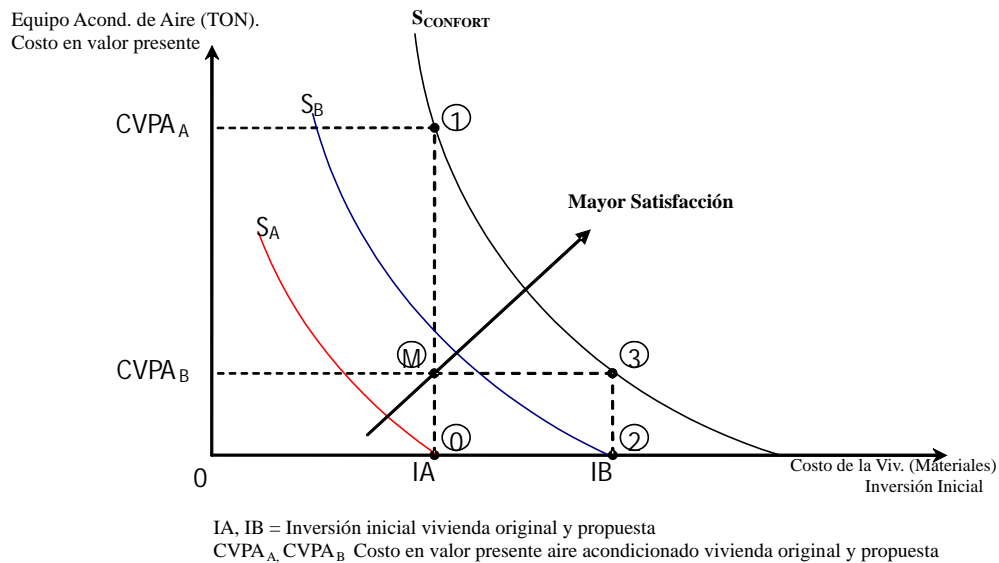


Figura 3. Curvas de satisfacción para las viviendas en versión original y propuesta. Costo en valor presente de los equipos de aire acondicionado (vivienda principal vs vivienda propuesta).

original cuyo precio actual es \$VA_0\$ y un modelo de vivienda propuesta cuyo precio actual es \$VA_2\$. Estos precios se comparan con costos en valor presente de los equipos de climatización para cada uno de los modelos de vivienda, los cuales se identifican como \$CVP_1\$ para la vivienda original y \$CVP_3\$, para la vivienda propuesta, siendo el costo en valor presente del consumo energético, función de la tasa de interés (\$i\$), el tiempo (\$t\$) y \$fcl\$. (3)

$$CVP = f(i, t, fcl). \quad (3)$$

De la comparación establecida entre los costos totales de ambas viviendas (4), se tiene que el costo total de cada vivienda lo constituye el valor actual inicial de la vivienda sumado al costo en valor presente del equipo de aire acondicionado. (5). Aunque el valor inicial de la vivienda propuesta es mayor que el de la vivienda original (6), se impone la supremacía del costo por equipos de climatización, trayendo como resultado que el costo en valor presente de la vivienda original resultó mucho menor que el de la propuesta (7).

$$[Costo\ total]_0^1 \therefore [Costo\ total]_2^3. \quad (4)$$

$$VA_0 + [CVP]_0^1 \therefore VA_2 + [CVP]_2^3. \quad (5)$$

$$VA_2 > VA_0. \quad (6)$$

$$VA_2 + [CVP]_2^3 << VA_0 + [CVP]_0^1. \quad (7)$$

Así, la diferencia entre el costo en valor presente de la vivienda original menos el costo en valor presente de la vivienda modificada, es mayor que cero (8), y es igual al costo en valor presente comprendido en el intervalo desde 1 hasta M (Figura 3).

$$[CVP]_0^1 - [CVP]_2^3 > 0 = [CVP]_M^1. \quad (8)$$

Si se compara el valor incremental para cada una de las viviendas se tiene que para la representación de los flujos de efectivo para cada una de las viviendas, se considera como vida útil en ambos casos sesenta años y, para cada uno de los equipos de aire acondicionado diez años. A tal fin se procedió a determinar la carga térmica para ambos modelos de vivienda en condiciones idénticas prevaleciendo sólo el comportamiento de su envolvente. La carga térmica determinada permitió calcular la potencia de un equipo de enfriamiento necesario para su remoción y consecuente gasto energético Kw/h anuales y en consecuencia los costos de operación (\$CO\$).

