

## **“PREDISE” – UN NOVEDOSO Y PRACTICO PROGRAMA DE EVALUACIÓN TERMICA DE EDIFICIOS**

Alejandro L. Hernández<sup>1</sup>  
INENCO – Universidad Nacional de Salta  
Buenos Aires 177, 4400, Salta, Argentina  
FAX: 54-87-489, TE: 54-87-4255589  
EMAIL: alejo@unsa.edu.ar

### **RESUMEN**

En este trabajo se presentan los lineamientos generales de un método de prediseño térmico de edificios explicitándose las ecuaciones necesarias para calcular su temperatura media interior. Seguidamente se presenta el programa PREDISE – V.1.0.1 que corre bajo plataforma Windows 95 y posteriores. Dicho programa, desarrollado por el autor del trabajo, realiza el cálculo completo del método de prediseño y constituye una valiosa herramienta de evaluación previa para ser utilizado como soporte optimizador de programas detallados tipo SIMEDIF. Su velocidad de cálculo es significativa, lo cual permite evaluar los cambios introducidos en el diseño en forma prácticamente instantánea y lograr un diseño térmico óptimo en el lapso de unas pocas horas. Como producto final genera un completo archivo de reporte en código ASCII que puede ser mejorado en su calidad visual mediante cualquier procesador de texto comercial. Se prevé incluir en versiones posteriores una opción de optimización del diseño mediante gráficos interactivos.

*Palabras clave* : desarrollo de software, modelización, simulación de edificios.

### **INTRODUCCION**

La etapa de proyecto de un nuevo edificio debe contemplar tanto los aspectos constructivos como el análisis de su comportamiento térmico a fin de obtener un diseño que cumpla con las normas de edificación vigentes y con las pautas de uso racional de la energía.

El método de prediseño térmico de edificios (Saravia, L. et al, 1982) constituye una valiosa herramienta de cálculo mediante la cual se obtiene, a partir de un diseño simplificado del edificio y con cálculos promediados en el día, las áreas de colección de radiación solar necesarias para alcanzar una determinada temperatura media interior (temperatura de diseño) y el área de transferencia de las masas de acumulación de energía necesaria para obtener una amplitud térmica en la oscilación de temperatura interior del orden de 3 °C. Con él pueden analizarse distintas combinaciones de materiales, espesor y ubicación de aislación térmica, sistemas colectores de radiación solar, etc.

Si bien la aplicación del método no tiene la complejidad matemática del SIMEDIF ya que resuelve una ecuación de balance global de energía en estado estacionario, su implementación con lápiz y papel constituye una tarea tediosa a la hora de introducir modificaciones en los parámetros iniciales de diseño. Mucho tiempo se gana si se cuenta con la posibilidad de emplear una planilla de cálculo, pero los productos comerciales de este tipo son demasiado onerosos. Atento a esto, el autor del presente trabajo desarrolló el programa PREDISE (prediseño) que corre bajo plataforma Windows (Versión 95 y posteriores), resultando un producto fácil de utilizar y totalmente independiente de aplicaciones comerciales. En las secciones siguientes se dan los lineamientos del método de prediseño y se presenta oficialmente el programa.

### **EL METODO DE PREDISEÑO**

Es aplicable a edificios de un solo local por lo que, si el diseño original es multiambiente, deben ignorarse las medianeras interiores y considerarse solamente las fachadas, conservándose el volumen total del edificio. Esta simplificación, si bien es conveniente a los efectos de facilitar los cálculos, conduce a discrepancias con los resultados obtenidos con los programas de simulación detallada tipo SIMEDIF ya que con el prediseño se obtiene una única temperatura media para todo el edificio mientras que los programas detallados multiambientes determinan una temperatura distinta para cada local. Se observa en estos casos que los ambientes ubicados al norte suelen tener temperaturas medias superiores a la de los ubicados al sur si no disponen éstos de colección de radiación solar, por ejemplo, por ventanas ubicadas en un quiebre de techo.

