



UN PROGRAMA DE CALCULO PARA OPTIMIZAR LA RELACION ENTRE SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA Y RENTABILIDAD DE SISTEMAS SOLARES PASIVOS: EL PROGRAMA OPTIMIX – VERSIÓN 3.1

Eduardo Yarke (1); Pablo Alonso Castillo (2)

- (1) Departamento de Tecnología - Universidad Nacional de Luján – UNLU –
Prov.de Buenos Aires – Argentina – yarke@abaconet.com.ar
(2) Comisión Nacional de Energía Atómica – CNEA – Buenos As. – Argentina

RESUMEN

Propuesta: Para incrementar la utilización de sistemas solares pasivos en edificios nuevos o reciclados, es necesario desarrollar herramientas de cálculo y análisis que permitan optimizar la relación entre los mayores costos derivados y los beneficios previstos. Este artículo refiere al desarrollo del Programa Optimix – en su versión 3.1 – con el objetivo de brindar una herramienta de cálculo amigable cuya utilización pueda ser realizada por profesionales vinculados a la construcción de edificios que tengan un conocimiento básico de las tecnologías posibles a ser utilizadas pero no una formación especializada. **Abordaje:** De entre los métodos que estiman el comportamiento térmico de los sistemas solares pasivos y que podían ser seleccionados para aplicar sobre ellos metodologías de evaluación económica, se eligió el Método del Cociente Carga Colector (CCC) - según sus siglas en inglés Solar Load Ratio (SLR) - desarrollado por Douglas J. Balcomb et al.- Sobre la base de 3 sistemas básicos: Ganancia Directa, Muros Colectores Acumuladores y Espacios Solares, el método despliega 94 variantes, cada una de las cuales tiene características definidas dentro de un marco general de aplicación para una localidad determinada. Mediante un proceso de simulación se puede determinar el Factor de Ahorro Solar (FAS) que cada variante brinda para una localización específica según relaciones entre la carga térmica y el área colectora. A ello se suman las evaluaciones económicas cuya simulación busca optimizar la relación costos-beneficios entre los costos en conservación de la energía y los solares. **Resultados:** El Programa genera tablas con los aportes solares y con los CCC para cada localidad, da recomendaciones previas al diseño mediante el análisis de algunas variables tanto constructivas como económicas y finalmente, para un proyecto definido, determina cual es la solución económicamente mas conveniente. **Contribución:** Brindar herramientas para la toma de decisiones en la aplicación de sistemas solares pasivos.

Palabras clave: Sistemas Pasivos, Conservación Energética, Evaluaciones Económicas

ABSTRACT

Proposal: In order to increase the use of Passive Solar System in new or recycled buildings, it's necessary to develop new tools for calculation and analyses, to optimize the relation between the greater derived costs and the predicted benefits. This article refers to the development of the Optimix Program - in its version 3,1 - with the objective of offering a friendly calculation tool aimed to help professionals tie to building activities having a basic knowledge of possible technologies being used, but with no specialized formation. **Methods:** Between the many methods that take in account the thermal behavior of Passive Solar Systems and suitable to economic evaluation methodologies, we use the method of the Solar Load Ratio (SLR) - developed by Douglas J. Balcomb Et. al.- On the base of 3 basic systems: Direct Gain, Walls Accumulating Collectors and Solar Spaces, the method unfolds 94 cases, each one with defined characteristics within a general application frame for a certain locality. By means of a simulation process the Solar Load Ratio can be determined (SLR) on each case according to relations between the thermal load and the collector area. The economic evaluations are add in the process and the simulation looks for the most optimal relations cost-benefits between the

savings in energy and the cost of the solar system implemented. **Results:** The Program generates tables with the solar contributions and with the SLR for each locality, giving recommendations for the design analyzing some constructive options and economic variables. Finally for a specific project, determines the most economically advisable solution. **Contribution:** Offer tools for decision making in the implementation of a Passive Solar System.

Keywords: passive solar systems, energy conservation, economic evaluations

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La primera versión del Programa OPTIMIX fue presentada en 1990 (Yarke, 1990) y estaba realizada como un conjunto de programas construidos sobre lenguaje Basic e interrelacionados entre sí para correr en forma independiente o en forma encadenada. A partir de entonces sucesivas versiones fueron introduciendo mejoras y nuevas prestaciones, aunque sin modificar el lenguaje inicial.

Recién a partir del año 2001 se comenzó a trabajar sobre la versión para entorno Windows realizada según programación en Visual Basic. Esta tarea se concluyó al año siguiente como Versión Optimix 3.0 (Yarke, Alonso Castillo, 2002 y 2005). La versión actual, que aquí se presenta - versión 3.1- incorpora entre otras mejoras, un Manual de Ayuda que en las versiones anteriores no existía, elimina vinculaciones fijas a determinadas monedas para que puedan ser utilizadas cualquier moneda local y mejora la presentación de las pantallas. Si bien la mejor manera de utilizarlo es corriendo el Programa bajo entorno Windows XP, puede también ser empleado con Windows 98 sin mayores inconvenientes.