Análisis del comportamiento térmico de las viviendas

Mediante el modelo de simulación del comportamiento térmico de cerramientos de edificios

TRNSYS 14.2 [7], se analizó en condiciones ambientales la edificación, con especial atención en los fenómenos de soleamiento e irradiación infrarroja, lo cual permitió efectuar el análisis térmico de fachadas y cubiertas así como su composición constructiva. Los resultados obtenidos fueron las temperaturas y flujos de calor generados durante un ciclo diario.

La Figura 4 muestra la variación de las temperaturas resultantes una vez ejecutada la simulación para el modelo de vivienda original, como se observa la mayor parte del día, la temperatura interna de la vivienda original (TINT) fue superior a la temperatura ambiente (TAMB) especialmente durante las horas de mayor irradiancia.

Se debe tomar en cuenta que TRNSYS 14.2 [7] simula la temperatura interna de la zona en un punto imaginario situado en el centro de esta, por lo tanto, dado que en la vivienda original las paredes no llegan hasta la cubierta, la simulación se realizó en el centro de la vivienda, mostrándose una única temperatura interna. Sin embargo, el modelo propuesto, cuya variación de temperatura interna se muestra en la Figura 5, se caracteriza por espacios delimitados por cerramientos completos hasta la cubierta y en aquellos espacios donde se hizo la simulación y no estaban totalmente delimitados se establecieron límites virtuales para mostrar los diferentes comportamientos térmicos aprovechando el criterio de multizona que ofrece el TRNSYS 14.2.

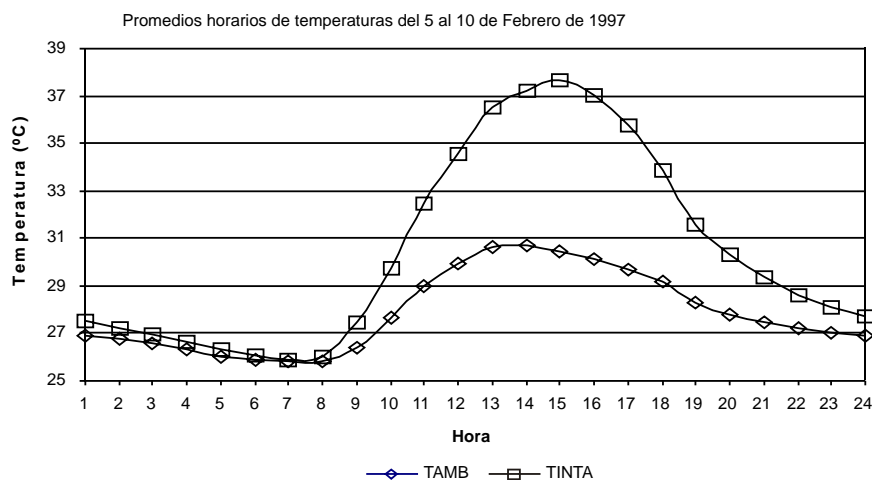


Figura 4. Variación de temperatura interna vivienda original (TINTA) vs. temperatura del aire (TAMB).

