

SIMULACION MEDIANTE SIMEDIF Y ENERGY-10 DE UN EDIFICIO LIVIANO¹

Silvana Flores Larsen², Celina Filippin³ y Graciela Lesino³
INENCO - Universidad Nacional de Salta - CONICET
Buenos Aires 177, (4400) - Salta - Argentina
Tel.: 54 387 4255578, Fax: 54 387 4255489
E-mail: seflores@unsa.edu.ar

RESUMEN

ENERGY-10 es un programa de diseño creado en 1996 por el NREL (National Renewable Energy Laboratory) que permite simular el comportamiento térmico de edificios con sistemas de acondicionamiento de aire pasivos, híbridos y/o activos. En este trabajo se describe el modo de uso de este nuevo programa y se lo utiliza para simular el comportamiento del Auditorio de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Pampa, monitoreado durante los meses de junio, julio y agosto de 2000. Los resultados obtenidos mediante el programa ENERGY-10 son comparados con los entregados por SIMEDIF, el programa de simulación térmica de edificios creado en el INENCO. Ambas simulaciones son analizadas en conjunto con los resultados experimentales surgidos del monitoreo del Auditorio. Finalmente, se explican los aciertos de cada modelo en la predicción del comportamiento térmico del edificio.

PALABRAS CLAVE

ENERGY-10, SIMEDIF, simulación de edificios, modelos térmicos, acondicionamiento.

INTRODUCCIÓN

Durante el año 1997 se diseñó un edificio solar pasivo para la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Pampa. En respuesta a los requerimientos de los usuarios, las pautas de diseño priorizaron la simplicidad del control lumínico frente a la maximización del ahorro energético (Beascochea y Filippin, 1998). Ante las distintas alternativas tecnológicas estudiadas y la disponibilidad presupuestaria se optó por diseñar un edificio sin ganancia solar directa y con una envolvente energéticamente eficiente (Filippin et al., 2000). A fines de 1999 se concluyó la primera etapa de construcción del pabellón. Dicho edificio consta de un auditorio para 200 personas, un área de servicios (constituidos por dos baños, un depósito y un acceso) y un hall de entrada. El auditorio fue inaugurado en marzo de 2000.

El objetivo de este trabajo es simular el comportamiento térmico de este edificio mediante la nueva versión de SIMEDIF y mediante ENERGY-10. SIMEDIF para Windows es la nueva versión del programa de simulación de edificios desarrollado en el INENCO. Este programa ha sido pensado como una herramienta de diseño y simulación de datos medidos en edificios. SIMEDIF admite hasta 50 zonas térmicas por lo que puede simular tanto pequeñas construcciones como edificios de gran tamaño, en el nivel de detalle que el usuario determine conveniente. Cuenta con una moderna entrada de datos, salidas gráficas, base de datos de materiales, ayuda interactiva, editores de texto, mapas, etc. Una descripción detallada del modelo térmico que utiliza SIMEDIF se puede encontrar en los trabajos de Flores Larsen y Lesino (2001a, 2001b), mientras que las nuevas modificaciones al programa original se encuentran descritas con detalle en el trabajo de Flores Larsen y Lesino (2000). La más reciente incorporación de los módulos de enfriamiento evaporativo y de intercambiadores tierra-aire se encuentra analizada en el trabajo de Flores Larsen y Lesino (2001c).

ENERGY-10 es un programa desarrollado en el NREL (National Renewable Energy Laboratory, EEUU) que permite simular rápidamente el comportamiento térmico de edificios con sistemas de acondicionamiento de aire pasivos, híbridos y/o activos. Este programa ha sido pensado como una herramienta de diseño y no como una herramienta de simulación de datos medidos. Debido a ello, se pueden adicionar o quitar estufas, acondicionadores de aire, luminarias, artefactos de ventilación, ventanas, aislaciones térmicas de muros, etc. ENERGY-10 fue diseñado para trabajar especialmente con edificios pequeños y medianos (de hasta 900 m² aproximadamente) que pueden ser descriptos adecuadamente mediante a lo sumo dos zonas térmicas.

