

# EVALUACION ECONOMICA DE LA UTILIZACION DE COLECTORES SOLARES PLANOS PARA USO DE AGUA CALIENTE DOMESTICA

Eduardo Yarke - Martha Fujol - y grupo de alumnos \*\*

Universidad Nacional de Luján  
Rutas 5 y 7 - Luján - Prov de Bs.As.

## RESUMEN

En este trabajo se muestran resultados luego de haber hecho algunas evaluaciones económicas en relación con el empleo de colectores solares planos dentro de la región del Gran Bs.As. Estas evaluaciones fueron tarea académica para el Area de Arquitectura Bioambiental de la UNLU, en la búsqueda de algunas respuestas que justifiquen la baja penetración que esta técnica solar tiene en la Región a pesar de que los colectores existen en el mercado desde hace más de 20 años.- Se hicieron también simulaciones en relación con los cambios tecnológicos y los límites de precio que convertirían a los equipos solares en opciones convenientes en relación con los equipos convencionales que actualmente se utilizan en la plaza; todo ello pensando que el marco de estabilidad económica alcanzado por el país en los últimos años, justifica este tipo de análisis.-

## INTRODUCCION

A pesar de que ya han pasado mas de 20 años desde la aparición en el mercado local de los colectores solares planos, cuyo principal uso es el de abastecer de agua caliente al consumo doméstico, su penetración en el mercado del área del Gran Buenos Aires es absolutamente minoritario.-

No deja de llamar la atención esta bajísima inserción, sobre todo si se la compara con la penetración que esta tecnología tiene en otras zonas de latitud similar, por ejemplo: en los Estados del Sur de EE.UU.-

A priori, a medida que los problemas ambientales están siendo asumidos por el gran público de una manera acelerada, es de suponer que potencialmente debería existir una firme demanda de un producto noble y ecológicamente favorable como es el colector plano, pero esto no se concreta en instalaciones.-

Muchas pueden ser las causas de este problema, y podemos señalar como posibles cuestiones inherentes a las formas de comercialización, precios, marketing, financiación, servicios de instalación y post-venta, etc.- La opinión generalizada de la gente es que el excesivo costo inicial no estimula la

---

\*\* - del área de Arquitectura Bioambiental - Departamento de Tecnología - Ingeniería Industrial

compra de estos equipos.-

Ante una realidad de economía con precios estables , como es la que se está viviendo en la Argentina desde hace ya algunos años, se consideró de interés analizar actualizadamente cuál es la relación precios-beneficio que el uso de colectores planos tiene en la región metropolitana y cuáles son las posibilidades que existen para que esta tecnología pueda realmente competir con los sistemas tradicionales de provisión de agua caliente .-

## LA EVALUACION ECONOMICA

La evaluación económica que se realizó , tiene como objetivo aclarar las relaciones precio-beneficio que el empleo de colectores planos propone a un potencial usuario.-

Por simplicidad, si bien se estudiaron los usos del colector tanto para la provisión de agua caliente doméstica como para abastecer las demandas de calefacción , sólo se muestran los resultados del primer uso por estar las configuraciones y precios de esta forma de aplicación, mucho más standarizadas.

Los métodos que se aplicaron son dos :

- 1 - El método del Costo Anual Equivalente ( CAE )
- 2 - El método de la Factibilidad Económica y tiempo de amortización

El primero de los métodos busca determinar cuál es el costo por unidad comercial equivalente y en tiempo presente , de la energía que el equipo entrega para abastecer la demanda planteada.-

Este método es particularmente útil para analizar alternativas tecnológicas diferentes sobre la base que todas reponen a una misma demanda claramente definida.-

El segundo método busca establecer cuál es la relación entre el costo en términos presentes que la aplicación de una determinada tecnología tiene y el beneficio buscado que tal aplicación produce en términos directos o indirectos.- Si se toman sólo los beneficios económicos directos, se puede establecer a partir de esta relación cuál es el tiempo de amortización para la inversión que se realiza.-

## EL METODO DEL COSTO ANUAL EQUIVALENTE

El Costo Anual Equivalente ( CAE ) se calcula con la siguiente relación :

$$CAE = ( CI * FRC ) + CAF \quad ( I )$$

siendo :