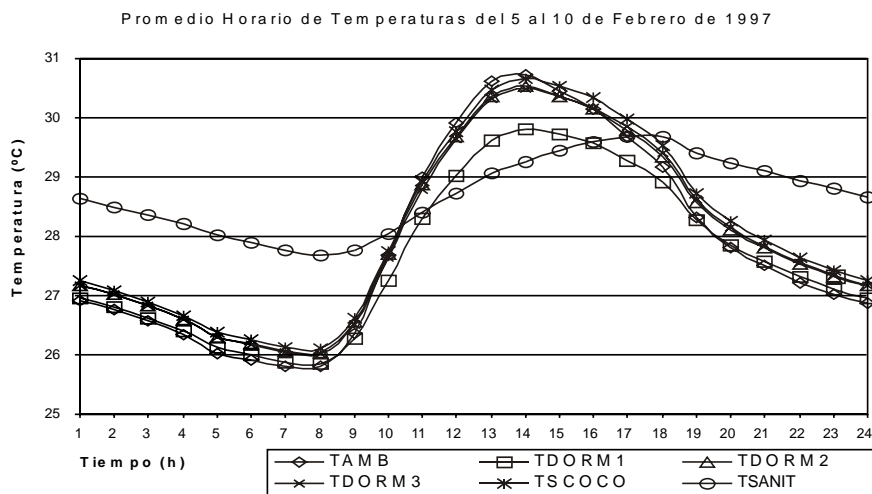


Figura 5. Variación de temperatura interna vivienda propuesta (TINTB) vs. temperatura del aire (TAMB).

En la Figura 6, se muestran los promedios de temperatura de la vivienda propuesta y de la original respecto a la temperatura ambiente (exterior), a partir de lo cual se observa que los promedios de temperatura ambiente y de la vivienda propuesta se acercan mientras que los de la vivienda original son mucho mayores.

La cuantificación de la carga térmica, del modelo de vivienda original, en comparación con un modelo propuesto que surgió de la modificación del original, respecto a los componentes de su envolvente evaluada a través del TRNSYS 14.2, permitió diferenciar un potencial consumo energético para cada una de las viviendas, con el fin de lograr el confort térmico de sus ocupantes al establecer como temperatura de consigna 25°C. Así, se determinó la demanda potencial de energía en Kwh., lo cual se consideró como parte de sus costos de operación, resultando para la vivienda original, un costo operativo debido al consumo energético por uso del aire acondicionado de 25.920,00 Kwh anuales. No obstante, para la vivienda modificada, los costos operativos por el mismo concepto fueron de 7.896,00 Kwh anuales. Dichos montos fueron traducidos en términos monetarios calculados a razón del valor actual del Kwh en Maracaibo, el cual es de 55,97 Bs/Kwh; a partir de lo que se obtuvo un futuro desembolso anual para el presente año de aproximadamente 1.450.742,40Bs/año para la vivienda original, mientras que para la modificada el mismo desembolso se determinó en

441.939,12 Bs./año. De lo cual se concluye que el ahorro en consumo energético es de aproximadamente un 69%.

Valoración económica

El costo en valor presente es objeto de estudio de la ingeniería económica [8] y consiste en traer hasta el presente los costos en los que incurrirán los usuarios de ambos modelos de vivienda con el fin de determinar en el presente cual de las dos soluciones constituye la mejor inversión. Tiene como base los niveles de satisfacción del consumidor, a través de lo cual se establece que cada consumidor desea posicionarse en el nivel más elevado de satisfacción y que ésta es ilimitada. El costo total en valor presente, constituyó el valor inicial sumado a la inversión en valor presente del equipo necesario con sus correspondientes costos operativos, resultando un mayor costo total en valor presente para la vivienda original. La Figura 7, presenta un esquema del flujo de cajas de la vivienda original y la propuesta.