DESCRIPCION DEL EDIFICIO

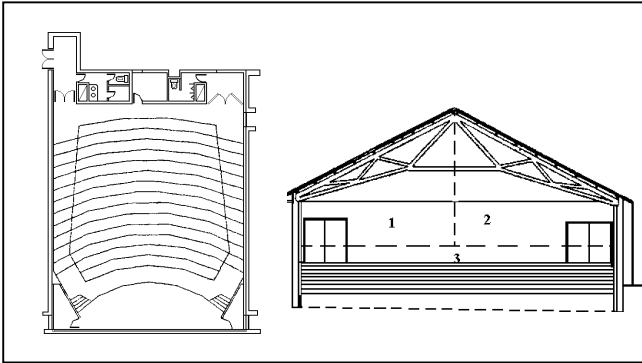
Este edificio está ubicado a 10 km. al norte de la ciudad de Santa Rosa, al este de la provincia de La Pampa (a 36.57° de latitud sur, 64.45° longitud oeste y 189 m de altura snm). El edificio tiene una superficie cubierta de 316 m² y consta de un hall de ingreso, un auditorio y un área de servicios constituida por dos baños, un depósito y un acceso desde el auditorio (Fig.

¹ Trabajo financiado por CIUNSa.

² Becaria de CONICET.

³ Investigadora de CONICET.

1). El hall de ingreso y los servicios tienen techo de losa plana con aislación térmica de poliestireno expandido (5cm), mientras que el auditorio posee un techo a dos aguas de chapas de acero galvanizado de 0.7mm de espesor, con aislación térmica (3 cm de lana de vidrio y 4 cm de poliestireno expandido) y terminación de machimbre. El edificio cuenta además con un equipo activo de acondicionamiento de aire.



Sus estrategias de diseño son: calentamiento solar pasivo, iluminación y enfriamiento natural, y una envolvente energéticamente eficiente. Debido a ello, las ventanas (carpintería de aluminio) poseen doble vidrio hermético para reducir las pérdidas hacia el exterior, con cortinas interiores dobles de oscurecimiento. Las paredes son de ladrillón mendocino (20cm y 30cm de espesor). El revestimiento interno de los muros norte, sur y oeste está constituido por listones de madera de pino de 3/4" de espesor. Los muros de la envolvente poseen como aislación térmica 3 cm de lana de vidrio (con papel Kraft) y 2 cm de lana de vidrio con velo negro. La pared sur tiene, además, 2,5 cm de poliestireno expandido. Una parte del edificio se encuentra parcialmente enterrada con lo que se mejora aún más la eficiencia de la envolvente. Las paredes

norte y sur del auditorio tiene el 30% de su superficie enterrada y un 20% de la pared se encuentra en contacto con el suelo, mediante un talud de 0.7 m de altura.

MONITOREO DEL EDIFICIO

El equipo de medición consistió de una PC a la cual se acoplaron dos módulos NUDAM de 8 canales para la conexión de termocuplas tipo T. Se colocaron termocuplas en el exterior, en el hall de ingreso y en el auditorio. En el interior de este último se instaló una red de termocuplas ubicadas a 2 m del nivel del piso para evitar obstrucciones visuales durante el periodo de actividad de la sala. Se colocaron cinco sensores paralelos a la pared norte y seis paralelos a la pared sur. También se monitoreó la temperatura del auditorio a 0.6 m del suelo. El periodo de monitoreo abarca desde el 19 al 30 de junio y del 10 de julio al 8 de agosto del 2000. Se seleccionó la semana comprendida entre el 21 y el 27 de julio inclusive para realizar la simulación, que corresponde a días de radiación y temperatura ambiente similares.

