



UNIVERSITAT_{DE}
BARCELONA

Autor: Sofía Sacripanti Olalla

Tutor: José Miguel Asensi

Curso académico: 2022/2023

Producción de ACS mediante colectores solares basados en materiales reciclables

Máster en Energías Renovables y
Sostenibilidad Energética

Dos Campus d'Excel·lència Internacional:



Abstract

In recent years, the global population and the human development have been growing exponentially. Consequently, there has been a significant increase in worldwide energy consumption. Simultaneously, the increase in greenhouse gas emissions from fossil fuel usage intensifies global warming, leading to increasingly evident and irreversible consequences worldwide. This has prompted the implementation of various strategies for mitigating, sustaining, and increasing energy efficiency to stop or, at least, delay the effects of climate change.

The objective of this project was to study the generation of sanitary hot water (SHW) using a solar collector made from recyclable materials, such as bottles, cans, and tetra packs. The approach and motivation for this work were based on the sustainability implications of such projects, where economic, social, and environmental benefits can be equally obtained.

Comparing the recycled collector with a flat plate and a vacuum tube solar collector, all three of them exhibited similar behaviors. However, the efficiency and volume of hot water obtained by the recycled collector were considerably lower than the other two. The low performance of the recycled collector can be attributed to significant thermal losses due to poor hermeticity between plastic bottles, inefficient insulation of pipes or absorbers, as well as inadequate system sizing. Nevertheless, the recycled collector was still able to produce 15 liters of hot water at 50°C on the coldest days of the year, and almost 60 liters on autumn days when the ambient temperature reaches 14°C.

Additionally, the results of the eco-audit reflect the negative impact on the environment of constructing these industrial solar collectors. This impact depends significantly on the manufacturing and installation countries, prevailing legislations, and the collective and individual responsibility of all agents involved in the collector's lifecycle. Considering the global shift towards renewable energy systems for all countries worldwide, the manufacturing of solar collectors, especially the energy consumption and carbon footprint involved, should not be disregarded during this energy transition.

In conclusion, although the performance of the recycled solar collector may not compete with current market collectors, it remains a product that, from waste, generates SHW at very low monetary and almost negligible energy costs, improving people's quality of life, benefiting families' economies, and protecting the environment. In other words, it is sustainable.

Contenido

Abstract	1
1. Introducción	4
1.1. Objetivos	4
1.2. Situación energética en Argentina	5
1.3. Generación de residuos en Argentina.....	7
2. Energía solar	8
2.1 Radiación solar	8
2.2 Energía solar térmica e instalación solar térmica	9
3 Generación de ACS.....	11
3.1 Colector solar a partir de materiales reciclados	11
3.2 Colector de placas planas.....	16
3.3 Colector de tubos de vacío.....	17
4 Estudio comparativo	18
4.1 Datos meteorológicos	18
4.2 Balances de energía	18
5 Eco-auditoria	22
5.1 Colector reciclado.....	23
5.2 Colector solar plano	24
5.3 Colector de tubos de vacío.....	26
6 Resultados y discusiones.....	28
6.1 Resultados cálculos eficiencia	28
6.2 Resultados eco-auditoria	30
7 Conclusiones.....	33
8 Bibliografía	35
9 ANEXOS	38
ANEXO I. Hoja de datos técnica del colector de placa planas seleccionado.....	38
ANEXO II. Hoja de datos técnica del colector de tubos de vacío seleccionado	39
ANEXO III. Armado del colector solar de materiales reciclables.....	41
ANEXO IV. Cálculo del ángulo óptimo de inclinación del colector.....	45
ANEXO V. Datos obtenidos de PVGIS y cálculos para cada mes	47
ANEXO VI. Resultados Eco-auditoria.....	59

1. Introducción

En los últimos años, la población mundial junto con el índice de desarrollo humano, medido según expectativa de vida, grado de alfabetización y educación de adultos, y producto interior bruto per cápita, han ido creciendo exponencialmente [1]. Como consecuencia, ha habido un gran aumento del consumo energético a escala mundial. Al igual que la tendencia mundial, Argentina ha incrementado marcadamente su consumo energético en los últimos años alcanzando su pico máximo de consumo en 2013 de 23187 kWh [2] y manteniendo sus niveles de consumo por encima de los consumos históricos pre-revolución industrial.

A la par, el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero por el uso de combustibles fósiles acentúan el calentamiento global, que tiene consecuencias cada vez más evidentes e irreversibles en todo el mundo. Esto ha llevado a que se implementen distintas estrategias de mitigación, sostenibilidad y eficiencia para frenar, o en su defecto, retardar los efectos del cambio climático.

Una de estas estrategias es la de aumentar la generación de energía a partir de fuentes renovables, tomando mayor importancia en su participación en el mix energético de todos los países, incluido Argentina, como alternativa sostenible y medioambientalmente responsable, reemplazando a los combustibles fósiles. Una de las tecnologías que más se ha utilizado en los últimos años es la energía solar fotovoltaica y térmica. En este trabajo, se estudiará en particular la energía solar térmica de baja temperatura, es decir la destinada al uso doméstico tanto para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) como para calefacción.

Otra de las estrategias implementadas es la adopción de un modelo de economía circular, que busca reducir los residuos que se generan diariamente, en especial los de materiales de un solo uso. El hecho de reciclar, reducir y reutilizar, no sólo tienen grandes impactos positivos en el entorno al final del ciclo de vida del material, sino que también significa una gran reducción del consumo energético necesario en los distintos eslabones de la cadena manufacturera de dicho producto.

Por último, uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta a la hora de buscar soluciones al cambio climático y al calentamiento global, es la búsqueda de acciones que sean sostenibles, es decir, que tengan impactos sociales, económicos y ambientales por igual en su entorno.

1.1. Objetivos

Teniendo en cuenta los tres puntos antes mencionados es que en este trabajo final de máster se desarrolla un análisis descriptivo de un colector solar a base de materiales reciclados. Desde el punto de vista de la ingeniería y la sostenibilidad, tiene como objetivo permitir el acceso agua sanitaria caliente a familias de bajos recursos, reduciendo el consumo de gas o electricidad y, por lo tanto, disminuyendo las emisiones

de CO₂. Como materiales de construcción del colector, se consideran materiales reciclados como botellas de plástico PET, latas de refrescos y tetrabriks.

Además, se realiza un análisis comparativo del colector reciclado contra otros dos colectores que son comercializados en el mercado, uno de placas planas y otro de tubos de vacío. En este análisis se compara el comportamiento de los distintos sistemas, considerando las condiciones climáticas de una locación específica de la ciudad de Paraná, Entre Ríos, Argentina. Además, se describen las ventajas y desventajas entre los tres sistemas, teniendo en cuenta costes de inversión, rendimientos, capacidades, etc. Por último, utilizando el software Granta EduPack 2023 R1 [3], se realiza una eco-auditoria de los 3 equipos, comparando consumos energéticos y emisiones de CO₂ de todo el ciclo de vida de cada colector, desde la obtención de materiales, su manufactura, transporte y fin de vida útil.

1.2. Situación energética en Argentina

Según datos de la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima [4], en Argentina en el mes de abril del 2023, únicamente el 15% de la demanda eléctrica se abasteció por fuentes renovables, es decir, 1488 GWh. En otras palabras, el 85% de la energía consumida en el país fue abastecida por combustibles fósiles, tanto para la generación de calor como electricidad.

Los equipos de ACS pueden usar distintos tipos de combustible para calentar agua. En Argentina, como se puede observar en la figura (1), las opciones más utilizadas son: gas natural por redes (GN), gas licuado en garrafas o tubos (GLP), electricidad (EE) y en los últimos años se ha incorporado el uso de sistemas solares térmicos con algún equipo de apoyo que use uno de los combustibles indicados previamente.



Imagen. 1: Distribución tipo de energía usada para ACS en Argentina 2019 [5]

Esta diferenciación entre los tipos de combustible es muy importante, ya que la misma unidad de energía en Argentina, tiene precios bien distintos según qué insumo energético se utilice como fuente de energía. Esto es de gran relevancia para el enfoque que se le dará a este trabajo, ya que el colector solar a detallar tiene como destinatario familias de barrios de bajos recursos económicos.

El gas natural constituye el componente principal de la matriz energética argentina, aportando más del 50% de la energía primaria al país [6]. En consecuencia, gran parte de las emisiones de gases de efecto invernadero producidas en Argentina derivan del uso del gas natural como fuente de energía. De este gran consumo de gas natural, alrededor del 10% es destinado al calentamiento de agua sanitaria en los sectores residenciales [6].

Sin embargo, hoy en día existe una considerable parte de la sociedad que no tiene acceso al gas natural, ya sea a través de gasoductos o de garrafas de gas, y en consecuencia, no tiene acceso a agua caliente sanitaria (ACS) en sus viviendas. Esto se da debido a la falta de infraestructura que permita llegar el gas hasta todas las partes de Argentina, y a la falta de recursos económicos por parte de las familias para poder solventar este servicio básico. Si bien entre febrero de 2022 y febrero 2023 se han incorporado 73450 nuevos usuarios residenciales a la red, esta tasa de aumento ha sido un 0,06% menor que la tasa de crecimiento poblacional [6], lo que significa que el problema de la falta de acceso a la red de gas sigue estando vigente al día de hoy.

Según los datos presentados por el Ente Nacional Regulador de Gas de Argentina [7], el consumo de energía empleado en Agua Caliente Sanitaria (ACS) para uso doméstico, constituye el segundo consumo en importancia en el sector residencial. Representa el 35% del consumo de un hogar, luego de la calefacción que representa el 53% del consumo.

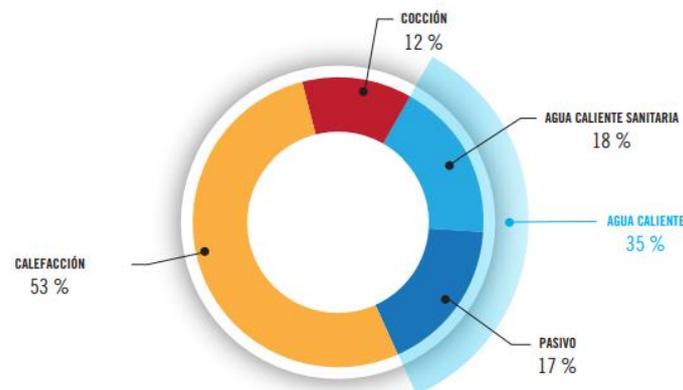


Imagen. 2: Distribución consumo energético en un hogar. [7]

Por lo tanto, si analizamos la problemática teniendo en cuenta la pirámide de Maslow para la energía y el desarrollo humano [8] trabajada en la asignatura “Recursos y Sostenibilidad”, se puede observar que la base de esta pirámide representa el acceso a la energía. Si la base de la pirámide no está satisfecha todavía en una parte de la sociedad, no lo estarán las demás. Es decir, si el acceso a la energía no está asegurado, mucho menos estará asegurada la eficiencia de costes o de recursos, ni la elección de una energía sostenible y renovable frente a una proveniente de combustibles fósiles.



Imagen. 3 : Pirámide de Maslow para la energía y el desarrollo humano [8]

Por otro lado, como comentamos anteriormente, el 50% de la energía primaria viene del gas natural. La producción bruta de gas en Argentina desde 2010 proviene de cinco cuencas: Austral, Cuyana, Golfo San Jorge, Neuquina y Noroeste. La mayor producción de gas natural proviene de la cuenca Neuquina, representando el 67,87% de la producción bruta total en el período enero-febrero 2023 [6].

Desde la Cuenca Neuquina hasta la Ciudad de Paraná, localidad donde se proyecta la ubicación de los colectores solares en este trabajo, hay 1367 Km de distancia. Esto implica que si el agua sanitaria caliente fuera calentada mediante gas natural, se debe tener en cuenta adicionalmente el impacto ambiental de transportar este combustible durante una larga distancia, además del impacto en el precio del mismo.

1.3. Generación de residuos en Argentina

Según indica el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en Argentina se genera un promedio de 45000 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos [8], lo que equivale a una tonelada de basura cada dos segundos. En el caso de la provincia de Entre Ríos, donde se analiza la colocación del colector solar en este trabajo, en el año 2015 se generaban 0,79 kg de residuos sólidos urbanos por habitante por día [9], es decir, un total de 1042 toneladas diarias de residuos en la provincia.

En el año 2019, el 18.82% de estos residuos sólidos urbanos fueron plásticos, 41.64% desechos alimenticios, 13.07% papel y cartón, 3.12% de misceláneos combustibles (como los tetrabriks), 0.58% de metales no ferrosos (como el aluminio), entre otros [9].

Del porcentaje de residuos plásticos, se considera que se tiran aproximadamente 13.000.000 botellas de plástico PET por día [10]. De este porcentaje, solo se recicla el 10%. El restante 90% o 10.800.000 botellas por día terminan en un relleno sanitario o quemadas, con la consecuente liberación de gases de efecto invernadero.

Además, se consumen 9023 millones de toneladas de aluminio al año y se recuperan alrededor de 7138 millones de toneladas anuales, es decir un 79% de las latas

consumidas se reciclan y retornan al mercado, quedando un 21% con destino final al vertedero [11].

Otro gran residuo que se genera en la Argentina son los recipientes tetrabrik que son arrojados a la basura luego de un único uso y que, lamentablemente hoy en día no tiene posibilidad de reciclado ante la imposibilidad de separar el cartón del aluminio y del plástico que lo componen.

Esta falta de gestión de reciclaje de los residuos sólidos urbanos viene acompañada de una falta de legislación o una legislación eficiente. Actualmente, se cuenta con las siguientes Leyes Nacionales que buscan regular esto:

Ley Nacional de Residuos N° 25.916 [12]: Establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios. Esta Ley fue aprobada en 2004 y desde entonces no ha sufrido modificaciones ni actualizaciones.

Proyecto de Ley de envases [13]: En junio de 2023 se volvió a presentar el proyecto de ley de envases con inclusión social en el Congreso de la Nación que busca promover la responsabilidad de las y los productores y reconocer y poner en valor el trabajo de las y los recuperadores urbanos.

Resolución Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable N° 674/2019 [14]: Aprobada en 2019, establece los lineamientos para la implementación del Plan Nacional de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos, con el objetivo de promover la gestión integral y sustentable de los residuos en todo el país.

2. Energía solar

2.1 Radiación solar

Para poder llevar a cabo la comparación entre los tres colectores solares, se debe entender en primer lugar qué es la radiación solar. El Sol emite energía en forma de radiación electromagnética llamada radiación solar. Esta energía se genera a través de reacciones nucleares en el interior del Sol, que tiene una temperatura promedio de 5505°C. El Sol, a su vez, se comporta como un cuerpo negro y sigue la ley de Planck al emitir energía. Sin embargo, no toda esa energía solar alcanza la superficie terrestre. La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo (longitud de onda larga) hasta el ultravioleta (longitud de onda corta), siendo estas últimas absorbidas por los gases de la atmósfera y no llegan a la superficie terrestre.

Por lo tanto, la cantidad de radiación solar que llega a la superficie no es la misma que emite el sol, y se mide mediante la irradiancia, definida como la potencia de la radiación electromagnética incidente por unidad de área.

Los rayos que consiguen penetrar la atmósfera se clasifican en dos tipos: directos y difusos. La radiación directa es aquella que proviene directamente del Sol, mientras que la radiación difusa es aquella que proviene de la atmósfera, por dispersión de parte de la radiación solar en ella. En un día soleado sin nubosidades, predominará la radiación directa frente a la difusa y viceversa en un día nublado. Además, existe la radiación reflejada que es aquella que proviene del reflejo en la superficie terrestre.

La suma de todas estas radiaciones da como resultado la radiación global incidente y es la que consideraremos en los cálculos en el desarrollo de este trabajo.

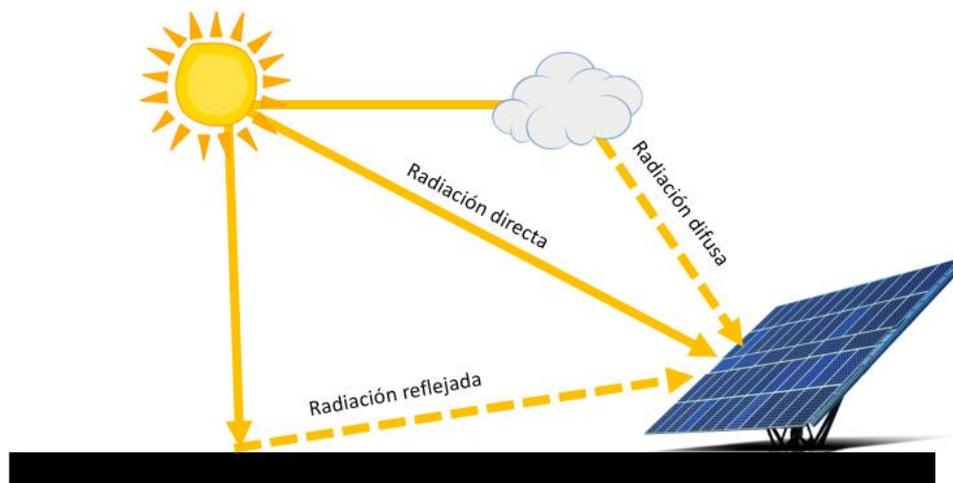


Imagen. 4: Esquema radiación global incidente. (Elaboración propia)

2.2 Energía solar térmica e instalación solar térmica

La energía solar térmica es el aprovechamiento de la radiación solar para generar calor. La utilización del Sol como fuente de energía térmica requiere una instalación que permita captar la radiación solar, almacenar dicha energía y transportarla al lugar deseado.

Dependiendo del captador solar y la temperatura a la que llegue el fluido en el sistema, la instalación puede clasificarse en: instalaciones de baja temperatura, de media temperatura y de alta temperatura. En este trabajo, se estudiará un sistema de baja temperatura, donde los captadores proveen calor a temperaturas menores de 100°C para ACS.

Además, estos sistemas pueden clasificarse en Sistema de flujo natural o Sistema de circulación forzada dependiendo de la forma en que se produzca el calentamiento del agua. En este trabajo, se analizarán 3 colectores solares con calentamiento por flujo natural. Este sistema, utiliza la diferencia de densidad que se genera en el fluido caloportador debido a la diferencia de temperatura para generar el movimiento del fluido y así efectuar el calentamiento de todo el volumen. El agua es un fluido ideal para

este tipo de colectores ya que, como se puede observar a continuación, presenta una gran variación de su densidad con la temperatura.

AGUA	
Temperatura °C	Densidad kg/m ³
0 (hielo)	917,00
1	999,82
10	999,77
14	999,33
20	998,29
30	995,71
40	992,25
50	988,02
60	983,13
70	977,63
80	971,6
90	965,06
100	958,05

Imagen. 5: Variación de la densidad del agua con la temperatura [15]

En este tipo de sistemas, el agua al calentarse con la radiación solar reduce su densidad y asciende por los tubos del colector hacia el tanque de almacenamiento. A su vez, el agua fría, de mayor densidad, desciende desde el tanque de almacenamiento hacia el colector para calentarse y así, se crea un ciclo de circulación natural durante todo el tiempo que haya radiación solar disponible mientras se calienta toda el agua presente, como se puede ver en el esquema a continuación.

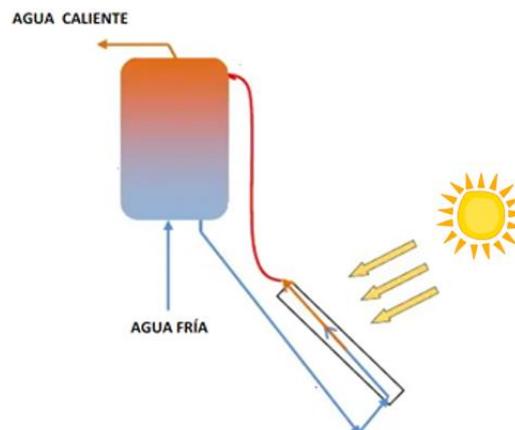


Imagen. 6: Funcionamiento de colector por convección natural. Fuente: Elaboración propia

Las principales ventajas que presenta este tipo de calentamiento son:

- No se requiere el uso de bombas o sistemas mecánicos que puedan llegar a requerir de reparación o mantenimiento.
- No se requiere de electricidad para hacer funcionar la bomba de recirculación y la electrónica de control. Aunque este consumo sea bajo, es necesario para poder producir agua caliente por circulación forzada.
- Estos dos puntos significan mayores ahorros para el usuario, tanto en inversión como en futuro uso/mantenimiento. Punto importante dado que el colector

solar producido a partir de materiales reciclables que se estudia a continuación, está destinado a familias de bajos recursos económicos.

Sin embargo, este tipo de colectores presenta las siguientes desventajas:

- Se requiere que el tanque de almacenamiento se encuentre a un nivel superior que el colector, es decir, en el techo de la vivienda. Esto es un punto importante a tener en cuenta, ya que este tanque representa un peso considerable sobre la estructura de la vivienda y que, en muchos casos, el tipo de viviendas en las que se planea colocar este sistema no cuentan con la infraestructura suficiente para poder soportar el peso del tanque y del colector en el techo.
- Al tener que ubicar el tanque en el exterior, este queda expuesto a la intemperie, con cambios de temperatura, lluvias, viento, etc. lo que favorecerá un acelerado deterioro del mismo.