El primer paso del método consiste en determinar la cantidad de energía que intercambia el edificio con el exterior, por día, a través de paredes, techos, ventanas, fundaciones (pérdidas a través de los cimientos perimetrales) e infiltraciones de aire por

---

<sup>1</sup> Integrante del Proyecto Foncyt de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Técnica, FUNDALTES BID 802/OC – AR – PICT 2000 N° 13-09991

cada grado de diferencia de temperatura entre los valores medios diarios interior y exterior. Esta cantidad recibe el nombre de Carga Térmica Unitaria o CTU y, para calcularla, deben determinarse los distintos aportes diarios mediante:

a) Paredes:  $Q_p = 24 \times 3,6 \times U_p \times A_p / 1.000 \quad (\text{MJ} / ^\circ\text{C}\cdot\text{día}) \quad (1)$

b) Techos:  $Q_t = 24 \times 3,6 \times U_t \times A_t / 1.000 \quad (2)$

c) Ventanas:  $Q_v = 24 \times 3,6 \times U_v \times A_v / 1.000 \quad (3)$

d) Fundaciones:  $Q_{pt} = 24 \times 3,6 \times U_{pt} \times A_{pt} / 1.000 \quad (4)$

e) Infiltraciones:  $Q_i = 24 \times R_h \times R_o \times V / 1.000 \quad (5)$

Donde  $U_j$  es el coeficiente global de transferencia de calor, en  $\text{W}/\text{m}^2$ , del *j-ésimo* aporte y  $A_j$  su área de transferencia, en  $\text{m}^2$ .  $R_h$  es la tasa de renovaciones de aire por hora,  $R_o$  la densidad del aire a  $20^\circ\text{C}$  y a la presión del lugar, en  $\text{Kg}/\text{m}^3$ , y  $V$  el volumen del edificio en  $\text{m}^3$ . El valor de  $R_h$  depende del tipo de carpintería empleado, oscilando entre 1 y 4 de acuerdo a su calidad. El valor de la CTU se obtiene sumando las ecuaciones (1) a (5):

$$\text{CTU} = Q_p + Q_t + Q_v + Q_{pt} + Q_i \quad (6)$$

El próximo paso es determinar la cantidad de energía aportada en un día por los sistemas colectores de radiación solar y las ganancias internas de calor debidas a la permanencia de personas y a los aparatos eléctricos o a gas presentes en el edificio. El aporte solar depende de si la colección de radiación se efectúa mediante ganancia directa por ventanas o a través de muros colectores-acumuladores, con o sin ventanillas para termocirculación. Su evaluación se realiza mediante:

- Ganancia solar por ventanas:  $Q^v_{\text{solar}} = \text{CT}_v \times \text{CT}_m \times H \times S_v \quad (\text{MJ} / \text{día}) \quad (7)$

- Ganancia solar por muros acumul.:  $Q^m_{\text{solar}} = \eta \times H \times S_m \quad (8)$

En la ecuación (7),  $\text{CT}_v$  es un coeficiente que tiene en cuenta la disminución de la radiación solar que ingresa al edificio debida a la transmitancia propia del vidriado y su valor depende tanto del número de vidrios como de la calidad de los mismos.  $\text{CT}_m$  contempla la influencia de los marcos de las ventanas (los cuales reducen la superficie vidriada disponible), siendo su valor del orden de 0,8 para los casos más usuales.  $H$  es la suma de las irradiaciones solares diarias sobre el plano de cada ventana colectora en  $\text{MJ} / \text{m}^2\cdot\text{día}$  y  $S_v$  el área total de las mismas en  $\text{m}^2$ .

En la ecuación (8),  $\eta$  es la eficiencia de colección de radiación solar de los muros colectores-acumuladores cuyo valor depende, no sólo de los materiales con que están contruidos, sino también de si poseen o no ventanillas para termocirculación y de las variables climáticas a las que están sometidos.  $H$  es equivalente a la de la ecuación (7) y  $S_m$  es el área total de muros colectores-acumuladores.

Si  $T_a$  es la temperatura exterior media diaria y  $T_o$  la del edificio, la ecuación de balance de energía exige que:

$$\text{CTU} \times (T_o - T_a) = Q_{\text{solar}} + Q_{\text{gen}} \quad (9)$$

Donde  $Q_{\text{solar}}$  representa la energía suministrada por todos los sistemas solares y  $Q_{\text{gen}}$  la ganancia interna de calor total. De esta ecuación se deduce la temperatura  $T_o$ . El cálculo del salto térmico diario interior se omite a los efectos de proceder a la descripción del programa PREDISE.