- CI = Costo inicial del equipamiento  
incluida la instalación del mismo  
en el lugar de utilización
- FRC = Factor de recuperación del costo  
inicial como amortización anual  
en términos presentes
- CAF = Costo anual de funcionamiento en  
términos presentes

de donde :

$$FRC = ( 1+i )^n * i / ( ( 1+i )^n - 1 ) \quad ( II )$$

- i = Tasa de interés activa o pasiva  
tomada como referencia
- n = Tiempo en que se considera la in-  
versión ; generalmente la vida  
útil estimada del equipo

y también :

$$CAF = CACOM + CAM \quad ( III )$$

- CACOM = Costo anual del combustible  
a consumir en valores de mercado  
y según las unidades de comercia-  
lización, penalizado por un factor  
FF que toma en cuenta aumentos fu-  
turos de los combustibles fósiles
- CAM = Costo anual estimado de manteni-  
miento, generalmente tomado como  
un porcentaje del costo inicial

Con este método se comparo el CAE y el costo por unidad de energía demandada entre sistemas de colectores solares con acumulador según las configuraciones standard de los sistemas existentes en plaza, en relación con termotanques también existentes en el mercado y que funcionen con gas natural , gas envasado o electricidad respectivamente .-

En el CUADRO 1 se muestran los resultados de uno de estos análisis donde se comparan un equipo solar con termotanques alimentados con las tres variantes antes señaladas .-

Para ello se definió la demanda de agua caliente como la proveniente de un grupo familiar de 4 personas que consumen 200 litros diarios de agua caliente a 50 grados de temperatura .- Los datos meteorológicos y estimaciones de radiación solar se hicieron sobre la base de la estación meteorológica que funciona en el INTA Castelar (1) y la configuración de los equipos es la siguiente :

Equipo solar : Colectores = 4 m<sup>2</sup>  
Acumulador = 400 litros  
Fr. (  $\xi$  ) = .625  
P.Colect. = 5.3 w/C  
Inclinación = 50 grados  
Intercambiador = No tiene  
Energía Aux.= Electricidad

Termotanques : Capacidad = 120 litros  
Energía : Gas natural , Envasado o  
Electricidad  
Rendimiento : 60% , 60% y 85%  
respectivamente  
Recuperación : 192 litros/hora con  
un delta T de 25°C  
Consumos : 8000 Kcal/hora para gas  
para 6,6 kwh para el eléctrico  
recuper.

Para los precios de los combustibles se tomaron los promedios al consumidor en la ciudad de Buenos As. para una demanda similar.- Es de hacer notar en este sentido que los precios de electricidad en Luján, Mercedes y el área de influencia de la Universidad son substancialmente superiores a los que rigen en la Capital Federal.-

El cálculo de la Fracción de Ahorro Solar ( FAS ) se realizó con el programa "Activos" del ISABA realizado sobre el Método del F-CHART (2).- La planilla de cálculo se realizó con Quatro-Pro.-

Con los resultados obtenidos se demuestra que el costo por unidad de energía para satisfacer la demanda planteada es en el caso del equipo solar 1,86 veces más alto que el costo que presenta el termotanque que funciona con gas natural, aunque esta relación es favorable para el equipo solar cuando se lo compara con el costo por unidad de energía de los termotanques alimentados con gas envasado o electricidad.-

Con esto se confirma que la verdadera competencia para el equipo solar son los equipos que utilizan gas natural .- El precio del gas tendría que aumentar considerablemente en relación con el precio actual o disminuir a la mitad el precio por Kwh de energía eléctrica para que la actual tecnología de los equipos solares sea competitiva con los termotanques a gas natural.- El -CUADRO 2- demuestra que desde el inicio de la convertibilidad la relación entre ambos precios en sus unidades de comercialización, paso de ser 1,67 en el 1991 a 2,2 en la actualidad, pero aun estamos muy lejos de la relación 4,1 que equilibraría los costos.-