3 Generación de ACS

Un colector solar transforma la energía de la radiación solar en energía calórica utilizable. Este debe estar diseñado de manera tal que se maximice el transporte de calor hasta el punto de uso y minimice las pérdidas de calor al ambiente. A continuación, se detallan las partes de los distintos colectores solares.

3.1 Colector solar a partir de materiales reciclados

El colector solar de materiales reciclados está fabricado en su mayoría a partir de materiales reciclables, entre ellos, botellas de plástico PET transparentes de dos tamaños distintos, latas de refrescos y tetrabriks. A continuación, se pueden apreciar imágenes del colector en análisis.

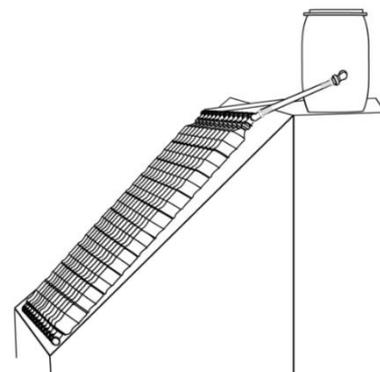


Imagen. 7: Colector solar con materiales reciclables. Fuente: Sumando energías

Se define el colector de análisis considerando 2m de largo y 12 aletas absorbentes (se considera "aleta absorbente" al conjunto de tubo, lata, poliuretano expandido, tetrabrik y botellas). Para esto, los materiales necesarios para la construcción de este colector son 180 latas de 473 ml, 110 tetrabriks, 132 botellas PET de 1,5l y 132 botellas PET de 2,5l la que permitirá tener un área de absorbedor de 1,94 m². En el Anexo III se detalla cómo se realizó el cálculo del área del captador.

Captador solar o absorbedor

La radiación solar es absorbida por una superficie de captación para luego ser transferida en forma de calor al fluido. El captador debe estar compuesto por materiales con propiedades ópticas y térmicas adecuadas y suele ser de color negro para mejorar la absorción.

Un punto importante a tener en cuenta es la absorbancia y emitancia de los materiales que se utilicen.

- Se define la absorbancia (α) como la relación entre la radiación absorbida y la radiación incidente sobre el material, donde un cuerpo con $\alpha=1$ es un cuerpo negro mate perfecto (absorbe toda la radiación que le llega). Sin embargo, los cuerpos reales nunca absorben toda la radiación que les llega, pero siempre se debe buscar que la absorbancia sea lo más cercana posible a uno.
- Definimos la emitancia (ϵ) como la relación entre la intensidad emitida por una superficie en una dirección particular y la intensidad que sería emitida por un cuerpo negro perfecto a la misma temperatura y longitud de onda. Cuanto menor será el valor de ϵ , mejor aislante por reflexión será dicha superficie.

El captador del colector reciclado está formado por latas de aluminio cortadas y aplanadas, colocadas una seguida de otra, por las que pasa un caño de ½" que está en contacto 360° con estas latas, de manera que la transferencia de calor desde las latas al caño por donde circula el agua sea la mayor posible. En el anexo III, se puede encontrar detallado el paso a paso de cómo realizar la construcción de este captador solar. A continuación, se presentan dos imágenes representativas:



Imagen. 8: Captador solar de colector de materiales reciclados. Fuente: Sumando Energías

Para lograr aumentar la absorbancia en este colector, se pintan las latas de aluminio de color negro mate. La pintura negra mate tiene un $\alpha=0,91$ muy favorecedor pero un $\epsilon=0,95$ muy desfavorecedor. Sin embargo, experiencias prácticas han demostrado que, con una correcta aislación, el colector puede funcionar correctamente durante la mayoría de los meses del año. Además, las 2 aletas que forma la lata alrededor del caño extienden la superficie de absorción permitiendo una ganancia aproximadamente 3 veces mayor que si solo tuviéramos el caño pintado de negro.

Medio de transferencia de calor

El calor es absorbido desde el captador por un fluido caloportador y transportado hasta el termostanque por convección natural para su posterior uso. Se utiliza la propia agua que será consumida como fluido caloportador, considerando su gran variación de densidad frente a cambios de temperatura.

Sistema de aislamiento

El sistema de aislamiento pretende minimizar las pérdidas de calor al ambiente para maximizar la eficiencia del colector solar. Se deben aislar tanto las cañerías desde el colector hasta el tanque, el tanque de almacenamiento y el colector.

Para disminuir las pérdidas de calor del captador, se coloca el sistema de captación armado con el caño y las latas en el interior de dos botellas de plástico PET transparentes, una de menor tamaño que la otra, y utilizando tetrabrik en la parte inferior del captador como se indica en el siguiente esquema:

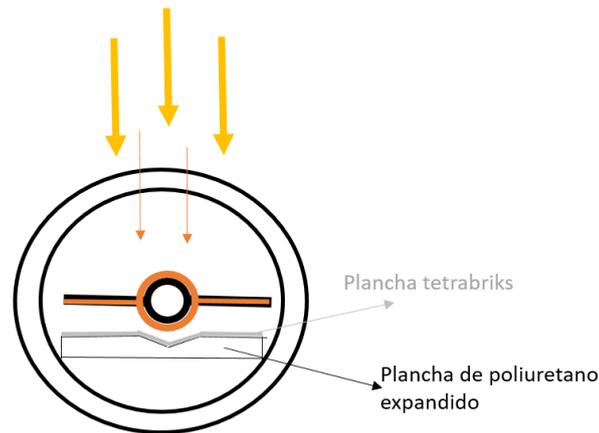


Imagen. 9: Sistema de aislamiento del colector termosolar. Fuente: Elaboración propia

Cuando la radiación solar incide en el colector, atraviesa el plástico PET de las botellas, se absorbe por las latas de aluminio y se convierte en calor. A su vez, las latas que se encuentran a unos 60°C también van a emitir radiación tanto hacia arriba como hacia abajo. Las radiaciones que se produzcan por las latas hacia abajo se van a encontrar con la parte interior del tetrabrik (parte cubierta con aluminio) que reflejará parte de la radiación nuevamente hacia la lata, reduciendo las pérdidas en esta dirección. Además, bajo la capa de tetrabrik, se tiene una capa de poliuretano expandido, que presenta grandes propiedades aislantes y tiene muy bajo costo. La doble capa de botellas logra, por su parte, minimizar las pérdidas en todas las direcciones, ya que se forma una cámara de aire entre ambas botellas que funcionan como aislantes para disminuir las pérdidas de calor al ambiente. Si bien con esto se logran minimizar notablemente las pérdidas al ambiente, al ser un sistema hecho con materiales reciclados habrá, de igual manera, pérdidas considerables.

En el anexo III, se detalla la construcción de esta parte del sistema y a continuación, se muestra una imagen representativa:



Imagen. 10: Aislamiento del colector reciclado. Fuente: Sumando energías

Tubos y cañerías

El agua circula por convección natural a través de tubos/cañerías desde donde absorbe el calor por convección.

El colector reciclado cuenta con una estructura armada con tubos de polipropileno aptos para termofusión de ½" de diámetro. Como mencionamos, este tubo está en contacto 360° con el captador y por conducción absorbe el calor de las latas y lo transfiere al agua. Luego, el agua es transportada desde el colector hasta el tanque de almacenamiento, y estas cañerías es muy importante que estén bien aisladas, para disminuir las pérdidas de calor al ambiente y que sean lo más cortas posibles. Todas las aletas absorbentes están conectadas en serie entre sí.

Sistema de control

Su función es evitar sobrecalentamientos o congelaciones en el sistema, y en consecuencia, disminuir riesgos de rotura, daños, explosión, etc.

El colector reciclado no puede ser utilizado en lugares de temperaturas extremadamente bajas. En caso de temperaturas menores a -2°C, el colector deberá ser vaciado y no podrá ser utilizado. En cuanto a sobrecalentamientos, es de suma importancia que el colector tenga una correcta inclinación, de manera que todas las burbujas que se generen por sobrecalentamiento y evaporación puedan ser liberadas al tanque, el cual está abierto a la atmosfera. A continuación, se esquematiza lo antes mencionado.

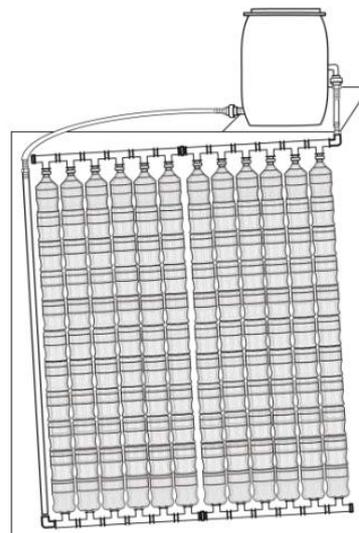


Imagen. 11: Inclinación del colector para permitir la liberación de burbujas. Fuente: Sumando energías

Tanque almacenamiento

Depósito donde se acumula el agua caliente para su posterior consumo. Al igual que el resto del sistema, debe contar con una muy buena aislación para disminuir las pérdidas al ambiente. Además, se contar con los correspondientes sistemas de seguridad para alivio de presión en caso de sobrecalentamientos. Además, como ya se comentó, al ser un sistema que funciona con convección natural, el tanque se debe colocar en una posición superior a la del colector y el mismo debe estar aislado.

El tanque se recubre con planchas de tetrabriks con la parte de aluminio en dirección al tanque. Posterior a esta primera capa de aislamiento, se deben agregar más aislantes dependiendo la posibilidad económica de cada caso.

3.2 Colector de placas planas

Se selecciona como colector plano a estudiar el de la marca BAXI modelo SOL 250 (cuya hoja técnica puede encontrarse en el Anexo I).

Captador solar o absorbedor

En este colector de placas planas seleccionado, el captador es una placa absorbente de aluminio con tratamiento superficial altamente selectivo, unida al circuito hidráulico tipo serpentín de tubos de cobre mediante soldadura laser. Este tratamiento superficial que se le realiza al aluminio es de suma importancia porque permite que el material absorba la mayor cantidad de calor posible, pero reflejando y emitiendo lo menos posible. Esto aumenta notablemente la eficiencia y el desempeño del colector. Todas las placas absorbentes se encuentran dentro de una misma carcasa, sobre la que se comentará más adelante. Tanto el cobre como el aluminio son materiales con excelentes conductores térmicos y poseen una alta resistencia a la corrosión.

Medio de transferencia de calor

Se utiliza la propia agua que será consumida como fluido caloportador, es decir, es un sistema de calentamiento directo.

Sistema de aislamiento

El colector de placas planas cuenta con una carcasa de aluminio donde se colocan las placas absorbedoras y, por encima, una cubierta de vidrio texturizado de 3,2 mm, templado y de bajo contenido en hierro lo que significa que tiene una transmitancia alta para la radiación solar pero una transmitancia baja para longitudes de onda más larga, generadas por el propio captador. Esto genera que la radiación solar quede retenida creando un ambiente cálido en el interior del colector, lo que se denomina efecto invernadero. Este fenómeno ayuda a retener el calor dentro del colector y mejorar la eficiencia del sistema. Además, para la parte inferior de las placas y del serpentín, se

utiliza como aislamiento fibra de vidrio de 40 mm en la parte posterior y 50mm en laterales.

Tubos y cañerías

En el colector plano, se tiene un circuito hidráulico tipo serpentín de tubos de cobre ubicado por debajo del captador por el que circula el agua a medida que absorbe el calor de la cañería.

Sistema de control

Al ser un sistema de calentamiento directo, es decir, el agua que se calienta es la que consumirá luego, no pueden agregarse aditivos como anticongelantes al agua. En caso de posibles congelamientos se podría instalar un termostato o un control de temperatura en el sistema para monitorear la temperatura del fluido. Si la temperatura desciende por debajo de un umbral preestablecido, se activará un mecanismo para evitar el congelamiento, como una bomba de circulación adicional, resistencias eléctricas o una válvula de drenaje automática. Para controlar un posible sobrecalentamiento, se utilizan válvulas de alivio de presión en el sistema de circulación del colector solar que se abra automáticamente cuando la presión o temperatura alcance un nivel preestablecido, liberando el exceso de líquido caliente y evitando así el sobrecalentamiento del sistema. Además, se puede utilizar un termostato o un control de temperatura para monitorear la temperatura del fluido en el colector solar, o una instalación de disipadores de calor en los colectores solares para aumentar la disipación del exceso de calor al entorno.

3.3 Colector de tubos de vacío

El colector de tubos de vacío seleccionado es el ZELIOS VDF 15/20 (cuya hoja técnica se encuentra en el Anexo II).

Captador solar o absorbedor

En este colector de tubos de vacío, el captador es de cobre y va unido un tubo de cobre coaxial en el interior de un tubo de vidrio. En el interior de este tubo de cobre, circula el líquido caloportador (agua) del circuito solar, es decir, es un sistema de calentamiento directo. A diferencia del colector de placas planas, en este colector cada captador se encuentra dentro de un tubo de vidrio separado.

Medio de transferencia de calor y Sistema de control

Ídem colector de placas planas.

Sistema de aislamiento

El colector de tubos de vacío tiene un tubo de cobre por donde circula el fluido unido al absorbedor está introducido y sellado dentro de un tubo de vidrio al que se le ha hecho

vacío. Esto logra una casi total eliminación de las pérdidas por convección y conducción desde el absorbedor hacia el ambiente, aumentando su eficiencia comparado con un colector de placas planas. Además, en la parte superior del colector, se utiliza lana de roca para el aislamiento.

Tubos y cañerías

En este colector, el agua entra en el colector a través de un sistema de entrada y se distribuye en tubos de metal individuales. El agua caliente luego sale del colector a través de un sistema de salida para ser utilizada. Cada tubo de vacío contiene un tubo de metal individual y sellado al vacío. Cada uno de estos tubos de metal lleva el agua caliente en su interior y está conectado en paralelo con los demás tubos, lo que permite una transferencia de calor eficiente y un control individual del flujo de agua en cada tubo.

4 Estudio comparativo

4.1 Datos meteorológicos

Para realizar la comparativa de eficiencia de los distintos colectores solares, se define como ubicación de instalación a la escuela “Maria Reina Inmaculada”, ubicada en un barrio carenciado de la ciudad de Paraná, Entre Ríos, Argentina. La localización exacta de dicha escuela es: $-31,7237^\circ$, $-60,5184^\circ$.

Se toma como inclinación óptima de los colectores 41° , obtenido a partir de datos de radiación para diferentes inclinaciones de la base de datos de NASA Prediction of Worldwide Energy Resources [16]. En el anexo IV se detalla cómo se realizó este cálculo.

Para la ubicación mencionada y con la inclinación óptima, se obtienen los datos de irradiancia y temperatura ambiente a cada hora de un día de cada mes del año utilizando la plataforma PVGIS [17] y la base de datos PVGIS-ERA5. Las tablas con los datos obtenidos para cada mes del año se encuentran en el anexo V.

4.2 Balances de energía

La energía útil de un captador solar puede definirse como la energía que podemos extraer del colector y usamos para calentar el agua. A este calor lo llamaremos Q_u y puede calcularse como la diferencia entre la energía absorbida por la placa absorbente y las pérdidas térmicas por convección, radiación y conducción, desde la temperatura media de la superficie absorbente (T_m) hasta la temperatura ambiente (T_a):

$$\dot{Q}_u = \dot{Q}_{abs} - \dot{Q}_p \quad (1)$$

$$Q_u = A_c G \tau \alpha - A_p U_L (T_m - T_a) \quad (2)$$

Donde A_c = Superficie de captación (m^2)

A_p = Superficie del absorbedor (m^2). En colectores planos $A_c = A_p = A$

U_L = Coeficiente global de pérdidas (W/m^2K).

T_a = Temperatura ambiente ($^{\circ}C$)

T_m = Temperatura media de la superficie absorbente

G = Irradiancia (W/m^2)

τ = Transmitancia

α = Absorbancia

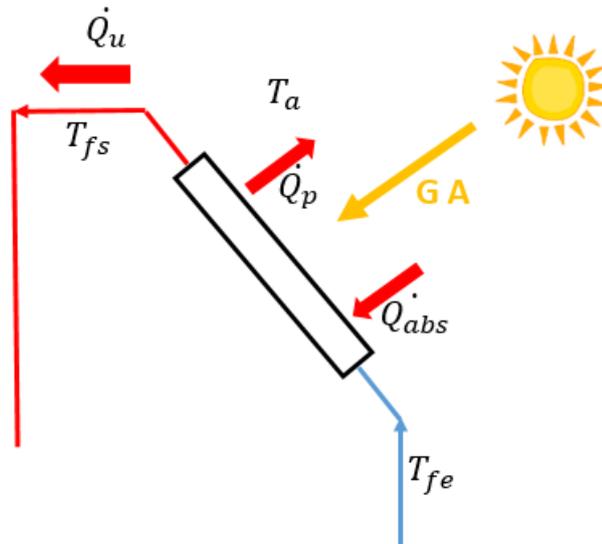


Imagen. 12: Balance de energía sobre el captador solar

Por su parte, la eficiencia del captador se define como el cociente entre la energía captada por la placa absorbente y la energía que incide sobre el captador, es decir, se puede calcular la eficiencia durante un periodo de tiempo determinado:

$$\eta = \frac{Q_u}{GA} = \frac{\int Q_u dt}{A \int G dt} \quad (3)$$

Si reemplazamos (2) en (3) y consideramos la eficiencia instantánea:

$$\eta = \tau \alpha + \frac{U_L}{G} (T_m - T_a) \quad (4)$$

Es conveniente definir una cantidad que relacione la ganancia de energía útil real de un colector con la ganancia útil si toda la superficie del colector estuviera a la temperatura de entrada del fluido. Esta cantidad se conoce como factor de evacuación de calor del captador (F_R) y se expresa como:

$$F_R = \frac{Q_u}{A G \tau \alpha - A U_L (T_{fe} - T_a)} \quad (5)$$

F_R es un indicador de la efectividad que tiene el captador, y su valor va desde 0, si no se recibiera radiación alguna, a 1 (máxima ganancia de energía útil posible) si todo el colector estuviera a la temperatura del fluido de entrada.

De esta forma, si definimos el balance de energía en función de la temperatura de entrada del fluido, el balance queda de la siguiente manera:

$$Q_u = A G F_R (\tau \alpha) - A F_R U_L (T_{fe} - T_a) \quad (6)$$

Ecuación de Hottel-Whillier-Bliss [18]

Es decir, la eficiencia puede calcularse como:

$$\eta = F_R \tau \alpha - F_R U_L \frac{(T_{fe} - T_a)}{G} \quad (7)$$

Por otro lado, podemos observar que la ecuación (4) también se ajusta a una función lineal donde se puede obtener valores de eficiencia para distintos valores de $\frac{(T_m - T_a)}{G}$. Sin embargo, debido a que el valor de U_L no es exactamente constante, sino que tiene una cierta dependencia con la temperatura, la precisión de la función lineal anteriormente expuesta mejora si se ajusta como función cuadrática. En este caso, el rendimiento del captador solar se puede expresar mediante un modelo matemático muy utilizado y que se aplica en la norma UNE EN 12975 [19] para calcular experimentalmente, a partir de los resultados del ensayo y en función de la temperatura media (T_m) según la expresión:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{T_m - T_a}{G} - a_2 \frac{(T_m - T_a)^2}{G} \quad (8)$$

Donde: η_0 = eficiencia óptica
 a_1 y a_2 = coeficientes de pérdida primario y secundario (datos técnicos de cada colector)

Como mencionamos, normalmente la T_m no se conoce y es difícil de medir debido a que su valor depende de las condiciones meteorológicas, del diseño del colector y los componentes del sistema, etc. Cuando el colector y la ubicación son especificados, se puede considerar que T_m es constante siguiendo los valores recomendados por el artículo *"Simple calculation of energy delivery of (small) ST systems"* de la European Solar Thermal Industry Federation [20].

El valor recomendado de T_m (°C) para calcular el rendimiento anual del sistema para un sistema como el nuestro es: Temperatura de proceso + 10°C. Por lo tanto, considerando que se hará el análisis para obtener una temperatura de agua de 50°C, $T_m = 60$ °C.

