

EVALUACION CRITICA DEL LESOSAI:  
SU DESARROLLO EN SUIZA Y SU APLICACION EN LA ARGENTINA

Mariana Cobos (1). J. B. Gay y J. P. Eggimann (2)

RESUMEN

Este trabajo evalúa el Programa de Simulación LESOSAI, desarrollado en el Laboratorio de Energía Solar, LESO, Suiza. Este Programa permite calcular los balances térmicos mensuales y anuales de un edificio con sistemas solares pasivos y la demanda de energía para calefacción del mismo, explicitando objetivos, funcionamiento y posibilidades de cálculo. Se ejemplifica el uso del programa con un estudio sobre la evaluación de sistemas solares pasivos en distintos climas, en Suiza y Argentina. Como conclusión, se analizan los aspectos positivos y negativos del Programa y su aplicación en la Argentina.

DESARROLLO DEL LESO

El LESO [1] Laboratorio de Energía Solar de la escuela Politécnica de Lausanne, Suiza cuenta con un edificio de tres plantas aisladas térmicamente entre sí. Cada piso está subdividido en tres células o locales al sur, aislados entre ellos. Cada una de las nueve unidades solares recibe una fachada compuesta de un sistema solar pasivo. Ello permite una comparación simultánea de diferentes sistemas solares pasivos, en condiciones climáticas idénticas. Las oficinas, circulaciones y locales técnicos están ubicados al norte del edificio, y se calefaccionan independientemente. Cada unidad solar dispone de un medidor independiente.

El LESO cumple con los siguientes objetivos:

- Medir un conjunto de sistemas solares pasivos, en un clima real y en un edificio habitado.
- Modelizar matemáticamente y simular el comportamiento de dichos sistemas.
- Estudiar la interacción de esos sistemas con diversos medios de calefacción auxiliar y de economía de energía.
- Difundir los resultados adquiridos.
- Contribuir al desarrollo de métodos de cálculo simplificados para arquitectos e ingenieros.
- Aportar una formación de base a estudiantes.

Se han realizado ya y se siguen desarrollando diversos métodos de análisis, modelización y cálculo. Algunos de estos son Método de Análisis de Sistemas, Método de Análisis del Confort, Programa de Simulación Nodal "PASSIM", Método Stocástico de Simulación y Método de Cálculo Simplificado: LESOSAI. Este último programa es el tema de esta nota técnica.

(1) CIHE-FADU-UBA

(2) LESO-EPFL, Lausanne, Suiza.

## DESARROLLO DEL PROGRAMA LESOSAI [2]

El Programa LESOSAI ha sido creado como herramienta de trabajo que proporciona balances térmicos y análisis de ganancias solares en edificios, permitiendo evaluar los balances térmicos mensuales y anuales y la demanda de energía para calefacción. Está basado en el método de cálculo de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos (SIA).

Los sistemas solares pasivos que se pueden analizar son: ventanas, sistemas de ventanas y ganancias directas, invernadero, muro acumulador o Trombe, sistema doble piel y colector-ventana. El programa está orientado a construcciones semipesadas y pesadas y permite trabajar con proyectos determinados y evaluar variantes de diseño y su eficiencia energética.

Para iniciar el programa es necesario definir los datos climáticos de la localidad y las características térmicas y dimensionales del edificio, o leerlos de un archivo ya que el programa permite cargar, modificar, guardar o imprimir estos archivos.

