

# DETERMINACION Y ANALISIS DE LOS REQUERIMIENTOS ENERGETICOS PARA EL ACONDICIONAMIENTO TERMICO DE UN PROTOTIPO DE VIVIENDA UBICADA EN SAN MIGUEL DE TUCUMAN

Dr. Arq. Guillermo E. Gonzalo<sup>1</sup>, Arq. Sara Lía Ledesma<sup>2</sup>, Arq. Viviana M. Nota, Arq. Susana Cisterna  
Arq. Cecilia Martínez, Arq. Graciela Quiñones, Arq. Ana Garay, Arq. Gabriela Márquez,  
Arq. Augusto Tortonesse<sup>3</sup>

Centro de Estudios Energéticos y Medio Ambiente - Instituto de Acondicionamiento Ambiental  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo - U.N.T.  
Av. Roca 1900 - 4000 Tucumán - Argentina  
Tel. +54.381.4252589 - Fax.+54.381.4364141 - E.mail: gegonzalo@arnet.com.ar

## RESUMEN

En este trabajo se presenta la evaluación de los requerimientos energéticos para la climatización artificial de una vivienda tipo, considerando el comportamiento térmico de una tipología de vivienda en planta baja de la operatoria FONAVI, construidas por el estado en el período 1997-1999 en distintos barrios de la Provincia de Tucumán. Esta tipología se sigue utilizando en las nuevas operatorias implementadas por los organismos estatales, y se está construyendo en numerosos barrios de viviendas de planes oficiales.

A partir de este análisis se pretende demostrar la manera en que las modificaciones en el diseño de la envolvente, determinan substanciales diferencias en el consumo energético final de la vivienda, así como también determinar cuales son las soluciones de diseño óptimas para el prototipo ubicado en una zona climática cálida húmeda, correspondiente al clima de San Miguel de Tucumán.

En este trabajo, que se desarrolló dentro del proyecto de investigación, del Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán, “**Propuestas de Normas para el Acondicionamiento Ambiental de Edificios en Tucumán**”, se muestra la metodología aplicada para el análisis de la influencia de algunas variables de diseño (orientación, color, material y aislaciones) en el comportamiento térmico de la vivienda seleccionada, como así también la evaluación y conclusiones alcanzadas a partir de los estudios comparativos de las distintas situaciones estudiadas.

**Palabras clave:** arquitectura, energía, habitabilidad, higrotérmica, simulaciones.

## METODOLOGÍA

Se realizaron numerosas simulaciones térmicas con el programa computacional Quick II<sup>1</sup>, para distintas situaciones de material y color de la envolvente del prototipo, así como para distintas condiciones de orientación del mismo, obteniéndose los valores de cargas térmicas necesarias para mantener la situación de confort con medios artificiales, dichos valores se calcularon para el período de cuarenta años, considerado el mismo como el período de vida útil de la vivienda.

El prototipo seleccionado para el análisis presenta 3 muros al exterior y un muro medianero, ya que las viviendas se disponen en el conjunto apareadas de a dos. La superficie de los mismos es de aproximadamente 60 m<sup>2</sup> y son de 3 dormitorios.