Como con esta aproximación de T_m se puede calcular la eficiencia del sistema, es necesario tener en cuenta:

$$\dot{Q} = Km_s * \dot{Q}_u \quad (9)$$

Siguiendo nuevamente las aproximaciones recomendadas por el artículo,

$$Km_s = F_{col-sys} = 0,9$$

Para realizar la comparativa entre los tres colectores se procede de la siguiente manera:

- Para el colector plano y el colector de tubos de vacío, η_0 , a_1 y a_2 son datos.
- Para el colector de materiales reciclados se toman datos experimentales extraídos del artículo: “Diseño y medición del rendimiento de un colector solar de agua sanitaria construido a partir de botellas recicladas de doble capa” [21]. En este artículo se determinan los valores de $F_R \tau \alpha$ y $F_R U_L$ bajo condiciones reales de funcionamiento. Para ellos, se tiene en cuenta el calor útil Q_u y el cálculo de la eficiencia del sistema y con los datos obtenidos, se obtiene la gráfica rendimiento vs $\frac{(T_{fe}-T_a)}{G}$. Esta gráfica se ajusta a una función lineal a partir de la cual se puede calcular el rendimiento para diversas condiciones de trabajo conociendo la temperatura de entrada del agua (T_{fe}), la temperatura ambiente (T_a) y la irradiancia sobre la superficie del captador (G). Los datos utilizados son:

$F_R \tau \alpha$	$F_R U_L$
0,6199	7,0336

Si comparamos la ecuación (4) y la (8), se puede deducir que:

$$\eta_0 = \tau \alpha \quad \text{y} \quad \text{que } a_1 = U_L$$

Por lo tanto, considerando que la absorbancia de la pintura negro mate es 0,95 [22] y la transmitancia de las botellas de plástico PET es 0,9 [23] para longitudes de onda entre 400 nm y 1000 nm, se obtiene $\eta_0 = 0,855$, $F_R = 0,725$ y $U_L = 9,701 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Por último, para calcular el volumen de agua por unidad de área de captador que puede generar cada colector, se define el calor útil instantáneo como:

$$Q_u = m_f \cdot C_p (T_{fs} - T_{fe}) \quad (10)$$

Donde m_f = caudal del fluido caloportador = $V \cdot \rho$

V = volumen de agua (m^3)

ρ = densidad del agua = 1000 kg/m^3

C_p = calor específico del agua a P constante. Para los cálculos se considera C_v constante (calor específico del agua a volumen constante) a 25°C = $4,1796 \text{ kJ/K}$.

5 Eco-auditoria

El ciclo de vida de un producto abarca desde la fase de diseño hasta la eliminación del mismo. Por lo tanto, depende de los materiales que se utilicen y su proceso de obtención, del diseño del producto, del proceso de manufactura y de las posibilidades de reutilizar o reciclar el producto al final de su uso, cuál será el impacto ambiental de este producto. Una forma de poder conocer este impacto ambiental es haciendo una eco-auditoría, que es una evaluación rápida de las demandas energéticas y de la huella de carbono de todo el ciclo de vida de un producto. Para la eco-auditoría se toman en consideración los materiales que se consideren más críticos, los de mayor peso o los que su energía incorporada (H_m) sea muy elevada.

Para hacer la valorización energética y comparación de los 3 colectores solares analizados, se utiliza el software Granta EduPack 2023 R1, ya que contiene una base de datos muy completa de materiales y proporciona información cuantificada sobre los consumos energéticos y de emisiones de cada uno de ellos. Este análisis abarca:

- **Materiales:** Se calcula la cantidad de energía y la huella de carbono de producir cada material. Para la energía del material se utiliza la energía incorporada (H_m) que es la energía necesaria para obtener un kg del material (MJ/kg) y para la huella de CO₂ en (kg/kg) del material se utiliza su huella incorporada, es decir, la cantidad de CO₂ emitidos por producir un kg del material.
- **Procesamiento:** Se calcula la cantidad de energía y la huella de carbono de cada uno de los procesos involucrados en la conformación del material. En muchos materiales, el software tiene incluida la energía primaria en el valor para producir el material.
- **Transporte:** Se calcula la energía consumida por tonelada y km transportado y su huella de carbono.
- **Uso:** No aplica en este caso ya que los productos no consumen energía eléctrica o de un combustible durante su uso.
- **Disposición final:** Dependiendo de las opciones de eliminación que existan para ese producto, se calculan los ahorros que se tendrían si el material puede ser reutilizado, reciclado, remanufacturado o utilizado en combustión, frente a la situación de que el material solo pueda ser desechado al vertedero al final de su uso.

Para hacer la comparativa entre los tres colectores y considerando que el software utiliza como base de cálculo el peso en kg que representa cada material, se analizan los datos considerando la fabricación de una unidad de colector. Además, se define una vida útil para cada colector de 10 años.

Los datos introducidos en el programa y las consideraciones tenidas en cuenta a la hora de hacer las eco-auditorías de los 3 colectores son los siguientes:

5.1 Colector reciclado

- **Materiales:** se consideran los materiales necesarios para fabricar un colector de superficie de absorción= 1,944m² como se consideró en la comparación de los colectores en la sección anterior. Para el cálculo de los pesos de estos materiales, se considera que se utiliza el 70% de una botella y de una lata, y el 80% del tetrabrik, ya que, de los recipientes originales, hay parte que no se utiliza para la fabricación del colector.

Tabla 1: Materiales colector solar reciclado

Parte del colector	Dimensiones	Dato para el cálculo	Peso
132 botellas PET de 2,5l	70%	Peso de una botella= 51,2 g	4,73 kg
132 botellas PET de 1,5l	70%	Peso de una botella= 40 g	3,69 kg
180 Latas de refresco	70%	Peso de una lata= 14 g	1,764 kg
Caño de polipropileno Random (PPR)	24 m de 1/2"	0,155 kg/m	3,72 kg
Caño de polipropileno Random (PPR)	3,25 m de 1"	0,235 kg/m	0,76 kg
56 Tetrabriks	75% cartón	Peso un tetrabrik= 30 g	1,008 kg
	5 % Aluminio		0,0672 kg
	20% polietileno		0,268 kg
Aislante de poliuretano expandido	24 placas de 100 cm y 12 placas de 92cm de 2cmx8cm	Densidad= 833 kg/m ³	0,56 kg

- **Procesamiento:** se considera que la mano de obra es toda voluntaria y manual, y que los consumos eléctricos del armado del colector son despreciables.

- **Transporte:** no se consideran consumos ni emisiones de CO₂ en el transporte ya que la recolección de los materiales, el armado y puesta en marcha del colector solar se hace en las inmediaciones del lugar donde se instala el colector.

- **Disposición final:** considerando que la base de este colector es su fabricación a partir de materiales reciclables, las botellas PET, las latas de aluminio y los tetrabriks se considera que van a ser reutilizados, es decir, no se necesita aplicar energía para su reciclado y posterior reutilización. El poliuretano expandido hoy en día no cuenta con una opción técnicamente viable de reciclado y los caños de polipropileno no serán reciclados porque en Argentina actualmente solo se reciclan plásticos PET. Ambos materiales pueden ser destinados a incineración para recuperación de energía.

5.2 Colector solar plano

- Materiales: en función de la información detallada en la hoja técnica del colector solar plano seleccionado, se determinan los pesos aproximados de cada uno de los componentes del colector considerando que el colector tiene un peso total de 47 kg.

Tabla 2: Materiales colector solar plano

Parte del colector	Dimensiones	Datos para el cálculo	Peso
Cubierta de vidrio texturizado de 3,2 mm, templado y de bajo contenido en hierro.	1,147m x 2,187m	Densidad vidrio: 2,5 kg/m ² *mm	20,06 kg
Aislamiento de 40 mm de fibra de vidrio en parte posterior	1,147m x 2,187m	Densidad plancha de fibra de vidrio de 0,4 m de espesor= 1,21 kg/m ³	1,21 kg
Aislamiento de 50 mm de fibra de vidrio en laterales.	2 x 0,087m x 2,187m + 2 x 1,147m x 0,087m	Densidad plancha de fibra de vidrio de 0,5m espesor= 3,75kg/m ³	1,09 kg
Placa posterior en aluminio de 1 mm	1,147m x 2,187m	Calculadora online [24]	6,77 kg
Carcasa de aluminio de 1,2mm pintado color gris RAL 7016.	2 x 0,087m x 2,187m + 2 x 1,147m x 0,087m	Calculadora online [24]	0,94 kg
Placa absorbente de aluminio con tratamiento superficial altamente selectivo de 0,4mm	1,147m x 2,187m	Calculadora online [24]	2,70 kg
Circuito hidráulico tipo serpentín de tubos de cobre mediante soldadura láser + conexiones para la unión entre colectores	-	Diferencia peso total con demás partes	14,22 kg

Considerando que el colector es fabricado en China y transportado hasta Argentina, se debe tener en cuenta el % de reciclado que tiene China en su producción industrial. China es de los principales recicladores del mundo, con un 15% de su consumo [25] de aluminio derivado del reciclado y 10% del consumo de acero es derivado del reciclado [26].

- Procesamiento:

Templado del vidrio: Este proceso no está predeterminado en el software, por lo que se precisa calcular manualmente el consumo energético (MJ/kg) y la huella de carbono de este proceso (kg/kg). Para ello, se calcula la energía necesaria para templar el vidrio como [27]:

$$E = \Delta T C v m \quad (11)$$

Donde: ΔT = Variación de temperatura necesaria para templar el vidrio = 610°C

Cv = Calor específico del vidrio = 1,1 kJ / kg °C

m = masa de vidrio = 20,06 kg

Se calcula $E = 0,671 \text{ MJ/kg}$

Luego la energía de enfriamiento rápido necesaria sería de aproximadamente 0,125 kWh/m²mm (3,61 MJ/kg).

Por lo tanto, la energía necesaria total es de 4,281MJ/kg.

Para el cálculo de la huella de carbono de esta etapa, se utilizan los datos de energía consumida anual y emisiones de CO₂ anuales en China, país desde donde se considera que se importa el colector.

Energía consumida anual [28]: 7805656 GWh

Emisiones de CO₂: 12466,316 Mt

$$\text{Huella de carbono} = \frac{\text{Emisiones de CO}_2}{\text{Energía consumida anual}} * \text{Energía templado vidrio} \quad (12)$$

$$\text{Huella de carbono} = \frac{12.466,316 \text{ Mt CO}_2}{7.805.656 \text{ GWh}} * 4,281 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} * \frac{2.8 \text{ e-}7 \text{ GWh}}{\text{MJ}} * \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ t}} * \frac{10e6 \text{ t}}{1 \text{ Mt}} = 6,83 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{kg}}$$

Para los demás materiales, se considera el proceso de fundición para la fabricación del serpentín de cobre y el laminado de hoja para la fabricación de la carcasa y la placa posterior de aluminio. Los demás materiales, ya tiene integrado en el consumo energético de la sección “materiales” el proceso manufacturero.

- Transporte: hoy en día Argentina no cuenta con fabricación nacional de colectores solares. Esto se debe a que, desde finales de 2018, los paneles solares fotovoltaicos pueden ingresar al país con un arancel 0, es decir, que no deben pagar ningún impuesto en ADUANA [29]. Esto sumado a la escasez de inversión en el país, genera que tanto los paneles fotovoltaicos como los colectores solares sean importados, principalmente desde China y Europa. Para este caso práctico, se considera que la importación llega desde el puerto de Shanghai, China hasta el puerto de Zarate,

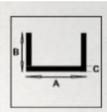
provincia de Buenos Aires en barco (19.683 km), y que luego, desde Zarate hasta Paraná, ubicación final del proyecto, se traslada en Camión (409 km). Se considera que se utiliza un camión con certificación Euro III, considerando que según el estudio realizado por Promotive S.A. en el año 2019, el 47% de los camiones aplicaban a la certificación Euro III y 38% a certificaciones anteriores [30]. En este punto, se desprecian los traslados desde la fábrica hasta el puerto de Shanghai y desde el distribuidor al consumidor final en Paraná.

- Disposición final: Considerando que la disposición final del colector será en Argentina donde actualmente no hay un sistema integral de reciclado de vidrio, se considera que este material y la fibra de vidrio irán a vertedero al final de la vida útil. En cuanto al aluminio y al cobre, se considera que, al fin de la vida útil del colector, se pueden reciclar.

5.3 Colector de tubos de vacío

- Materiales: en función de la información detallada en la hoja técnica del colector solar de tubos de vacío seleccionado, se determinan los pesos aproximados de cada uno de los componentes del colector considerando que el colector tiene un peso total de 68 kg.

Tabla 3: Materiales colector de tubos de vacío

Parte del colector	Dimensiones	Dato para el cálculo	Peso
20 Tubos de vidrio	2 mm de espesor, 0,7 mm de diámetro y 1,91 m de largo	Densidad vidrio= 2,5kg/m ² mm	25 kg
Perfiles de aluminio para estructura	 Dos perfiles de 1,91m de largo y dos de 1,84m de largo a=40 mm, b=30mm, c=2mm	0,518 kg/m	3,385 kg
Carcasa parte superior	Aluminio de 1,2mm espesor 178mmx1840mmx150mm	Calculadora online [24]	2,2 kg
Tubos de cobre	0,4mm de espesor, 18 mm de diámetro, 1,91 m de largo	Densidad cobre= 8960 kg/m ³	7,56 kg + 7 kg demás partes superiores

Aislación de lana de roca en colector superior	1,840 m x 178mm x 200mm	Densidad= 145 kg/m ³	9,5 kg
------------------------------------------------	-------------------------	---------------------------------	--------

Nota: El software no tiene en su base de datos roca volcánica, por lo que, para contabilizar el consumo energético y la huella de carbono del aislante, se selecciona lana de vidrio como material aislante.

- Procesamiento: Se considera la fusión de los vidrios y del cobre para la fabricación de los tubos coaxiales. Además, el trefilado del aluminio para hacer los perfiles de la estructura y por último, el laminado de hoja para la carcasa de la parte superior del colector.
- Transporte: Se consideran los mismos datos que para el colector de placas planas.
- Disposición final: Al igual que con el colector de placas planas, se considera que el vidrio no puede ser reciclado y es destinado a vertedero junto con la aislación de lana de roca. Los perfiles de aluminio serán reciclados junto a los tubos de cobre.

6 Resultados y discusiones

6.1 Resultados cálculos eficiencia

Siguiendo las ecuaciones definidas en apartados anteriores y utilizando los datos de irradiancia de la ubicación seleccionada, se calcula la eficiencia para cada uno de los colectores para cada mes del año. En el anexo V, se pueden encontrar los resultados detallados para cada colector para cada uno de los meses.

Considerando que se definió como objetivo el calentamiento de agua a 50°C se obtuvieron los siguientes resultados:

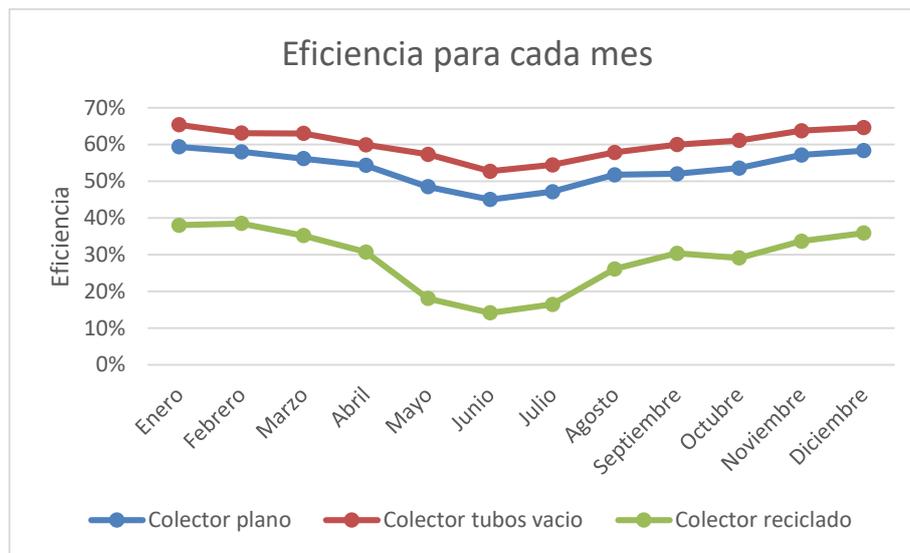


Imagen. 13: Resultados de eficiencia para cada colector cada mes

Se puede observar de los resultados que los tres colectores tienen el mismo comportamiento, disminuyen su eficiencia durante los meses de invierno donde la irradiancia y las temperaturas son menores. En verano, donde hay más horas de irradiancia y de mayor intensidad, junto con mayores temperaturas ambiente, la eficiencia de los colectores es mayor.

Si se compara el comportamiento entre los colectores, se observa una clara diferencia entre el colector de materiales reciclados y los dos colectores industriales, demostrando una mayor eficiencia el colector de tubos de vacío durante todo el año. Esta diferencia entre los tres colectores se debe, principalmente, a las pérdidas al ambiente que presenta cada colector. Si bien el colector de materiales reciclados presenta un sistema de captación interesante con absorbancia alta, las grandes pérdidas que se pueden generar en este colector por la falta de hermeticidad entre las botellas, desperfectos en las aislaciones de las cañerías, etc. tienen un impacto significativo sobre el desempeño del colector. Esto puede verse de manera más clara en el siguiente gráfico, donde se puede observar el comportamiento de la eficiencia vs $T^* = \frac{(T_m - T_a)}{G}$ para cada colector.

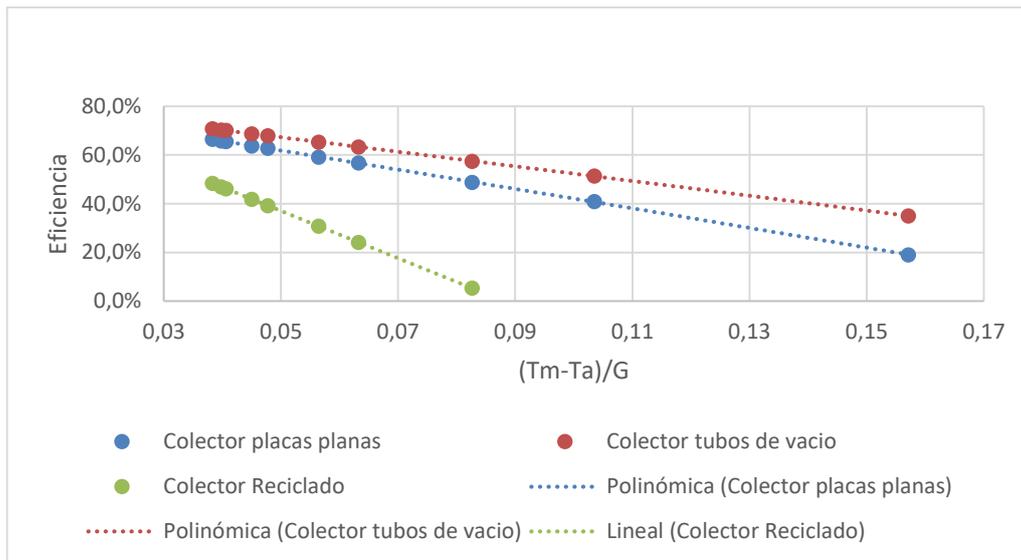


Imagen. 14: Eficiencia vs T^* ($K/(W/m^2)$) para cada colector

En la gráfica se puede apreciar claramente cómo, menores variaciones de temperatura ambiente y de irradiancia, es decir menores variaciones de T^* , tienen mayor impacto sobre la eficiencia del colector reciclado comparado con el impacto que tiene sobre los otros dos colectores. En otras palabras, la pendiente de la recta del colector reciclado es mayor, es decir, el coeficiente de pérdidas del colector reciclado es mayor que el de los otros dos colectores.

Además, se determinaron los volúmenes de agua diarios que se podrían calentar hasta $50^\circ C$ utilizando cada uno de los colectores para cada mes. Se divide el volumen por unidad de área de captador para poder hacer una comparación más adecuada entre colectores, de manera que el área del captador no influya en la comparativa y se lo expresa en litros de agua (en lugar de m^3 según el sistema Internacional de Unidades) para tener números más representativos. A continuación, se presentan los resultados:

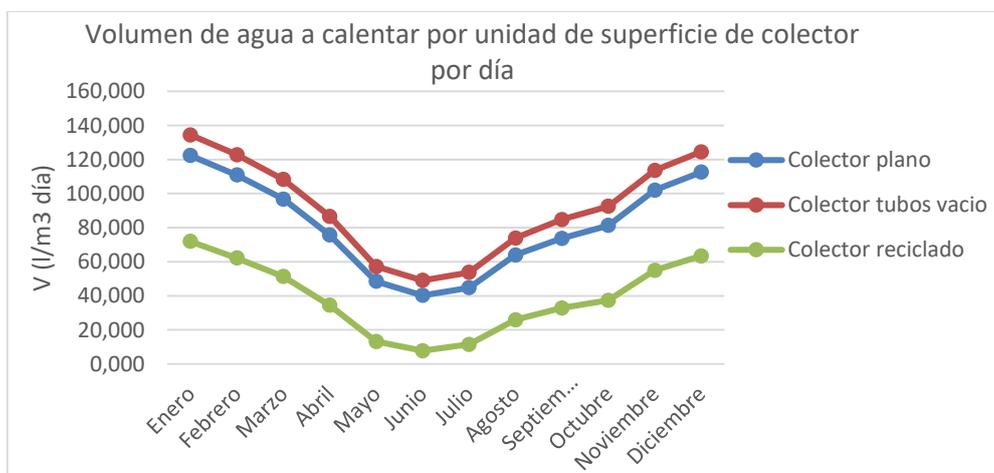


Imagen. 15: Resultados de volumen de agua a calentar por unidad de superficie de colector por día para cada mes

Al igual que con los resultados de eficiencia, se puede observar que los tres colectores presentan un comportamiento similar durante los distintos meses del año. El volumen que se puede calentar durante los meses de invierno es menor que durante los meses de verano, llegando a ser hasta 8 veces menor para el caso del colector reciclado y casi 3 veces menor para los otros dos colectores. Estos resultados acompañan el comportamiento de la eficiencia de cada colector descrito en la Imagen 15. Las pérdidas de calor al ambiente en el colector reciclado son muy importantes comparadas con la de los otros dos colectores. Esto se aprecia al observar que, durante los días de verano, donde el diferencial de temperatura entre la temperatura a alcanzar y la temperatura ambiente (T_a) es menor, el volumen de agua que se puede obtener es mucho mayor que durante el invierno, donde al aumentar este diferencial de temperaturas, las malas aislaciones térmicas del colector reciclado afectan notablemente el funcionamiento del colector y así se obtiene menor volumen de agua caliente.