1.2 Destinatarios

Con independencia de su actualización y "modernización", el espíritu del Programa sigue siendo el mismo con el que fue pensado y desarrollado en el ya lejano 1990, o sea que se ha buscado que el Programa sirva de herramienta de ayuda para el profesional no especializado, en la toma de decisiones tanto para la etapa previa al proyecto, como en la evaluación y completamiento de un proyecto definido y sobre el cual se quiera aplicar sistemas solares pasivos y obtener la mejor relación costo-beneficio entre las medidas de conservación adoptadas y el sistema solar elegido.

Por lo tanto es un Programa con el objetivo básico de realizar solo evaluaciones de tipo económico y cuya apoyatura técnica se basa en el método del Cociente Carga Colector (Solar Load Ratio) desarrollado por Douglas J. Balcomb (Balcomb et al., 1982) de quién también se toma el método para desarrollar las guías para las Recomendaciones Previas al diseño (Balcomb, 1980) y (Balcomb, 1986)

2. CARACTERÍSTICAS DE PRESENTACIÓN Y CÁLCULOS PRELIMINARES DEL PROGRAMA

2.1 El Menú Principal

El menú principal del Programa - *Fig. 1* - permite elegir entre ver o cargar una Planilla con Datos Meteorológicos y de Irradiación Solar, Calcular Irradiación Solar sobre Planos Orientados e Inclinados, Calcular las Tablas de Cociente Carga Colector para una localidad determinada o Realizar Evaluaciones Económicas. Estas tareas tienen un orden sucesivo al menos la primera vez que se realizan para una localidad determinada, ya que para realizar Evaluaciones Económicas es necesario haber completado la información contenida según los botones anteriores Fundamentalmente hay que cargar o tener ya cargados los datos solicitados en la Planilla de Datos Meteorológicos y de Irradiación que es la base para los pasos siguientes.



Fig. 1 – Menú Principal

2.2 La Planilla de Datos Meteorológicos y de Irradiación

La Planilla de Datos Meteorológicos y de Irradiación - Fig. 2 - es el instrumento básico que permite pasar a las tareas siguientes.

DATOS METEOROLÓGICOS Y DE IRRADIACIÓN

Localidad

Provincia o Estado

País

Latitud

Longitud

ASNM

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| H(Mj/m2.dia) | 25,2 | 22,3 | 18,1 | 13,6 | 9,7 | 7,8 | 8,3 | 11,4 | 15,7 | 19,2 | 23,6 | 24,9 |
| KT | 0,59 | 0,58 | 0,56 | 0,55 | 0,52 | 0,49 | 0,49 | 0,52 | 0,54 | 0,53 | 0,57 | 0,57 |
| TAM(°C) | 23,6 | 22,5 | 20,2 | 16,5 | 13,4 | 10,2 | 10,4 | 11,2 | 13,7 | 16,2 | 19,3 | 22,1 |
| TMAX(°C) | 29,6 | 28,5 | 26,1 | 22,5 | 19,1 | 15,5 | 15,5 | 16,8 | 19,1 | 21,6 | 24,9 | 28,2 |
| TMIN(°C) | 17,3 | 16,9 | 14,9 | 11,2 | 8,5 | 5,9 | 6,1 | 6,1 | 8,2 | 10,7 | 13,2 | 16,0 |
| VV(Km/h) | 10,0 | 9,0 | 8,0 | 7,0 | 7,0 | 9,0 | 9,0 | 9,0 | 11,0 | 11,0 | 11,0 | 10,0 |
| GD(18°C) | 2 | 3 | 17 | 72 | 150 | 236 | 238 | 214 | 137 | 81 | 26 | 5 |
| TV(HPa) | 18,5 | 18,4 | 17,6 | 14,5 | 12,3 | 9,9 | 10,1 | 9,8 | 10,9 | 13,3 | 13,8 | 16,6 |
| Ddia(hs) | 14,0 | 13,2 | 12,2 | 11,1 | 10,2 | 9,7 | 9,9 | 10,7 | 11,8 | 12,9 | 13,8 | 14,3 |

Fig.2 - Planilla de Datos Meteorológicos y de Irradiación

El llenado de esta Planilla genera un archivo **.dat** que es guardado por el Programa en una carpeta ad-hoc, de manera que los datos de una determinada Estación Meteorológica solo se cargan una única vez. Estos datos también pueden ser importados de archivos pre-existentes siempre y cuando guarden el mismo formato, o de versiones anteriores de OPTIMIX.

Tal como lo muestra la figura 2, los datos solicitados a incluir en la Planilla, son los que identifican a la Estación Meteorológica con su denominación y ubicación, coordenadas geográficas (puede ser cualquier estación meteorológica del mundo) y los promedios estadísticos diarios mensuales de irradiación solar sobre plano horizontal (H), el índice medio mensual de transparencia de la atmósfera (KT), la temperatura media de bulbo seco (TAM), las medias máximas (TMAX) y medias mínimas (TMIN) mensuales de bulbo seco, la velocidad media del viento (VV), los grados-días medios mensuales sobre base 18 C° (GD), la tensión de vapor media mensual (TV), y las duración del día - horas de sol - (Ddia) en sus unidades mas habituales. Cualquier error en la carga de datos puede ser corregida antes o despues de su grabación. Todo archivo guardado puede ser modificado cuando haga falta ya sea para corregir errores o para actualizarlo.