En la Tabla 3 se muestran los costos en valor presente de la vivienda original calculados según tasas de interés que oscilan entre un 20% y un 50%, sobre una vida útil estimada para la vivienda de 60 años, con base a lo cual se sumó en cada caso la inversión inicial en la vivienda (IA) lo cual fue de Bs. 15.587.718,61, el costo del equipo de aire acondicionado (CEAA), esto es para la carga térmica calculada por la simulación de Bs. 3.000.000 y los costos operativos por concepto de

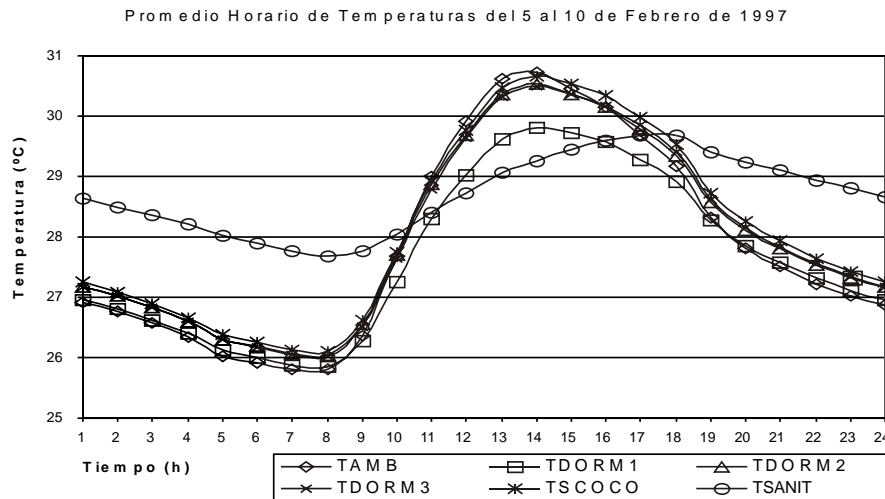


Figura 6. Comportamiento térmico de la envolvente (Vivienda Propuesta A) vs (Vivienda original B) y la (Temperatura ambiente TAMB).

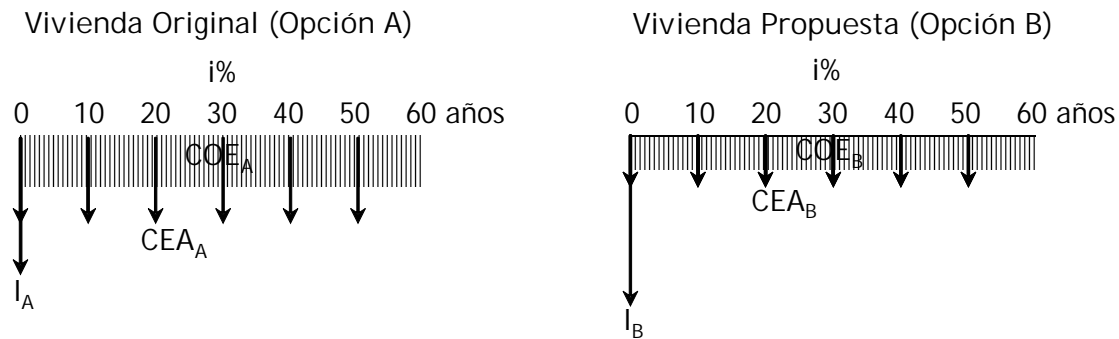


Figura 7. Comparación viviendas: Original y Propuesta (Evaluando la diferencia respecto a la inversión inicial (IA y IB), Costos Operativos de equipos de aire acondicionado (COEA Y COEB) y costos equivalentes de aire acondicionado CEAA y CEAB).

Tabla 3
Costos en Valor Presente de la Vivienda Original
Costos de operación de aire acondicionado de la vivienda original A = 25920 Kwh/año

