



CALEFONES SOLARES

Cuadro Gabriela Fernanda

**NASE, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Cuyo,
Argentina**

Resumen

Los calefones solares fueron la motivación de estudio en el siguiente trabajo, incluidos en la categoría de Astronomía en la ciudad. Los objetivos planteados fueron acerca de qué son estos equipamientos, cómo es su funcionamiento, se conoció dónde pueden ser utilizados y cuál es el lugar ideal para instalarlos, logrando además determinar la dependencia de su funcionamiento a lo largo de todas las estaciones del año a pesar de las condiciones climáticas; otro de los propósitos alcanzados fue el conocimiento de los beneficios en cuanto al impacto social, económico y ambiental del uso de colectores solares en relación directa al uso de energía solar. El último objetivo, se llevó a cabo mediante la observación de un calefón solar instalado en una vivienda del Departamento de San Martín ubicada en la Zona Este de la Provincia de Mendoza logrando verificar la adecuada orientación del equipo y se pudo obtener el ángulo de inclinación del colector solar, el cual se usó para el cálculo de la latitud de dicho departamento y se comparó, ese valor con la latitud conocida del departamento del Este mendocino. Para finalizar el informe, luego de un balance general, se elaboró una parte de la conclusión respaldada por un estudio llevado a cabo en 2004 en la que se indicó que la Provincia de Mendoza es una región que cuenta con una alta disponibilidad de radiación solar dentro de las regiones solares en las que se divide la República Argentina lo cual la convierte en una provincia óptima para la implementación de estos novedosos sistemas de calentamiento de agua.

Palabras claves

calefón solar – orientación – energía solar – ángulo de inclinación del colector - ángulo azimutal de superficie – latitud – impacto social-económico-ambiental – radiación solar

Introducción

El presente trabajo es acerca del estudio de calefones solares, una actividad que corresponde a la categoría de “Astronomía en la ciudad”. Está estructurado por secciones: una justificación, donde se argumenta desde diferentes aspectos el estudio de estos sistemas de calentamiento de agua; objetivos, sección en la cual se dejan pautados los propósitos que se desean cumplir a lo largo del informe; otra de las



secciones será el marco teórico subdividido, en una parte, se detalla la estructura de los calefones solares y en la otra, se hace referencia a la energía solar, sus beneficios y su relación directa con estos equipos, esta sección será fundamental en el análisis para responder a los objetivos propuestos; por otra parte, en otra de las secciones, metodología, se expone los lineamientos a seguir para satisfacer los propósitos que son el motor del presente informe. Las dos secciones siguientes estarán relacionadas pues en una titulada como descripción de datos y en la otra, resultados, se desarrolla el análisis minucioso de cada uno de los objetivos planteados y se dejarán expresados los resultados obtenidos. Por último, para finalizar se presentan las conclusiones teniendo en cuenta el camino recorrido en la extensión de cada una de las secciones. Anexado al final del documento se presenta la bibliografía consultada.

Justificación

Según el Taller de Astronomía y Astrofísica auspiciado por la Unión Astronómica Internacional, las actividades de “Astronomía en la ciudad” tienen por objetivo invitar al docente a observar la realidad y el espacio que lo rodea con espíritu crítico. En todas las ciudades del mundo, es posible encontrar edificios que siguen ciertas reglas de orientación, calles diseñadas para aprovechar el camino aparente del Sol, o instrumentos para mediciones y magnitudes astronómicas, tales como los relojes de Sol, que permiten determinar la hora solar verdadera. Una actividad incluida en “Astronomía en la ciudad” es la implementación y uso de calefones solares en diversos puntos de la provincia, ya sea, desde el uso en edificios o centros en donde se requiere mayor cantidad de agua caliente suministrada por estos sistemas, hasta el uso en casas particulares donde proveen de menor cantidad de agua caliente, ya que, cuenta con menos instalaciones que los antes mencionados. Los calefones solares están diseñados y orientados de tal manera de aprovechar al máximo el camino aparente del Sol con la finalidad de utilizar la energía solar para su funcionamiento. Este informe analiza la importancia del uso de calefones solares en las ciudades, profundizar su estudio a fin de conocer el impacto social, económico y ambiental de éstos que está directamente relacionado con el uso de energía solar. En resultados de diversas investigaciones se afirma que el uso de esta energía reduce considerablemente la producción de gases de efecto invernadero y desde el punto de vista económico su eficiencia está vinculada a los incrementos del precio de la energía, por lo que concluyen que los sistemas que operan con energía solar ofrecen una protección significativa al medioambiente y deben ser usados siempre que sea posible con el objeto de alcanzar la sustentabilidad en comparación con un sistema de calentamiento de agua que funciona con gas natural, el combustible de mayor consumo en la Argentina para los servicios de agua caliente sanitaria, cocción y calefacción. Es decir, entre las distintas tecnologías que han aparecido para el aprovechamiento de las fuentes renovables está la de los calefones solares; donde calentar agua con energía