2.3 Los Cálculos de Irradiación sobre Planos Orientados e Inclinados

Con los datos ya grabados de una determinada Estación Meteorológica incluidos en un archivo **.dat**, se puede calcular la irradiación solar incidente sobre muro opaco y/o transmitida a través de uno o dos vidrios para diferentes orientaciones (E, NE, N, NO y O para Hemisferio Sur y E, SE, S, SO y O para Hemisferio Norte) y para diferentes inclinaciones del plano colector (30, 45, 60 y 90 grados con respecto al plano horizontal). Todos estos cálculos se presentan por sucesivas pantallas - Fig. 3 - y pueden ser impresos en una plantilla con formato Excel especialmente incorporada al Programa en donde figurarán también los datos de la Estación Meteorológica.

IRRADIACIÓN SOBRE PLANOS ORIENTADOS E INCLINADOS

Localidad

Provincia o Estado

País

Latitud

Longitud

ASNM

Irradiación Transmitida a través de un (1) Vidrio

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
|--|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| AZIMUT 180° (Para Hemisferio Sur) 0° (Para Hemisferio Norte) | | | | | | | | | | | | |
| Inclinación 30° | 19,4 | 18,1 | 16,1 | 13,9 | 11,0 | 9,1 | 9,5 | 12,0 | 14,6 | 15,9 | 18,3 | 18,9 |
| Inclinación 45° | 17,0 | 16,4 | 15,5 | 14,1 | 11,7 | 9,9 | 10,2 | 12,4 | 14,3 | 14,6 | 16,2 | 16,5 |
| Inclinación 60° | 13,3 | 13,3 | 13,4 | 13,2 | 11,4 | 9,8 | 10,0 | 11,8 | 12,7 | 12,1 | 12,8 | 12,8 |
| Inclinación 90° | 6,8 | 8,5 | 10,6 | 12,0 | 11,1 | 9,7 | 9,8 | 11,1 | 10,7 | 8,4 | 7,0 | 6,3 |
| AZIMUT 135°-225° (Para Hemisferio Sur) 45°-315° (Para Hemisferio Norte) | | | | | | | | | | | | |
| Inclinación 30° | 19,4 | 17,8 | 15,4 | 12,7 | 9,7 | 8,0 | 8,3 | 10,8 | 13,7 | 15,5 | 18,3 | 19,0 |
| Inclinación 45° | 17,4 | 16,3 | 14,5 | 12,4 | 9,8 | 8,2 | 8,5 | 10,8 | 13,1 | 14,3 | 16,5 | 17,1 |
| Inclinación 60° | 15,5 | 14,8 | 13,6 | 12,2 | 9,9 | 8,4 | 8,6 | 10,7 | 12,5 | 13,1 | 14,7 | 15,1 |
| Inclinación 90° | 10,1 | 9,8 | 9,6 | 9,2 | 7,9 | 6,8 | 6,9 | 8,2 | 9,0 | 8,9 | 9,7 | 9,9 |
| AZIMUT 90°-270° (Para ambos Hemisferios) | | | | | | | | | | | | |
| Inclinación 30° | 19,0 | 16,9 | 13,6 | 10,1 | 7,1 | 5,7 | 6,1 | 8,4 | 11,8 | 14,5 | 17,8 | 18,7 |
| Inclinación 45° | 16,0 | 14,3 | 11,7 | 8,8 | 6,2 | 5,0 | 5,3 | 7,3 | 10,1 | 12,4 | 15,1 | 15,8 |
| Inclinación 60° | 15,4 | 13,8 | 11,3 | 8,6 | 6,2 | 5,0 | 5,3 | 7,2 | 9,8 | 11,9 | 14,5 | 15,2 |
| Inclinación 90° | 11,3 | 10,2 | 8,5 | 6,6 | 4,9 | 3,9 | 4,2 | 5,6 | 7,4 | 8,8 | 10,6 | 11,1 |

Pasará a Siguiente Tabla

Fig. 3 - Planilla de Irradiación sobre planos orientados e inclinados

2.4 Descripción de los sistemas que utiliza el Método del Cociente Carga Colector

Como ya se dijera, el Método identifica 94 sistemas solares pasivos sobre las base de tres sistemas básicos: a) Muros Colectores-Acumuladores, b) Ganancia Directa y c) Espacios Solares.

Entre ellos hay tres categorías de Muros Colectores Acumuladores que reúnen en conjunto 57 sistemas (15 de agua, 21 sólidos con termocirculación y 21 sin termocirculación) 9 sistemas de Ganancia Directa y 28 sistemas de Espacios Solares o Invernaderos.

Cada sistema se identifica con un código de cuatro elementos, en donde los dos primeros identifican el tipo de sistema y los dos siguientes lo definen. Por ejemplo: **ESA2** quiere decir Espacio Solar del tipo A2.- Fig.4

Tanto en los muros colectores como en los sistemas de ganancia directa, la unidad del sistema es el m². En cambio en los espacios solares - Fig. 4 - con medidas totales pre-determinadas, lo que mas importa es su geometría y algunas otras variantes como el tipo de los muros laterales, la aislación interior del muro en común, el tipo de superficie de esos muros y la presencia o no de aislamiento nocturna.