| Vivienda Original: Inversión (IA) Bs. 15.587.718,61 | | | | | | | |
|---|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| i (%) | 20% | 25% | 30% | 35% | 40% | 45% | 50% |
| n (años) | Costo Equipo Acondicionador de Aire (CEAA) = 3.000.000 Bs (P/F;i%;n) | | | | | | |
| 0 | 3.000.000 | 3.000.000 | 3.000.000 | 3.000.000 | 3.000.000 | 3.000.000 | 3.000.000 |
| 10 | 484.517 | 322.123 | 217.614 | 149.205 | 103.715 | 73.020 | 52.025 |
| 20 | 78.252 | 34.588 | 15.785 | 7.421 | 3.586 | 1.777 | 902 |
| 30 | 12.638 | 3.714 | 1.145 | 369 | 124 | 43 | 16 |
| 40 | 2.041 | 399 | 83 | 18 | 4 | 1 | 0 |
| 50 | 330 | 43 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Sum | 3.577.778 | 3.360.866 | 3.234.634 | 3.157.014 | 3.107.429 | 3.074.842 | 3.052.943 |
| Costo de Operación (COAA) = (25920 Kwh/año)(55.97 Bs/Kwh) = 1.450.742,4 Bs (P/A; i%; n) | | | | | | | |
| 60 | 7.253.583 | 5.802.961 | 4.835.807 | 4.144.978 | 3.626.856 | 3.223.872 | 2.901.485 |
| Costo Total en Valor Presente (CTVPA) = (IA+CEAA+COAA) | | | | | | | |
| | 26.419.080 | 24.751.545 | 23.658.160 | 22.889.711 | 22.322.003 | 21.886.432 | 21.542.146 |

IA= Inversión inicial de la vivienda original. CEAA = Costo de equipo de aire acondicionado para la vivienda original. COAA = Costos de operación de equipo de aire acondicionado de la vivienda original. CTVPA = Costo total en valor presente de la vivienda original.

consumos de electricidad para enfriamiento, de acuerdo a el costo el Kwh fue de Bs 1.450.742,40 anuales, obteniéndose valores que están en el rango de costos en valor presente para la vivienda original (CTVPA) de Bs. 26.419.080 hasta Bs. 21.542.146.

La Tabla 4 muestra el cálculo de los costos en valor presente para la vivienda propuesta, se obtuvieron costos en valor presente que varían de

Bs. 2.209.656 hasta Bs. 883.878. El costo en valor presente para ambos modelos fue calculado durante los 60 años estimados como vida útil considerando diferentes tasas de interés (20%-50%) y estimando que cada diez años habrá que adquirir un nuevo equipo de climatización cuya una vida útil se consideró de diez años.

En la Tabla 5, según diferencias de costo en valor presente obtenidas, se estableció intere-

Tabla 4
Costos en Valor Presente de la Vivienda Propuesta
Costos de operación de aire acondicionado de la vivienda propuesta B = 7896 Kwh/año

| Vivienda Propuesta: Inversión (IB) Bs. 19.134.397,87 | | | | | | | |
|--|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| i (%) | 20% | 25% | 30% | 35% | 40% | 45% | 50% |
| n (años) | Costo Equipo Acondicionador de Aire (CEAB) = 570.000 (P/F; i%; n) | | | | | | |
| 0 | 570.000 | 570.000 | 570.000 | 570.000 | 570.000 | 570.000 | 570.000 |
| 10 | 92.058 | 61.203 | 41.347 | 28.349 | 19.706 | 13.874 | 9.885 |
| 20 | 14.868 | 6.572 | 2.999 | 1.410 | 681 | 338 | 171 |
| 30 | 2.401 | 706 | 218 | 70 | 24 | 8 | 3 |
| 40 | 388 | 76 | 16 | 3 | 1 | 0 | 0 |
| 50 | 63 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sum | 679.778 | 638.564 | 614.580 | 599.833 | 590.411 | 584.220 | 580.059 |
| | Costo de Operación (COAB) = (7896 Kwh/año)(55.97 Bs/Kwh) = 441.939,12 Bs (P/A; i%; n) | | | | | | |
| 60 | 2.209.656 | 1.767.754 | 1.473.130 | 1.262.683 | 1.104.848 | 982.087 | 883.878 |
| | Costo Total en Valor Presente (CTVPB) = (IB+CEAB+COAB) | | | | | | |
| | 22.023.832 | 21.540.716 | 21.222.109 | 20.996.914 | 20.829.657 | 20.700.705 | 20.598.335 |

IB= Inversión inicial de la vivienda propuesta. CEAB = Costo de equipo de aire acondicionado para la vivienda propuesta. COAB = Costos de operación de equipo de aire acondicionado de la vivienda propuesta. CTVPB = Costo total en valor presente de la vivienda propuesta.

