

FRACCION DE AHORRO SOLAR Y ENERGIA AUXILIAR EN EDIFICIOS PASIVOS

Gabriel Chiarito* y Graciela Lesino**

INENCO # , Universidad Nacional de Salta
Buenos Aires 177 - 4400 Salta.

RESUMEN

En este trabajo se presenta un modelo computacional de simulación mensual para edificios acondicionados mediante sistemas solares pasivos. Este método de cálculo ha sido reformulado sobre el desarrollado en el Laboratorio Científico de Los Alamos (EEUU), por el Dr. Balcomb et al a manera de Manual (1).

El método permite predecir el rendimiento de los sistemas pasivos de acondicionamiento incorporados a la vivienda y consecuentemente el grado de reemplazo solar que se genera junto a la cantidad de energía auxiliar requerida para arribar a la temperatura de diseño adoptada.

Los parámetros relacionales principales intervinientes en el cálculo son la radiación absorbida por la vivienda, la carga térmica y la relación de carga por colección de los sistemas. Los algoritmos y tablas básicas que permiten el cálculo manual fueron programadas en lenguaje Basic y convertidos al Sistema Internacional de Unidades para facilitar el uso.

Finalmente se presenta una corrida del programa y se compara con datos experimentales para el caso de un prototipo con acondicionamiento pasivo.

1. INTRODUCCION

En la simulación térmica de edificios acondicionados con sistemas pasivos se pueden operar distintos tipos de cálculo, en función del grado de ajuste deseado. Como es lógico suponer, esa aproximación será proporcionalmente más ajustada a medida que disminuimos la unidad de tiempo patrón del cálculo. En el caso que luego se describirá la unidad temporal es mensual. Por tanto, es un punto intermedio entre el cálculo grueso anual, generalmente manual y las simulaciones horarias mediante programas computacionales detallados.

* Becario del CONICET
** Investigador del CONICET
Instituto UNSA - CONICET

El valor fundamental del método es el uso, como criterio evaluador, de la calidad térmica del edificio y complementariamente como estimación del requerimiento auxiliar de calor necesario mes a mes. Ambos datos se expresan porcentualmente en el cálculo de la Fracción de Ahorro Solar (FAS) para una vivienda acondicionada en forma solar pasiva en relación a una equivalente no-solar.

Esta evaluación considera básicamente el tamaño neto de ventanas solares, correspondiente a los sistemas de acondicionamiento pasivo (orientaciones, inclinación, etc.) en relación a la carga térmica de la vivienda y su temperatura de diseño. Provee una herramienta útil en lo que se refiere a tamaños de vidrios solares, acumulación en la masa térmica y demás elementos destinados a cubrir satisfactoriamente el acondicionamiento solar.

Esta característica general hace ideal este cálculo en la etapa de anteproyecto permitiendo el ajuste del diseño y su ponderación.

Las consideraciones son principalmente aplicables a edificios pequeños del tipo unifamiliar, donde las pérdidas de calor se dan fundamentalmente a través de la envolvente exterior y donde las generaciones internas de energía son relativamente pequeñas.

El método de cálculo está basado en mediciones experimentales y técnicas analíticas desarrolladas en el Laboratorio Científico de Los Alamos, EEUU, (1) apoyados en simulaciones con poderosos programas de computación y monitoreos en prototipos de ensayo y viviendas habitadas acondicionadas en forma pasiva.

2. CALCULO DE LA FRACCION DE AHORRO SOLAR: FAS

Tal como muestra gráficamente la Figura 1 a partir de una temperatura de diseño fijada se evalúa la fracción solar de calentamiento y la necesidad auxiliar destinada a cubrir el déficit mensual de la vivienda.

*VUMRE

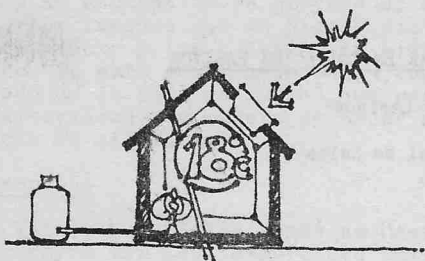


Figura 1. La vivienda y sus fuentes de energía.