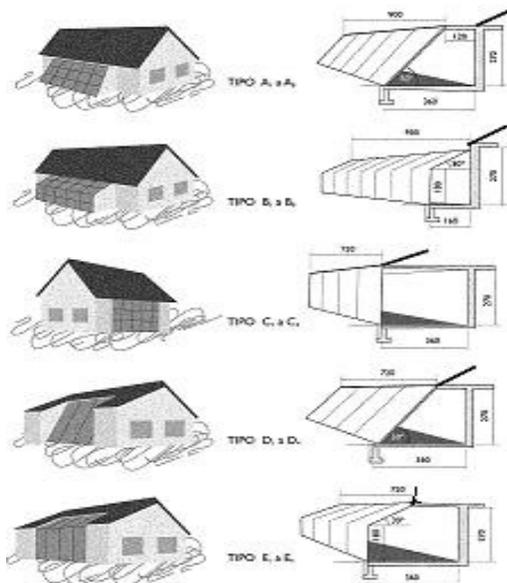


Fig. 4 – Tipos de Espacio Solar o Invernadero

2.5 El Cálculo de los valores del Cociente-Carga-Colector (CCC)

Este cálculo es un proceso de simulación que se realiza según el método indicado y las Tablas del Cociente Carga Colector obtenidas abarcan los 94 Sistemas Solares que el Método identifica. Estas Tablas – Fig. 5 - definen para cada uno de los sistemas las Fracciones de Ahorro Solar (FAS) anuales esperables entre el 10% y el 90% - con intervalos de 10% en 10% - en función de la relación existente (COCIENTE) entre la CARGA térmica de calefacción prevista del edificio y el área neta proyectada del sistema (COLECTOR) que debe abastecerla.

Las Tablas, como herramienta en si misma, permiten la estimación manual de las Fracciones Solares Anuales en una determinada localidad. Son muy útiles en un proceso de enseñanza para evaluar posibles variantes de sistemas y sus características y así mostrar la filosofía básica del Método, pero no tienen lugar en una evaluación económica en que los métodos manuales son reemplazados por simulaciones numéricas.

Optimix
Calcular Excel Menú Principal Ayuda

TABLA DE FRACCIONES SOLARES SEGUN COCIENTES CARGA COLECTOR

Localidad: Latitud:
 Provincia/Estado: Longitud:
 País: ASNM:

Fracción Solar Anual

| SIST | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90% | SIST | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90% |
|------|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|------|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| HAA1 | 599 | 68 | 32 | 19 | 13 | 9 | 7 | 5 | 3 | HTA2 | 160 | 53 | 29 | 19 | 13 | 9 | 7 | 5 | 3 |
| HAA2 | 152 | 59 | 33 | 22 | 15 | 11 | 8 | 6 | 4 | HTA3 | 125 | 52 | 30 | 20 | 14 | 10 | 8 | 5 | 4 |
| HAA3 | 126 | 59 | 36 | 24 | 17 | 12 | 9 | 6 | 4 | HTA4 | 104 | 49 | 29 | 20 | 14 | 11 | 8 | 6 | 4 |
| HAA4 | 114 | 58 | 36 | 25 | 18 | 13 | 9 | 7 | 5 | HTB1 | 240 | 50 | 24 | 15 | 10 | 7 | 5 | 4 | 3 |
| HAA5 | 108 | 58 | 37 | 26 | 19 | 14 | 11 | 8 | 5 | HTB2 | 126 | 47 | 27 | 18 | 12 | 9 | 6 | 4 | 3 |
| HAA6 | 104 | 58 | 38 | 27 | 19 | 14 | 11 | 8 | 5 | HTB3 | 107 | 45 | 27 | 18 | 12 | 9 | 7 | 5 | 3 |
| HAB1 | 137 | 48 | 27 | 17 | 12 | 8 | 6 | 4 | 3 | HTB4 | 97 | 42 | 24 | 16 | 11 | 8 | 6 | 4 | 3 |
| HAB2 | 108 | 57 | 36 | 25 | 18 | 13 | 10 | 7 | 5 | HTC1 | 150 | 43 | 23 | 14 | 10 | 7 | 5 | 4 | 3 |
| HAB3 | 125 | 68 | 44 | 32 | 23 | 17 | 12 | 9 | 6 | HTC2 | 108 | 41 | 23 | 15 | 10 | 8 | 5 | 4 | 3 |
| HAB4 | 105 | 63 | 42 | 30 | 23 | 17 | 13 | 9 | 6 | HTC3 | 103 | 37 | 21 | 14 | 9 | 7 | 5 | 4 | 3 |
| HAB5 | 95 | 59 | 40 | 29 | 21 | 16 | 12 | 9 | 6 | HTC4 | 112 | 34 | 18 | 11 | 8 | 6 | 4 | 3 | 2 |
| HAC1 | 132 | 72 | 47 | 33 | 24 | 18 | 13 | 9 | 6 | HTD1 | 97 | 37 | 21 | 14 | 9 | 7 | 5 | 3 | 2 |
| HAC2 | 111 | 64 | 42 | 30 | 22 | 17 | 12 | 9 | 6 | HTD2 | 117 | 54 | 35 | 22 | 16 | 11 | 8 | 6 | 4 |
| HAC3 | 91 | 58 | 41 | 30 | 23 | 17 | 13 | 9 | 7 | HTD3 | 120 | 60 | 37 | 25 | 18 | 13 | 10 | 7 | 5 |
| HAC4 | 97 | 62 | 43 | 32 | 24 | 18 | 14 | 11 | 7 | HTD4 | 110 | 60 | 38 | 27 | 20 | 14 | 11 | 8 | 5 |
| HTA1 | 450 | 53 | 25 | 15 | 10 | 7 | 5 | 3 | 2 | HTD5 | 100 | 56 | 37 | 26 | 19 | 14 | 11 | 8 | 5 |