## EL PROGRAMA PREDISE

Como ya se expresara, PREDISE -V.1.0.1 corre bajo plataforma Windows en las versiones 95 y posteriores. Cuando se invoca el programa, aparece una pantalla como la de la figura 1 la cual posee 5 menús emergentes: **Archivo**, **Edición**, **Calcular**, **Reporte** y **Herramientas**.

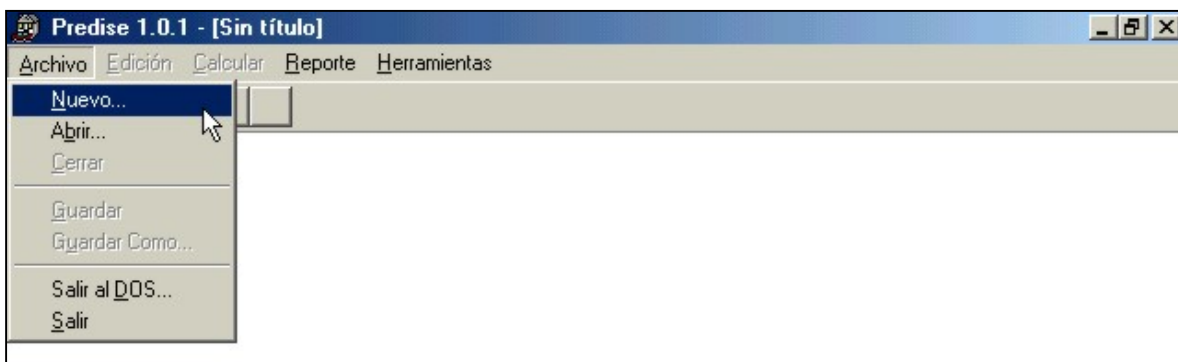


Figura 1: Pantalla principal del PREDISE con los cinco menús emergentes.

Con el menú Archivo se puede generar nuevos archivos de trabajo (que tendrán extensión “.pre”), abrir archivos existentes, grabarlos en disco, salir momentáneamente al DOS y salir de la aplicación. Cuando se inicia PREDISE sólo están activados los submenús Nuevo, Abrir, Salir al DOS y Salir y se debe comenzar por crear un nuevo archivo o por cargar uno existente.

Una vez abierto un archivo con extensión “.pre” se activan los menús Edición y Calcular y se puede proceder a ingresar o modificar los valores de los distintos parámetros que intervienen en los cálculos. Los dos primeros submenús del menú Edición despliegan las pantallas de ingreso de datos geográficos y meteorológicos según se observa en las figuras 2 y 3.