### DATOS DEL EDIFICIO

La información necesaria para analizar el edificio comprende:

1. Tipología y uso: volumen calefaccionado, temperatura interior, renovaciones de aire, termostato, edificio, techo, superficie calefaccionada, ocupación y horarios de uso, consumo anual de energía y orientación del edificio.
2. Pisos y cielorrasos: pisos en contacto con el exterior o espacios no calefaccionados, pisos sobre tierra; cielorrasos con altillos no calefaccionados; tipo de vidrio, superficie y transmitancia del marco, factor de protección y fracción de sombra.
3. Fachadas: responden a las cuatro orientaciones cardinales y una quinta orientación variable. Cada una se subdivide en fachada en contacto con el exterior, muro sobre espacio no calefaccionado y muro sobre tierra. Aquí se consideran también tipo de vidrio, coeficiente y transmitancia del marco, factor de protección y fracción de sombra.
4. Sistema solar pasivo (único o combinado): ventanas, sistemas de ventanas y ganancias directas, invernadero, muro acumulador o Trombe, sistema doble piel y colector-ventana; características térmicas y radiativas.
5. Casos particulares: muros en contacto con locales a temperatura constante: superficie, transmitancia y temperatura; elementos solares especiales: superficies de captación.
6. Calefacción y agua caliente.

El programa propone valores conformes a las recomendaciones de las Normas SIA, pero pueden ser reemplazadas según el proyecto. Asimismo tiene integrada una tabla de características térmicas y lumínicas de vidrios, utilizados en Suiza; algunos corresponden a la Argentina.

### DATOS CLIMATICOS

Respecto a la información climatológica, el LESOSAI contiene los datos de 17 localidades representativas de 5 regiones climáticas suizas. Se pueden usar estos o crear nuevos datos, considerando temperatura exterior, radiación horizontal, radiación vertical, temperatura del suelo para cada mes del año y altitud.

## RESULTADOS

Los balances térmicos están presentados con un resumen de características principales del edificio, tales como detalles sobre pérdidas térmicas, ganancias térmicas y ganancias solares del sistema solar, según orientación. El balance térmico está expresado mensualmente detallando pérdidas brutas, aportes internos, aportes solares, aportes globales (solares y internos), el factor de uso, ganancias de calor y la demanda de energía para calefacción.

El programa también proporciona un cuadro detallado de la demanda de energía para calefacción. El balance térmico anual se expresa en forma de gráfico, mostrando aportes y pérdidas térmicas de techos, paredes, ventanas, renovación de aire y pisos.

## DESARROLLO DE LA APLICACION DEL LESOSAI EN LA ARGENTINA

Se analizó el funcionamiento de distintos sistemas solares pasivos en distintas zonas climáticas suizas (5) y argentinas (10) con el fin de observar el comportamiento energético, utilizando LESOSAI [3]. Las "regiones solares" argentinas fueron establecidas en un estudio anterior [4]. Se quiso probar las recomendaciones formuladas en dicho estudio, según los resultados del LESOSAI para cada sistema y cada región solar. El análisis realizado confirmó los resultados obtenidos anteriormente en la FADU-UBA.

Los siguientes sistemas solares pasivos fueron elegidos por considerar que representan las alternativas de mayor posibilidad de aplicación: ganancia directa, invernadero y ganancia directa, muro acumulador y ganancia directa, doble piel y ganancia directa, colector-ventana y ganancia directa. Se seleccionó un edificio tipo con sistemas solares pasivos en su fachada orientada hacia el Ecuador: invernaderos y ventanas. Después se reemplazó los invernaderos con otros sistemas dejando las ventanas existentes.

Se presenta el resultado de la interrelación entre clima y sistemas en la Tabla 1. Por medio del LESOSAI se obtuvieron resultados de balances térmicos mensuales indicando pérdidas brutas, aportes solares y demanda de energía para calefacción. Se analizaron tres puntos importantes: el aporte solar en distintas zonas climáticas, la proporción de energía para calefacción en cada zona y los sistemas solares pasivos más aptos para cada región de la Argentina.

La situación argentina está caracterizada por las grandes diferencias que existen entre las "regiones solares". Analizando cada sistema solar se evidencian valores extremos en los resultados de pérdidas brutas, aportes solares y demanda de energía para calefacción, tal como se muestra en la Tabla 2.