El desarrollo general del cálculo se indica a continuación:

El primer punto es determinar someramente la carga térmica mensual de la vivienda. Aquí dos son los fenómenos a considerar:

- a. Pérdidas por la envolvente no-captora del edificio.
- b. Pérdidas por infiltraciones de aire.

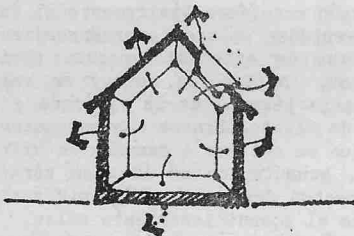


Figura 2. La vivienda y sus pérdidas de energía.

El cálculo para pérdidas por envolvente considera las conductividades y áreas correspondientes a las superficies no-captoras debido a que los sistemas pasivos captadores, tales como ventanas norte, muros acumuladores o invernaderos, se consideran a los efectos del cálculo de pérdidas, como superficies adiabáticas.

Existen dos opciones para determinar la carga térmica, una como ya se indicó a partir del cálculo de pérdidas por las áreas exteriores e infiltraciones y una segunda a partir de una carga de diseño deseada en relación a la diferencia entre la temperatura de diseño y la exterior.

$$BLC = \text{Carga de diseño diaria} / (\text{temp. int.} - \text{temp. ext.})$$

El segundo punto, es decir en el otro extremo del sistema vivienda, el clima y consecuentemente la estimación de la radiación solar mensual absorbida por unidad de área de colección y la temperatura exterior de diseño a través del dato de grados días mensual.

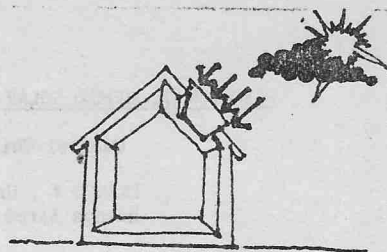


Figura 3. La vivienda y la radiación.

El parámetro usual disponible para el proyectista es la radiación solar media mensual generalmente sobre plano horizontal (H). Esta cantidad de energía varía de acuerdo al sitio, dependiendo básicamente de tres factores: la latitud del lugar (L), la declinación solar (D) característica del mes y de un factor relacionado con la claridad atmosférica: fracción de la radiación extraterrestre (clearness: KT).

Para el cálculo, se cuenta con un estudio climático elaborado para el Noroeste Argentino (2) que indica con mayor fidelidad el dato de radiación requerido para las localidades principales de su territorio. Se asume un cielo isotrópicamente difuso y reflexiones de suelo (albedo 0.3) para obtener la radiación incidente sobre las superficies vidriadas por el método de Liu y Jordan.

Ahora, para el cálculo de la "carga solar" en la vivienda es necesario conocer la radiación solar absorbida (A) por unidad de área de colección. Entonces, a partir de H es posible calcular la radiación solar incidente (I) en la superficie vidriada de cualquier configuración, la radiación solar transmitida a través de los vidrios (T) y la radiación solar absorbida dentro de la vivienda (A).

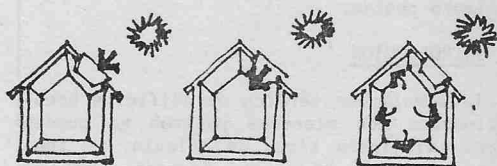


Figura 4. Radiación incidente, transmitida y absorbida en la vivienda.

Para el caso de radiación transmitida (T), se debe considerar que los valores de absorción en vidrios usados en el manual presentan coeficientes de extinción más bajos que los correspondientes a vidrios nacionales, con mayor contenido de impurezas, básicamente en sales de hierro.

Para la radiación absorbida (A), calculada a partir de las reflexiones interiores, se considera la absorción de todas las superficies excluidos los planos vidriados correspondientes a los sistemas solares, consideradas isotrópicas. Este punto y la variabi-

lidad de geometrías espaciales posibles da por resultado una treintena de tablas que completan las distintas opciones de diseño. De conseguirse los algoritmos que dan origen a éstas se podría obviar el trabajo manual de elección del factor de absorción ya que la entrada de las tablas en máquina ocupa demasiado lugar de memoria actualmente.