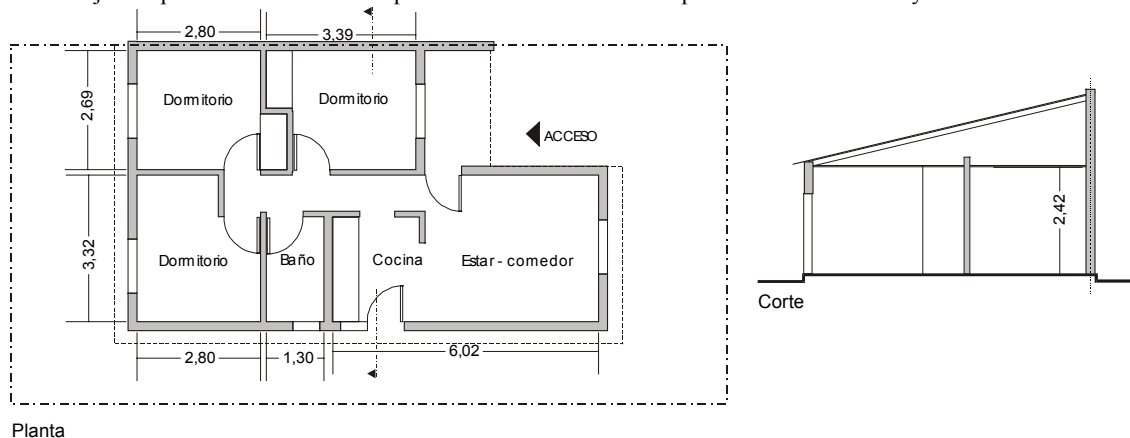


Fig. 1 Planta y Corte del prototipo analizado.

<sup>1</sup> Director del Instituto de Acondicionamiento Ambiental, FAU,UNT.

<sup>2</sup> Profesora Adjunta

<sup>3</sup> Docentes e investigadores del CIUNT y la ANPCYT

Descripción de las variables analizadas:

**1) Orientación del prototipo:** para poder analizar la influencia de la orientación en el comportamiento térmico, se realizaron los cálculos considerando la vivienda ubicada en cuatro orientaciones distintas.

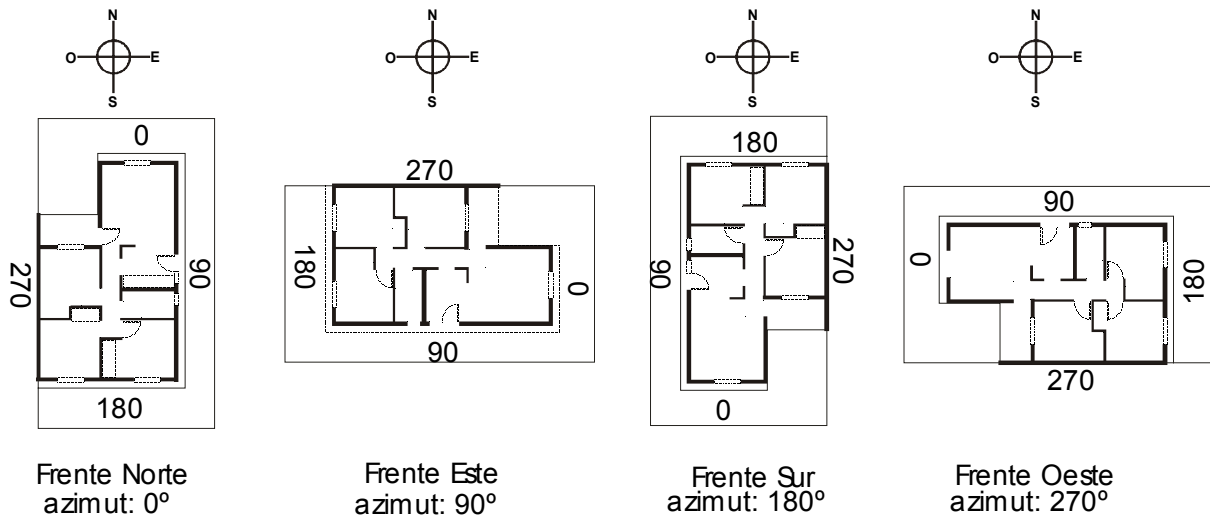


Fig.2 Esquema de planta de prototipos, según orientaciones.

**2) Materiales de envoltente:** se adoptaron distintos materiales de la envoltente, tanto verticales como horizontales, teniendo en cuenta las de mayor utilización en nuestro medio.

Para la cubierta: chapa galvanizada con cielorraso suspendido de yeso y losa de hormigón armado.

Para los muros: muro de ladrillo común de 0,15 con 2 caras revocadas y muro de ladrillo común de 0,30 con 2 caras revocadas.