Tabla 5
Costos en Valor Presente de la Vivienda Original vs. la Vivienda Propuesta
Diferencia entre Propuesta y Original

| IB-IA | 3.546.679 | 3.546.679 | 3.546.679 | 3.546.679 | 3.546.679 | 3.546.679 | 3.546.679 |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| CEAB-CEAA | -2.898.000 | -2.722.301 | -2.620.053 | -2.557.181 | -2.517.017 | -2.490.622 | -2.472.884 |
| COAB-COAA | -5.043.927 | -4.035.207 | -3.362.677 | -2.882.295 | -2.522.008 | -2.241.785 | -2.017.607 |
| CVPBB-CVPAA | -7.941.927 | -6.757.508 | -5.982.731 | -5.439.476 | -5.039.026 | -4.732.407 | -4.490.490 |
| CTVPB-CTVPA | -4.395.248 | -3.210.829 | -2.436.051 | -1.892.797 | -1.492.346 | -1.185.727 | -943.811 |
| CTVPA/CTVPB | 1,20 | 1,15 | 1,11 | 1,09 | 1,07 | 1,06 | 1,05 |
| (CVPAB-CVPAA)/(IB-IA) | 2,24 | 1,91 | 1,69 | 1,53 | 1,42 | 1,33 | 1,27 |

santes relaciones como CTVPA/CTVPB, que muestra la proporción en la cual el costo de la vivienda original supera al de la propuesta de acuerdo a la tasa de interés, así también (CVPAB-CVPAA)/(IB-IA), lo cual expresa la proporción sobre cómo supera en costo en valor presente la vivienda original la vivienda propuesta, con base en sus costos operativos. Estas diferencias en

costos obtenidas son presentadas en forma gráfica en la Figura 7.

Discusión de Resultados

1. Se determinó la demanda potencial de energía en Kwh, lo cual se consideró como parte de sus costos de operación, resultando para la vi-

vienda original, un costo operativo debido a consumo energético por uso de aire acondicionado de 25.920,00 Kwh anuales, no obstante, para la vivienda modificada, los costos operativos por el mismo concepto fueron de 7896,00 Kwh anuales. Dichos montos fueron traducidos en términos monetarios calculados a razón del valor actual del Kwh, el cual es de 55,97 Bs./Kwh; a partir de lo que se obtuvo un futuro desembolso anual para el presente año de aproximadamente 1.450.742,40 Bs./año para la vivienda original, mientras que para la modificada el mismo desembolso se determinó en 441.939,12 Bs./año. De lo cual se concluye que el ahorro en consumo energético estimado es de aproximadamente un 69,53%. Estos resultados se muestran de forma resumida en la Tabla 6.

2. Aun cuando el costo de la vivienda modificada resultó superior a el de la vivienda original, el costo determinado en valor presente por concepto de equipo de climatización en la vivienda modificada resultó mucho menor que el equipo considerado necesario para restituir el confort térmico de los hipotéticos usuarios de la vivienda original

3. Con la aplicación de las mejoras en eficiencia energética, se reduce la carga térmica producto de las características termofísicas de su envolvente. La calificación de dicha carga térmica, permitió diferenciar un potencial consumo energético para cada una de las viviendas, con el fin de lograr el confort térmico de sus ocupantes estableciendo como temperatura de consigna 25°C para ambos modelos de vivienda.