Luego, el volumen real de agua diario que se puede obtener depende del área de cada colector. En el caso del colector de placas planas, el volumen mínimo diario que se obtiene es en junio, al igual que el colector de tubos de vacío, donde se puede obtener 80,48 l y 98,10 l respectivamente. En el caso del colector reciclado, se tiene un volumen mínimo diario de un poco más de 15 litros y un volumen máximo de 144 litros durante el mes de enero. Con estos datos y la cantidad de volumen de agua sanitaria caliente que se requiera, se define cuantos colectores serán necesarios colocar para cumplir con los requerimientos de volumen.

6.2 Resultados eco-auditoria

En la tabla a continuación, se presentan los resultados de la eco-auditoria.

Tabla 4: Resultados Eco-auditoria

	Colector reciclado	Colector placas planas	Colector tubos de vacío
Consumo energético (MJ)	709	3430	3540
Huella de carbono (kg)	32,8	354	219

Si se analizan los consumos energéticos más en detalle, diferenciando el consumo energético para las distintas etapas, se obtienen los resultados del siguiente gráfico:

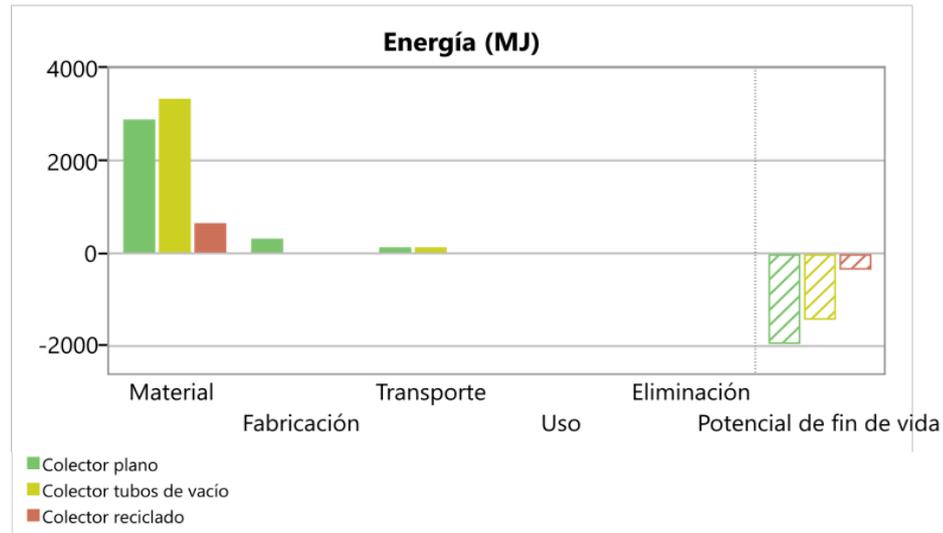


Imagen. 16: Eco-auditoria – Consumos energéticos.

En esta primera gráfica, se puede observar el consumo energético del ciclo de vida completo de cada colector, siendo evidente la gran diferencia entre los colectores comerciales y el colector reciclado. El mayor consumo se tiene para el colector de tubos de vacío donde se consumen 3540 MJ durante sus 10 años de vida útil, y es durante la obtención y procesamiento de los materiales para su fabricación donde se produce el mayor consumo energético.

Para el caso del colector de placas planas, el consumo energético total ronda los 3430 MJ, de los cuales un 85% corresponde a la etapa de obtención de materiales y procesamiento de los mismos.

Finalmente, el colector reciclado tiene un consumo energético de 709 MJ, es decir, un 20% y 21% del consumo del colector de tubos de vacío y del colector de placas planas respectivamente. Al igual que en los colectores comerciales, el colector reciclado presenta su mayor consumo en la fase de obtención de materiales y procesamiento de estos.

Por último, se detalla el potencial de fin de vida de los 3 colectores, es decir, la cantidad de energía que podría recuperarse o ahorrarse si todos los materiales fueran reutilizados o reciclados en su totalidad luego del fin de la vida útil de los colectores. Como se puede apreciar, el colector de placas planas es el de mayor potencial, seguido del de tubos de vacío. El colector reciclable no presenta un gran potencial de fin de vida ya que la gran mayoría de sus materiales ya son reciclados o reutilizados.

Por último, se presenta el mismo análisis, pero considerando la huella de carbono de cada una de las etapas del ciclo de vida de cada colector:

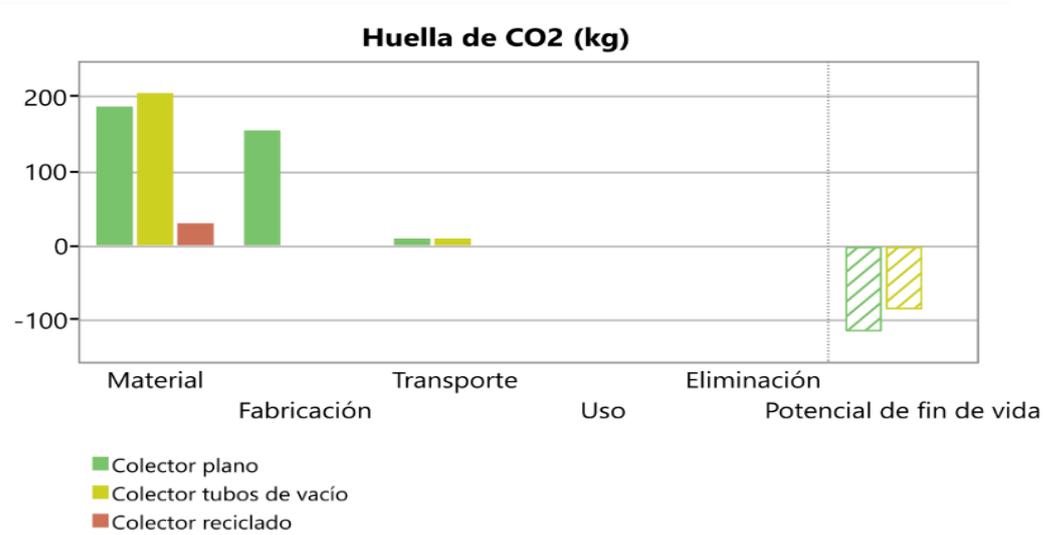


Imagen. 17: Eco-auditoría. Resultados huella de carbono

El comportamiento de la huella de carbono de los colectores es en parte similar al del consumo energético, siendo notablemente mayor la huella de carbono de los colectores comerciales frente a la del colector reciclado. La huella de carbono del colector plano alcanza los 354 kg de CO₂ en el colector de placas planas 219 kg de CO₂ y en el colector reciclado 32,8 kg de CO₂.

7 Conclusiones

El objetivo de este trabajo fue el de estudiar la generación de agua caliente sanitaria utilizando un colector solar hecho a partir de materiales reciclables, como botellas, latas y tetrabriks. El enfoque y la motivación de este trabajo estuvieron basados en la sostenibilidad que implican proyectos como estos, donde se pueden obtener beneficios económicos, sociales y ambientales por igual.

Al comparar el colector reciclado con los colectores solares de placas planas y de tubos de vacío, se observó que los tres colectores presentan comportamientos similares. Sin embargo, la eficiencia y el volumen de agua caliente que se puede obtener es mucho menor para el colector reciclado frente a los otros dos colectores. Este resultado era esperable, ya que los colectores solares industriales optimizan constantemente sus diseños para tener la mayor eficiencia al menor costo, y así poder aumentar sus ventas. No obstante, en el colector solar reciclado, si bien siempre es deseable un mayor rendimiento, no es el único objetivo.

El bajo rendimiento del colector de materiales reciclados puede atribuirse a las grandes pérdidas térmicas que puede presentar el modelo, ya sea por la baja hermeticidad entre las botellas plásticas, por la ineficiente aislación de las cañerías o de los captadores, así como un mal dimensionamiento del sistema. No obstante, el colector reciclado logra obtener en los días más fríos del año 15 litros de agua caliente a 50°C y en días otoñales, donde la temperatura ambiente llega a temperaturas de 14°C, se pueden obtener casi 60 litros de agua caliente.

Por otro lado, los resultados de la eco-auditoria reflejan una situación muy problemática a la que hoy en día, en mi opinión, no se le asigna la importancia que debería. Si bien con el uso de colectores solares se reduce el consumo de energía a partir de combustibles fósiles y, en consecuencia, las emisiones de CO₂ al ambiente, no se debe olvidar que la construcción de estos colectores solares también tiene un impacto negativo sobre el medio ambiente. Este impacto dependerá, en gran medida, del país de fabricación, el país de instalación, las legislaciones vigentes y la responsabilidad individual y colectiva de todos los agentes involucrados en el ciclo de vida del colector. Considerando el cambio global que deberá producirse en las matrices energéticas de todos los países del mundo hacia un sistema de energías renovables, la fabricación de colectores solares, en particular el consumo energético y la huella de carbono implicados en la fabricación de estos colectores solares, no debe dejarse de lado durante esta transición energética.

El colector de materiales reciclados, además de utilizar materiales que hubieran sido destinados a vertedero luego de un único uso, no presenta grandes consumos energéticos para la obtención de los materiales, su fabricación, transporte y disposición final. Como consecuencia directa, la huella de carbono del colector solar reciclado es

considerablemente menor que la de cualquier colector solar industrializado. Sumado a esto, el colector reciclado tiene costos sumamente bajos, lo que aumenta ampliamente la posibilidad de acceder a energías renovables a partes de la sociedad de países en desarrollo como Argentina, que, si no fuera por proyectos como estos, no podría acceder ni a la compra de un colector solar, y en los peores casos, al agua caliente sanitaria.

Como conclusión final, destacar que, si bien el desempeño del colector solar reciclado no logra competir con los colectores que podemos encontrar en el mercado actualmente, el colector reciclado es un producto que a partir de residuos logra generar agua caliente sanitaria a muy bajo costo monetario y casi nulo costo energético, mejorando la calidad de vida de las personas, beneficiando la economía de las familias y protegiendo el medio ambiente. Es decir, siendo sostenible.

8 Bibliografía

- [1] W. B. L. D. Will Steffen, «The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration,» SAGE, Canberra, 2015.
- [2] H. Ritchie, «Our world in data,» 30 11 2021. Available: <https://ourworldindata.org/per-capita-energy>.
- [3] «Ansys Granta EduPack,» Available: <https://www.ansys.com/products/materials/granta-edupack>.
- [4] CAMMESA, «Indicadores Principales MEM,» Argentina, 2023.
- [5] Ministerio de Hacienda Presidencia de la Nacion, «Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares 2017-2018 - Informe de gastos,» Argentina, 2019.
- [6] ENARGAS , Ente Nacional Regulador del Gas, «Panorama Gasifero,» Argentina, 2023.
- [7] ENARGAS, Ente Nacional Regulador del GAS, «Agua Caliente Sanitaria ¿Cuales son los modos más asequibles de Argentina?,» Buenos Aires, 2020.
- [8] F. P. Vilar, «Usted no se lo cree,» 28 03 2011. Available: <https://ustednoselocree.com/2011/03/28/mariano-marzo/#nota7>.
- [9] SINIA, Sistema Integrado de Información Ambiental., «Centro Información Ambiental - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible,» 2019. Available: <https://ciam.ambiente.gob.ar/repositorio.php?tid=8#>.
- [10] Centro Obrero y Empleados Plásticos, «Union Obreros y Empleados Plásticos,» Available: <https://www.uoyepweb.org.ar/>.
- [11] Ball Corporation & Euromonitor International, «Consumo y reciclaje de latas en el año 2017,» Buenos Aires, 2017.
- [12] HONORABLE CONGRESO DE LA NACION ARGENTINA, «Ley 25.916: GESTION DE RESIDUOS DOMICILIARIOS,» 4 Agosto 2004. Available: <https://www.argentina.gob.ar/normativa>.
- [13] M. d. A. y. D. Sostenible, «Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible,» 14 Junio 2023. Available: <https://www.argentina.gob.ar/noticias/se-volvio-presentar-el-proyecto-de-ley-de-envases-con-inclusion-social-en-el-congreso-de-la>.

- [14] Dirección Nacional del Registro Oficial, «Boletín Oficial de la República Argentina,» 2019. Available: <https://www.boletinoficial.gob.ar/seccion/primera/20191206>.
- [15] «Sumando energías,» Available: <https://www.sumandoenergias.org/>.
- [16] N. P. O. W. E. Resources, «The POWER Project,» Available: <https://power.larc.nasa.gov/>.
- [17] PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM, «PVGIS,» 2022. [En línea]. Available: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/.
- [18] F. Struckmann, «Analysis of a Flat-plate Solar Collector,» Dept. of Energy Sciences, Faculty of Engineering, Lund University, 22100 Lund, Sweden, 2008.
- [19] «Norma Española - UNE-EN 12975». ESPAÑA Diciembre 2022.
- [20] EUROPEAN SOLAR THERMAL INDUSTRY FEDERATION, *Simple calculation of energy delivery of (small) ST systems*, 2007.
- [21] V. Miranda Gassull, «Diseño y medición del rendimiento de un colector solar de agua,» *Investigación, Ciencia y Universidad.*, vol. 2, nº 2, pp. 49-59, 2011.
- [22] R. T. R. E. N. Di Lalla, «PELÍCULAS SELECTIVAS DE Cr₂O₃ NEGRO PARA ABSORBEDORES FOTOTÉRMICOS,» *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 5, 2001.
- [23] J. T. J. Z. B. Z. T. L. J. D. e. o. Yonggang Yao, «Light Management in Plastic-Paper Hybrid Substrate towards High-Performance Optoelectronics,» *Energy & Environmental Science*, 2016.
- [24] «Calculadora de pesos online,» Available: <https://www.lumetalplastic.com/calculadora-de-pesos/>.
- [25] The Leading Metals Information Provider , «China Aluminium Processing Summit 2020,» Junio 2020.
- [26] J. Leecch, «China's steel scrap imports in 2023 may not breach 1 mil mt mark: sources,» *S&P Global Commodity Insights*, Marzo 2023.
- [27] R. Färm, «Glastory - El consumo energético del templado de vidrio,» 03 Noviembre 2017. [Último acceso: 2023].

- [28] «Datos Macro - China - Consumo de electricidad,» Available: <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/electricidad-consumo/china>. [Último acceso: 2023].
- [29] «Puntos clave sobre la importación de paneles solares,» 10 Octubre 2019. Available: https://www.comoimportarenargentina.com.ar/importacion-paneles-solares/#Importacion_de_paneles_solares_en_Argentina. [Último acceso: 2023].
- [30] J. M. y. C. Braun, «ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE,» The International Council on Clean Transportation, Abril 2020.
- [32] L. Renou, «Todo por un cobre,» *Página 12*, 2006.

9 ANEXOS

ANEXO I. Hoja de datos técnica del colector de placa planas seleccionado.

Colector solar plano

SOL 250 y SOL 250 H

Colectores solares planos para instalaciones de captación solar térmica. Sol 250 montaje vertical, Sol 250 H montaje horizontal.

Características principales

- Placa absorbente de aluminio con tratamiento superficial altamente selectivo, unida al circuito hidráulico tipo serpentín de tubos de cobre mediante soldadura laser.
- Cubierta de vidrio texturizado de 3,2 mm, templado y de bajo contenido en hierro.
- Aislamiento de 40 mm de fibra de vidrio en parte posterior y 50 mm en laterales.
- Placa posterior en aluminio de 1 mm.
- Carcasa de aluminio pintado color gris RAL 7016.
- Cuatro conexiones para la unión entre colectores por medio de accesorios de fácil montaje.
- GARANTÍA 10 AÑOS.

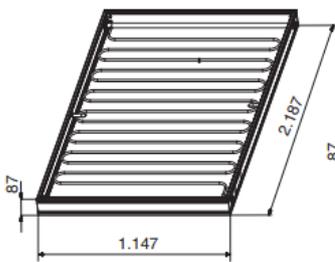
Forma de suministro

- En un bulto:
- Colector solar SOL 250
Código: 720364401
 - Colector solar SOL 250 H
Código: 720364501

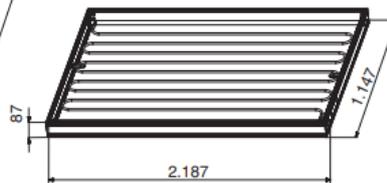


Dimensiones y Características Técnicas

SOL 250



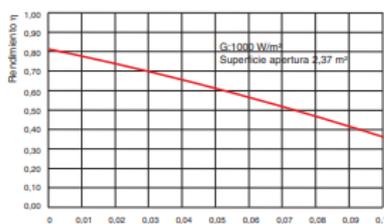
SOL 250 H



	SOL 250	SOL 250 H
Superficie total	2,51 m ²	2,51 m ²
Superficie de apertura	2,37 m ²	2,38 m ²
Capacidad	2,9 litros	2,7 litros
Peso vacío	47 kg	47,3 kg
Presión máxima de trabajo	10 bar	10 bar
Temperatura de estancamiento	198,1 °C	221 °C

Curva de rendimiento

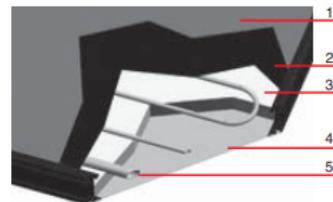
SOL 250



$$T^* = \frac{T_m - T_a}{G} \left(\frac{^\circ\text{C m}^2}{\text{W}} \right)$$

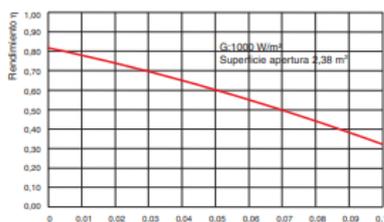
Ecuación característica del colector
 $\eta = 0,814 - 3,639 T^* - 0,0089 G T^{*2}$
 T_m - Temperatura media del colector.
 T_a - Temperatura ambiente.
 G - Irradiación solar
 Ensayo realizado por FRAUNHOFER
 Contraseña de certificación GPS-8449

Detalle sección Colector



1. Cristal templado.
2. Carcasa de aluminio pintado.
3. Placa absorbente recubrimiento selectivo.
4. Aislamiento de 40 mm de fibra de vidrio en parte posterior y 50 mm en laterales.
5. Circuito hidráulico tipo serpentín.

SOL 250 H



$$T^* = \frac{T_m - T_a}{G} \left(\frac{^\circ\text{C m}^2}{\text{W}} \right)$$

Ecuación característica del colector
 $\eta = 0,812 - 3,641 T^* - 0,01286 G T^{*2}$
 T_m - Temperatura media del colector.
 T_a - Temperatura ambiente.
 G - Irradiación solar
 Ensayo realizado por FRAUNHOFER
 Contraseña de certificación GPS-8450

ANEXO II. Hoja de datos técnica del colector de tubos de vacío seleccionado



COLECTORES

ZELIOS VDF 15/20

La transformación de la radiación solar en energía térmica se produce a través de la superficie del absorbedor colocado dentro de un tubo de cristal en el que se ha hecho el vacío. El absorbedor va unido a una serie de tubos de cobre coaxiales donde el calor absorbido se transmite directamente al líquido calo-portador del circuito solar (Sistema "Direct Flow"). La unión entre el tubo de vacío y el tubo colector se realiza con un manguito roscado de material resistente a los fenómenos atmosféricos.



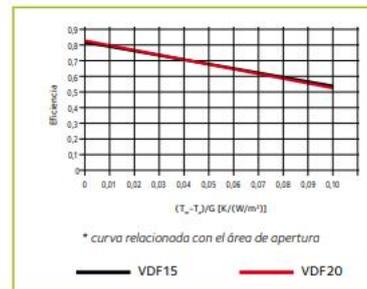
> CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Colector disponible en 2,6 m² y en 3,5 m² (15 y 20 tubos).
- Tubos de cristal borosilicato de 2mm de espesor y Ø70mm.
- Perfiles de aluminio.
- Aislamiento de lana de roca para el colector superior.
- Con vaina para la colocación de una sonda.
- Tratamiento superficial anti-adherente.
- Optimiza la exposición solar gracias a que los tubos admiten una rotación de +/- 30°.
- **5 años de garantía.**

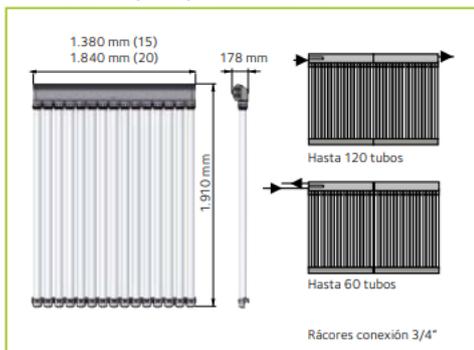
> INSTALACIÓN

- El colector está formado por grupos de 5 tubos en serie, conectados entre sí en paralelo. De manera que en un colector VDF 15 hay 3 grupos de 5 tubos y en el VDF 20 hay 4 grupos de 5 tubos.
- Dicha geometría reduce al máximo las pérdidas de carga en el colector, permitiendo colocar baterías de hasta 120 tubos.