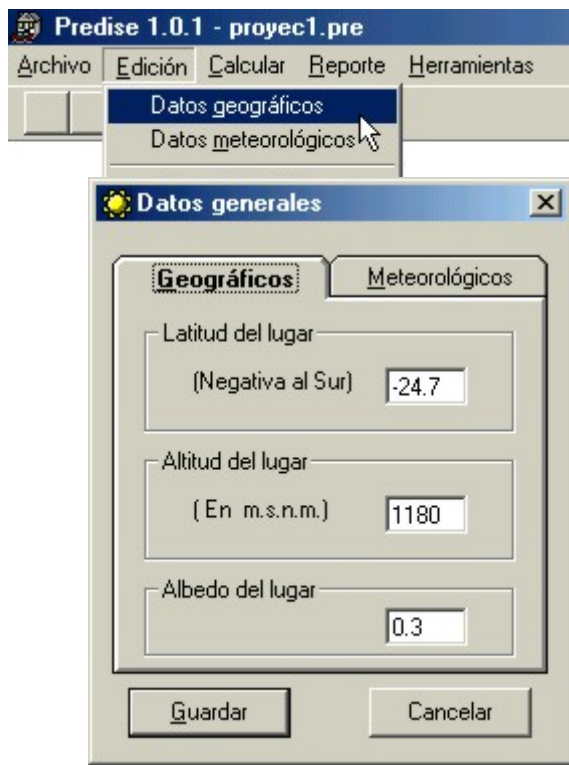


Figura 2: Edición de datos geográficos

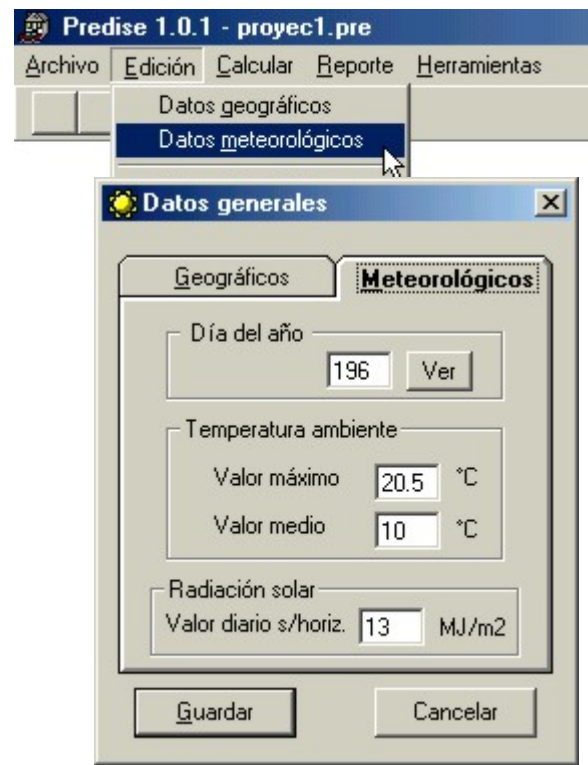


Figura 3: Edición de datos meteorológicos

Mediante el botón “Ver” de la planilla de datos meteorológicos se puede calcular el *n-ésimo* día del año (necesario para los cálculos) ingresando la fecha correspondiente.

Una vez editados los datos geográficos y meteorológicos se procede a ingresar o modificar los datos propios del edificio mediante el submenú “Datos del edificio”, según se observa en la figura 4.

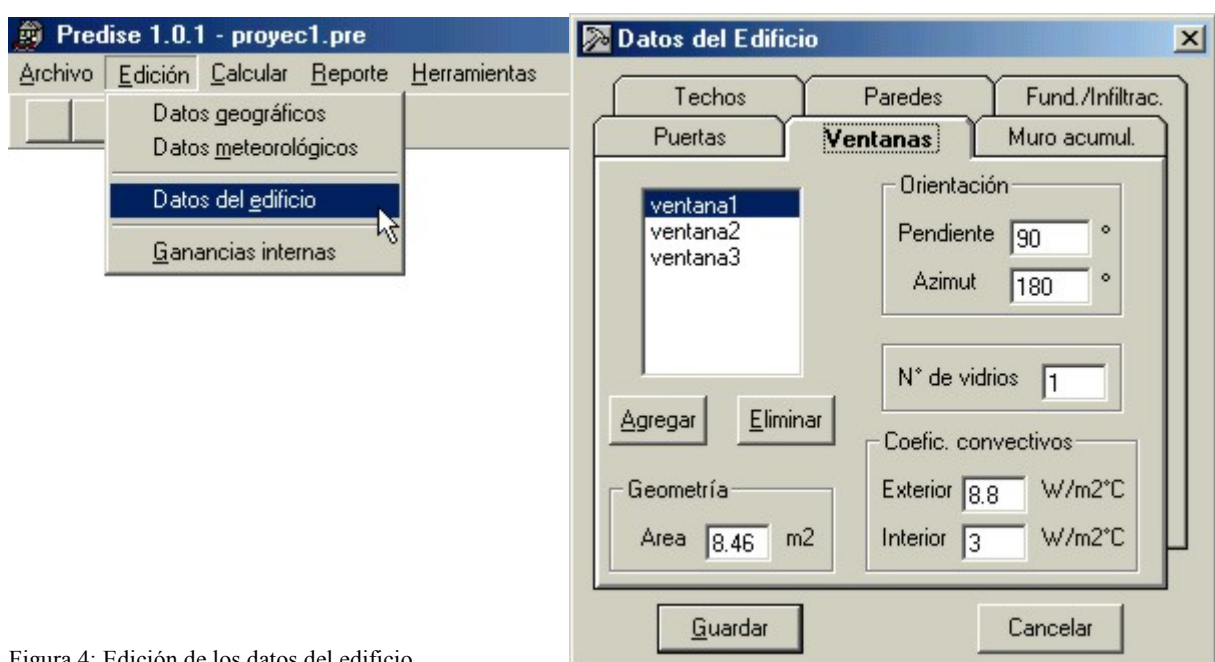


Figura 4: Edición de los datos del edificio.