**3) Aislación de la envoltente:** para analizar la influencia de la aislación se adoptaron diferentes espesores de la misma, teniendo en cuenta la clasificación de las Normas IRAM (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales) N°11606, en la que se establecen tres niveles de aislación: mínimo, recomendado y ecológico. Los valores y ubicación de la misma son:

Tabla 1: Resumen de tipos de muros y cubiertas consideradas en los cálculos.

| Tipo de cerramiento | Material                 | Espesor aislación mínima | Espesor aislación recomendada | Espesor aislación ecológica | Posición de la aislación      |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Cubierta            | Losa de H ° A°           | 3 cm.                    | 6 cm.                         | 18 cm.                      | Entre la losa y el contrapiso |
|                     | Chapa y cielorraso susp. | 5 cm.                    | 8 cm.                         | 19 cm.                      | En la cámara de aire          |
| Muros               | Ladrillo común de 0,30   | 0 cm.                    | 2 cm.                         | 7 cm.                       | En la superficie interior     |
|                     | Ladrillo común de 0,15   | 0 cm.                    | 2 cm.                         | 7 cm.                       | En la superficie interior     |

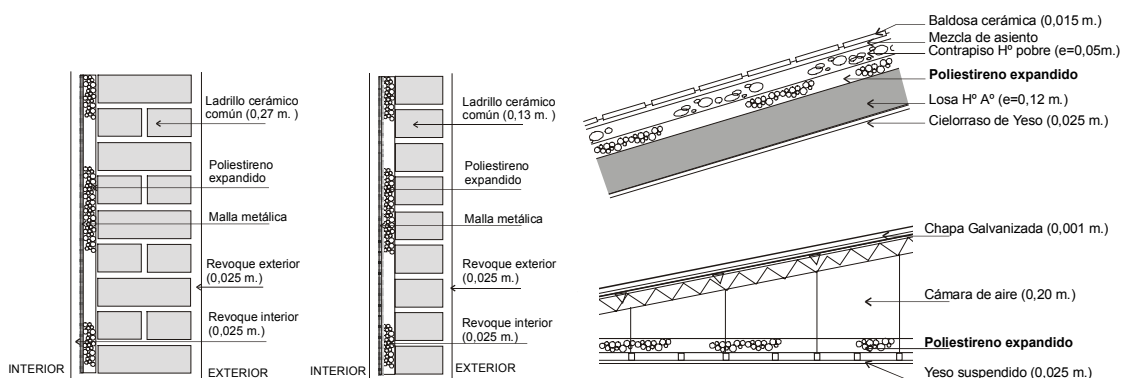


Fig. 3 Detalle de tipos de envoltente y posición de la aislación en muros y cubierta

**4) Color de envoltente:** para analizar la influencia del color se adoptaron coeficientes de absorción diferentes: bajo 30%, medio 50% y alto 70%.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se compararon los consumos de energía para el alcanzar el confort de verano por medios artificiales (enfriamiento) e invierno (calefacción), tomando un período promedio de 40 años, considerado el período de vida útil de una vivienda en el mercado inmobiliario.

### Influencia del color:

Del análisis de los resultados alcanzados para la situación de enfriamiento se observa que cuando la envolvente está poco aislada térmicamente (aislación mínima) el color influye de manera considerable. El prototipo con envolvente (muros y cubierta) de color claro, requiere un **26%** menos de energía para enfriamiento que el prototipo con envolvente de color oscuro. Esta incidencia del color adquiere menor relevancia al colocarse aislación ecológica, situación en la cual se reducen los requerimientos energéticos a un **8%**.

En cambio en la situación de calefacción, el prototipo con aislación mínima y color oscuro en la envolvente, requiere un **21%** menos de energía para calefacción que el prototipo con aislación mínima y color claro. Si se coloca aislación ecológica se reducen las diferencias a un **7%**.