CURVA DE RENDIMIENTO



DIMENSIONES (en mm) Y CONEXIONES



TIPOS DE COLECTOR

Versión base Dedo de guante integrado para sonda solar	VDF 15B	Colector base con 15 tubos, con vaina para colocar sonda
	VDF 20B	Colector base con 20 tubos, con vaina para colocar sonda
Versión extensión 	VDF 15E	Colector extensión con 15 tubos
	VDF 20E	Colector extensión con 20 tubos

Cada batería de colectores tiene que llevar un módulo versión base para la colocación de la sonda y la conexión hidráulica.

Superficie bruta 2,6 / 3,5 m ²	Instalación PLANO O INCLINADO	Tipo de colector TUBOS DE VACÍO
----------------------------------------------	----------------------------------	------------------------------------

ZELIOS VDF 15/20



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

		ZELIOS VDF 15		ZELIOS VDF 20	
		Base	Extensión	Base	Extensión
Número de tubos de vacío		15		20	
Peso	kg	51		68	
Dimensiones	mm	1380 x 1910 x 178		1840 x 1910 x 178	
Presión de ejercicio	bar	6		6	
Contenido de líquido	l	4,3		5,7	
Absorción	%	95		95	
Emisión	%	5		5	
Superficie bruta	m ²	2,63		3,51	
Superficie de apertura	m ²	1,58		2,12	
Superficie de absorción	m ²	1,51		2,01	
h ₀		0,816*		0,821*	
K ₁ W/(m ² k)		2,735*		2,824*	
K ₂ W/(m ² k ²)		0,0074*		0,0047*	
Temperatura de estancamiento	°C	206		206	
Código		3021039	3021040	3021041	3021042

Compuesto de					
		1 Chasis CHX 15B (3021035)	1 Chasis CHX 15E (3021036)	1 Chasis CHX 20B (3021037)	1 Chasis CHX 20E (3021038)
		15 tubos de vacío (3021014)	15 tubos de vacío (3021014)	20 tubos de vacío (3021014)	20 tubos de vacío (3021014)

* Los datos hacen referencia al área de apertura

KITS DE INSTALACIÓN

		1				2				3				4				5				6			
Descripción	Código	TT	TO	OO	TR	TT	TO	OO	TR	TT	TO	OO	TR	TT	TO	OO	TR	TT	TO	OO	TR	TT	TO	OO	TR
		Kit hidráulico para colector versión extensión	12043886					1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5
Racor sonda colector	12005749	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kit instalación para tejado	Barra horizontal VDF	3721443	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6					
	Juego ganchos para teja VDF (4 udes.)	3024147	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6					
Kit instalación para suelo	3721047					1				2				3				4				5			
Kit adicional para tejado instalación horizontal	12023756	2					2				2				2				2				2		



ANEXO III. Armado del colector solar de materiales reciclables.

El colector armado a partir de materiales reciclados se construye de la siguiente manera:

- Juntar 180 latas de 354 ml o 473 ml y cortar la base y la tapa.



Imagen. 18: Corte lata

- Aplanar de manera que quede una lámina doble. Lijar el lado a pintar y colocar 4 broches dejando un espacio en el medio para el caño de 1/2".



Imagen. 19: Preparación lata

- Colocar las latas en el caño y pintarlas con pintura negro mate.



Imagen. 20: Armado del absorbedor

- Abrir el tetrabrik y cortarlo en tiras de 8x30 cm.

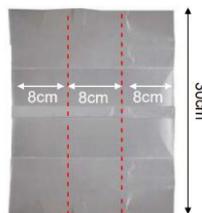


Imagen. 21: Corte tetrabriks

- Preparado de las placas de poliuretano expandido. Se debe realizar una canaleta en el centro de 2cm de ancho para que sobre esta canaleta se posicione el tubo.

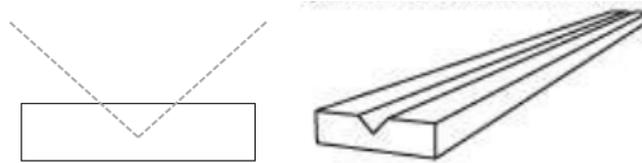


Imagen. 22: Corte placas de poliuretano expandido

- Colocar las tiras de tetrabriks sobre la placa de poliuretano expandido.

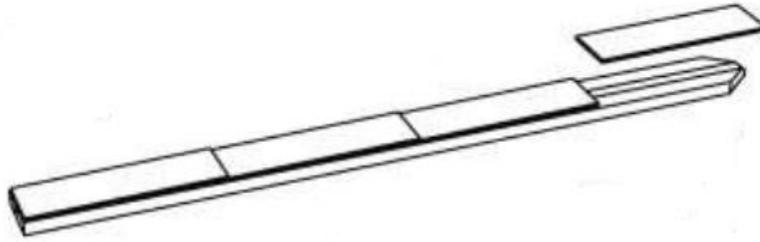


Imagen. 23: Armado aleta absorbentes

- Colocar el caño con las latas pintadas sobre los tetrabriks.



Imagen. 24: Armado de aletas absorbentes

- Separar 134 botellas de 2,5l y 134 botellas de 1,5 l. Cortar la parte superior y la base de todas las botellas menos las de los extremos del colector.



Imagen. 25: Corte botellas

- A las botellas que irán a los extremos, la botella base se la debe agujerear de manera que pueda pasar el caño posteriormente y la botella pico se debe cortar hasta un diámetro que pase el caño.



Imagen. 26: Perforación botella base

- Colocar una base de botella, una botella cortada de 1,5 l y una botella cortada de 2,5 l sobre las aletas absorbentes. Repetir para todos los conjuntos de caños y armar el módulo.

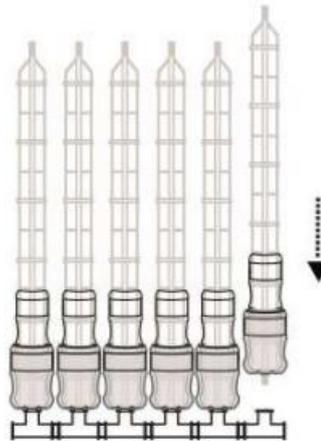


Imagen. 27: Armado del colector reciclado

- Agregar todas las botellas de 1,5 l hasta la botella pico y luego repetir con las botellas de 2,5l.



Imagen. 28: Armado final del colector reciclado

Tanque

El tanque es un tanque de plástico, cuya capacidad depende del sistema a construir. El mismo será recubierto por planchas de tetrabriks para disminuir las pérdidas al ambiente. Como se puede observar en las imágenes siguientes, se colocan los tetrabriks abiertos con la parte metalizada hacia el tanque de manera de reflejar el calor que sale del tanque de nuevo hacia el tanque y disminuir las pérdidas. Luego de esta capa de tetrabriks, se debe complementar el aislamiento, ya sea con colchones de espuma, aislamiento industrial u otro elemento que este destinado a la basura y se pueda reciclar, manteniendo el objetivo de mínimos costos para la familia.



Imagen. 29: Termotanque cubierto con tetrabriks



Imagen. 30: Distintos aislamientos para el termotanque

Cálculo del área del absorbedor

El área del absorbedor se puede calcular con las siguientes consideraciones:

- Se corta cada lata por la parte interior y superior.

- Se deben colocar 8 broches, 4 de cada lado de la lata a 3,4 cm del borde de manera que pase un caño de media pulgada por el interior, como se esquematiza en el siguiente dibujo:

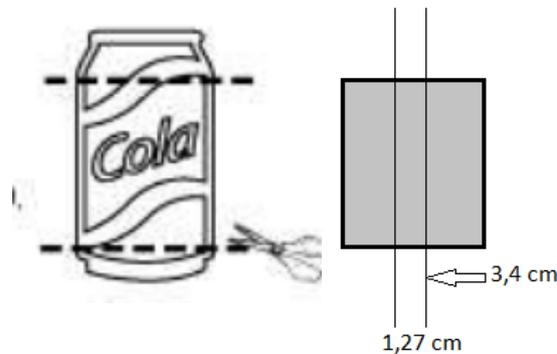


Imagen. 31: Esquema corte de las latas para cálculo del área del absorbedor

Considerando que cada tubo tiene 2 metros, y que se colocan 12 tubos por colector, el área del absorbedor será:

$$A_l = (3,4 + 3,4 + 1,27)cm * 2m * 12 tubos * \frac{1m}{100cm} = 1,94m^2$$

ANEXO IV. Cálculo del ángulo óptimo de inclinación del colector.

Los sistemas termosolares deben estar dimensionados para funcionar correctamente los meses de invierno, es decir, los meses donde se tiene menor radiación solar y mayor agua caliente se precisa. En Argentina, en el hemisferio sur, el día de menor radiación será durante el solsticio de invierno, es decir, el 21 de junio.

Para poder absorber la mayor cantidad posible de radiación solar, es necesario que los rayos solares estén perpendiculares a la superficie del colector. Para eso, se debe definir el ángulo óptimo de inclinación del colector para que durante los meses de invierno la incidencia sea la mayor parte del tiempo lo más perpendicular posible, y que, durante los días de verano, gracias a una mayor radiación y mayores temperaturas, el ángulo de incidencia de la radiación no afecte el desempeño del colector.

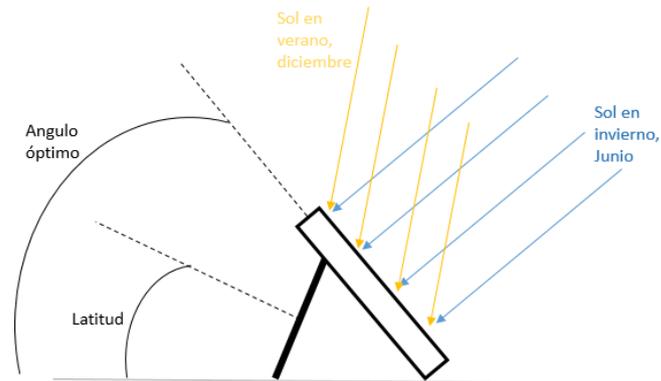


Imagen. 32: Geometría de la incidencia de la radiación sobre el colector solar

Para determinar el ángulo óptimo de inclinación del colector en la ubicación geográfica seleccionada, se utiliza el software NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources, que brinda datos meteorológicos y solares de los últimos 20 años. A continuación, se muestran los datos obtenidos:

Tabla 5: Irradiancia sobre el colector solar a diferentes ángulos de inclinación

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Inclinación = Latitud-15	6,93	6,26	5,66	4,61	3,59	3,24	3,54	4,34	5,34	5,81	6,77	6,9	5,25
Inclinación = Latitud	6,36	5,99	5,72	4,93	3,97	3,68	3,99	4,72	5,52	5,7	6,3	6,28	5,26
Inclinación = Latitud+15	5,54	5,45	5,46	4,97	4,14	3,92	4,22	4,83	5,41	5,28	5,56	5,42	5,02
Inclinación = Optima por mes	7,13	6,28	5,73	4,99	4,14	3,95	4,24	4,83	5,53	5,81	6,88	7,17	5,56
Angulo de inclinación óptimo (°)	0	9,5	23	39	46	51,5	50	42,5	33	14,5	1,5	0	25,8

En la tabla anterior, se detallan para distintas inclinaciones, cuanta energía estaría captando el colector para esa inclinación específica ($\text{kWh/m}^2/\text{día}$) y cuál sería el ángulo óptimo de inclinación para cada uno de los meses. Como comentamos, el análisis se enfoca en los meses más fríos (de abril a agosto), donde se puede observar que con una inclinación de colector de $\text{Latitud}+15^\circ$, la irradiancia es prácticamente la misma que para la inclinación óptima de cada mes. Por lo tanto, se toma una inclinación de colector de 41° , considerando la latitud del lugar geográfico estudiado.

ANEXO V. Datos obtenidos de PVGIS y cálculos para cada mes

Tabla 6: Resultados para cada colector en Enero

Colector Reciclado						Colector placas planas						Colector tubos de vacío					
Mes:	T proceso (°C) 50					T proceso (°C) 50					T proceso (°C) 50						
Enero	Tm (°C) 60					Tm (°C) 60					Tm (°C) 60						
	FR (τα) 0,6199 τα = η0 0,855					η0 0,814					η0 0,821						
	FR UL 7,0336 UL=a1 (W/m2) 9,701					a1 (W/m2K) 3,639					a1 (W/m2K) 2,824						
	Area 1,94					a2 (W/m2K2) 0,0089					a2 (W/m2K2) 0,0047						
	Cv agua (KJ/lK) 4,1796					Area (m2) 2,3					Area (m2) 2,12						
	FR 0,7250					Cv agua (KJ/lK) 4,1796					Cv agua (KJ/lK) 4,1796						
Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V (l/m2 día)	Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V (l/m2 día)	Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V (l/m2 día)
00:30	0	24,1	-			00:30	0	24,1	-			00:30	0	24,1	-		
01:30	0	23,58	-			01:30	0	23,58	-			01:30	0	23,58	-		
02:30	0	23,13	-			02:30	0	23,13	-			02:30	0	23,13	-		
03:30	0	22,71	-			03:30	0	22,71	-			03:30	0	22,71	-		
04:30	0	22,16	-			04:30	0	22,16	-			04:30	0	22,16	-		
05:30	0	21,92	-			05:30	0	21,92	-			05:30	0	21,92	-		
06:30	10,63	21,63	-			06:30	10,63	21,63	-1355%			06:30	10,63	21,63	-1002%		
07:30	57,38	21,66	-			07:30	57,38	21,66	-184,5%			07:30	57,38	21,66	-118,6%		
08:30	235,84	22,95	-67%			08:30	235,84	22,95	19,1%	44,93	1,29	08:30	235,84	22,95	35,0%	82,54	2,37
09:30	430,47	24,43	5%	22,98	0,70	09:30	430,47	24,43	48,7%	209,70	6,36	09:30	430,47	24,43	57,4%	247,02	7,49
10:30	605,36	25,85	31%	186,29	5,98	10:30	605,36	25,85	59,2%	358,11	11,50	10:30	605,36	25,85	65,3%	395,08	12,68
11:30	730,59	27,12	42%	305,68	10,36	11:30	730,59	27,12	63,7%	465,43	15,77	11:30	730,59	27,12	68,7%	501,88	17,00
12:30	800,55	28,18	47%	375,78	13,35	12:30	800,55	28,18	65,8%	526,84	18,72	12:30	800,55	28,18	70,3%	562,63	19,99
13:30	809,73	29,01	48%	391,68	14,47	13:30	809,73	29,01	66,4%	537,80	19,86	13:30	809,73	29,01	70,7%	572,76	21,15
14:30	752,59	29,47	46%	347,29	13,11	14:30	752,59	29,47	65,5%	493,21	18,62	14:30	752,59	29,47	70,1%	527,28	19,91
15:30	631,71	29,84	39%	247,53	9,52	15:30	631,71	29,84	62,7%	396,36	15,24	15:30	631,71	29,84	67,9%	429,19	16,50
16:30	478,58	29,74	24%	115,63	4,42	16:30	478,58	29,74	56,7%	271,30	10,38	16:30	478,58	29,74	63,3%	303,16	11,60
17:30	294,26	29,55	-15%			17:30	294,26	29,55	40,9%	120,47	4,57	17:30	294,26	29,55	51,4%	151,24	5,73
18:30	109,03	29,12	-			18:30	109,03	29,12	-29,4%			18:30	109,03	29,12	-2,0%		
19:30	25,4	28,34	-			19:30	25,4	28,34	-407,3%			19:30	25,4	28,34	-288,4%		
20:30	0	27,16	-			20:30	0	27,16	-			20:30	0	27,16	-		
21:30	0	26,09	-			21:30	0	26,09	-			21:30	0	26,09	-		
22:30	0	25,24	-			22:30	0	25,24	-			22:30	0	25,24	-		
23:30	0	24,69	-			23:30	0	24,69	-			23:30	0	24,69	-		
Irradiancia global (Wh/m2 día)	5.972					Irradiancia global (Wh/m2 día)	5.972					Irradiancia global (Wh/m2 día)	5.972				
η (%)			38,0%			η (%)			59,3%			η (%)			65,4%		
Q/S (KWh/m2 día)				1992,86		Q/S (KWh/m2 día)				3424,16		Q/S (KWh/m2 día)				3772,78	
V diario (l/m2 día)					71,904	V diario (l/m2 día)					122,300	V diario (l/m2 día)					134,427
por 2 colectores:					143,809	por 2 colectores:					244,599	por 2 colectores:					268,853
V diario (l/día)					278,989	V diario (l/día)					562,578	V diario (l/día)					569,969

Tabla 7: Resultados para cada colector en Febrero

Colector Reciclado						Colector placas planas						Colector tubos de vacío					
Mes:		T proceso (°C)		50		T proceso (°C)		50		T proceso (°C)		50					
Febrero		Tm (°C)		60		Tm (°C)		60		Tm (°C)		60					
		FR (τα)		0,6199		τα = η0		0,855		η0		0,821					
		FR UL		7,0336		UL=a1 (W)		9,701		a1 (W/m2K)		2,824					
		Area		1,94		Area (m2)		2,3		a2 (W/m2K2)		0,0047					
		Cv agua (KJ/lK)		4,1796		Cv agua (KJ/lK)		4,1796		Area (m2)		2,12					
		FR		0,7250		Cv agua (KJ/lK)		4,1796		Cv agua (KJ/lK)		4,1796					
Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2)	V (l/m2 día)	Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V (l /m2 día)	Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V (l /m2 día)
00:30	0	23,34	-			00:30	0	23,34	-			00:30	0	23,34	-		
01:30	0	22,88	-			01:30	0	22,88	-			01:30	0	22,88	-		
02:30	0	22,53	-			02:30	0	22,53	-			02:30	0	22,53	-		
03:30	0	22,14	-			03:30	0	22,14	-			03:30	0	22,14	-		
04:30	0	21,68	-			04:30	0	21,68	-			04:30	0	21,68	-		
05:30	0	21,43	-			05:30	0	21,43	-			05:30	0	21,43	-		
06:30	0	21,17	-			06:30	0	21,17	-			06:30	0	21,17	-		
07:30	42,84	21	-			07:30	42,84	21	-281,5%			07:30	42,84	21	-191,7%		
08:30	216,19	21,58	-87%			08:30	216,19	21,58	10,7%	23,03	0,63	08:30	216,19	21,58	28,7%	62,06	1,69
09:30	414,39	23,12	-1%			09:30	414,39	23,12	46,1%	191,00	5,51	09:30	414,39	23,12	55,4%	229,67	6,62
10:30	593,78	24,53	28%	163,58	4,98	10:30	593,78	24,53	57,8%	343,06	10,44	10:30	593,78	24,53	64,2%	381,41	11,61
11:30	721,86	25,69	39%	284,34	9,07	11:30	721,86	25,69	62,7%	452,26	14,42	11:30	721,86	25,69	67,9%	490,22	15,63
12:30	795,48	26,73	45%	357,38	11,91	12:30	795,48	26,73	64,9%	516,60	17,21	12:30	795,48	26,73	69,6%	553,93	18,45
13:30	806,2	27,53	46%	374,31	12,91	13:30	806,2	27,53	65,6%	528,71	18,24	13:30	806,2	27,53	70,1%	565,24	19,50
14:30	749,47	27,96	44%	329,97	11,61	14:30	749,47	27,96	64,6%	484,34	17,04	14:30	749,47	27,96	69,4%	520,01	18,29
15:30	626,13	28,3	36%	227,82	8,14	15:30	626,13	28,3	61,5%	385,37	13,77	15:30	626,13	28,3	67,0%	419,81	15,00
16:30	477,66	28,19	21%	99,81	3,55	16:30	477,66	28,19	55,3%	264,05	9,39	16:30	477,66	28,19	62,3%	297,57	10,58
17:30	302	27,97	-17%			17:30	302	27,97	39,8%	120,14	4,23	17:30	302	27,97	50,6%	152,67	5,37
18:30	118,67	27,53	-			18:30	118,67	27,53	-26,1%			18:30	118,67	27,53	0,7%	0,78	0,03
19:30	14,48	26,71	-			19:30	14,48	26,71	-823,3%			19:30	14,48	26,71	-603,1%		
20:30	0	25,78	-			20:30	0	25,78	-			20:30	0	25,78	-		
21:30	0	24,92	-			21:30	0	24,92	-			21:30	0	24,92	-		
22:30	0	24,21	-			22:30	0	24,21	-			22:30	0	24,21	-		
23:30	0	23,87	-			23:30	0	23,87	-			23:30	0	23,87	-		
Irradiancia global (Wh/m2 día)	5.879					Irradiancia global (Wh/m2 día)	5.879					Irradiancia global (Wh/m2 día)	5.879				
η (%)			38,5%			η (%)			58,0%			η (%)			63,1%		
Q/S (KWh/m2 día)				1837,21		Q/S (KWh/m2 día)				3308,57		Q/S (KWh/m2 día)				3673,37	
V diario (l/m2 día)					62,156	V diario (l/m2 día)					110,864	V diario (l/m2 día)					122,773
por 2 colectores:					124,312	por 2 colectores:					221,727	por 2 colectores:					245,545
V diario (l/día)					241,165	V diario (l/día)					509,972	V diario (l/día)					520,555