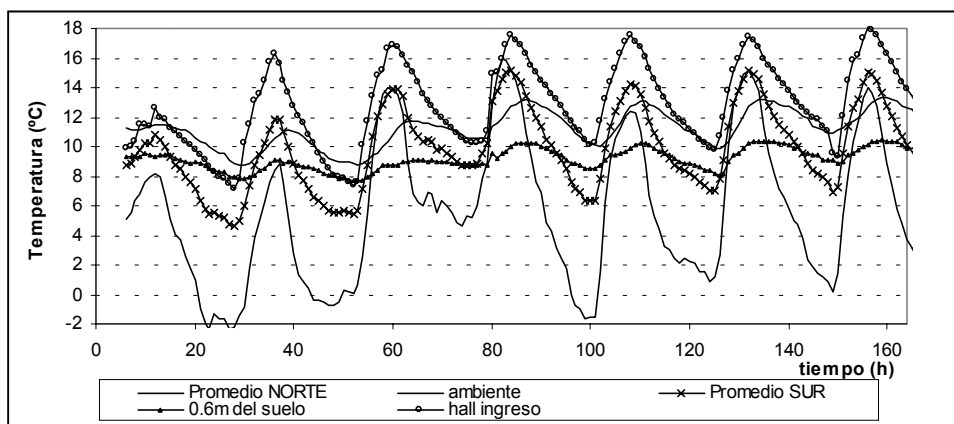


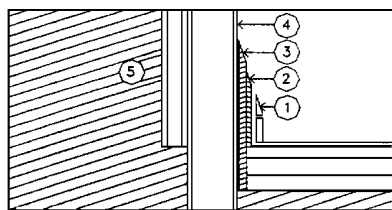
Fig. 2: mediciones de temperatura exterior, del hall de ingreso y de tres zonas del auditorio (21 al 27 de julio de 2000).

En la Fig. 2 se pueden analizar las medidas tomadas en las tres zonas del auditorio y en el hall de ingreso. Si no consideramos el hall de ingreso, con una amplitud térmica media de 13°C, se observa que la amplitud térmica de la zona sur, (7°C en promedio) es mucho mayor que la amplitud térmica para las otras dos zonas (del orden de 2°C). También se puede observar que la temperatura media más alta del auditorio se registra en la zona norte lo cual se corresponde con el aporte de energía debido a la acumulación en muros orientados al norte. En la zona inferior se observa una temperatura media más baja (9.2°C) que la zona norte (11.2°C), lo cual está de acuerdo con los comentarios de los alumnos sobre la baja sensación térmica percibida a nivel de los asientos. Esta estratificación térmica del aire del auditorio puede evidenciarse aún más si se analizan las zonas sur y a 0.6 m del suelo entre las que se puede apreciar una diferencia de temperatura del orden de 2°C. Por otro lado, si analizamos el defasaje de estas temperaturas con respecto a la temperatura ambiente, se observa que la zona más desfasada es la zona norte (3 horas), siendo muy poco apreciable el defasaje del hall de ingreso y de la zona sur.

TRATAMIENTO CON SIMEDIF

Recordemos que para SIMEDIF un *local* es una zona isoterma, pudiendo coincidir con una habitación, una parte de ésta o un conjunto de varias habitaciones. El edificio se divide en cinco locales: hall de entrada, servicios, Auditorio zona Norte,

Auditorio zona Sur y Auditorio zona inferior. Estas tres zonas del Auditorio han sido señaladas con los números 1, 2 y 3 respectivamente, en el corte del edificio de la Fig. 1. El Auditorio ha sido dividido en tres locales debido al análisis realizado en el apartado anterior: al no ser isotermo no conviene tratarlo como un único local.



Los elementos con los que trabaja SIMEDIF para realizar la descripción del edificio son: *PAREDES*, *TABIQUES*, *MUROS DE AGUA*, *PUERTAS*, *VENTANAS* y *VENTANILLAS*. Para una descripción más detallada del comportamiento y características de cada uno de estos elementos, se pueden consultar los trabajos de Flores Larsen y Lesino (2000, 2001a, 2001b). En el edificio en estudio, se definen 25 *PAREDES*, 8 *TABIQUES* y 3 *VENTANAS*. Las paredes norte, sur y oeste tienen una zona enterrada, por lo cual han sido divididas en dos paredes diferentes cada una. Cabe recordar que el piso de todos los locales y el techo del hall de entrada y los servicios deben ser considerados *PAREDES* debido a su estructura masiva. Las capas de la envolvente son

las siguientes (Fig. 3): 1- revestimiento de madera, 2- lana de vidrio con velo negro (20 mm), 3- lana de vidrio con papel Kraft (30 mm), 4- aislación hidrófuga vertical, 5- doble aislación hidrófuga sobre panderete de ladrillo (Beascochea y Filippín, 1998).