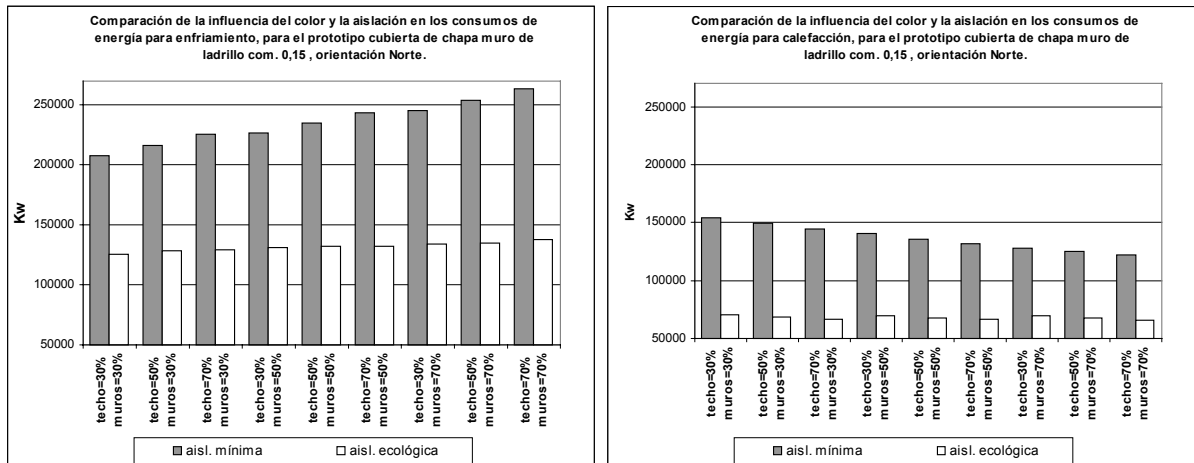


Fig. 4 Comparaciones de la influencia del color de la envolvente.

### Influencia de la orientación:

Al comparar la influencia de la orientación se observó que para los casos analizados en la situación de enfriamiento la condición de orientación más favorable es la de frente sur y la más desfavorable es la de frente este. La diferencia de comportamiento entre ambas oscila para todos los casos en valores similares, siendo la diferencia entre ambos, para el caso del prototipo con aislación mínima, no mayor a un **5%**, y para el caso de aislación ecológica de un valor próximo al **8%**.

En cambio para la situación de calefacción la orientación más favorable es la de frente este y la más desfavorable es la de los frentes sur y oeste. La diferencia de comportamiento entre ambas, para el caso del prototipo con aislación mínima, es de un **8%** y para el caso de aislación ecológica es de un **6%**.

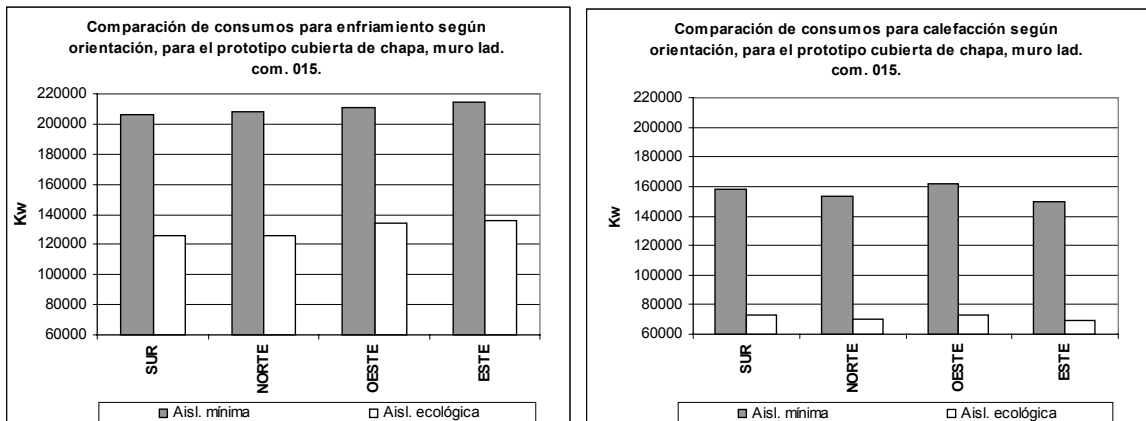


Fig. 5 Comparación de orientaciones del prototipo.