La pantalla de edición de datos del edificio permite ingresar o modificar los parámetros propios de Techos, Paredes, Fundaciones, Infiltraciones, Puertas, Ventanas y Muros colectores-acumuladores. En los tres últimos se pueden agregar y/o eliminar elementos.

Las ganancias internas de calor aportadas por las personas, aparatos eléctricos y artefactos a gas se ingresan o modifican en el submenú “Ganancias Internas” del menú Edición mostrado en la figura 5.

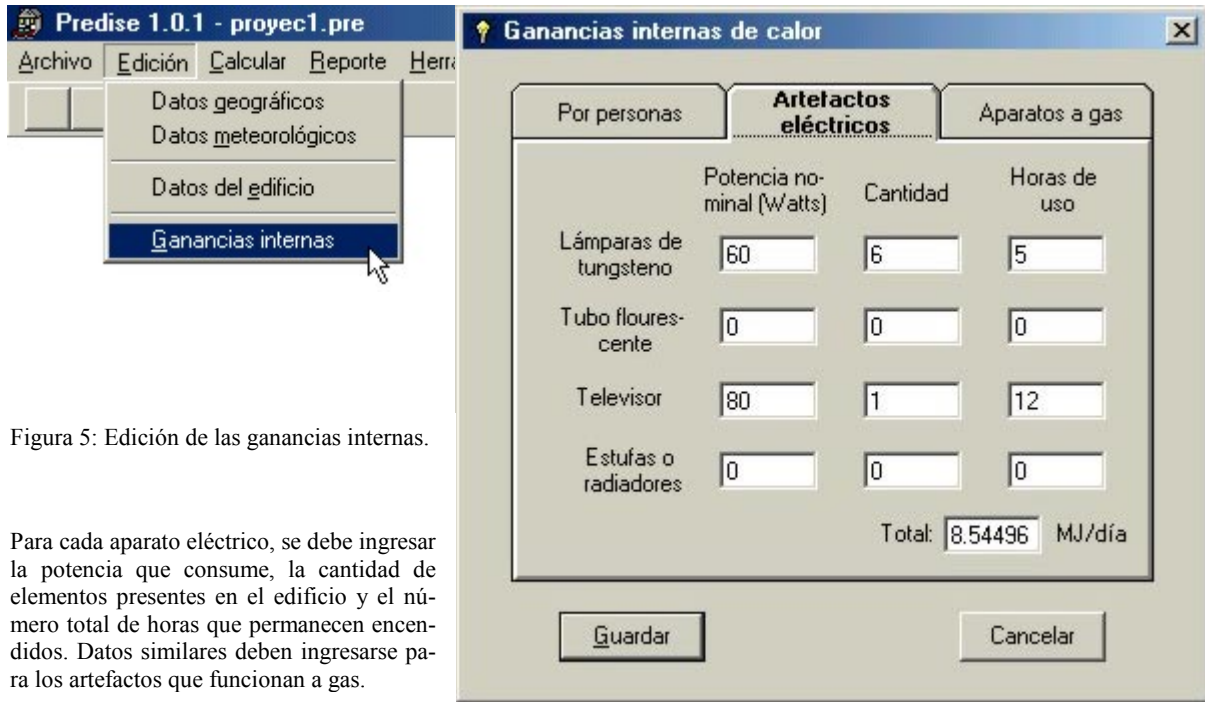


Figura 5: Edición de las ganancias internas.

Para cada aparato eléctrico, se debe ingresar la potencia que consume, la cantidad de elementos presentes en el edificio y el número total de horas que permanecen encendidos. Datos similares deben ingresarse para los artefactos que funcionan a gas.

Una vez completadas todas las planillas del menú Edit se puede proceder a realizar los cálculos mediante el menú Calcular.