En las regiones solares más cálidas de Argentina, 2 a 7, los sistemas considerados (ganancia directa, muro Trombe y colector ventana) presentan períodos cuando, las ganancias solares son mayores a las pérdidas brutas sin demanda de calefacción. En Suiza la demanda para calefacción tiene una duración de 1 a 12 meses. En Argentina, los períodos de calefacción son más variados. Existen lugares donde la necesidad de calefacción no es significativa, otros donde tiene una duración de 1 a 5 meses y otros donde el período llega a un año.

En cuanto a los niveles de calefacción, se identifican 4 niveles en Suiza y 5 en Argentina (ver cuadro de resultados de los balances térmicos, Tabla 1).

Tabla 2: Comportamiento de los sistemas. [3]

PAIS	REGION SOLAR	SISTEMA	COMPORTAMIENTO
ARGENTINA	2 a 10	Ganancia directa	max. perd. bruta max. aporte solar min. enrgla calef.
	2 a 7	Muro Trombe	min. perd. bruta min. aporte solar min. energia calef.
	2 a 10	Colector ventana	min. energia calef.
	8, 9 y 10	Invernadero	max. energia calef.
SUIZA	1 a 5	Colector ventana	min. enrgla calef.
		Invernadero	max. energia calef. min. aporte solar
		Ganancia directa	max. perd. bruta max. aporte solar
		Doble piel	min. perd. bruta

Las dos regiones solares más frías de la Argentina son semejantes a dos de Suiza, observando que la zona más fría de Argentina equivale a la menos fría de Suiza. Entre las zonas climáticas suizas 4 y 5, aparecen dos niveles intermediarios: zonas climáticas 1, 2 y 3. Mientras que en Argentina no existen niveles intermediarios, comprendidos entre los mismos límites, aunque hay dos niveles donde se calefacciona en menor grado o no se lo hace. La Tabla 3 muestra los sistemas solares pasivos recomendados para la Argentina [3].

Tabla 3: Recomendación de Sistemas Solares Pasivos para Argentina.

REGION SOLAR	SISTEMAS SOLARES PASIVOS ACONSEJABLES	
1	1. Colector-ventana 2. Ganancia directa 3. Muro Trombe	4. Doble piel 5. Invernadero
2, 3, 5, 6 y 7	1. Ganancia directa 2. Colector-ventana	3. Muro Trombe
4	1. Colector-ventana	2. Ganancia directa
8 y 9	1. Colector-ventana 2. Ganancia directa	3. Doble piel 4. Invernadero

## CONCLUSION

Se consideran positivos los siguientes aspectos del Programa:

- Cálculos casi instantáneos del balance térmico mensual y anual.
- Detalles de las necesidades de energía para calefacción.
- Sencilla entrada de datos de un edificio, minimizando los riesgos de error y permitiendo su almacenamiento.
- Entrada de datos para Argentina.
- Rápida modificación de datos facilitando el estudio de variantes.
- Rotación del edificio para estudiar diferentes orientaciones.
- Salida de resultados en forma de cuadro o gráfico.

Aspectos desfavorables del Programa:

- No permite estudiar el confort térmico.
- Estudia parcialmente las relaciones entre los distintos factores.
- No tiene en cuenta el comportamiento del usuario.
- No está adaptado para el dimensionamiento de instalaciones.
- Algunos valores propuestos por el Programa no corresponden a los utilizados en Argentina (vidrios, aislaciones, regulación de la calefacción, valores de K).
- No permite incluir nuevos sistemas solares pasivos.
- Apto solo para construcciones semipesadas o pesadas.

Se puede observar que el Programa LESOSAI es una herramienta útil de trabajo, ya que permite estudiar diferentes variantes de sistemas solares pasivos en un mismo edificio modificando factores que influyen en el diseño.

Permite encontrar la solución adecuada, con cambios sucesivos y analizar las variables que inciden más fuertemente en la elección de un sistema solar pasivo. Por otro lado, permite realizar estudios comparativos de sistemas solares pasivos en diferentes regiones solares, encontrando la mejor posibilidad para cada caso. Para una misma región solar, pueden estudiarse diferentes sistemas solares pasivos y sus combinaciones en un mismo edificio. Asimismo para las mismas condiciones de habitabilidad, es posible profundizar estudios comparativos de un sistema solar pasivo.