### Influencia del material de la envolvente:

Al comparar prototipos con idéntica orientación y con diferente resolución constructiva de la envolvente se pudo observar que para la situación de enfriamiento, entre los prototipos con aislación mínima, el sistema constructivo más adecuado (o sea el que requiere menor cantidad de energía para enfriamiento), es el de cubierta de chapa galvanizada con cielorraso

suspendido y paredes de ladrillo común de 0,30, el cual requiere un **20%** menos de energía que el más inadecuado que es el de techo de losa con muros de ladrillo común de 0,15 m. Entre los prototipos con aislación ecológica, la diferencia de requerimientos de energía es menor, si comparáramos los resultados entre los sistemas constructivos antes enunciados observamos que la diferencia entre ambos ha disminuido a un **3,5%**.

En el análisis de la situación de calefacción se observa que, el sistema constructivo más adecuado es el de cubierta de chapa galvanizada con cielorraso suspendido y paredes de ladrillo común de 0,30, el cual requiere un **28%** menos de energía que el más inadecuado que es el de techo de losa con muros de ladrillo común de 0,15 m. Entre los prototipos con aislación ecológica, la diferencia de requerimientos de energía es menor, si comparáramos los resultados entre los sistemas constructivos antes enunciados observamos que la diferencia entre ambos ha disminuido a un **2,5%**.

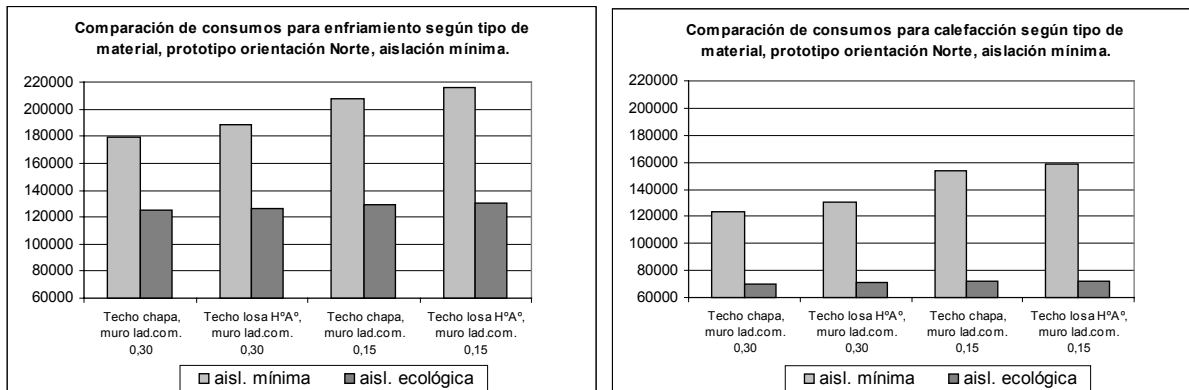


Fig.6 Comparaciones de tipos de materiales de la envolvente.

**Influencia del espesor de aislación:**

Al comparar la influencia de aislación para los distintos materiales de envolvente en relación al prototipo de aislación mínima al analizar la situación de verano, se observa que al colocar aislación recomendada se reducen las cargas necesarias para el acondicionamiento en un promedio de **23%**, y si se coloca aislación ecológica estas cargas se reducen en un promedio de **35%**.

Esta reducción es también notable para la situación de invierno, en la cual se observa que al colocar aislación recomendada se reducen las cargas necesarias para calefacción en un promedio de **30%**, y si se coloca aislación ecológica estas cargas se reducen en un promedio de **49%**.