Como las puertas del edificio estuvieron permanentemente cerradas en la etapa de monitoreo, dichas puertas se consideraron como *TABIQUES*. El coeficiente de absorción se tomó 0.7 para paredes ladrillo a la vista, revoques y suelo (color ladrillo) y 0.4 para el techo de acero galvanizado. Los coeficientes convectivos utilizados fueron: 6 W/m²°C para superficies internas no asoleadas, 8 W/m²°C para superficies internas asoleadas y 12 W/m²°C para superficies externas.

TRATAMIENTO CON ENERGY-10

El ENERGY-10 (PSIC, 1998) es un programa desarrollado por el NREL (National Renewable Energy Laboratory) en conjunto con el PSIC (Passive Solar Industries Council), el LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory) y el BSG (Berkeley Solar Group). La versión 1.1 del programa apareció en mayo de 1997, mientras que la versión más reciente 1.3 apareció en noviembre de 1999. ENERGY-10 fue diseñado especialmente para trabajar con edificios pequeños y medianos (de hasta 900 m² aproximadamente) que pueden ser descriptos adecuadamente mediante una o dos zonas térmicas. El programa ha sido concebido como un programa de prediseño, que permite analizar rápidamente el efecto de las interacciones del edificio con su entorno de acuerdo a su ubicación, orientación, aventanamiento, estructura geométrica, materiales, tipo de construcción, uso, etc. En unos minutos, ENERGY-10 realiza simulaciones horarias, que pueden extenderse a un año completo e inclusive obtener resultados para el día típico de diseño de cada mes. Debido a su uso en la etapa de diseño el programa cuenta con diversas herramientas de análisis, métodos de para calcular requerimientos energéticos y autoajustar los tamaños de una gran variedad de sistemas de acondicionamiento de aire (calefactores eléctricos, a gas, aire acondicionado, enfriamiento evaporativo, etc.), para que el usuario cuente con la información básica que le permita tomar decisiones de diseño cruciales para el edificio. Los pasos a seguir para simular un edificio con ENERGY-10 son los siguientes:

1. División del edificio en zonas e ingreso de datos generales

En el caso estudiado se divide el edificio en dos zonas: la primera corresponde al Auditorio propiamente dicho y la segunda corresponde al hall de ingreso y a los servicios (ver Fig. 1). Debido a la imposibilidad de utilizar más de dos locales para describir un edificio con ENERGY-10, sabemos que los resultados obtenidos pueden no tener la exactitud de los resultados de SIMEDIF, en que se utilizaron cinco locales para simular el Auditorio. Los datos ingresados en ENERGY-10 para ambas zonas son los siguientes:

	Zona	Uso	Área de suelo	Nro. de pisos
Auditorio	1	Educación	260 m ²	1
Servicios	2	Educación	30 m ²	1

Relación de aspecto: 1.48

En esta primera etapa el programa precisa que se elija de una lista el tipo de uso que se le dará al edificio (conferencias, educación, almacén, alojamiento, mercantil y servicios, oficina, residencial, restaurante o depósito). En base a ello se puede acceder a una amplia base de datos en la que se encuentran los días en que el edificio se encuentra ocupado, las horas durante los siete días de la semana en que se utiliza iluminación artificial, agua caliente, etc., de acuerdo al tipo de uso que se le de al edificio. Como el edificio durante el periodo de monitoreo se encontraba desocupado, se eligió la opción "Educación", pero en la base de datos se seleccionó la opción <none>, que indica edificio desocupado.

También es necesario ingresar el tipo de acondicionamiento de aire que posee el edificio. En una etapa posterior, es posible desactivar el sistema de acondicionamiento de aire, si es que éste no existe o no se utiliza. El *número de pisos* se calcula como el área total de suelo dividida por el área del primer piso mientras que la *relación de aspecto* está definida como Área total de edificio/ (lado Norte-Sur)².