4. La vivienda Original costaría aproximadamente un 11% más que la Propuesta, ya que la razón del Costo Total en Valor Presente entre ambas (CTVPA/CTVPB) es 1,11 considerando una tasa del 30%. También, por cada bolívar de extra inversión en la Vivienda Propuesta, se obtendría un ahorro del 69% en costos de operación de equipos acondicionadores de aire. Para cualquier rango de tasas, desde 20% hasta 50%, la Vivienda Propuesta resultó más atractiva desde el punto de vista económico que la original.

Conclusiones

A partir de la estimación de costos realizada, se concluyó que la vivienda original tiene un costo en valor presente mayor que el de la propuesta. Si se comparan los costos totales de ambas viviendas, se concluye que la inversión extra observada en la vivienda propuesta, respecto a la vivienda original, resultó más que compensada en los ahorros cuantificados en valor presente, correspondientes a el equipo de climatización y a la energía consumida, que requiere esta vivienda respecto a la original.

La vivienda original costaría aproximadamente un 11% mas que la vivienda propuesta (Tabla 5), ya que la razón del costo Total en Valor Presente entre ambas viviendas (CTVPA/CTVPB) es 1,1 considerando una tasa de interés del 30%. También, por cada bolívar de inversión extra en la vivienda modificada, se obtendría un ahorro del 69% en costos de operación de equipos acondicionadores de aire. Para cualquier rango de tasas de interés, desde un 20% hasta un 50%.

Tabla 6
Resumen resultados obtenidos de la valoración económica de los dos modelos de vivienda (Original y Propuesta)

| | Demanda enfriam. A.A (kwh/año) | Cap. A.A requerida | Inversión Inicial en Equipo de A.A (Bs.) | Costos Operativos por A.A. (Bs. 55.97 bs.kwh Bs./año) | Inversión Inicial de Construcción (IA e IB) (Bs.) | Inv. Tot. 1er año de Inver. Inic.: Equipo + Costos oper. a.a + Inv. Costo Vivienda. (Bs./año) |
|--------------------|--------------------------------|--------------------|--|---|---|---|
| Vivienda Original | 25.920 | 36.000 | 3.000.000 | 1.450.742,40 | 15.587.718,61 | 20.038.461,01 |
| Vivienda Propuesta | 7896,00 (-69.53%) | 9.000 (-75%) | 570.000 (-81%) | 441.939,12 (-69.53%) | 19.134.397,87 (18.53%) | 20.146336,99 (0.53%) |

Referencias Bibliográficas

1. Rick Nevin, Gregory Watson. Evidence of National Market Valuations for Home Energy Efficiency. *The Appraisal Journal*. The Appraisal Institute Chicago, Illinois (1998) pp. 400-409.
2. Rick Nevin, Christopher Bender, and Heather Gazan. The Appraisal Institute. More Evidence of Rational Market Values for Home Energy Efficiency Chicago, Illinois *The Appraisal Journal* Chicago. (1999) pp. 453-460.
3. Esteves A., Verstraete J., Vilapriño R. Metodología de Evaluación Económica de Conservación de Energía y Estrategias de Diseño Bioclimático. Mendoza. Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. (2002). Pag. 07/07 a 07/12.
4. Verstraete J, Vilapriño R. Evaluación Económica de Conservación de Energía y Estrategias de Diseño Bioclimático en Viviendas Sociales. ASADES. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 5, Buenos Aires. (2001).
5. López J., Morillón D., Rodríguez L., Análisis costo beneficio entre un diseño tradicional y un diseño bioclimático. Instituto de Ingeniería-UNAM. Coyoacán. (1999).
6. Ferguson C.E., Gould, J.P. Teoría Microeconómica. Fondo de Cultura Económica Argentina, S.A. Buenos Aires. (1971).
7. TRNSYS. A Transient System Simulation Program, Version 14.2, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, Madison. (1996).
8. Park, Chan S. Ingeniería Económica Contemporánea. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Reading, Massachusetts, E.U.A. (1997).

Recibido el 02 de Mayo de 2005

En forma revisada el 13 de Febrero de 2006