Ver Cálculos Manuales Pasar a Siguiente Tabla

Fig. 5 – Tablas de Fracción de Ahorro Solar en función del Cociente Carga-Colector

3. LAS EVALUACIONES ECONÓMICAS

3.1 Recomendaciones Previas o Análisis de Proyectos Definidos

Una vez completados los pasos anteriores para una localidad determinada, se puede empezar a realizar las Evaluaciones Económicas sobre un proyecto arquitectónico en particular. El sub-menú que se abre cuando se cliquee sobre el botón de Evaluaciones Económicas, permite optar entre las Recomendaciones Previas al Diseño o el análisis de alternativas para un Proyecto ya Definido en sus características esenciales. Al seleccionar las Recomendaciones Previas, se abre una pantalla con un Formulario en donde es necesario incluir los datos básicos del futuro proyecto - Fig. 6

Los datos que el Formulario requiere para llegar a estas Recomendaciones están referidos tanto al edificio (del que se pide además de su localización, la superficie habitable prevista) al combustible auxiliar a utilizar (tipo y precio de la unidad de comercialización) y a ciertos parámetros económicos tales como tasa de referencia (pasiva o activa según corresponda), ciclo de vida en años estimado del edificio y posible tasa incremental del costo del combustible auxiliar por encima de la tasa de referencia adoptada (Fuel Factor). Este último punto surge de considerar que la escasez paulatina de petróleo o de gas natural incrementará los precios de las energías por encima de los valores medios de otros productos y de los niveles de inflación.

The screenshot shows a web-based form titled "Recomendaciones Previas" with a subtitle "Formulario a Completar:". The form is organized into several sections:

- Project Information:** Includes a dropdown for "Nombre del Proyecto" (Gimnasio BsAs.rec), text boxes for "Dirección y Localidad" (Chacabuco 640), "Provincia o Estado" (Buenos Aires), "País" (Argentina), and a dropdown for "Estación Meteorológica" (CASTELAR.DAT). A text box for "Superficie Estimado del Edificio" contains the value "100" with the unit "m2".
- Combustible:** A section with radio buttons for "Gas Natural" (selected), "Gas Envasado", "Energía Eléctrica", and "Leña".
- Precio del combustibles:** A table with columns for price and unit. The first row shows "0.23" for "m3". Other rows are empty for "Kg", "KWh", and "Tn".
- Other Parameters:** Includes "Ciclo de vida del Edificio" (50 Años), "Tasa de interés" (6 % Anual), and "Aumento Extra Precio Combustible Anual (3-6% sugerido)" (3 %).
- Buttons:** "Salir" (orange), "Guardar" (grey), "Calcular" (yellow), and "Ayuda" (grey).

Fig. 6 - Formulario para incluir los datos solicitados para las Recomendaciones Previas

Estas Recomendaciones Previas tienen por finalidad guiar al proyectista en las decisiones iniciales, presentando una serie de alternativas que vinculan los datos económicos con los datos de los Sistemas y las características climáticas del lugar de implantación. Los resultados del cálculo que se realiza muestra tres series de pantallas que contienen : a) Cuál es la Fracción de Ahorro Solar a la que conviene aspirar en función de los costos del Sistema Solar en si mismo, vinculando este dato con los demás parámetros económicos considerados; b) Cuál sería el Area Proyectada relacionada con la recomendación anterior y c) Cuál sería el nivel efectivo de Conservación de la Energía, representado por el coeficiente BLC (Building Load Coefficient) que debería obtenerse para cumplir con las recomendaciones anteriores.

3.2 Evaluaciones Económicas sobre un Proyecto Definido

Una vez que la etapa de proyecto se halla suficientemente adelantada, se puede utilizar esta parte del Programa para terminar de definir la mezcla mas favorable desde el enfoque económico, entre las medidas de conservación que se adopten y el sistema solar elegido. Se supone que el proyectista habrá llegado a este punto tomando en cuenta las Recomendaciones que el mismo Programa le hizo según el paso anterior, pero ello no es indispensable pues esta etapa funciona en forma independiente.