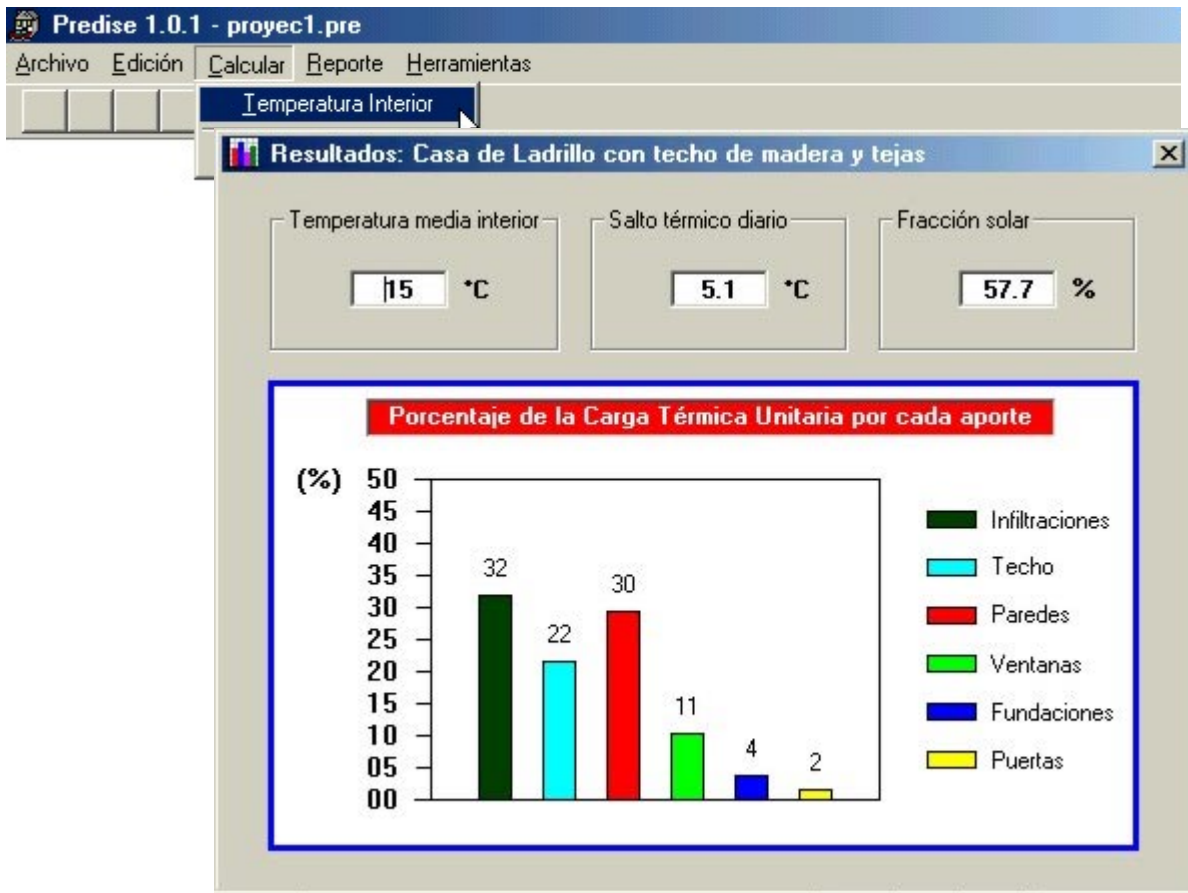


Figura 6: Planilla de resultados. Temperatura media interior, salto térmico diario, fracción solar y porcentajes de pérdidas.

Según se observa en la figura 6, los resultados que genera PREDISE son la temperatura media interior y el salto térmico diario dentro del edificio, la fracción solar aportada por los sistemas colectores con que cuenta el diseño y la distribución porcentual de las pérdidas de energía por cada aporte (respecto del valor total o CTU). Esto permite orientar el proceso de optimización del diseño indicando sobre qué aportes deben realizarse ajustes. En el título de la pantalla de resultados se observa una breve descripción del edificio: “Casa de ladrillo con techo de madera y tejas”.

Una vez optimizado el diseño del edificio se puede generar, mediante el menú desplegable Reporte, un archivo de informe que tendrá el mismo nombre que el de trabajo pero con extensión “.rep”. Sus submenús se observan en la figura 7.



Figura 7: Submenús del menú Reporte. Permiten crear, ver e imprimir el archivo “.rep” con los resultados del estudio.

Finalmente, el menú de Herramientas cuenta con una calculadora sencilla para realizar cálculos intermedios y un editor de textos elemental (propio de PREDISE) con el cual se puede leer el reporte generado según se observa en la figura 8.