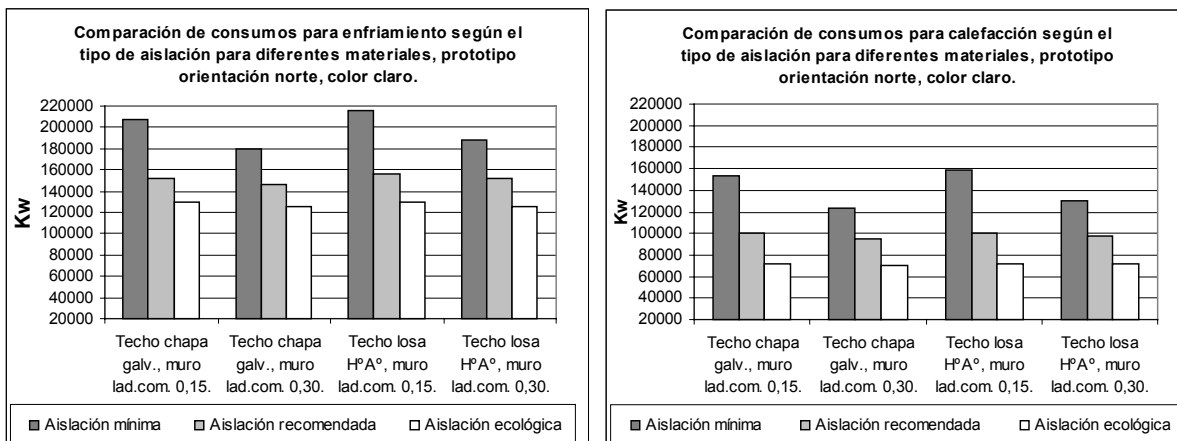


Fig. 7 Comparación de espesores de aislación térmica.

Al analizar en el prototipo de cubierta de chapa el comportamiento durante los periodos frío y cálido, (necesidades de calefacción y enfriamiento), se observa que la situación más favorable es la del prototipo con muros de ladrillo común de 0,30, frente sur, color claro, aislación ecológica y la más desfavorable es la del prototipo con muros de ladrillo común de 0,15, frente este, color oscuro, aislación mínima, siendo el consumo de energía de la situación más desfavorable un **94%** superior a la más conveniente.

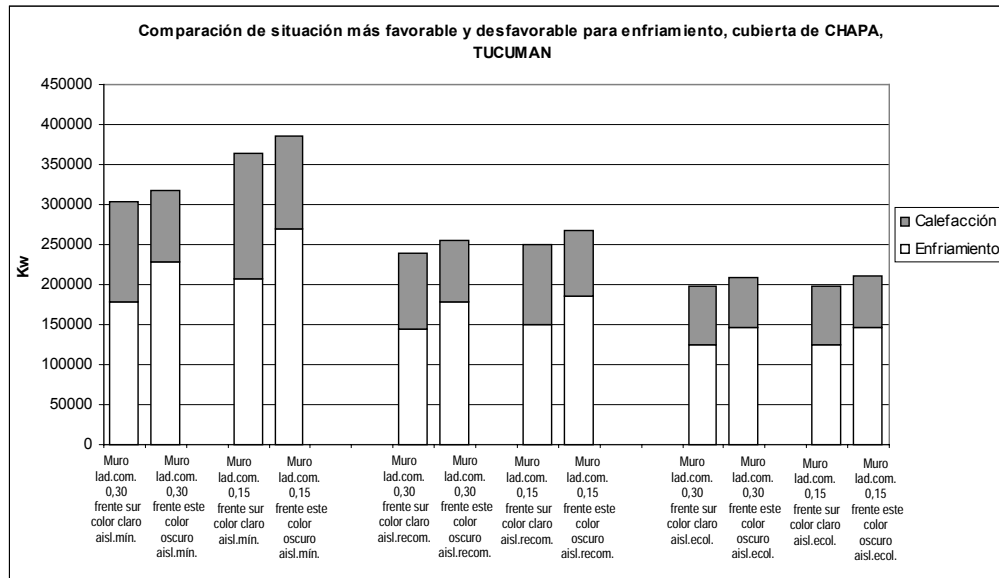


Fig 8 Comparación de la situación más favorable y desfavorable

### Influencia de costos

Entendiendo que si bien los consumos energéticos de cada prototipo disminuyen a medida que se incrementa la aislación pero los costos de la envolvente se incrementan por la presencia de la misma, se realizó el estudio comparativo del prototipo analizado, siendo los resultados para el de cubierta de chapa los siguientes:

Tabla2: Comparación de costos de la envolvente y consumos de energía para un prototipo con orientación norte y color claro.

| Material cubierta                  | Material muros                | Tipo de aislación | Costo de la envolvente \$ | %  | Consumo total de energía enfriam. (40 años) kWh | Gasto de energía para enfriam. kWh | %   | Consumo total de energía calefacc. (40 años) kWh | Gasto de energía para calefacc. kWh | %   | Gasto total de energía kWh |
|------------------------------------|-------------------------------|-------------------|---------------------------|----|---|------------------------------------|-----|--|-------------------------------------|-----|----------------------------|
| Chapa galv., cielorraso yeso susp. | Ladrillo ceram. común de 0,15 | Mínima            | 4233                      | -  | 207906  | 24949                              | -   | 153844   | 996                                 | -   | 25945                      |
|                                    |                               | Recomend.         | 4698                      | 11 | 151426  | 1171                               | -27 | 100055   | 647                                 | -35 | 18818                      |
|                                    | Ladrillo ceram. común de 0,30 | Ecología          | 5319                      | 25 | 129209  | 15505                              | -38 | 71303  | 461                                 | -54 | 15966                      |
|                                    |                               | Mínima            | 5563                      | -  | 179506  | 21541                              | -   | 123312   | 798                                 | -   | 22339                      |
|                                    |                               | Recomend.         | 6022                      | 8  | 146383  | 17566                              | -18 | 95004  | 615                                 | -23 | 18181                      |
|                                    |                               | Ecología          | 6643                      | 19 | 125541  | 15065                              | -30 | 70222  | 455                                 | -43 | 15520                      |

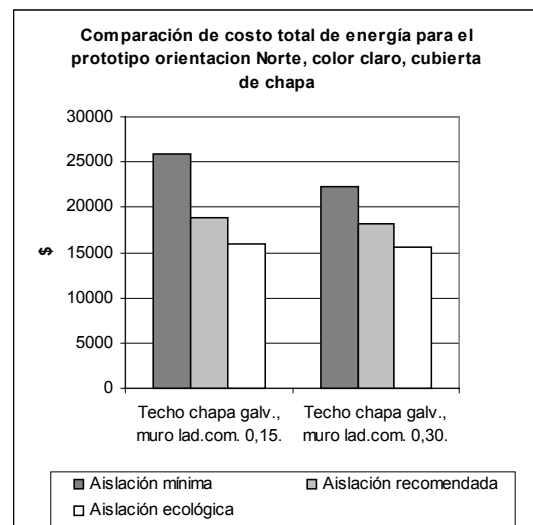
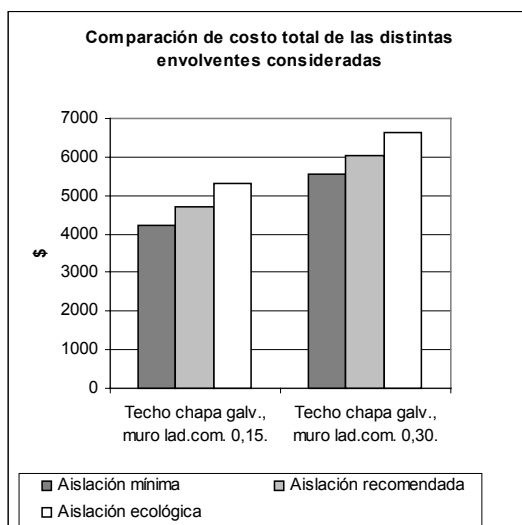


Fig. 8 Comparación de costos de la envolvente y costo total de la energía necesaria para el acondicionamiento.