Para lograr la solución mas favorable, el proyectista deberá completar la información que se le solicita por intermedio de siete pantallas, que lo van guiando en la carga de los datos necesarios. Las dos primeras pantallas requieren los datos generales del proyecto que se está elaborando. Estos datos generales incluyen: nombre y ubicación de la futura obra, Estación Meteorológica de referencia, destino del edificio, superficie calefaccionable del mismo, costo total del edificio y, para completar la información de las características relevantes que se desee incluir en la primer pantalla, queda un espacio para los comentarios y aclaraciones que se quieran hacer.

La segunda pantalla - Fig.7- completa la información general con datos del Sistema Solar pasivo elegido (identificando al mismo mediante un código, área proyectada y costo unitario), Costo Anual de Mantenimiento del Sistema y Aportes Internos previstos por unidad de superficie calefaccionable. También se solicitan datos del Combustible Auxiliar a emplear (tipo y precio por unidad de comercialización) y económicos (las mismas que se solicitan para Recomendaciones Previas) y se agrega el pedido de establecer un valor porcentual del Costo Total que sirva como límite superior deseable para los sobrecostos totales del sistema. La moneda a utilizar puede ser cualquier moneda local o la conversión a divisas (dólares EUA o euros, por ej.) pero la condición es de que todas las referencias monetarias estén indicadas en las misma moneda cualquiera sea la utilizada.

| Datos 1 | Datos 2 | Muros | Cubiertas | Vidriados | Pisos | Ventilación |
|--|---------|-------------------------------|-----------|-----------------|-------|-------------|
| Datos Sistemas | | | | | | |
| Sistema Solar: | MTB2 | Costo Mantenimiento Sistema: | 1.5 | % Costo Sistema | | |
| Area Proyectada: | 14 m2 | Carga Térmica Interna: | 2 | W/m2 Edificio | | |
| Costo Sistema: | 95 | costo/m2 | | | | |
| Combustible | | Precio del combustible | | | | |
| <input checked="" type="radio"/> Gas Natural | | .23 costo/m3 | | | | |
| <input type="radio"/> Gas Envasado | | costo/Kg | | | | |
| <input type="radio"/> Energía Eléctrica | | costo/KWh | | | | |
| <input type="radio"/> Leña | | costo/Tn | | | | |
| Datos Económicos | | | | | | |
| Tasa Anual de Referencia: | 6 | % | | | | |
| Vida Util del Edificio: | 50 | Años | | | | |
| Tasa Aumento Combustible: | 3 | % | | | | |
| Límite Para Costo Mejoras: | 3 | % Costo Construcción | | | | |

Fig. 7 – Datos Complementarios referidos al proyecto que se quiere evaluar

Las siguientes pantallas requerirán precisiones respecto de las características constructivas originales adoptadas y acerca de las variantes constructivas (que incluyen medidas de conservación de la energía) que se quieren analizar como posibles sucesivas mejoras. Se comienza considerando que el edificio es una construcción realizada según las técnicas habituales y que no contiene ninguna medida adicional en cuanto a la conservación de la energía. Esta primera situación se la denomina Variante 1 en cada una de las pantallas que se muestran y que por ser precisamente una construcción tradicional y carecer de mejoras, tendrá Sobrecosto Cero diferenciándose de esta manera, de los sobrecostos adicionales que se vinculan con las mejoras constructivas.

Las siguientes variantes que se piden como datos a incorporar, incluirán las mejoras previstas y sus sobrecostos unitarios o totales respectivos.,

| Datos 1 | Datos 2 | Muros | Cubiertas | Vidriados | Pisos | Ventilación |
|---|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------|-------|-------------|
| Aislaciones en Cubiertas | | | | | | |
| Superficie Cubiertas: | | <input type="text" value="108"/> | m ² | | | |
| Coeficiente de Transmitancia U: | | <input type="text" value="2.1"/> | W/m ² /°K | | | |
| Conductibilidad Aislaciones: | | <input type="text" value=".04"/> | W/m/°K | | | |
| Descripción de Variantes: | | | | | | |
| <p>La cubierta es liviana, a dos aguas en su cara exterior y parcialmente formando un alero con cieloraso en la parte central. Los faldones laterales están contruados con la forma típica de las cubiertas de tejas con entablonado. Las mejoras previstas solo consisten en aumentar las aislaciones ya existentes, mediante sucesivas capas de lana de vidrio de 1" de espesor c/u</p> | | | | | | |
| | | Espesor Eq (m) | Sobrecosto /m² | | | |
| Variante1: | <input type="text" value="0.013"/> | <input type="text" value="0.00"/> | | | | |
| Variante 2 (1+esp): | <input type="text" value=".038"/> | <input type="text" value="2"/> | | | | |
| Variante 3 (2+esp): | <input type="text" value=".063"/> | <input type="text" value="3"/> | | | | |
| Variante 4 (3+esp): | <input type="text" value=".088"/> | <input type="text" value="4"/> | | | | |

Fig 8 - Pantalla mostrando las Variantes de Mejoras para las Cubiertas

Cada pantalla se completa con datos de dimensiones (superficies, perímetros o volúmenes según el caso), y otros datos según se trata de muros, cubiertas, aventanamientos, pisos o ventilaciones. Entre estos últimos están, por ejemplo coeficientes de transferencia térmica de las soluciones constructivas originales, coeficientes de conductibilidad de las aislaciones a emplear, etc.. La pantalla referida a los datos de las Cubiertas se muestra como ejemplo en la Fig.8