El factor de absorción está calculado según las siguientes suposiciones:

- a. la radiación que se transmite a través del vidrio es difusa e isotrópica.
- b. las superficies vidriadas reflejan difusa o isotrópicamente hacia el interior un 24% y la no reflejada la atraviesa y se considera perdida.
- c. el 20% de la radiación transmitida es absorbida por los objetos de poco peso antes que incida en cualquier superficie interior y el 20% de la radiación en cada reflexión es nuevamente absorbida por esos objetos.

El tercer punto es el que se refiere a los sistemas de acondicionamiento en sí. Los 4 sistemas de acondicionamiento son:

- * Ganancia Directa; GD
- * Muro acumulador tipo Trombe : MT
- * Muro acumulador de Agua : MA
- * Invernadero, Invernáculo, Espacio Asoleado, etc. : SS

Las sensibilidades para ajustar el diseño realizado al de referencia dan origen a 94 tipos que corresponden a los 4 sistemas (GD, MT, MA, SS) originales ampliando el poder resolutivo del programa. El diseñador debe optar, en consecuencia, por el tipo que más se aproxime a su sistema en función de: la capacidad de acumulación, el número de vidrios, la aislación nocturna, la relación masa térmica-área de captación, etc.

Ahora, si el acondicionamiento pasivo diseñado no coincidiera con algún "tipo" descrito, el programa permite interpolar entre los más próximos, así como también admite la combinación de más de un sistema a la vez y la modificación de la aislación nocturna a colocar distinta de la de referencia (R0 o R9). El método, por esta necesaria condición de flexibilidad está organizado sobre un gran número de tablas y gráficas de sensibilidad (derivadas parciales del comportamiento en función de la característica considerada a igualdad de todos los demás parámetros) que ajustan hasta aproximarse a la vivienda proyectada, ampliando aún mucho más los 94 "tipos". Pero como éstas aún no están expresadas en algoritmos, se ha considerado por ahora las más importantes con las que se consigue un aceptable ajuste a la vez que una respuesta más rápida.

Resumiendo, los puntos a considerar para el cálculo son:

- * la carga térmica de la vivienda, el programa cuenta con una subrutina opcional

que permite este cálculo.

- * la radiación solar absorbida por la vivienda, a partir de la radiación global incidente sobre un plano horizontal.
- * el tipo de sistema de acondicionamiento pasivo elegido, sobre 94 tipos más combinaciones y variación de la resistencia de la aislación nocturna.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

Como ya se mencionó, sobre la base del trabajo del Laboratorio Científico de Los Alamos, se han usado las tablas y algoritmos que describen las relaciones entre la vivienda, el sol y los sistemas de acondicionamiento, de manera que es posible calcular la performance térmica de una vivienda acondicionada mediante un sistema pasivo de calentamiento en relación a una equivalente no-solar.

Se ha modificado, con el objeto de hacer más sencilla la entrada de datos, el sistema original de unidades Inglesas por el Sistema Internacional. Con el mismo objetivo se han dividido los datos en 2 bloques independientes, el correspondiente a las condiciones del clima, que provendrá del Compendio de Climatología del NOA (2) y otro que describe a la vivienda en cuanto a su carga térmica y sistemas de acondicionamiento usados.

Entonces, las dos vertientes de datos, la del clima variando mes a mes y la de la vivienda en función de los sistemas van siendo incorporadas en los algoritmos o puntos de entrada a archivos preparados para el cálculo de la Fracción de Ahorro Solar mensual y anual. Sobre ambas entradas, el clima y la vivienda con sus sistemas, se incluyeron factores de corrección que permitan ajustar el cálculo cuando los datos de entrada no coincidan con los requeridos. Como ejemplo de esto se puede nombrar el caso de no contar con radiación sobre plano horizontal pero sí sobre plano vertical, etc.