## CONCLUSIONES

Del estudio realizado para el prototipo analizado, se pudo establecer que:

- La condición mas favorable es el prototipo con frente sur, con muros de mampostería de ladrillo común de 0,30 m., con aislación de 7 cm.; cubierta de chapa galvanizada con cielorraso de yeso suspendido y aislación de 19 cm.; con colores claros en la envolvente (absorción 30%).

- La condición mas desfavorable el prototipo con orientación este, con muros de ladrillo común de 0,15 m y cubierta de losa de hormigón armado y aislación de 3 cm; con colores oscuros en la envolvente (absorción 70 %).

Tabla 3. Planilla comparativa de consumos energéticos y costos total de energía

| Condición  | Consumo total en kWh (40 años) | Costo total de energía (40 años) (\$) |
|--|--------------------------------|---------------------------------------|
| Muro ladrillo común 0,30, Frente este, color oscuro, aislación mínima    | 318293                         | 27957                                 |
| Muro ladrillo común 0,30, Frente sur, color claro, aislación ecológica   | 198839                         | 15496                                 |
| Muro ladrillo común 0,15, Frente este, color oscuro, aislación mínima    | 386467                         | 33013                                 |
| Muro ladrillo común 0,15, Frente este, color oscuro, aislación ecológica | 210178                         | 18007                                 |

Del análisis de la planilla comparativa podemos observar que para el prototipo analizado:

La correcta resolución de la envolvente (materiales, solución constructiva, colores y orientación) del prototipo permite disminuir considerablemente los requerimientos de energía para el acondicionamiento, siendo el consumo de energía de la situación más desfavorable un **94%** superior a la más conveniente.

El gasto anual en energía para el acondicionamiento para el caso mas favorable es de \$387, y para el mas desfavorable es de \$825,00. La envolvente mas favorable cuesta un 36% más que la desfavorable, pero si se tiene en cuenta el costo de obra total de la vivienda esta diferencia se reduce a un 8%.

Teniendo en cuenta la diferencia en los costos de energía y los costos de la envolvente se puede decir que la inversión mayor que significaría la adopción de una envolvente más eficiente energéticamente se amortizaría en 5 años.

El costo total de energía necesario para el acondicionamiento en cada uno de los casos analizados, determina que el ahorro que se alcanzaría por adoptar la solución adecuada, sería en cuarenta años de \$17.517 o sea \$438 anual. Cabe destacar que la utilización de colores claros en la envolvente y la determinación de una correcta orientación de la vivienda son decisiones de diseño que no implican encarecimiento alguno de la obra.

Estos estudios se completaron con idénticos análisis para la condición climática de Amaicha del Valle y con posterior comparación de resultados, los que serán próximamente publicados.

## ABSTRACT

In this work the evaluation of the energy requirements is presented, for a mechanical air conditioning housing type, considering the thermal behavior of a flat housing FONAVI prototype, built by the state in the period 1997-1999 in different neighborhoods of the County of Tucumán. This prototype is continued using in new urbanizations implemented by the state, and it is building in numerous neighborhoods official housing plans.

Starting from this analysis it is sought to demonstrate the way the modifications in the design of the exterior walls and roof, determine substantial differences in the energy consumption of the housing, as well as to determine which are the good design solutions for the prototype located in a humid warm climatic area, corresponding to the climate of San Miguel of Tucumán.

This work was developed inside the research project of the Council of Investigations of the National University of Tucumán, "Regulation proposals for the Environmental Conditioning of Buildings in Tucumán", the methodology is shown applied for the analysis of the influence of design variables (orientation, color, material and insulations) in the thermal behavior of the selected housing, as well as the evaluation and conclusions reached starting from the comparative studies of the different studied situations.

---

<sup>i</sup> Se utilizó el software: "QUICK II: A passive thermal design tool and load calculation computer program", Tranfer of Energy Mass and Momentum, Sudáfrica, 1997.