Con toda esta información el Programa calculará la mejor solución utilizando el Método de la Factibilidad Económica y mostrará también cuales son todas las combinaciones de soluciones cuyo sobrecostos porcentuales en relación con el Costo Total del edificio, están por debajo de los límites máximos pre-establecidos - Fig.9.

| Factibilidad Económica | | Límite de Presupuesto | | | | | |
|--|----------|--|-------|----------------------------|------------------|-------------|-----------------------|
| Planilla de Resultados Factibilidad Económica | | | | | | | |
| | | Sobrecosto sistema Solar <input type="text" value="1330"/> | | | | | |
| Comb. Variantes | BLC W/°C | CCC W/m ² °C | FAS % | Sobrecosto en conservación | Sobrecosto Total | Fact. Econ. | Período Amortiz. años |
| <i>variantes iniciales:</i> | | | | | | | |
| 1 1 1 1 1 | 1252 | 89 | 11 | 00.00 | 1330.00 | 0.41 | 20.7 |
| 1 1 1 1 1 | 1252 | 89 | 11 | 00.00 | 1330.00 | 0.41 | 20.7 |
| 1 1 1 1 2 | 1121 | 80 | 12 | 00.00 | 1330.00 | 0.23 | 11.6 |
| 1 1 1 1 3 | 990 | 71 | 13 | 26.00 | 1356.00 | 0.16 | 08.2 |
| 1 1 2 1 3 | 961 | 69 | 13 | 89.00 | 1419.00 | 0.16 | 08.0 |
| 1 2 1 1 3 | 863 | 62 | 14 | 242.00 | 1572.00 | 0.14 | 07.1 |
| 1 2 2 1 3 | 834 | 60 | 15 | 305.00 | 1635.00 | 0.14 | 07.0 |
| 1 3 1 1 3 | 816 | 58 | 15 | 350.00 | 1680.00 | 0.14 | 06.9 |
| 1 3 2 1 3 | 787 | 56 | 16 | 413.00 | 1743.00 | 0.14 | 06.8 |
| 2 2 2 1 3 | 622 | 44 | 19 | 920.00 | 2250.00 | 0.14 | 06.8 |
| 2 3 1 1 3 | 604 | 43 | 20 | 965.00 | 2295.00 | 0.13 | 06.7 |
| 2 3 2 1 3 | 575 | 41 | 21 | 1028.00 | 2358.00 | 0.13 | 06.7 |
| 3 2 1 1 3 | 577 | 41 | 21 | 980.00 | 2310.00 | 0.13 | 06.6 |
| 3 2 2 1 3 | 548 | 39 | 21 | 1043.00 | 2373.00 | 0.13 | 06.5 |
| 3 3 1 1 3 | 530 | 38 | 22 | 1088.00 | 2418.00 | 0.13 | 06.5 |
| 3 3 2 1 3 | 501 | 36 | 23 | 1151.00 | 2481.00 | 0.13 | 06.4 |
| la mejor combinación de las variantes adoptadas es: | | | | | | | |
| 3 3 2 1 3 | 501 | 36 | 23 | 1151.00 | 2481.00 | 0.13 | 06.4 |

Fig.9 - Pantalla con los resultados de la Factibilidad Económica

En la pantalla de resultados para la Factibilidad Económica se muestra en rojo en la parte superior cual es la situación inicial y también en rojo, pero en la parte inferior, cual es la mejor combinación

de entre todas las mejoras presentadas. Esta pantalla de resultados muestra también en la identificación de la combinación de Variantes analizadas, y para cada una de ellas, cuál es el BLC, CCC, FAS anual, Costo en Conservación, Costo Total de las Mejoras, y Tiempo de Amortización en años de las inversiones a realizar. De esta manera el proyectista conoce cuál es la mejor combinación en cuanto a rendimiento económico de las hasta 512 combinaciones de variantes que el Programa le permite analizar.

La otra Pantalla de Resultados – Fig. 10 - muestra la totalidad de combinaciones que presentan sobrecostos totales inferiores al límite porcentual pre-establecido, de manera de ampliar la gama de opciones en la toma de decisiones, ya que el proyectista puede optar por alguna otra combinación de variantes que, sin ser la mas conveniente económicamente, pueda interesarle por algún aspecto en particular, todo ello sin sobrepasar los límites de inversión que el mismo proyectista había establecido.