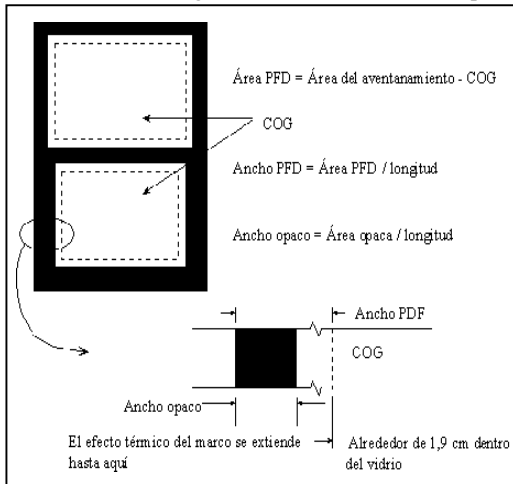
2. Ingreso de los elementos constitutivos de cada zona

2.1 Paredes, Pisos y Techos

De la misma manera que en SIMEDIF, los pisos y techos de ambas zonas se describen por medio de las capas constitutivas y su espesor. En cuanto a las paredes, para la zona 1 se definieron cuatro (norte, sur, este y oeste) mientras que para la zona dos se definieron tres (norte, sur y este). En ENERGY-10 una misma pared puede tener dos composiciones diferentes, lo cual es muy útil para describir las paredes norte y sur del auditorio, en las que una porción de las mismas se encuentran enterradas. Las capas utilizadas para cada pared son las ya descritas, lo mismo que los coeficientes de absorción. Las paredes internas de los Servicios se consideran como una partición interna con 33 m² de área.

2.2 Ventanas

En este ítem, ENERGY-10 realiza un tratamiento ligeramente diferente de SIMEDIF. En SIMEDIF la VENTANA no está relacionada con la ganancia solar, sino con las pérdidas a través de un coeficiente que puede variar del día a la noche. Para ENERGY-10, la VENTANA coincide con su acepción literal.



ENERGY-10, la VENTANA coincide con su acepción literal. Deben definirse sus dimensiones, el tipo de vidrioado (doble, simple, de baja emitancia, etc.), el material del marco, el ancho del marco y el ancho proyectado PFD (Projected Frame Dimension), calculado como se indica en la Fig. 4. Ventanas más complejas (con divisiones internas) se tienen en cuenta por medio del ancho opaco y del ancho PFD equivalentes. La longitud a utilizarse en el cálculo de dichos anchos se mide a lo largo de la línea central del marco (divisiones internas incluidas). ENERGY-10 distribuye la radiación solar que ingresa por las ventanas de la siguiente manera: 50% para el piso, 20% para el aire, 20% para las paredes y 10% para el techo, es decir, se supone que es absorbida totalmente. ENERGY-10 utiliza el concepto de factor de ganancia solar, que tiene en cuenta la fracción de la ganancia solar que es absorbida por el vidrio y que finalmente es transferida a la habitación o al exterior como calor (dependiendo de si es absorbida en la parte interna o externa del vidrio). Este factor se calcula para incidencia normal al vidrio. El tipo de vidrio tiene en cuenta las reducciones en la transmitancia debido al cambio del ángulo de incidencia (es decir, desde 1 para incidencia normal a 0 para incidencia rasante).

3. Ingreso de datos meteorológicos

ENERGY-10 cuenta con un módulo adicional denominado *Weather Maker* que trabaja con datos climáticos. Este módulo permite editar los archivos de cada localidad, analizarlos con sumo grado de detalle (permitiendo el análisis horario, mensual y anual de radiación solar y temperatura, la confección de cartas psicrométricas, diagramas de confort, etc.) y permite además la creación de nuevos archivos de datos en base a estaciones meteorológicas cercanas. El módulo contiene datos horarios de 239 localidades de Estados Unidos y unas decenas del resto del mundo (entre los que se encuentra Buenos Aires), y permite ajustar los datos para 3968 localidades más de EEUU en las que no se tienen datos horarios, a partir de los datos de la estación "madre" más cercana a la localidad.