4. EJEMPLO Y COMENTARIO SOBRE LOS RESULTADOS

Como ejemplo, se muestra en una salida gráfica, del tipo de bastones, la fracción de ahorro solar y el requerimiento energético global del Puesto Sanitario de Abdon Castro Tolay. El edificio está acondicionado mediante GD y MT, y los datos de entrada son:

LATITUD -23.5 (SUR)

Datos del clima:

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
RAD.HORIZ.(MJ/m ²)	24.5	24.5	23.5	22	19.5	17.5	18.5	21.5	25	28.5	29.5	27.5
GRADOS DIA (b14)	55	61	53	122	233	303	312	255	153	108	68	53
GRADOS DIA (b18)	173	175	176	240	357	423	436	379	271	231	186	175

Datos del edificio:

BLC 270 W/grado día

SISTEMA	GD	MT
TIPO	1	12
AZIMUT	180	180
INCLINACION	90	90
Nro.VIDRIOS	2	2
AREA	11	23
ATSL.NOCT.	NO	NO
FACT.ABS.	.8	.9

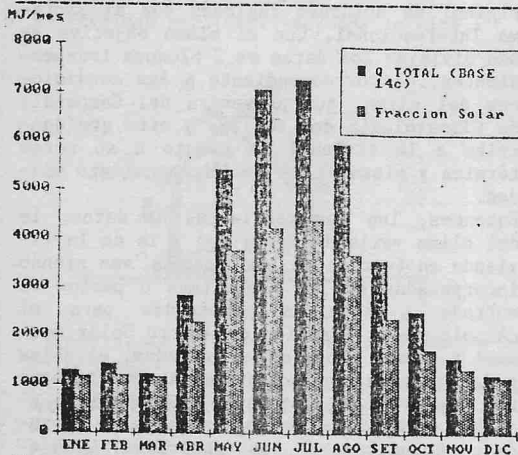


Figura 5. Diagrama de barras: Qtotal y Porcentaje solar/ BASE 14 C. Prototipo de A. Castro Tolay

El edificio ha sido monitoreado, (los registros aparecen publicados como nota técnica en las Actas de la 9na. Reunión de ASADES '84, página 96 a 102) y la respuesta que ofrece esta simulación mensual da por debajo de la medida en el sitio. En los monitoreos se puede apreciar que la temperatura interior media en el mes de julio es de 15 grados con una leve fluctuación diaria de 12 a 18. Este hecho confirma la estimación que ya se tenía al calcular en forma manual otros edificios con el mismo método.

Se realizaron 2 corridas sobre el mismo edificio, una con grados día de base 18 c y otra con grados día de base 14 c. El objetivo era comprobar la variación del comportamiento que tenía la vivienda. La base 18 (65 F) es coincidente con la enunciada como referencia en el trabajo de EEUU, mientras que la base 14 se aproxima más a las temperaturas comprobadas en el edificio De cualquier manera, las consideraciones

que pueden hacerse para justipreciar esta diferencia con la registrada en el edificio son:

- *. el diseño de referencia supone una temperatura interior de termostato (tterm.) que mantiene la vivienda con temperatura constante (tint.) encendiendo la fuente auxiliar de calor cuando la tint. es menor que tterm. y ventila la vivienda cuando la tint. supera por el aporte solar la indicada (tterm.).
- *. no se posee un factor de corrección que indique la modificación de la temperatura de diseño (estimada en el método para las condiciones de confort de vivienda para EEUU entre 65 F a 75 F o sea 18 c a 24 c) para aproximarla a temperaturas interiores de "confort local" menores.

La figura siguiente muestra otra salida gráfica del mismo prototipo corrida con un requerimiento de confort en base 18 c.

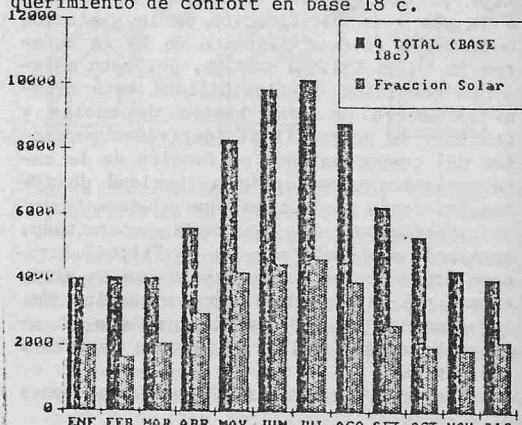


Figura 6.: Diagrama de barras: Qtotal y Porcentaje solar/BASE 18 C. Prototipo de A. Castro Tolay.