La etapa siguiente de este estudio es realizar un análisis comparativo de sistemas solares pasivos, en diferentes zonas solares de país, tomando edificios que se adapten a las posibilidades y necesidades argentinas. Esto permitirá además el análisis de diferentes posibilidades del Programa. Se está elaborando una traducción al castellano del Programa LESOSAI para permitir su uso en el país. Asimismo se están desarrollando los archivos con datos climáticos de distintas localidades argentinas.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con una beca otorgada por la EPFL dentro del Convenio con la FADU-UBA. La becaria agradece el apoyo y dirección recibido de los profesores del LESO-EPFL y del Centro de Investigación Habitat y Energía, FADU-UBA.

SISTEMAS SOLARES PASIVOS	RESULTADOS BALANCE TERMICO MENSUAL [MJ/m <sup>2</sup> ]	ZONAS CLIMATICAS ARGENTINAS										ZONAS CLIMATICAS SUIZAS				
		1 puna	2 templado norte	3 templado calido n.	4 calido	5 templado calido	6 templado	7 templado seco	8 trio	9 truy trio	10 muy frio s.	1 plateau	2 jura	3 vallee	4 alpes	5 tessin
		La Oca	Jujuy	Oran	R.S Peño	Ratoelo	M. Juarez	Mendoza	C. de P.	Com. R.	Ushuaia	Lausanne	La C. de E.	Sion	Davos	Lugano
1 GANANCIA DIRECTA	PERDIDAS BRUTAS	457	199	86	87	176	222	250	333	395	719	528	614	511	765	431
	APORTES SOLARES	363	335	310	198	314	323	339	326	301	259	244	272	262	302	293
	ENERGIA DE CALEFACCION	96	25	9	9	32	46	62	99	131	379	271	297	249	393	183
2 INVERNADERO + GANANCIA DIRECTA	PERDIDAS BRUTAS	426							313	372	674	495	575	479	715	405
	APORTES SOLARES	275							241	219	178	172	189	184	210	205
	ENERGIA DE CALEFACCION	113							118	150	404	283	319	265	422	205
3 MURO CAPTOR ACUMULADOR + GANANCIA DIRECTA	PERDIDAS BRUTAS	423	107	81		166	209	334				484	573	479	713	405
	APORTES SOLARES	293	271	251		253	260	273				194	215	208	239	232
	ENERGIA DE CALEFACCION	101	27	9		34	50	67				267	298	249	393	187
4 DOBLE PIEL + GANANCIA DIRECTA	PERDIDAS BRUTAS	413							303	359	649	478	555	463	691	391
	APORTES SOLARES	266							240	220	183	176	195	189	216	211
	ENERGIA DE CALEFACCION	107							105	136	374	262	295	215	391	185
5 COLECTOR VENTANA + GANANCIA DIRECTA	PERDIDAS BRUTAS	428	188	82	83	167	211	236	316	375	680	499	579	483	720	406
	APORTES SOLARES	319	295	273	262	276	284	298	287	263	220	213	236	228	263	255
	ENERGIA DE CALEFACCION	93	25	9	9	32	46	62	98	129	367	260	287	240	379	179

Tabla 1: Resultados de los balances térmicos mensuales en Argentina y Suiza [3].

REFERENCIAS

- [1] GRES, Rapport de Synthèse 1981-1984, LESO-EPFL, Lausanne, 1984.
- [2] GRES, Programme LESOSAI mode d'emploi. Version 1987. LESO-EPFL, Lausanne, 1987.
- [3] M. Cobos, L' Energie Solaire Passive en Suisse, le LESO, LESOSAI, la Législation, Lausanne, 1989.
- [4] J. M. Evans, S. de Schiller, E. D. Mónico, A. J. Silberstien, V. Eisztein, Aplicación de los sistemas solares pasivos en distintas regiones de la República Argentina y criterios para integración en el diseño. FADU-UBA, Buenos Aires, 1986.