En el caso de la ciudad de Santa Rosa (La Pampa), se utilizaron los datos de Buenos Aires como estación "madre" para generar un archivo intermedio para la localidad. Para ello, *Weather Maker* precisa datos medios mensuales de temperaturas máximas y mínimas, claridad, latitud, longitud y elevación de la localidad. Si se calcularán sistemas de calefacción y/o enfriamiento, es necesario introducir además el percentil 2.5% de temperatura de diseño de bulbo seco de invierno y los percentiles 97.5% de temperatura de diseño de bulbo seco y húmedo de verano y los datos horarios de temperatura de bulbo húmedo. Estos datos fueron obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional para Estación Santa Rosa. Una vez ingresados, *Weather Maker* genera un archivo que se aproxima más a las condiciones climáticas de la localidad en estudio. El módulo no permite el ingreso de radiación solar ni de temperatura, las cuales son ajustadas a partir de los datos de la estación "madre".

4. Modificación de los archivos meteorológicos para el ingreso de datos medidos.

ENERGY-10 no ha sido concebido para simular datos medidos de edificios, por lo que no cuenta con una opción para ingresar mediciones horarias de radiación ni de temperatura. Sin embargo, es posible introducirlos manualmente, siempre y cuando se tenga mucha precaución al hacerlo y se preste atención al momento de analizar los resultados obtenidos, para detectar cualquier error que pudiera surgir.

El primer paso para ingresar los datos medidos es manipular el archivo meteorológico correspondiente convirtiéndolo a modo texto para poder modificarlo manualmente. Ésto se realiza mediante el módulo *Weather Maker*, que contiene una opción adicional que transforma archivos de texto en archivos de extensión *.et1 que el código de ENERGY-10 entiende y viceversa. A continuación, mediante un editor de textos, se abre el archivo resultante y se ingresan a mano los siguientes datos horarios: temperatura de bulbo seco (en °F), radiación global, directa y difusa (Btu/ft²), nubosidad, dirección y velocidad de viento (en millas/h). Los datos horarios de radiación global sobre superficie horizontal y velocidad de viento del periodo en estudio fueron suministrados por una estación meteorológica cercana al campus universitario, mientras que los datos de temperatura fueron medidos mediante las termocuplas antes mencionadas. Se calcularon los datos de radiación horaria directa y difusa a partir de los datos medidos de radiación global sobre superficie horizontal con el método de Erbs (Duffie y Beckman, 1991).

5. Cálculo

Una vez introducidos todos los datos mencionados, se procede a realizar el cálculo propiamente dicho mediante la opción *Simulate...* que se encuentra en la barra de herramientas del programa. Se pregunta al usuario el período a ser simulado y a continuación el programa realiza el cálculo y muestra los resultados obtenidos. Existen 14 formas diferentes de analizar el edificio, como ser gráficos de flujo de calor, de consumo de energía y de iluminación que pueden analizarse en forma horaria o promedio. Igual que en SIMEDIF, la variable de ajuste fue el número de renovaciones de aire horario. En la Fig. 5 se pueden observar los resultados horarios obtenidos mediante ENERGY-10 para la temperatura del auditorio (zona 1).

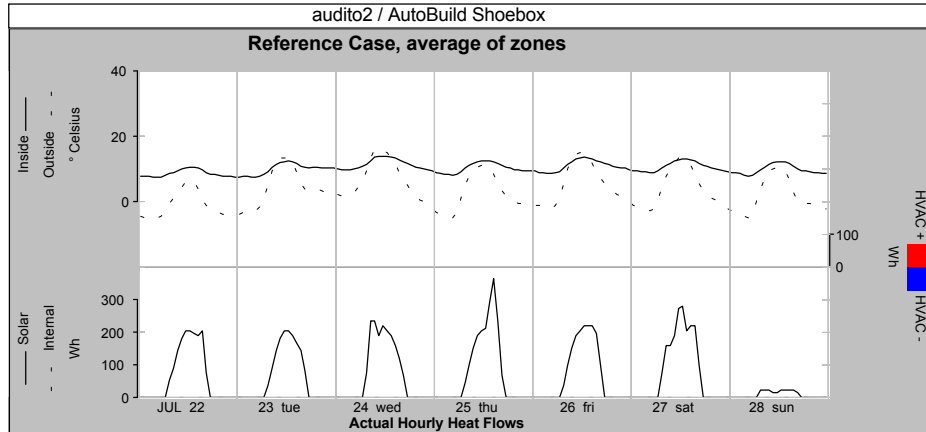


Fig 5: resultado de la simulación con Energy 10.