La tabla I. confeccionada sobre estas corridas muestra las diferencias con base de cálculo 14 c y 18 c.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
BASE 14												
QTOT.	1283	1422	1236	2845	5434	7067	7277	5948	3568	2519	1586	1236
QSOL.	1177	1186	1155	2310	3775	4252	4394	3698	2398	1739	1335	1165
%SOLAR	92	83	93	81	69	60	60	62	67	69	84	94
BASE 18												
QTOT	4035	4081	4105	5598	8327	9866	10169	8840	6321	5388	4338	4081
QSOL	2027	1672	2110	3026	4281	4533	4688	4033	2716	2003	1911	2190
%SOLAR	50	41	51	54	51	46	46	45	43	37	44	53

QTOT. y QSOL. en (MJ/mes)

Tabla I. Resultados de las corridas en BASE 14 y BASE 18.

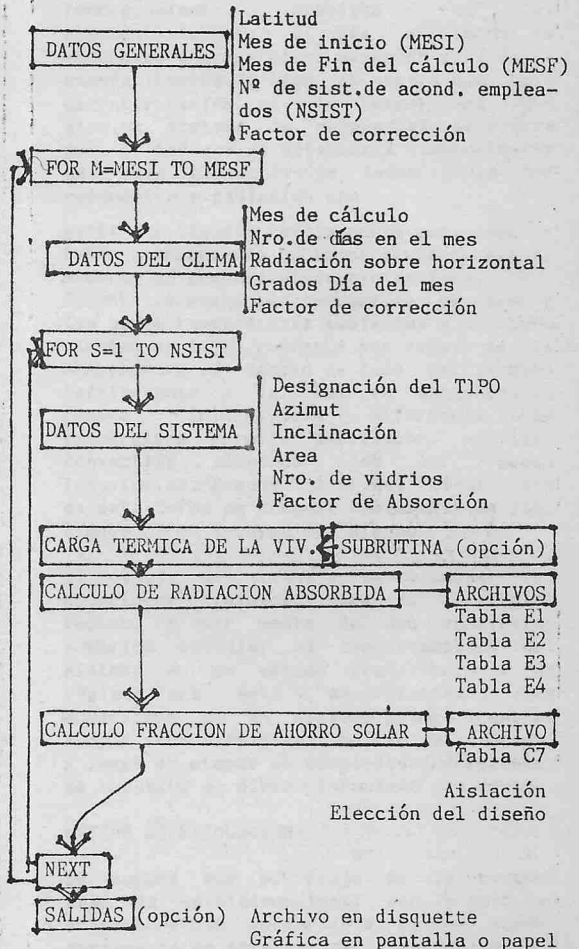
Esta comparación muestra que la Qsolar que absorbe el prototipo con base 14 en relación al mismo con base 18 resulta considerablemente menor en los meses que mejor se satisface la demanda interna, igualándose prácticamente cuando el suministro solar resulta más insuficiente.

Teniendo en consideración que ambas corridas mantienen la misma cantidad de energía en términos de radiación absorbida, al menos 2 pueden ser los factores que determinan esta diferencia. Uno tiene relación directa con el método de cálculo, que al mantener una temperatura interior termostatazada evacua parte de la energía recibida ventilando, cuando se supera la temperatura de 24 c. La segunda hipótesis está en relación al rendimiento de cualquier sistema de colectores, que al ser directamente proporcional a la relación T/I (donde T es la diferencia de temperatura e I la radiación incidente, para este análisis I constante) indica que al disminuir la T el rendimiento del sistema será menor.

La facilidad actual de contar con el programa permitirá en los próximos meses, al terminar el monitoreo de otros prototipos, comparar los resultados y validar este método de cálculo. De comprobarse esta tendencia a subvaluar térmicamente el recurso solar se podría ponderar este desfase y establecer nuevos coeficientes para aproximar los resultados y paralelamente verificar los lineamientos seguidos en la confección de este programa.

5. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROGRAMA

La estructura del programa en su forma de diagrama de bloques se indica en el esquema siguiente:



6. REFERENCIAS

- * (1). Solar Passive Handbook, Volumen I y II Cientific Laboratory of Los Alamos - J.D.Balcomb, et al.
- * (2). Compendio de datos del clima para el NOA.. INENCO.