Tabla 8: Resultados para cada colector en Marzo

Colector Reciclado						Colector placas planas						Colector tubos de vacío					
Mes:		T proceso (°C)	50			T proceso (°C)		50			T proceso (°C)		50				
Marzo		Tm (°C)	60			Tm (°C)		60			Tm (°C)		60				
		FR (τα)	0,6199	τα = η0	0,855	η0		0,814			η0		0,821				
		FR UL	7,0336	UL=a1 (W/m2K)	9,701	a1 (W/m2K)		3,639			a1 (W/m2K)		2,824				
		Area	1,94			a2 (W/m2K2)		0,0089			a2 (W/m2K2)		0,0047				
		Cv agua (KJ/lK)	4,1796			Area (m2)		2,3			Area (m2)		2,12				
		FR	0,7250			Cv agua (KJ/lK)		4,1796			Cv agua (KJ/lK)		4,1796				
Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V (l/m2 día)	Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V (l /m2 día)	Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V (l /m2 día)
00:30	0	20,5	-			00:30	0	20,5	-			00:30	0	20,5	-		
01:30	0	20,07	-			01:30	0	20,07	-			01:30	0	20,07	-		
02:30	0	19,6	-			02:30	0	19,6	-			02:30	0	19,6	-		
03:30	0	19,25	-			03:30	0	19,25	-			03:30	0	19,25	-		
04:30	0	18,82	-			04:30	0	18,82	-			04:30	0	18,82	-		
05:30	0	18,64	-			05:30	0	18,64	-			05:30	0	18,64	-		
06:30	0	18,41	-			06:30	0	18,41	-			06:30	0	18,41	-		
07:30	34,14	18,22	-			07:30	34,14	18,22	-409,4%			07:30	34,14	18,22	-287,5%		
08:30	219,74	18,81	-96%			08:30	219,74	18,81	6,3%	13,88	0,34	08:30	219,74	18,81	25,5%	56,11	1,39
09:30	423,52	20,48	-5%			09:30	423,52	20,48	44,2%	187,03	4,91	09:30	423,52	20,48	54,0%	228,76	6,01
10:30	605,25	22,02	25%	149,04	4,13	10:30	605,25	22,02	56,4%	341,63	9,46	10:30	605,25	22,02	63,3%	382,88	10,61
11:30	742,06	23,09	37%	276,39	7,96	11:30	742,06	23,09	61,7%	457,60	13,18	11:30	742,06	23,09	67,2%	498,59	14,36
12:30	812,36	24,22	43%	347,46	10,45	12:30	812,36	24,22	64,0%	519,66	15,63	12:30	812,36	24,22	68,9%	559,89	16,84
13:30	806,61	25,05	43%	350,60	10,89	13:30	806,61	25,05	64,3%	518,53	16,11	13:30	806,61	25,05	69,2%	557,79	17,33
14:30	742,86	25,47	40%	300,17	9,49	14:30	742,86	25,47	63,1%	468,42	14,80	14:30	742,86	25,47	68,2%	506,77	16,01
15:30	624,08	25,8	32%	201,81	6,46	15:30	624,08	25,8	59,8%	373,14	11,95	15:30	624,08	25,8	65,7%	410,29	13,14
16:30	456,93	25,87	13%	59,58	1,91	16:30	456,93	25,87	51,9%	237,37	7,63	16:30	456,93	25,87	59,8%	273,28	8,78
17:30	272,49	25,52	-37%			17:30	272,49	25,52	31,5%	85,75	2,72	17:30	272,49	25,52	44,3%	120,76	3,82
18:30	90,54	24,98	-			18:30	90,54	24,98	-71,4%			18:30	90,54	24,98	-33,5%		
19:30	0,84	23,91	-			19:30	0,84	23,91	-16933%			19:30	0,84	23,91	-12780%		
20:30	0	22,99	-			20:30	0	22,99	-			20:30	0	22,99	-		
21:30	0	22,16	-			21:30	0	22,16	-			21:30	0	22,16	-		
22:30	0	21,47	-			22:30	0	21,47	-			22:30	0	21,47	-		
23:30	0	20,99	-			23:30	0	20,99	-			23:30	0	20,99	-		
Irradiancia global (Wh/m2 día)	5.831					Irradiancia global (Wh/m2 día)	5.831					Irradiancia global (Wh/m2 día)	5.831				
η (%)			35,2%			η (%)			56,1%			η (%)			63,0%		
Q/S (KWh/m2 día)				1685,04		Q/S (KWh/m2 día)				3203,01		Q/S (KWh/m2 día)				3595,12	
Vdiario (l/m2 día)					51,296	Vdiario (l/m2 día)					96,737	Vdiario (l/m2 día)					108,300
por 2 colectores:					102,593	por 2 colectores:					193,474	por 2 colectores:					216,599
V diario (l/día)					199,030	V diario (l/día)					444,989	V diario (l/día)					459,190

Tabla 9: Resultados para cada colector en Abril

Colector Reciclado					Colector placas planas					Colector tubos de vacío									
Mes:					T proceso (°C)	50				T proceso (°C)	50				T proceso (°C)	50			
Abril					Tm (°C)	60				Tm (°C)	60				Tm (°C)	60			
					FR (τα)	0,62				τα = η0	0,855				η0	0,821			
					FR UL	7,034				UL=a1 (W/m2K)	9,701				a1 (W/m2K)	2,824			
					Area	1,94				a2 (W/m2K2)	0,0089				a2 (W/m2K2)	0,0047			
					Cv agua (KJ/°C)	4,1796				Area (m2)	2,3				Area (m2)	2,12			
					FR	0,7250				Cv agua (KJ/°C)	4,1796				Cv agua (KJ/°C)	4,1796			
Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V (l/m2 día)	Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V (l/m2 día)	Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V (l/m2 día)		
00:30	0	18,2	-			00:30	0	18,2	-			00:30	0	18,2	-				
01:30	0	17,82	-			01:30	0	17,82	-			01:30	0	17,82	-				
02:30	0	17,44	-			02:30	0	17,44	-			02:30	0	17,44	-				
03:30	0	17,09	-			03:30	0	17,09	-			03:30	0	17,09	-				
04:30	0	16,65	-			04:30	0	16,65	-			04:30	0	16,65	-				
05:30	0	16,39	-			05:30	0	16,39	-			05:30	0	16,39	-				
06:30	0	16,17	-			06:30	0	16,17	-			06:30	0	16,17	-				
07:30	4,92	15,98	-			07:30	4,92	15,98	-			07:30	4,92	15,98	-				
08:30	201,57	16,49	-124%			08:30	201,57	16,49	-5,5%			08:30	201,57	16,49	16,7%	33,72	0,78		
09:30	399	17,9	-17%			09:30	399	17,9	39,1%	155,81	3,76	09:30	399	17,9	50,2%	200,36	4,84		
10:30	579,85	19,54	18%	103,26	2,63	10:30	579,85	19,54	53,5%	310,19	7,89	10:30	579,85	19,54	61,1%	354,10	9,01		
11:30	702,97	20,6	31%	218,81	5,77	11:30	702,97	20,6	59,0%	415,02	10,94	11:30	702,97	20,6	65,2%	458,58	12,09		
12:30	763,7	21,74	37%	281,80	7,73	12:30	763,7	21,74	61,5%	469,40	12,88	12:30	763,7	21,74	67,1%	512,07	14,05		
13:30	757,68	22,59	38%	284,90	8,06	13:30	757,68	22,59	61,8%	468,16	13,24	13:30	757,68	22,59	67,3%	509,83	14,42		
14:30	689,39	22,97	33%	230,20	6,60	14:30	689,39	22,97	60,1%	414,21	11,88	14:30	689,39	22,97	66,0%	454,97	13,05		
15:30	565,33	23,25	22%	126,84	3,68	15:30	565,33	23,25	55,6%	314,43	9,11	15:30	565,33	23,25	62,6%	354,01	10,26		
16:30	399,66	23,31	-4%			16:30	399,66	23,31	45,0%	179,83	5,22	16:30	399,66	23,31	54,6%	218,18	6,34		
17:30	212,57	23,01	-83%			17:30	212,57	23,01	12,3%	26,25	0,75	17:30	212,57	23,01	29,9%	63,63	1,83		
18:30	10,29	22,25	-			18:30	10,29	22,25	-			18:30	10,29	22,25	-				
19:30	0	21,04	-			19:30	0	21,04	-			19:30	0	21,04	-				
20:30	0	20,1	-			20:30	0	20,1	-			20:30	0	20,1	-				
21:30	0	19,56	-			21:30	0	19,56	-			21:30	0	19,56	-				
22:30	0	19	-			22:30	0	19	-			22:30	0	19	-				
23:30	0	18,61	-			23:30	0	18,61	-			23:30	0	18,61	-				
Irradiancia global (Wh/m2 día)	5.287					Irradiancia global (Wh/m2 día)	5.287					Irradiancia global (Wh/m2 día)	5.287						
η (%)			30,7%			η (%)			54,3%			η (%)			59,9%				
Q/S (KWh/m2 día)				1245,81		Q/S (KWh/m2 día)				2753,29		Q/S (KWh/m2 día)				3159,45			
V diario (l/m2 día)					34,462	V diario (l/m2 día)					75,684	V diario (l/m2 día)					86,658		
por 2 colectores:					68,925	por 2 colectores:					151,368	por 2 colectores:					173,317		
V diario (l/día)					133,714	V diario (l/día)					348,146	V diario (l/día)					367,432		

Tabla 10: Resultados para cada colector en Mayo

Colector Reciclado					Colector placas planas					Colector tubos de vacío							
Mes:	T proceso (°C)				50	T proceso (°C)				50	T proceso (°C)				50		
Mayo	Tm (°C)				60	Tm (°C)				60	Tm (°C)				60		
	FR (τα)	0,6199	τα = η0	0,855		η0	0,814		η0	0,821		η0	0,821				
	FR UL	7,0336	UL= a1 (W/m2K)	9,701		a1 (W/m2K)	3,639		a1 (W/m2K)	2,824		a1 (W/m2K)	2,824				
	Area	1,94				a2 (W/m2K2)	0,0089		a2 (W/m2K2)	0,0047		a2 (W/m2K2)	0,0047				
	Cv agua (KJ/lK)	4,1796				Area (m2)	2,3		Area (m2)	2,12		Area (m2)	2,12				
	FR	0,7250				Cv agua (KJ/lK)	4,1796		Cv agua (KJ/lK)	4,1796		Cv agua (KJ/lK)	4,1796				
Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V (l/m2 día)	Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V (l /m2 día)	Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V (l /m2 día)
00:30	0	14,76	-			00:30	0	14,76	-			00:30	0	14,76	-		
01:30	0	14,46	-			01:30	0	14,46	-			01:30	0	14,46	-		
02:30	0	14,2	-			02:30	0	14,2	-			02:30	0	14,2	-		
03:30	0	13,94	-			03:30	0	13,94	-			03:30	0	13,94	-		
04:30	0	13,56	-			04:30	0	13,56	-			04:30	0	13,56	-		
05:30	0	13,36	-			05:30	0	13,36	-			05:30	0	13,36	-		
06:30	0	13,18	-			06:30	0	13,18	-			06:30	0	13,18	-		
07:30	0	13,01	-			07:30	0	13,01	-			07:30	0	13,01	-		
08:30	151,94	13,31	-213%			08:30	151,94	13,31	-43,2%			08:30	151,94	13,31	-11,4%		
09:30	330,27	14,09	-49%			09:30	330,27	14,09	25,1%	83,01	1,79	09:30	330,27	14,09	39,8%	131,60	2,84
10:30	494,25	15,63	-2%			10:30	494,25	15,63	45,2%	223,34	5,04	10:30	494,25	15,63	54,9%	271,23	6,12
11:30	616,27	16,57	17%	105,59	2,45	11:30	616,27	16,57	53,0%	326,82	7,58	11:30	616,27	16,57	60,8%	374,45	8,68
12:30	673,93	17,7	25%	165,85	3,98	12:30	673,93	17,7	56,2%	378,72	9,09	12:30	673,93	17,7	63,1%	425,43	10,21
13:30	660,1	18,55	25%	162,27	4,00	13:30	660,1	18,55	56,2%	371,19	9,15	13:30	660,1	18,55	63,1%	416,81	10,27
14:30	584,6	18,94	17%	101,50	2,53	14:30	584,6	18,94	53,3%	311,44	7,77	14:30	584,6	18,94	60,9%	356,08	8,89
15:30	472,43	19,2	2%	8,12	0,20	15:30	472,43	19,2	46,8%	221,27	5,57	15:30	472,43	19,2	56,1%	264,82	6,67
16:30	320,88	19,31	-38%			16:30	320,88	19,31	30,7%	98,39	2,49	16:30	320,88	19,31	43,9%	140,75	3,56
17:30	148,75	18,91	-182%			17:30	148,75	18,91	-29,2%			17:30	148,75	18,91	-1,2%		
18:30	0	18,02	-			18:30	0	18,02	-			18:30	0	18,02	-		
19:30	0	16,96	-			19:30	0	16,96	-			19:30	0	16,96	-		
20:30	0	16,39	-			20:30	0	16,39	-			20:30	0	16,39	-		
21:30	0	15,96	-			21:30	0	15,96	-			21:30	0	15,96	-		
22:30	0	15,51	-			22:30	0	15,51	-			22:30	0	15,51	-		
23:30	0	15,09	-			23:30	0	15,09	-			23:30	0	15,09	-		
Irradiancia global (Wh/m2 día)	4.453					Irradiancia global (Wh/m2 día)	4.453					Irradiancia global (Wh/m2 día)	4.453				
η (%)			18,1%			η (%)			48,5%			η (%)			57,3%		
Q/S (KWh/m2 día)				543,34		Q/S (KWh/m2 día)				2014,19		Q/S (KWh/m2 día)				2381,16	
V diario (l/m2 día)					13,166	V diario (l/m2 día)					48,474	V diario (l/m2 día)					57,232
por 2 colectores:					26,333	por 2 colectores:					96,947	por 2 colectores:					114,465
V diario (l/día)					51,086	V diario (l/día)					222,978	V diario (l/día)					242,666

Tabla 11: Resultados para cada colector en Junio

Colector Reciclado					Colector placas planas					Colector tubos de vacío							
Mes	T proceso (°C) 50				T proceso (°C)	50				T proceso (°C)	50						
Junio	Tm (°C) 60				Tm (°C)	60				Tm (°C)	60						
	FR (τα)	0,6199	τα = η0	0,855	η0	0,814				η0	0,821						
	FR UL	7,0336	UL = a1 (W/m²)	9,701	a1 (W/m²K)	3,639				a1 (W/m²K)	2,824						
	Area	1,94			a2 (W/m²K²)	0,0089				a2 (W/m²K²)	0,0047						
	Cv agua (KJ/)	4,1796			Area (m²)	2,3				Area (m²)	2,12						
	FR	0,7250			Cv agua (KJ/lK)	4,1796				Cv agua (KJ/lK)	4,1796						
Horario	Irradiancia G (Wh/m² día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m² día)	V (l/m² día)	Horario	Irradiancia G (Wh/m² día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m² día)	V (l/m² día)	Horario	Irradiancia G (Wh/m² día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m² día)	V (l/m² día)
00:30	0	12,21	-			00:30	0	12,21	-			00:30	0	12,21	-		
01:30	0	11,92	-			01:30	0	11,92	-			01:30	0	11,92	-		
02:30	0	11,69	-			02:30	0	11,69	-			02:30	0	11,69	-		
03:30	0	11,41	-			03:30	0	11,41	-			03:30	0	11,41	-		
04:30	0	10,99	-			04:30	0	10,99	-			04:30	0	10,99	-		
05:30	0	10,84	-			05:30	0	10,84	-			05:30	0	10,84	-		
06:30	0	10,68	-			06:30	0	10,68	-			06:30	0	10,68	-		
07:30	0	10,56	-			07:30	0	10,56	-			07:30	0	10,56	-		
08:30	141,29	10,8	-252%			08:30	141,29	10,8	-60,6%			08:30	141,29	10,8	-24,3%		
09:30	293,77	11,61	-74%			09:30	293,77	11,61	14,4%	42,20	0,85	09:30	293,77	11,61	31,8%	93,53	1,89
10:30	465,11	12,77	-13%			10:30	465,11	12,77	40,2%	186,88	3,89	10:30	465,11	12,77	51,2%	237,99	4,96
11:30	576,15	13,41	7%	40,63	0,86	11:30	576,15	13,41	48,6%	280,13	5,93	11:30	576,15	13,41	57,5%	331,25	7,02
12:30	639,81	14,65	17%	107,09	2,35	12:30	639,81	14,65	52,7%	337,47	7,40	12:30	639,81	14,65	60,6%	387,55	8,50
13:30	644,88	15,62	19%	120,84	2,72	13:30	644,88	15,62	53,6%	345,90	7,80	13:30	644,88	15,62	61,2%	394,86	8,90
14:30	583,63	16,5	13%	77,00	1,78	14:30	583,63	16,5	51,4%	299,94	6,94	14:30	583,63	16,5	59,5%	347,42	8,04
15:30	483,73	16,6	-2%			15:30	483,73	16,6	45,3%	219,06	5,08	15:30	483,73	16,6	54,9%	265,73	6,17
16:30	338,03	16,65	-39%			16:30	338,03	16,65	29,8%	100,68	2,34	16:30	338,03	16,65	43,3%	146,27	3,40
17:30	170,57	16,4	-162%			17:30	170,57	16,4	-21,5%			17:30	170,57	16,4	4,7%	7,98	0,18
18:30	0	15,6	-			18:30	0	15,6	-			18:30	0	15,6	-		
19:30	0	14,8	-			19:30	0	14,8	-			19:30	0	14,8	-		
20:30	0	13,96	-			20:30	0	13,96	-			20:30	0	13,96	-		
21:30	0	13,27	-			21:30	0	13,27	-			21:30	0	13,27	-		
22:30	0	12,82	-			22:30	0	12,82	-			22:30	0	12,82	-		
23:30	0	12,52	-			23:30	0	12,52	-			23:30	0	12,52	-		
Irradiancia global (Wh/m² día)	4.337					Irradiancia global (Wh/m² día)	4.337					Irradiancia global (Wh/m² día)	4.337				
η (%)			14,1%			η (%)			45,0%			η (%)			52,7%		
Q/S (KWh/m² día)				345,57		Q/S (KWh/m² día)				1812,26		Q/S (KWh/m² día)				2212,57	
V diario (l/m² día)					7,716	V diario (l/m² día)					40,243	V diario (l/m² día)					49,054
por 2 colectores:					15,432	por 2 colectores:					80,486	por 2 colectores:					98,109
V diario (l/día)					29,937	V diario (l/día)					185,117	V diario (l/día)					207,991