RESULTADO DE LAS SIMULACIONES

Los resultados obtenidos mediante ambos programas pueden compararse en la Fig. 6 para el auditorio. En ambos casos, las temperaturas medias en el periodo coinciden con la temperatura media medida, lo mismo que las horas en las que se producen los picos máximos y mínimos de temperatura. Con respecto a las amplitudes térmicas, es notoria la diferencia entre ambas simulaciones: en ambos programas la amplitud térmica es mayor que la medida, pero en ENERGY-10 esta diferencia es marcadamente mayor, con 2.5°C de diferencia máxima en la amplitud frente a la simulación en SIMEDIF cuya máxima diferencia es menor de 1°C.

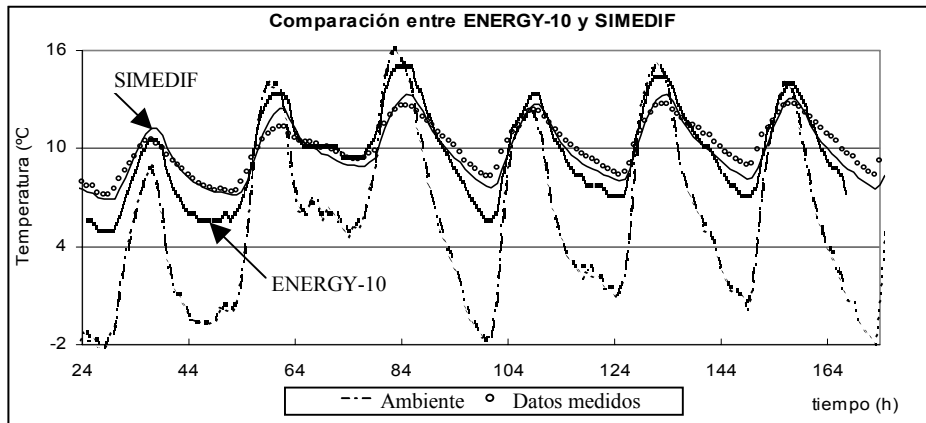


Fig 6: comparación entre ENERGY-10 y SIMEDIF.

Las variables de ajuste de ambos programas fueron las renovaciones de aire horarias de cada local. En ENERGY-10 se tomaron 0.5 renovaciones para el auditorio (que tiene un volumen de 1613 m³) y 2 para los servicios (que tiene un volumen de 121 m³). ENERGY-10 permite introducir a mano un valor aproximado de las renovaciones de aire horarias (valor que se aplicará a todas las horas de la simulación) o bien trabajar con el modelo de Sherman-Grimsrud (Manual de Ayuda de ENERGY-10) para calcular las infiltraciones hora por hora a partir de la velocidad de viento y de la diferencia de temperatura entre el interior de la zona considerada y el ambiente externo. En SIMEDIF, los valores que mejor ajustan los datos medidos son 2 renovaciones para el hall de ingreso (de 27 m³) y 0.5 para los servicios y para las tres zonas del auditorio.

Uno de los más grandes inconvenientes que surgen al querer utilizar ENERGY-10 para simular un edificio es la limitación a dos zonas térmicas. Es imposible intentar obtener con este programa el comportamiento del auditorio con respecto a la estratificación del aire observada. Este inconveniente no aparece con SIMEDIF, que es mucho más amplio al permitir definir hasta 50 locales, de acuerdo a las necesidades del usuario. De esta forma es posible simular las tres zonas del auditorio, el hall de ingreso y los servicios.

CONCLUSIONES

Los programas de simulación de edificios no pueden tener en cuenta la gran cantidad de variables que influyen en el comportamiento térmico de los mismos. Mientras más detallada sea la entrada de datos, más tediosa se volverá y más tiempo se precisará para realizar el cálculo. Debido a ello existen programas simplificados que son muy útiles en la etapa de prediseño de un edificio. Tal es el caso de ENERGY-10, que es un programa muy completo y ofrece al usuario muchísimas posibilidades de análisis interesantes, cálculos de luminarias y de necesidades energéticas de edificios. Este programa es utilísima herramienta para analizar el comportamiento del edificio bajo diferentes condiciones climáticas en forma rápida, permitiendo la inclusión de sistemas de acondicionamiento de aire, luminarias, sistemas solares y masas de acumulación con una gran variedad de variantes en cada caso. Su uso es simple e intuitivo y la visualización de resultados muy eficaz e informativa.