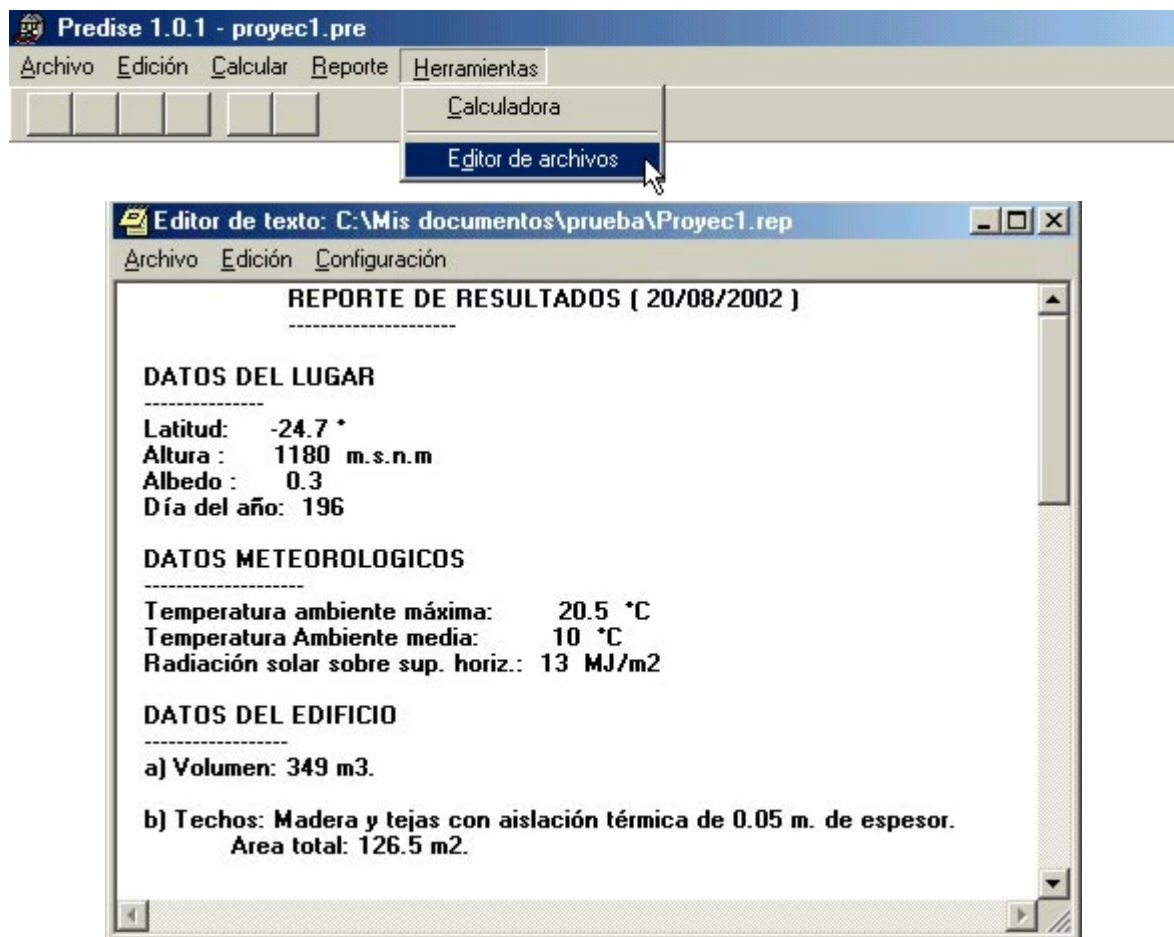


Figura 8: Vista del editor de texto de PREDISE con el que se pueden inspeccionar los archivos “.pre” y “.rep”.

El archivo de reporte presenta la fecha de su creación a los efectos de poder comparar distintas combinaciones de pautas de diseño evaluadas en momentos diferentes del proceso de optimización del diseño. Es un archivo escrito en código ASCII que puede ser importado en cualquier procesador de texto potente para mejorar su calidad de impresión (tamaño y color de letras, justificación, etc.) y sirve como informe para ser archivado por el proyectista o bien entregado a la persona que encargó el diseño del edificio. Si sólo se necesita una copia borrador del mismo, se puede imprimir desde el submenú “Imprimir reporte” del menú Reporte del PREDISE. El título de la pantalla del editor de texto contiene la dirección de su ubicación exacta, que corresponde a la carpeta en la cual se encuentra el archivo de prediseño con extensión “.pre”.