Tabla 12: Resultados para cada colector en Julio

Colector Reciclado					Colector placas planas					Colector tubos de vacío							
Mes:	T proceso (°C)				50	T proceso (°C)	50				T proceso (°C)	50					
Julio	Tm (°C)				60	Tm (°C)	60				Tm (°C)	60					
	FR (τα)	0,6199	τα = η0	0,855	η0	0,814				η0	0,821						
	FR UL	7,0336	UL = a1 (W/m2K)	9,701	a1 (W/m2K)	3,639				a1 (W/m2K)	2,824						
	Area	1,94			a2 (W/m2K2)	0,0089				a2 (W/m2K2)	0,0047						
	Cv agua (KJ/lK)	4,1796			Area (m2)	2,3				Area (m2)	2,12						
	FR	0,7250			Cv agua (KJ/lK)	4,1796				Cv agua (KJ/lK)	4,1796						
Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V(l/m2 día)	Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V(l/m2 día)	Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V(l/m2 día)
00:30	0	11,43	-			00:30	0	11,43	-			00:30	0	11,43	-		
01:30	0	11,1	-			01:30	0	11,1	-			01:30	0	11,1	-		
02:30	0	10,78	-			02:30	0	10,78	-			02:30	0	10,78	-		
03:30	0	10,49	-			03:30	0	10,49	-			03:30	0	10,49	-		
04:30	0	10,09	-			04:30	0	10,09	-			04:30	0	10,09	-		
05:30	0	9,89	-			05:30	0	9,89	-			05:30	0	9,89	-		
06:30	0	9,71	-			06:30	0	9,71	-			06:30	0	9,71	-		
07:30	0	9,54	-			07:30	0	9,54	-			07:30	0	9,54	-		
08:30	125,14	10	-302%			08:30	125,14	10	-81,8%			08:30	125,14	10	-40,1%		
09:30	313,45	10,46	-68%			09:30	313,45	10,46	16,9%	53,03	1,04	09:30	313,45	10,46	33,8%	105,91	2,08
10:30	481,87	12,19	-11%			10:30	481,87	12,19	41,1%	197,92	4,06	10:30	481,87	12,19	51,9%	249,86	5,12
11:30	618,88	12,78	11%	71,06	1,48	11:30	618,88	12,78	50,4%	312,09	6,50	11:30	618,88	12,78	58,9%	364,27	7,59
12:30	694,65	14,08	21%	148,45	3,20	12:30	694,65	14,08	54,6%	379,58	8,19	12:30	694,65	14,08	62,0%	430,72	9,30
13:30	700,39	15,1	23%	163,25	3,63	13:30	700,39	15,1	55,5%	388,78	8,64	13:30	700,39	15,1	62,6%	438,75	9,75
14:30	638,7	15,42	18%	113,61	2,55	14:30	638,7	15,42	53,2%	339,99	7,62	14:30	638,7	15,42	60,9%	389,14	8,72
15:30	533,69	15,79	5%	27,42	0,62	15:30	533,69	15,79	48,0%	256,15	5,80	15:30	533,69	15,79	57,0%	304,12	6,89
16:30	372,67	16	-29%			16:30	372,67	16	33,8%	126,01	2,87	16:30	372,67	16	46,3%	172,61	3,94
17:30	182,65	15,64	-150%			17:30	182,65	15,64	-16,6%			17:30	182,65	15,64	8,5%	15,43	0,35
18:30	0	14,68	-			18:30	0	14,68	-			18:30	0	14,68	-		
19:30	0	13,45	-			19:30	0	13,45	-			19:30	0	13,45	-		
20:30	0	13,21	-			20:30	0	13,21	-			20:30	0	13,21	-		
21:30	0	12,6	-			21:30	0	12,6	-			21:30	0	12,6	-		
22:30	0	12,1	-			22:30	0	12,1	-			22:30	0	12,1	-		
23:30	0	11,81	-			23:30	0	11,81	-			23:30	0	11,81	-		
Irradiancia global (Wh/m2 día)	4.662					Irradiancia global (Wh/m2 día)	4.662					Irradiancia global (Wh/m2 día)	4.662				
η (%)			16,4%			η (%)			47,2%			η (%)			54,5%		
Q/S (KWh/m2 día)				523,79		Q/S (KWh/m2 día)				2053,54		Q/S (KWh/m2 día)				2470,80	
V diario (l/m2 día)					11,478	V diario (l/m2 día)					44,724	V diario (l/m2 día)					53,725
por 2 colectores:					22,956	por 2 colectores:					89,447	por 2 colectores:					#####
V diario (l/día)					44,534	V diario (l/día)					205,728	V diario (l/día)					#####

Tabla 13: Resultados para cada colector en Agosto

Colector Reciclado					Colector placas planas					Colector tubos de vacío							
Mes:	T proceso (°C) 50				T proceso (°C)	50				T proceso (°C)	50						
Agosto	Tm (°C) 60				Tm (°C)	60				Tm (°C)	60						
	FR (τα)	0,6199	τα = η0	0,855	η0	0,814				η0	0,821						
	FR UL	7,0336	UL= a1 (W/m2K)	9,701	a1 (W/m2K)	3,639				a1 (W/m2K)	2,824						
	Area	1,94			a2 (W/m2K2)	0,0089				a2 (W/m2K2)	0,0047						
	Cv agua (KJ)	4,1796			Area (m2)	2,3				Area (m2)	2,12						
	FR	0,7250			Cv agua (KJ/K)	4,1796				Cv agua (KJ/K)	4,1796						
Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V (l/m2 día)	Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V (l/m2 día)	Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V (l/m2 día)
00:30	0	12,38	-			00:30	0	12,38	-			00:30	0	12,38	-		
01:30	0	11,99	-			01:30	0	11,99	-			01:30	0	11,99	-		
02:30	0	11,67	-			02:30	0	11,67	-			02:30	0	11,67	-		
03:30	0	11,32	-			03:30	0	11,32	-			03:30	0	11,32	-		
04:30	0	10,86	-			04:30	0	10,86	-			04:30	0	10,86	-		
05:30	0	10,66	-			05:30	0	10,66	-			05:30	0	10,66	-		
06:30	0	10,42	-			06:30	0	10,42	-			06:30	0	10,42	-		
07:30	1,19	10,22	-40496%			07:30	1,19	10,22	-16995%			07:30	1,19	10,22	-16995%		
08:30	189,12	10,57	-168%			08:30	189,12	10,57	-25,2%			08:30	189,12	10,57	2,2%	4,19	0,08
09:30	400,73	11,81	-31%			09:30	400,73	11,81	32,5%	130,16	2,64	09:30	400,73	11,81	45,4%	182,00	3,69
10:30	589,98	13,78	9%	56,05	1,20	10:30	589,98	13,78	49,7%	293,04	6,27	10:30	589,98	13,78	58,3%	343,81	7,36
11:30	731,17	14,56	25%	184,33	4,03	11:30	731,17	14,56	56,3%	411,44	9,00	11:30	731,17	14,56	63,2%	462,26	10,11
12:30	805,82	15,97	32%	261,84	5,96	12:30	805,82	15,97	59,4%	478,46	10,90	12:30	805,82	15,97	65,5%	528,13	12,03
13:30	807,08	17,05	34%	273,39	6,43	13:30	807,08	17,05	60,0%	484,25	11,39	13:30	807,08	17,05	66,0%	532,65	12,53
14:30	740,56	17,53	30%	221,17	5,28	14:30	740,56	17,53	58,4%	432,21	10,32	14:30	740,56	17,53	64,8%	479,59	11,45
15:30	622	17,96	20%	123,97	3,00	15:30	622	17,96	54,3%	337,59	8,17	15:30	622	17,96	61,7%	383,63	9,28
16:30	444,61	18,17	-6%			16:30	444,61	18,17	43,7%	194,12	4,73	16:30	444,61	18,17	53,7%	238,67	5,81
17:30	233,95	17,92	-89%			17:30	233,95	17,92	9,2%	21,55	0,52	17:30	233,95	17,92	27,7%	64,92	1,57
18:30	5,24	16,96	-7883%			18:30	5,24	16,96	-3222%			18:30	5,24	16,96	-3222%		
19:30	0	15,45	-			19:30	0	15,45	-			19:30	0	15,45	-		
20:30	0	14,59	-			20:30	0	14,59	-			20:30	0	14,59	-		
21:30	0	13,69	-			21:30	0	13,69	-			21:30	0	13,69	-		
22:30	0	13,04	-			22:30	0	13,04	-			22:30	0	13,04	-		
23:30	0	12,84	-			23:30	0	12,84	-			23:30	0	12,84	-		
Irradiancia global (Wh/m2 día)	5.571					Irradiancia global (Wh/m2 día)	5.571					Irradiancia global (Wh/m2 día)	5.571				
η (%)			26,1%			η (%)			51,8%			η (%)			57,9%		
Q/S (KWh/m2 día)				1120,75		Q/S (KWh/m2 día)				2782,82		Q/S (KWh/m2 día)				3219,85	
Vdiario (l/m2 día)					25,908	Vdiario (l/m2 día)					63,940	Vdiario (l/m2 día)					73,921
por 2 colectores:					51,815	por 2 colectores:					127,880	por 2 colectores:					147,842
V diario (l/día)					100,522	V diario (l/día)					294,125	V diario (l/día)					313,426

Tabla 14: Resultados para cada colector en Septiembre

Colector Reciclado						Colector placas planas						Colector tubos de vacío					
Mes:	T proceso (°C) 50					T proceso (°C)	50					T proceso (°C)	50				
Septiembre	Tm (°C) 60					Tm (°C)	60					Tm (°C)	60				
	FR (τα)	0,62	τα = η0		0,855	η0	0,814					η0	0,821				
	FR UL	7,034	UL = a1 (W/m2K)		9,701	a1 (W/m2K)	3,639					a1 (W/m2K)	2,824				
	Area	1,94				a2 (W/m2K2)	0,0089					a2 (W/m2K2)	0,0047				
	Cv agua (KJ)	4,1796				Area (m2)	2,3					Area (m2)	2,12				
	FR	0,7250				Cv agua (KJ/K)	4,1796					Cv agua (KJ/K)	4,1796				
Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V (l/m2 día)	Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V (l/m2 día)	Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V (l/m2 día)
00:30	0	14,38	-			00:30	0	14,38	-			00:30	0	14,38	-		
01:30	0	13,9	-			01:30	0	13,9	-			01:30	0	13,9	-		
02:30	0	13,45	-			02:30	0	13,45	-			02:30	0	13,45	-		
03:30	0	13,06	-			03:30	0	13,06	-			03:30	0	13,06	-		
04:30	0	12,56	-			04:30	0	12,56	-			04:30	0	12,56	-		
05:30	0	12,35	-			05:30	0	12,35	-			05:30	0	12,35	-		
06:30	0	12,05	-			06:30	0	12,05	-			06:30	0	12,05	-		
07:30	57,59	11,82	-726%			07:30	57,59	11,82	-259%			07:30	57,59	11,82	-259%		
08:30	257,85	12,58	-93%			08:30	257,85	12,58	6,7%	17,32	0,36	08:30	257,85	12,58	26,1%	67,21	1,39
09:30	466,5	14,52	-9%			09:30	466,5	14,52	42,0%	195,82	4,28	09:30	466,5	14,52	52,5%	244,84	5,35
10:30	647,37	16,34	20%	129,95	2,99	10:30	647,37	16,34	54,2%	351,12	8,09	10:30	647,37	16,34	61,7%	399,24	9,19
11:30	772,22	17,2	32%	245,04	5,79	11:30	772,22	17,2	59,1%	456,53	10,79	11:30	772,22	17,2	65,3%	504,52	11,92
12:30	823,6	18,48	37%	301,39	7,41	12:30	823,6	18,48	61,2%	503,98	12,39	12:30	823,6	18,48	66,9%	550,82	13,55
13:30	807,66	19,43	37%	296,97	7,53	13:30	807,66	19,43	61,3%	495,15	12,56	13:30	807,66	19,43	67,0%	540,78	13,71
14:30	725,62	19,78	32%	230,23	5,91	14:30	725,62	19,78	59,2%	429,90	11,03	14:30	725,62	19,78	65,4%	474,55	12,17
15:30	599,16	20,13	21%	125,50	3,26	15:30	599,16	20,13	54,8%	328,48	8,52	15:30	599,16	20,13	62,1%	371,85	9,65
16:30	426,81	20,28	-5%			16:30	426,81	20,28	44,2%	188,84	4,93	16:30	426,81	20,28	54,1%	230,83	6,02
17:30	230,87	19,95	-83%			17:30	230,87	19,95	12,1%	27,91	0,72	17:30	230,87	19,95	29,8%	68,90	1,78
18:30	23,6	19,16	#####			18:30	23,6	19,16	-611%			18:30	23,6	19,16	-611%		
19:30	0	17,7	-			19:30	0	17,7	-			19:30	0	17,7	-		
20:30	0	16,73	-			20:30	0	16,73	-			20:30	0	16,73	-		
21:30	0	15,74	-			21:30	0	15,74	-			21:30	0	15,74	-		
22:30	0	15,04	-			22:30	0	15,04	-			22:30	0	15,04	-		
23:30	0	14,9	-			23:30	0	14,9	-			23:30	0	14,9	-		
Irradiancia global (Wh/m2 día)	5.839					Irradiancia global (Wh/m2 día)	5.839					Irradiancia global (Wh/m2 día)	5.839				
η (%)			30,4%			η (%)			52,0%			η (%)			60,0%		
Q/S (KWh/m2 día)				1329,08		Q/S (KWh/m2 día)				2995,04		Q/S (KWh/m2 día)				3453,53	
V diario (l/m2 día)					32,890	V diario (l/m2 día)					73,662	V diario (l/m2 día)					84,741
por 2 colectores:					65,779	por 2 colectores:					147,324	por 2 colectores:					169,483
V diario (l/día)					127,612	V diario (l/día)					338,844	V diario (l/día)					359,303

Tabla 15: Resultados para cada colector en Octubre

Colector Reciclado					Colector placas planas					Colector tubos de vacío							
Mes:	T proceso (°C) 50				T proceso (°C)	50				T proceso (°C)	50						
Octubre	Tm (°C) 60				Tm (°C)	60				Tm (°C)	60						
	FR (τα)	0,6199	τα = η0	0,855	η0	0,814				η0	0,821						
	FR UL	7,0336	UL = a1 (W/m2K)	9,701	a1 (W/m2K)	3,639				a1 (W/m2K)	2,824						
	Area	1,94			a2 (W/m2K2)	0,0089				a2 (W/m2K2)	0,0047						
	Cv agua (KJ/)	4,1796			Area (m2)	2,3				Area (m2)	2,12						
	FR	0,7250			Cv agua (KJ/lK)	4,1796				Cv agua (KJ/lK)	4,1796						
Horario	Irradiancia G (Wh/m2 día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2 día)	V (l/m2 día)	Horario	Irradiancia G (Wh/m2 día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2 día)	V (l/m2 día)	Horario	Irradiancia G (Wh/m2 día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2 día)	V (l/m2 día)
00:30	0	16,91	-			00:30	0	16,91	-			00:30	0	16,91	-		
01:30	0	16,43	-			01:30	0	16,43	-			01:30	0	16,43	-		
02:30	0	16,06	-			02:30	0	16,06	-			02:30	0	16,06	-		
03:30	0	15,66	-			03:30	0	15,66	-			03:30	0	15,66	-		
04:30	0	15,17	-			04:30	0	15,17	-			04:30	0	15,17	-		
05:30	0	14,96	-			05:30	0	14,96	-			05:30	0	14,96	-		
06:30	6,32	14,7	-6868%			06:30	6,32	14,7	-2816%			06:30	6,32	14,7	-2816%		
07:30	111,63	14,67	-308%			07:30	111,63	14,67	-83%			07:30	111,63	14,67	-83%		
08:30	298,37	16,4	-56%			08:30	298,37	16,4	22,6%	67,29	1,55	08:30	298,37	16,4	37,8%	112,90	2,60
09:30	483,79	18,09	1%	7,07	0,17	09:30	483,79	18,09	46,6%	225,66	5,48	09:30	483,79	18,09	55,9%	270,58	6,57
10:30	639,69	19,6	24%	155,01	3,95	10:30	639,69	19,6	56,1%	359,17	9,16	10:30	639,69	19,6	63,1%	403,42	10,29
11:30	747,74	20,69	34%	257,97	6,82	11:30	747,74	20,69	60,4%	451,86	11,95	11:30	747,74	20,69	66,3%	495,62	13,11
12:30	786,49	21,77	38%	301,57	8,28	12:30	786,49	21,77	62,1%	488,08	13,40	12:30	786,49	21,77	67,5%	530,88	14,58
13:30	766,16	22,59	38%	292,15	8,26	13:30	766,16	22,59	62,0%	475,06	13,44	13:30	766,16	22,59	67,5%	516,79	14,62
14:30	681,87	22,81	33%	222,21	6,34	14:30	681,87	22,81	59,7%	407,40	11,62	14:30	681,87	22,81	65,7%	448,29	12,78
15:30	561,03	23,08	22%	121,52	3,50	15:30	561,03	23,08	55,3%	310,20	8,93	15:30	561,03	23,08	62,4%	349,94	10,08
16:30	396,31	23,17	-5%			16:30	396,31	23,17	44,5%	176,50	5,10	16:30	396,31	23,17	54,2%	214,99	6,21
17:30	210,46	22,75	-86%			17:30	210,46	22,75	11,1%	23,41	0,67	17:30	210,46	22,75	29,0%	61,07	1,74
18:30	41,65	22,09	-798%			18:30	41,65	22,09	-281%			18:30	41,65	22,09	-281%		
19:30	0	20,85	-			19:30	0	20,85	-			19:30	0	20,85	-		
20:30	0	19,66	-			20:30	0	19,66	-			20:30	0	19,66	-		
21:30	0	18,69	-			21:30	0	18,69	-			21:30	0	18,69	-		
22:30	0	17,96	-			22:30	0	17,96	-			22:30	0	17,96	-		
23:30	0	17,48	-			23:30	0	17,48	-			23:30	0	17,48	-		
Irradiancia global (Wh/m2 día)	5.732					Irradiancia global (Wh/m2 día)	5.732					Irradiancia global (Wh/m2 día)	5.732				
η (%)			29,1%			η (%)			53,6%			η (%)			61,1%		
Q/S (KWh/m2 día)				1357,49		Q/S (KWh/m2 día)				2984,63		Q/S (KWh/m2 día)				3404,49	
V diario (l/m2 día)					37,325	V diario (l/m2 día)					81,295	V diario (l/m2 día)					92,574
por 2 colectores:					74,650	por 2 colectores:					162,590	por 2 colectores:					185,147
V diario (l/día)					144,822	V diario (l/día)					373,958	V diario (l/día)					392,513

Tabla 16: Resultados para cada colector en Noviembre

Colector Reciclado					Colector placas planas					Colector tubos de vacío							
Mes:	T proceso (°C)				50	T proceso (°C)	50				T proceso (°C)	50					
Noviembre	Tm (°C)				60	Tm (°C)	60				Tm (°C)	60					
	FR (τα)	0,6199	τα = η0	0,855	η0	0,814				η0	0,821						
	FR UL	7,0336	UL = a1 (W/m2K)	9,701	a1 (W/m2K)	3,639				a1 (W/m2K)	2,824						
	Area	1,94			a2 (W/m2K2)	0,0089				a2 (W/m2K2)	0,0047						
	Cv agua (KJ/°C)	4,1796			Area (m2)	2,3				Area (m2)	2,12						
	FR	0,7250			Cv agua (KJ/K)	4,1796				Cv agua (KJ/K)	4,1796						
Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V(l/m2 día)	Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V(l/m2 día)	Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V(l/m2 día)
00:30	0	19,82	-			00:30	0	19,82	-			00:30	0	19,82	-		
01:30	0	19,28	-			01:30	0	19,28	-			01:30	0	19,28	-		
02:30	0	18,81	-			02:30	0	18,81	-			02:30	0	18,81	-		
03:30	0	18,37	-			03:30	0	18,37	-			03:30	0	18,37	-		
04:30	0	17,85	-			04:30	0	17,85	-			04:30	0	17,85	-		
05:30	0	17,75	-			05:30	0	17,75	-			05:30	0	17,75	-		
06:30	20,54	17,44	-1925%			06:30	20,54	17,44	-751%			06:30	20,54	17,44	-751%		
07:30	124,36	17,88	-243%			07:30	124,36	17,88	-55%			07:30	124,36	17,88	-55%		
08:30	318,86	19,5	-38%			08:30	318,86	19,5	30,6%	97,57	2,48	08:30	318,86	19,5	43,8%	139,70	3,55
09:30	512,85	21,13	12%	61,40	1,65	09:30	512,85	21,13	51,2%	262,57	7,05	09:30	512,85	21,13	59,3%	304,18	8,17
10:30	677,39	22,66	32%	216,93	6,15	10:30	677,39	22,66	59,5%	403,11	11,43	10:30	677,39	22,66	65,6%	444,14	12,59
11:30	784,81	23,75	41%	319,35	9,43	11:30	784,81	23,75	63,1%	495,23	14,62	11:30	784,81	23,75	68,3%	535,78	15,82
12:30	823,23	24,81	44%	362,48	11,15	12:30	823,23	24,81	64,5%	531,03	16,34	12:30	823,23	24,81	69,3%	570,68	17,56
13:30	802,22	25,58	44%	351,99	11,17	13:30	802,22	25,58	64,5%	517,21	16,42	13:30	802,22	25,58	69,3%	555,85	17,65
14:30	719,17	25,89	39%	283,98	9,13	14:30	719,17	25,89	62,7%	450,92	14,50	14:30	719,17	25,89	67,9%	488,64	15,71
15:30	584,34	26,14	29%	171,13	5,56	15:30	584,34	26,14	58,6%	342,23	11,12	15:30	584,34	26,14	64,8%	378,73	12,30
16:30	411,88	26,09	6%	23,19	0,75	16:30	411,88	26,09	49,0%	201,64	6,54	16:30	411,88	26,09	57,5%	236,99	7,68
17:30	220,78	25,99	-64%			17:30	220,78	25,99	20,7%	45,66	1,47	17:30	220,78	25,99	36,1%	79,78	2,58
18:30	45,77	25,41	-648%			18:30	45,77	25,41	-217%			18:30	45,77	25,41	-217%		
19:30	6,92	24,26	-4925%			19:30	6,92	24,26	-1962%			19:30	6,92	24,26	-1962%		
20:30	0	22,95	-			20:30	0	22,95	-			20:30	0	22,95	-		
21:30	0	21,84	-			21:30	0	21,84	-			21:30	0	21,84	-		
22:30	0	21,04	-			22:30	0	21,04	-			22:30	0	21,04	-		
23:30	0	20,44	-			23:30	0	20,44	-			23:30	0	20,44	-		
Irradiancia global (Wh/m2 día)	6.053					Irradiancia global (Wh/m2 día)	6.053					Irradiancia global (Wh/m2 día)	6.053				
η (%)			33,7%			η (%)			57,2%			η (%)			63,8%		
Q/S (KWh/m2 día)				1790,45		Q/S (KWh/m2 día)				3347,16		Q/S (KWh/m2 día)				3734,47	
V diario (l/m2 día)					55,001	V diario (l/m2 día)					101,973	V diario (l/m2 día)					113,616
por 2 colectores:					110,002	por 2 colectores:					203,947	por 2 colectores:					227,231
V diario (l/día)					213,405	V diario (l/día)					469,077	V diario (l/día)					481,730