ENERGY-10 ha sido concebido como un programa de prediseño y no como un programa de simulación de datos medidos. Debido a este uso para prediseño, ENERGY-10 no entrega un archivo de salida para ser leído mediante un editor de textos común. Esto dificulta en gran manera la comparación entre los datos calculados por el programa y los datos obtenidos en las mediciones. La mayor limitación de este programa se centra en las dos zonas térmicas que éste admite como máximo. En la mayoría de las situaciones es muy difícil que dos zonas sean suficientes para describir un edificio, como se ha visto en este ejemplo.

SIMEDIF es un programa muy dúctil con muchos años de uso por parte de varios grupos del país. En este caso particular, presenta la ventaja evidente de poder subdividir el edificio en más de dos zonas térmicas. Por otro lado, permite tener control sobre los coeficientes convectivos internos y externos de paredes y tabiques, y además las salidas con los resultados tienen formato de texto, fácilmente legible y muy útil para comparar con datos medidos. Otra ventaja de SIMEDIF es la posibilidad de utilizar archivos de datos meteorológicos medidos sin tener que manipular archivos especiales. Sin embargo, tener mayor control sobre las variables que intervienen en la descripción de un edificio trae como consecuencia la necesidad de conocerlas con mayor profundidad. Esto significa que el usuario de SIMEDIF debe tener conocimiento del comportamiento e influencia de dichas variables en una simulación, además de un cierto entrenamiento para conocer de antemano cuál será el comportamiento aproximado de un edificio.

En este trabajo se ha realizado una primera aproximación al uso de ENERGY-10. En el futuro se pretende aprovechar todas las ventajas que ofrece dicho programa en el ingreso de equipos de acondicionamiento de aire para simular el Auditorio bajo condiciones reales de ocupación, en las que el equipo activo de calefacción/refrigeración está en pleno funcionamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Beascochea, A. y Filippin, C. (1998). Un edificio Solar Pasivo para la Universidad Nacional de La Pampa. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 2, 1, pp. 03.17-03.20.
- Filippin, C., Beascochea, A. y Lesino, G. (2000). Comportamiento térmico de un sector del pabellón de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Pampa. En *Comunicaciones del XXIII Congreso de ASADES*, pp. 05.09-05.10.
- Flores Larsen S. y Lesino G. (2000). SIMEDIF 2000: nueva versión del programa de diseño y cálculo de edificios. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 4, 2, pp. 8.53-8.58.
- Flores Larsen S. y Lesino G. (2001a). A new code for the hour-by-hour thermal behavior simulation of buildings. En *Actas del VII International Building Simulation Congress*, Río de Janeiro, Brazil. En prensa.
- Flores Larsen S. y Lesino G. (2001b). Modelo térmico del programa SIMEDIF de simulación de edificios. *Energías Renovables y Medio Ambiente*. En prensa.
- Flores Larsen S. y Lesino, G., (2001c). Incorporación de módulos de enfriamiento evaporativo y de intercambiadores tierra-aire al programa SIMEDIF. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 5. En prensa.
- Duffie J.A. y Beckman W.A. (1991). *Solar Engineering of Thermal Processes*, 2º Ed., Wiley Interscience, New York.
- PSIC (Passive Solar Industries Council), 1998. *Designing Low-Energy Buildings: Passive Solar Strategies*.

ABSTRACT

ENERGY-10 is a new building design tool developed at NREL (National Renewable Energy Laboratory). This program simulates the thermal response of buildings with passive, hybrid and/or active air conditioning systems. This paper describes the use guidelines of ENERGY-10 and its application to simulate the thermal behavior of an Auditorium at the National University of La Pampa. This building was monitored during June, July and August 2000. Also a simulation of the thermal building behavior with SIMEDIF for Windows, the building simulation program developed at INENCO, was done. Thus, the measured and calculated data sets are compared. Finally, the goals of each model on the building thermal behavior prediction are analyzed.