| Factibilidad Económica | | Límite de Presupuesto | | | | | |
|---|---------|------------------------|-------|----------------------------|------------------|-------------|-----------------------|
| Planilla de Resultados Para Límite de Presupuesto | | | | | | | |
| Sobrecosto Establecido 4260 | | | | | | | |
| Comb. Variantes | BLC W/C | CCC W/m ² C | FAS % | Sobrecosto en conservación | Sobrecosto Total | Fact. Econ. | Período Amortiz. años |
| 4 4 3 1 2 | 568 | 41 | 21 | 2283.00 | 3613.00 | 0.19 | 09.7 |
| 4 4 3 1 3 | 437 | 31 | 26 | 2309.00 | 3639.00 | 0.17 | 08.5 |
| 4 4 3 1 4 | 437 | 31 | 26 | 2309.00 | 3639.00 | 0.17 | 08.5 |
| 4 4 3 2 1 | 693 | 50 | 17 | 2683.00 | 4013.00 | 0.25 | 12.6 |
| 4 4 3 2 2 | 562 | 40 | 21 | 2683.00 | 4013.00 | 0.21 | 10.6 |
| 4 4 3 2 3 | 432 | 31 | 26 | 2709.00 | 4039.00 | 0.19 | 09.3 |
| 4 4 3 2 4 | 432 | 31 | 26 | 2709.00 | 4039.00 | 0.19 | 09.3 |
| 4 4 4 1 1 | 691 | 49 | 18 | 2373.00 | 3703.00 | 0.23 | 11.6 |
| 4 4 4 1 2 | 561 | 40 | 21 | 2373.00 | 3703.00 | 0.20 | 09.9 |
| 4 4 4 1 3 | 430 | 31 | 26 | 2399.00 | 3729.00 | 0.17 | 08.6 |
| 4 4 4 1 4 | 430 | 31 | 26 | 2399.00 | 3729.00 | 0.17 | 08.6 |
| 4 4 4 2 1 | 685 | 49 | 18 | 2773.00 | 4103.00 | 0.25 | 12.7 |
| 4 4 4 2 2 | 555 | 40 | 21 | 2773.00 | 4103.00 | 0.22 | 10.8 |
| 4 4 4 2 3 | 424 | 30 | 27 | 2799.00 | 4129.00 | 0.19 | 09.4 |
| 4 4 4 2 4 | 424 | 30 | 27 | 2799.00 | 4129.00 | 0.19 | 09.4 |

Fig.10 - Pantalla de Resultados con las Variantes que no superan el Límite de Presupuesto Establecido.

CONCLUSIONES

Contar con una herramienta de ayuda para el profesional no especializado, que permita realizar evaluaciones económicas de los proyectos en estudio en cuanto a determinar cuales son las combinaciones mas convenientes entre sistemas solares pasivos y mejoras constructivas para la conservación de la energía en edificios, es sumamente útil para la labor profesional de arquitectos y diseñadores de edificios solares o bioclimáticos.

Tradicionalmente, existe la creencia popular que los sistemas solares son costosos y por lo tanto inconvenientes, lo que ha demorado una mayor inserción de estas tecnologías en la practica profesional cotidiana y en las aspiraciones y/o requerimientos de los comitentes. Utilizando el Programa OPTIMIX es posible encontrar una gama de combinaciones que pueden ser amortizadas en pocos años y convertirse en interesantes alternativas para el ahorro energético en edificios.

La nueva versión que se presenta facilita el uso amigable del Programa, y el tiempo en el que se ha estado probando y mejorando al mismo asegura una confiabilidad en los resultados que tiende a consolidar la labor profesional de los diseñadores en su diálogo con los comitentes y/o funcionarios. En esta nueva versión, un Manual de Ayuda no solo permite desarrollar la aplicación del Programa paso a paso, sino que también se agregan ejemplos que, en función del espacio

disponible, no se pueden presentar en este artículo dado que utilizar el Programa significa, en la práctica, llenar la serie de planillas con la información numérica que es requerida sin la inclusión de diseños ni imagen alguna. Es importante destacar que no es un programa de diseño sino un programa para la optimización de la mezcla entre sistemas solares pasivos pre-definidos y medidas constructivas para la conservación de la energía desde el enfoque económico, de manera que obtener la mejor combinación de variantes significa poner el énfasis en las dimensiones, espesores, etc. en función de la gama de alternativas que se quiera analizar y en la que para cada variante se tendrá especialmente en cuenta el sobre costo asociado.

5. REFERENCIAS

Yarke E. (1990). "Programa Optimix" - Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES): Actas de la 14° Reunión de Trabajo, 1990, pag. 291-296.- Mendoza – Argentina.

Yarke E, Alonso Castillo P. (2002). "El Programa Optimix – Versión 3.0" - Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES): Revista con referato: Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente – Volumen 6 – Tomo 2 – Sección 8-07 – Buenos Aires – Argentina – 2002

Yarke E, Alonso Castillo P. (2005). "Una Herramienta de Cálculo para la Optimización Económica de Sistemas Solares Pasivos: El Programa Optimix – Versión 3.0"- Memorias del IV Congreso Latinoamericano COTEDI (23 al 27 de mayo del 2005) – Volumen II – Pag. 371-376 – Universidad Autónoma Metropolitana – México DF – México – 2005

Balcomb J. D., Jones R. W. (editor), Kosiewicz C. E., Lazarus G. S., Mc Farland R. D., Wray W. O..(1982) "Passive Solar Design Handbook." American Solar Energy Society. Boulder, New York.-EUA

Balcomb J. D..(1980). "Conservation and Solar: working together". AS/ISES. Proceedings of 5th National Passive Solar Conference, 44-50.

Balcomb J. D. (1986). "Conservation and Solar Guidelines". Passive Solar Journal, 3 (3), 221-248