	Sistema	Termotanques		
	Solar	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Demanda Anual Energía(Kwh)	2955	2955	2955	2955
Fracción Ahorro Solar(FAS)	0,73	No	No	No
Carga Remanente (Kwh)	797	2955	2955	2955
Tipo de Energía Consumida	Electric	Gas Nat.	Gas Env.	Electric
Rendimiento Sist.Convenc.	0,85	0,60	0,60	0,85
P.Calorif.(Kwh/unid.comer)	1,0	10,8	14,0	1,0
Consumo Energ.Convencional	937	456	351	3476
Precio Energ.Convencional	0,10	0,22	1,00	0,10
Costo Inic.Instalado (CI)	1800	470	470	470
Vida Util - años (n)	20	12	12	20
Tasa Anual de Interés (i)	0,10	0,10	0,10	0,10
Factor de Penalización(FF)	1,373	1,246	1,246	1,373
Costo Anual Mant.(CAM)-2%	36,0	9,4	9,4	9,4
Costo Anual Comb.(CACOM)	128	124	437	477
Costo Anual Total (CAF)	164,0	133,4	446,4	486,4
Fact.de Recup.Capital(FRC)	0,117	0,147	0,147	0,117
Costo Anual Equiv. (CAE)	375,4	202,4	515,4	541,6
<b>COSTO UNITARIO ENERGIA QUE SATISFACE DEMANDA (\$/Kwh de demanda)</b>				
	0,13	0,07	0,17	0,18

Nota: El poder calorífico, consumo y precio del gas natural es en/o por m3 y el del gas envasado en/o por kg

CUADRO 1 - ANALISIS POR EL METODO DEL COSTO ANUAL EQUIVALENTE

	1991	1992	1993	1994	1995
E.Electr. (\$/Kwh)	0,09	0,09	0,11	0,09	0,10
Gas Nat. (\$/m3)	0,15	0,17	0,18	0,19	0,22

CUADRO 2 - PRECIOS ENERGIA-PROMEDIO CONSUMOS DOMESTICOS-(BsAs)

## EL METODO DE LA FACTIBILIDAD ECONOMICA

El método de la Factibilidad Económica plantea la relación precio-beneficio que la aplicación de una determinada tecnología proporciona.- Se parte del principio de que es aceptable tener un sobrecosto inicial si se demuestra que esa mayor inversión se compensa con beneficios cuantificables que permitan amortizar la mayor inversión dentro de la vida útil del equipo mas caro.- Es un método mas "duro" que el anterior y se determina en este caso con el siguiente cálculo :

$$\text{Factibilidad Económica} = \text{SAE} / \text{VCA} \quad (\text{IV})$$

siendo :

SAE = Sobrecosto Anual Equivalente  
Se calcula igual que el CAE  
tomando la diferencia de precios  
iniciales entre el equipo solar  
y el termotanque como Sobrecosto  
Inicial (SI)

VCA = Valor Anual del Combustible ahorrado penalizado por el factor FF

El tiempo de amortización del sobrecosto realizado será entonces :

$$\text{Tiempo de amort.} = \text{Fact. Económica} * \text{Vida Util} \quad (\text{V})$$

En el CUADRO 3 se demuestra que el empleo de un equipo solar que utiliza energía eléctrica como auxiliar para ahorrar gas natural no tiene factibilidad económica favorable y que sí la tiene, aunque con sobrecosto amortizado cerca del límite de la vida útil del equipo solar, cuando la energía que se ahorra es gas envasado o electricidad.-

## NECESIDAD DE UN CAMBIO TECNOLÓGICO

De lo anterior podemos inferir que es necesario un cambio tecnológico para que los equipos solares tengan una mayor penetración en la región metropolitana . La primera cuestión es conseguir que la energía auxiliar que usen sea gas natural o ,como alternativa, utilizar a los termotanques comerciales como acumuladores, adaptándolos en lo que sea necesario para que cumplan con esta doble función .- En el CUADRO 4 - se muestran los resultados de simular esta situación y allí vemos que la sola adaptación no es suficiente para equilibrar costos energéticos, sino que además el precio de los equipos solares debería ser inferior al actual en el orden del 25% para lograr que el costo de la energía entregada por el equipo solar sea la misma que la del termotanque a gas natural.-