El programa genera entonces dos archivos ASCII. Uno con extensión “.pre” que es el que debe cargarse inicialmente y contiene todos los parámetros necesarios para realizar los cálculos y otro con extensión “.rep” con el informe completo del estudio realizado.

Además de los menús desplegables descriptos, PREDISE cuenta con una barra de herramientas que se encuentra actualmente bajo desarrollo y cuyos botones, identificados con los íconos correspondientes, permitirán realizar las tareas más comunes sin necesidad de desplegar dichos menús. Estará disponibles en la versión definitiva del programa.

## CONCLUSIONES

En el presente trabajo se presentaron los lineamientos generales de un método de prediseño térmico de edificios, explicitándose las ecuaciones necesarias para calcular la temperatura media interior pero omitiéndose, por razones de espacio, las correspondientes al cálculo del salto térmico diario. Dado que el método es aplicable a edificios de un solo local, si el diseño original es multiambiente, deben ignorarse las medianeras interiores y considerarse solamente las fachadas, conservándose el volumen total del edificio. Esta simplificación conduce a discrepancias con los resultados obtenidos con los programas de simulación detallada tipo SIMEDIF pero la importancia del método radica en el hecho de que permite obtener valiosa información para la optimización del diseño de edificio ingresado a los programas detallados.

Además, se presentó oficialmente el programa PREDISE – V.1.0.1 que corre bajo plataforma Windows y desarrolla el cálculo completo del método de prediseño. El ingreso de los datos se realiza mediante ventanas de fácil interpretación y rápido llenado, incluyendo datos geográficos, meteorológicos, descripción del edificio y ganancias internas de calor por personas, aparatos eléctricos y artefactos a gas. En el caso particular de los habitantes del edificio permite la distinción de aportes energéticos entre hombres, mujeres y niños.

La velocidad de cálculo es significativa, lo que permite evaluar los cambios introducidos en el diseño en forma prácticamente instantánea y lograr un diseño térmico óptimo en el lapso de unas pocas horas. Esto representa una gran ventaja frente a los simuladores detallados que utilizan el cálculo numérico en su programación, pero debe señalarse que los resultados obtenidos con el método de prediseño son solo orientativos. Un buen estudio de análisis térmico de edificios debe incluir tanto el prediseño como la simulación detallada. En este sentido, PREDISE constituye una valiosa herramienta de evaluación previa que debe utilizarse como soporte optimizador de programas detallados tipo SIMEDIF.

La posibilidad de disponer de un informe integrado por todos los datos constituyentes del estudio representa una ayuda conveniente para el proyectista a la hora de presentar los resultados a su cliente o bien para su archivado en soporte papel o electrónico. En este sentido, PREDISE genera un archivo de reporte en código ASCII que puede ser mejorado en su calidad visual mediante cualquier procesador de texto de venta comercial.

Si bien la versión 1.0.1 de PREDISE es suficientemente versátil, se tiene previsto incluir en versiones posteriores una barra de herramientas con botones que realicen las tareas más comunes (actualmente en desarrollo) y una opción de optimización de diseño que contemplará la posibilidad de analizar en forma gráfica la dependencia de la temperatura media interior con el espesor de paredes, espesor y ubicación de la aislación térmica, número de vidrios por ventana y área de aventanamiento para colección de radiación solar.

## REFERENCIAS

Saravia L., Lesino G., Chiarito G. y otros, 1982, *Pautas de diseño. Acondicionamiento térmico de edificios mediante sistemas pasivos e híbridos*, Apuntes para el Curso de Postgrado auspiciado por SECYT sobre Energía Solar, INENCO, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Salta.

## ABSTRACT

In this work, the basic equations of a building thermal design method are presented. Subsequently, the code PREDISE - V.1.0.1 for Windows 95 and later is presented. This program, developed by the author, is a valuable tool of thermal evaluation to be used as support of detailed codes like SIMEDIF and carries out the complete calculation of the thermal design method. Its calculation speed is very fast, which allows to evaluate the changes introduced in the design, practically, in instantaneous form and to achieve a good thermal design in the lapse of few hours. As a final product, a complete report file in ASCII code that can be improved in its visual quality by means of any commercial text processor is generated. In later versions, an optimization design option by means of interactive graphics will be included.