Tabla 17: Resultados para cada colector en Diciembre

Colector Reciclado					Colector placas planas					Colector tubos de vacío							
Mes:		T proceso (°C)	50			T proceso (°C)	50				T proceso (°C)	50					
Diciembre		Tm (°C)	60			Tm (°C)	60				Tm (°C)	60					
		FR (τα)	0,62	τα = η0	0,855	η0	0,814				η0	0,821					
		FR UL	7,034	UL= a1 (W/m2K)	9,701	a1 (W/m2K)	3,639				a1 (W/m2K)	2,824					
		Area	1,94			a2 (W/m2K2)	0,0089				a2 (W/m2K2)	0,0047					
		Cv agua (KJ)	4,1796			Area (m2)	2,3				Area (m2)	2,12					
		FR	0,7250			Cv agua (KJ/lK)	4,1796				Cv agua (KJ/lK)	4,1796					
Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V (l/m2 día)	Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V (l/m2 día)	Horario	Irradiancia G (Wh/m2día)	T ambiente (°C)	η	Q/S (Wh/m2día)	V (l/m2 día)
00:30	0	22,49	-			00:30	0	22,49	-			00:30	0	22,49	-		
01:30	0	21,94	-			01:30	0	21,94	-			01:30	0	21,94	-		
02:30	0	21,48	-			02:30	0	21,48	-			02:30	0	21,48	-		
03:30	0	21,06	-			03:30	0	21,06	-			03:30	0	21,06	-		
04:30	0	20,51	-			04:30	0	20,51	-			04:30	0	20,51	-		
05:30	0	20,34	-			05:30	0	20,34	-			05:30	0	20,34	-		
06:30	22,25	20,06	#####			06:30	22,25	20,06	-636%			06:30	22,25	20,06	-636%		
07:30	93,33	20,49	-325%			07:30	93,33	20,49	-88%			07:30	93,33	20,49	-88%		
08:30	278,44	22,07	-47%			08:30	278,44	22,07	27,2%	75,82	2,10	08:30	278,44	22,07	41,2%	114,72	3,18
09:30	466,62	23,6	10%	45,84	1,35	09:30	466,62	23,6	50,5%	235,58	6,92	09:30	466,62	23,6	58,7%	274,07	8,05
10:30	631,8	25,05	32%	201,13	6,25	10:30	631,8	25,05	59,5%	376,23	11,69	10:30	631,8	25,05	65,6%	414,27	12,87
11:30	747,7	26,11	42%	310,51	10,08	11:30	747,7	26,11	63,5%	475,08	15,42	11:30	747,7	26,11	68,6%	512,76	16,64
12:30	796,05	27,15	45%	361,94	12,28	12:30	796,05	27,15	65,2%	518,84	17,60	12:30	796,05	27,15	69,8%	555,72	18,85
13:30	786,95	27,93	46%	361,73	12,71	13:30	786,95	27,93	65,4%	514,72	18,08	13:30	786,95	27,93	70,0%	550,69	19,34
14:30	715,6	28,47	43%	305,96	11,02	14:30	715,6	28,47	64,1%	458,91	16,52	14:30	715,6	28,47	69,0%	493,79	17,78
15:30	590,93	28,76	34%	202,18	7,38	15:30	590,93	28,76	60,7%	358,65	13,09	15:30	590,93	28,76	66,4%	392,34	14,32
16:30	431,57	28,64	15%	64,77	2,35	16:30	431,57	28,64	52,9%	228,43	8,29	16:30	431,57	28,64	60,5%	261,14	9,48
17:30	249,1	28,51	-37%			17:30	249,1	28,51	31,9%	79,35	2,86	17:30	249,1	28,51	44,5%	110,92	4,00
18:30	71,75	28,03	-347%			18:30	71,75	28,03	-93%			18:30	71,75	28,03	-93%		
19:30	21,03	27,14	#####			19:30	21,03	27,14	-533%			19:30	21,03	27,14	-533%		
20:30	0	25,93	-			20:30	0	25,93	-			20:30	0	25,93	-		
21:30	0	24,65	-			21:30	0	24,65	-			21:30	0	24,65	-		
22:30	0	23,82	-			22:30	0	23,82	-			22:30	0	23,82	-		
23:30	0	23,09	-			23:30	0	23,09	-			23:30	0	23,09	-		
Irradiancia global (Wh/m2 día)	5.903					Irradiancia global (Wh/m2 día)	5.903					Irradiancia global (Wh/m2 día)	5.903				
η (%)			35,9%			η (%)			58,3%			η (%)			64,6%		
Q/S (KWh/m2 día)				1854,06		Q/S (KWh/m2 día)				3321,60		Q/S (KWh/m2 día)				3680,42	
V diario (l/m2 día)					63,401	V diario (l/m2 día)					112,573	V diario (l/m2 día)					124,514
por 2 colectores:					126,802	por 2 colectores:					225,146	por 2 colectores:					249,027
V diario (l/día)					245,996	V diario (l/día)					517,836	V diario (l/día)					527,938

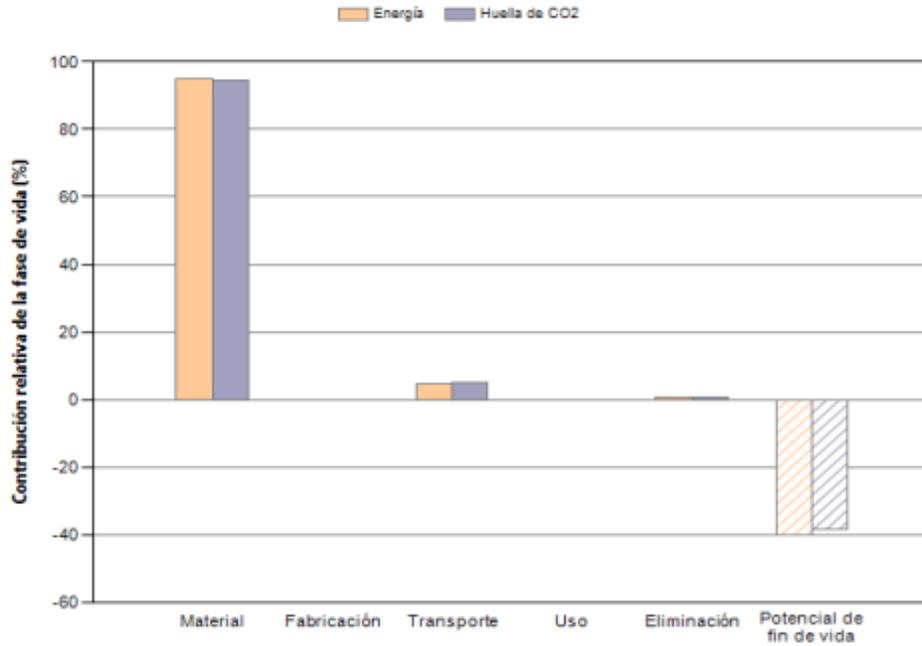
ANEXO VI. Resultados Eco-auditoria



Informe de Eco Audit

Nombre del producto: Colector tubos de vacío
 País de uso: Argentina
 Vida del producto (años): 10

Resumen:



Fase	Energía (MJ)	Energía (%)	Huella de CO2(kg)	Huella de CO2 (%)
Material	3,36e+03	94,9	206	94,4
Fabricación	0	0,0	0	0,0
Transporte	160	4,5	10,8	4,9
Uso	0	0,0	0	0,0
Eliminación	20,3	0,6	1,42	0,7
Total (para primera vida)	3,54e+03	100	219	100
Potencial de fin de vida	-1,42e+03		-84,1	

Análisis de energía

Desglose detallado de las fases de vida individual

Material:

[Resumen](#)

Componente	Material	% reciclado*	m (kg) pieza	m total (kg)	Energía (MJ)	%	Huella de CO2(kg)	%
Tubos de vidrio	Vidrio de borosilicato	Virgen (0%)	20	20	5,5e+02	16,4	32	15,7

Perfiles de aluminio estructura	Aleaciones de aluminio para fundición	15,0%	3,9	3,9	6,5e+02	19,4	42	20,5
Tubo coaxial de cobre	Cobre	10,0%	15	15	7,9e+02	23,6	49	23,7
Aislante	Material compuesto GFRP isotrópico (matriz epoxi reforzada con fibra de vidrio)	Virgen (0%)	9,5	9,5	9,9e+02	29,6	59	28,4
Carcasa parte superior	Aleaciones de aluminio para fundición	15,0%	2,2	2,2	3,7e+02	11,0	24	11,6
Total				50	3,4e+03	100	2,1e+02	100

Transporte:

Desglose por etapa de transporte

Nombre de etapa	Tipo de transporte	Distancia (km)	Energía (MJ)	%	Huella de CO2(kg)	%
Buque China-Argentina	Mar, portacontenedor	2e+04	1,3e+02	80,1	8,9	82,3
Transporte puerto-usuario	Camión >32 t, EURO 3	4,1e+02	32	19,9	1,9	17,7
Total		2e+04	1,6e+02	100	11	100

Eliminación:

Componente	Opción de fin de vida	Energía (MJ)	%	Huella de CO2(kg)	%
Tubos de vidrio	Vertedero	4	19,7	0,28	19,7
Perfiles de aluminio estructura	Reciclar	2,7	13,3	0,19	13,3
Tubo coaxial de cobre	Reciclar	10	50,1	0,71	50,1
Aislante	Vertedero	1,9	9,3	0,13	9,3
Carcasa parte superior	Reciclar	1,5	7,6	0,11	7,6
Total		20	100	1,4	100

Potencial de fin de vida:

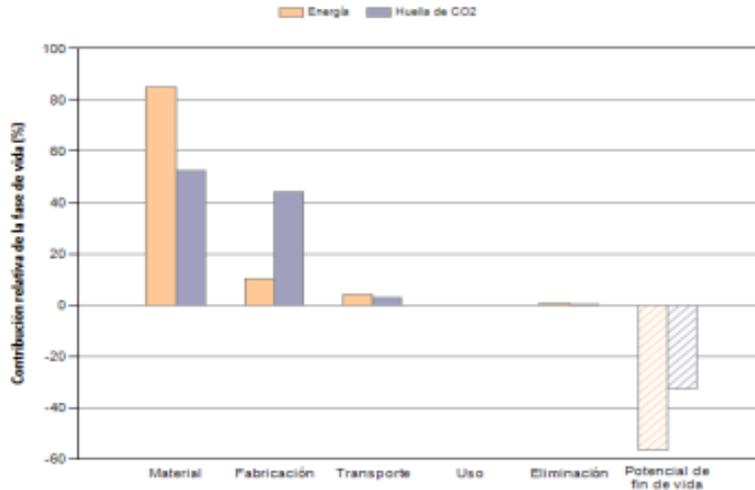
Componente	Opción de fin de vida	Energía (MJ)	%	Huella de CO2(kg)	%
Tubos de vidrio	Vertedero	0	0,0	0	0,0
Perfiles de aluminio estructura	Reciclar	-5,2e+02	36,9	-32	38,3
Tubo coaxial de cobre	Reciclar	-6e+02	42,1	-34	39,9
Aislante	Vertedero	0	0,0	0	0,0
Carcasa parte superior	Reciclar	-3e+02	21,0	-18	21,7
Total		-1,4e+03	100	-84	100



Informe de Eco Audit

Nombre del producto: Colector plano
 País de uso: Argentina
 Vida del producto (años): 10

Resumen:



Fase	Energía (MJ)	Energía (%)	Huella de CO2(kg)	Huella de CO2 (%)
Material	2,91e+03	84,9	186	52,5
Fabricación	349	10,2	157	44,3
Transporte	148	4,3	10	2,8
Uso	0	0,0	0	0,0
Eliminación	21,3	0,6	1,49	0,4
Total (para primera vida)	3,43e+03	100	354	100
Potencial de fin de vida	-1,94e+03		-116	

Desglose detallado de las fases de vida individual

Material:

[Resumen](#)

Componente	Material	% reciclado*	m total (kg)	Energía (MJ)	%	Huella de CO2(kg)	%
Placa posterior de aluminio	Aleaciones de aluminio para fundición	15,0%	6,8	1,1e+03	39,2	74	39,8
Cubierta de vidrio templado	Vidrio común (de cal y sosa)	Virgen (0%)	20	2e+02	7,0	14	7,6
Aislamiento	Material compuesto GFRP isotrópico (matriz epoxi reforzada con fibra de vidrio)	Virgen (0%)	2,3	2,4e+02	8,3	14	7,6
Carcasa	Aleaciones de aluminio para fundición	15,0%	0,94	1,6e+02	5,4	10	5,5
Placa absorbente de aluminio	Aleaciones de aluminio para fundición	15,0%	2,4	4e+02	13,9	26	14,1
Serpentín	Cobre	10,0%	14	7,6e+02	26,2	47	25,4
Total			46	2,9e+03	100	1,9e+02	100

Fabricación:

Componente	Proceso	Uds.	Energía (MJ)	%	Huella de CO2(kg)	%
Placa posterior de aluminio	Extrusión, laminado	6,8 kg	1,2e+02	9	5,7	34,3
Cubierta de vidrio templado	Templado*	20 kg	86	1,4e+02	87,4	24,6
Carcasa	Extrusión, laminado	0,94 kg	17	1,2	0,8	4,8
Serpentin	Fundición	14 kg	1,3e+02	9,5	6,1	36,3
Total			3,5e+02	100	1,6e+02	100

Transporte:[Resumen](#)**Desglose por etapa de transporte**

Nombre de etapa	Tipo de transporte	Distancia (km)	Energía (MJ)	%	Huella de CO2(kg)	%
Buque China-Argentina	Mar, portacontenedor	2e+04	1,2e+02	80,1	8,2	82,3
Transporte puerto-Usuario	Camión >32 t, EURO 3	4,1e+02	29	19,9	1,8	17,7
Total		2e+04	1,5e+02	100	10	100

Eliminación:[Resumen](#)

Componente	Opción de fin de vida	Energía (MJ)	%	Huella de CO2(kg)	%
Placa posterior de aluminio	Reciclar	4,7	22,2	0,33	22,2
Cubierta de vidrio templado	Vertedero	4	18,8	0,28	18,8
Aislamiento	Vertedero	0,46	2,2	0,032	2,2
Carcasa	Reciclar	0,66	3,1	0,046	3,1
Placa absorbente de aluminio	Reciclar	1,7	7,9	0,12	7,9
Serpentin	Reciclar	9,8	45,9	0,69	45,9
Total		21	100	1,5	100

Potencial de fin de vida:

Componente	Opción de fin de vida	Energía (MJ)	%	Huella de CO2(kg)	%
Placa posterior de aluminio	Reciclar	-9,1e+02	47,1	-56	48,4
Cubierta de vidrio templado	Vertedero	0	0,0	0	0,0
Aislamiento	Vertedero	0	0,0	0	0,0
Carcasa	Reciclar	-1,3e+02	6,5	-7,8	6,7
Placa absorbente de aluminio	Reciclar	-3,2e+02	16,7	-20	17,2
Serpentin	Reciclar	-5,7e+02	29,6	-32	27,8
Total		-1,9e+03	100	-1,2e+02	100

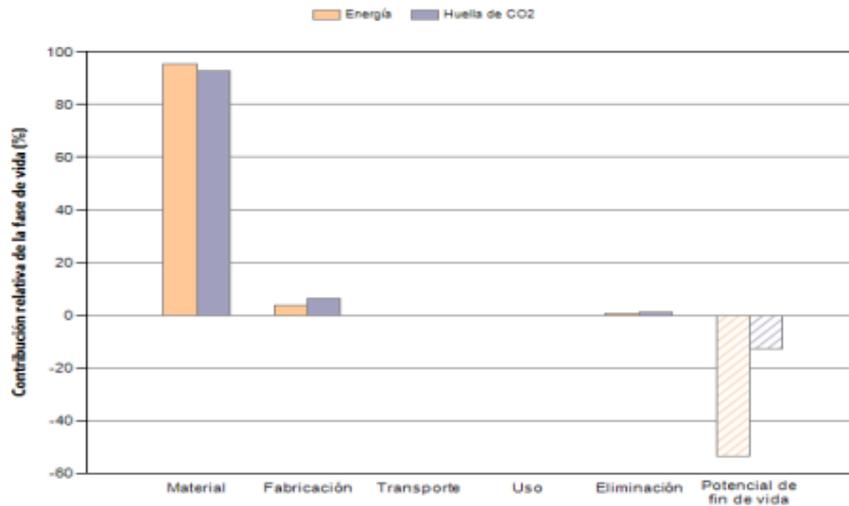


Informe de Eco Audit

GRANTA EDUPACK

Nombre del producto: Colector reciclado
 País de uso: Argentina
 Vida del producto (años): 10

Resumen:



Fase	Energía (MJ)	Energía (%)	Huella de CO2(kg)	Huella de CO2 (%)
Material	677	95,4	30,4	92,7
Fabricación	27,7	3,9	2,07	6,3
Transporte	0	0,0	0	0,0
Uso	0	0,0	0	0,0
Eliminación	4,66	0,7	0,326	1,0
Total (para primera vida)	709	100	32,8	100
Potencial de fin de vida	-378		-4,22	

Desglose detallado de las fases de vida individual

Material:

Componente	Material	% reciclado*	m total (kg)	Energía (MJ)	%	Huella de CO2(kg)	%
Botellas de 2,5 l	Polímero PET (Tereftalato de polietileno)	100,0%	4,7	1,3e+02	19,6	4,7	15,5
Botellas de 1,5 l	Polímero PET (Tereftalato de polietileno)	100,0%	3,7	1e+02	15,3	3,7	12,1
Latas de refrescos	Aleaciones de aluminio para forja no envejecibles	100,0%	1,8	60	8,8	4,7	15,4
Tetrabrixs	Papel y cartón	100,0%	1	22	3,3	1,2	3,9
Tetrabrixs	Aleaciones de aluminio para fundición	100,0%	0,067	2,2	0,3	0,18	0,6

Tetrabrixs	Polietileno (PE)	100,0%	0,27	7,2	1,1	0,25	0,8
Aislante	Espuma rígida de polímero de alta densidad	Virgen (0%)	0,56	45	6,6	2,9	9,5
Caño 1/2'	Polipropileno o polímero PP	Virgen (0%)	3,7	2,5e+02	37,3	11	35,0
Caño 1'	Polipropileno o polímero PP	Virgen (0%)	0,76	52	7,6	2,2	7,1
Total			17	6,8e+02	100	30	100

Fabricación:

Componente	Proceso	Uds.	Energía (MJ)	%	Huella de CO2(kg)	%
Caño 1/2'	Extrusión de polímeros	3,7 kg	23	83,0	1,7	83,0
Caño 1'	Extrusión de polímeros	0,76 kg	4,7	17,0	0,35	17,0
Total			28	100	2,1	100

Eliminación:

Componente	Opción de fin de vida	Energía (MJ)	%	Huella de CO2(kg)	%
Botellas de 2,5 l	Reutilizar	0,95	20,3	0,066	20,3
Botellas de 1,5 l	Reutilizar	0,74	15,8	0,052	15,8
Latas de refrescos	Reutilizar	0,35	7,6	0,025	7,6
Tetrabrixs	Reutilizar	0,2	4,3	0,014	4,3
Tetrabrixs	Reutilizar	0,013	0,3	0,00094	0,3
Tetrabrixs	Reutilizar	0,054	1,2	0,0038	1,2
Aislante	Vertedero	0,11	2,4	0,0078	2,4
Caño 1/2'	Incineración	1,9	39,9	0,13	39,9
Caño 1'	Incineración	0,38	8,2	0,027	8,2
Total		4,7	100	0,33	100

Potencial de fin de vida:

Componente	Opción de fin de vida	Energía (MJ)	%	Huella de CO2(kg)	%
Botellas de 2,5 l	Reutilizar	-1,3e+02	35,1	-4,7	112,0
Botellas de 1,5 l	Reutilizar	-1e+02	27,4	-3,7	87,4
Latas de refrescos	Reutilizar	-60	15,8	-4,7	111,4
Tetrabrixs	Reutilizar	-22	5,9	-1,2	28,4
Tetrabrixs	Reutilizar	-2,2	0,6	-0,18	4,1
Tetrabrixs	Reutilizar	-7,2	1,9	-0,25	6,0
Aislante	Vertedero	0	0,0	0	0,0
Caño 1/2'	Incineración	-42	11,1	8,7	-207,0
Caño 1'	Incineración	-8,6	2,3	1,8	-42,3
Total		-3,8e+02	100	-4,2	100