Comparacion entre equipo solar y termotanques			
	Caso1	Caso2	Caso3
Sobrecosto Inicial Instalado (SI)	1330	1330	1330
Combust. Ahorrado (unid.comercial)	332	256	2537
Valor del Combustible Ahorrado (\$)	100	351	348
Costo Anual Mantenimiento (CAM)	36	36	36
Costo Anual Combust.Consum.(CACOM)	128	128	128
Costo Anual Total (CAF)	164	164	164
Sobrecosto Anual Equivalente (SAE)	320	320	320
Factibilidad Económica	3,20	0,91	0,92
Tiempo para recuperar el sobrecosto realizado (años)	64,0	18,2	18,4

CUADRO 3 - ANALISIS POR EL METODO DE LA FACTIBILIDAD ECONOMICA

	Sistema	Termotanques		
	Solar	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Demanda Anual Energía(Kwh)	2955	2955	2955	2955
Fracción Ahorro Solar(FAS)	0,73	No	No	No
Carga Remanente (Kwh)	797	2955	2955	2955
Tipo de Energía Consumida	Gas Nat.	Gas Nat.	Gas Env.	Eléctric
Rendimiento Sist.Convenc.	0,60	0,60	0,60	0,85
P.Caloríf.(Kwh/unid.comer)	10,8	10,8	14,0	1,0
Consumo Energ.Convencional	122	456	351	3476
Precio Energ.Convencional	0,22	0,22	1,00	0,10
Costo Inic.Instalado (CI)	1350	470	470	470
Vida Util - anos (n)	20	12	12	20
Tasa Anual de Interés (i)	0,10	0,10	0,10	0,10
Factor de Penalización(FF)	1,373	1,246	1,246	1,373
Costo Anual Mant.(CAM)-2%	27,0	9,4	9,4	9,4
Costo Anual Comb.(CACOM)	36	124	437	477
Costo Anual Total (CAF)	63,0	133,4	446,4	486,4
Fact.de Recup.Capital(FRC)	0,117	0,147	0,147	0,117
Costo Anual Equiv. (CAE)	221,6	202,4	515,4	541,6
COSTO UNITARIO ENERGIA QUE SATISFACE DEMANDA (\$/Kwh de demanda)	0,07	0,07	0,17	0,18

Nota: El poder calorífico, consumo y precio del gas natural es en/o por m3 y el del gas envasado en/o por kg

CUADRO 4 - SIMULACION DEL (CAE) USANDO GAS NAT.COMO ENERGIA Y DISMINUYENDO EL COSTO INICIAL DEL EQUIPO SOLAR

Cuando se simulan resultados utilizando el método de la Factibilidad Económica, - CUADRO 5 - los resultados demuestran que no sólo deben convertirse los acumuladores para que utilicen gas natural, sino que los precios actuales de los equipos solares deberían reducirse en un 52% para que la amortización del sobrecosto se realice dentro de la vida útil del equipo solar.-

Comparación entre equipo solar modificado y termotanques			
	Caso1	Caso2	Caso3
Sobrecosto Inicial Instalado (SI)	400	400	400
Combust. Ahorrado (unid.comercial)	332	256	2537
Valor Anual Combust. Ahorrado (VCA)	100	351	348
Costo Anual Mantenimiento (CAM)	17,4	17,4	17,4
Costo Anual Combust.Consum.(CACOM)	36,0	36,0	36,0
Costo Anual Total (CAF)	53,4	53,4	53,4
Sobrecosto Anual Equivalente (SAE)	100,0	100,0	100,0
Factibilidad Económica	1,00	0,28	0,28
Tiempo para recuperar el sobrecosto realizado (años)	20,0	5,6	5,8

CUADRO 5 : SIMULACION DE LOS VALORES MAXIMOS QUE AMORTIZAN EL SOBRECOSTO DURANTE LA VIDA UTIL DEL EQUIPO SOLAR

#### COLABORADORES

Colaboraron con este trabajo los siguientes alumnos del Area de Arquitectura Bioambiental: Arano J.;Cambiano P.;Cecco M.; De Rosa C.; Fusetti M.;Garralda M.;Gomez E.;Paez E.;Perdomo L.; Petriw S.;Scurini J.; Vega L.; Ida M.; Sanchez M.

#### REFERENCIAS

- (1) - Serv.Meteor.Nac.- Estadísticas Meteorológicas 1971/80
- (2) - Beckman,W.;Klein,S. y Duffie,J. "Solar Heating Desing by de F-Chart Method",J.Wiley & Sons - New York -1977