solar implica aprovechar un recurso local, distribuido y perdurable en el tiempo, contribuyendo a la sustentabilidad energética y ambiental. Esta tecnología no reemplaza totalmente los combustibles tradicionales, pero dependiendo de condiciones climáticas, culturales y de diseño, se pueden alcanzar disminuciones muy significativas en el consumo cotidiano doméstico, sobre todo en climas con buena disponibilidad solar como es el caso de la provincia de Mendoza.

Objetivos

Es imprescindible plantearnos objetivos que nos conducen a profundizar el estudio de los calefones solares. A lo largo del desarrollo de nuestro trabajo daremos respuestas a los siguientes objetivos, donde se pretende conocer:

- 1º) Qué son, cómo es su funcionamiento, de qué depende la temperatura que puede alcanzar el agua
- 2º) Dónde pueden ser utilizados y cuál es el lugar ideal para instalarlos, determinar de qué depende para que funcionen en todas las estaciones del año independientemente de las condiciones climáticas
- 3º) Cuáles son sus ventajas o beneficios en cuanto al impacto social, económico y ambiental del uso de calefones solares considerando que su funcionamiento depende directamente de la energía solar.
- 4º) Observar un calefón solar que se encuentra en funcionamiento instalado en una casa particular de la Ciudad de San Martín ubicada en la Zona Este de la Provincia de Mendoza con el objeto de:
 - analizar la orientación del equipo a fin de conocer si su instalación es la adecuada;
 - conocer el ángulo de inclinación del colector solar instalado a fin de a partir de este ángulo, hallar la latitud de dicha ciudad mediante el cálculo correspondiente. Comparar la latitud calculada analíticamente con el valor conocido de la latitud de este departamento.

Marco teórico

I. Estructura de calefones solares

Se calcula que al año un metro cuadrado de la superficie terrestre recibe un equivalente a 5.4 Gigajoules de energía, aproximadamente la misma cantidad que puede ser extraída de un barril de petróleo, 200 kilogramos de carbón o 140 metros cúbicos de gas natural (WEC, 2007)

La energía solar tiene diversos potenciales de uso. La capacidad térmica de la energía del sol para calentar agua para uso doméstico se hace posible a través de un tipo de dispositivo conocido como calefón solar.

El sistema se basa en la concentración de la energía térmica del sol en una superficie diseñada para acumular el calor y transmitirlo al agua de uso corriente. Están constituidos por tres partes: el panel colector que acumula el calor y lo transmite al agua, el tanque que acumula el agua caliente y la estructura de soporte.

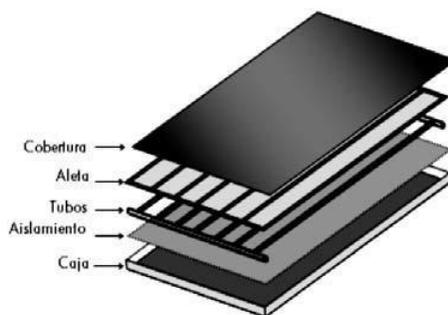
Hay tres tipos principales de paneles para uso doméstico:

- ✓ **los colectores solares planos**
- ✓ los colectores solares de tubos evacuados (los hay de baja y alta presión)
- ✓ los colectores de tubos de calor.

Se analizará los colectores solares planos, hay 2 tipos:

- Termosifónico abierto: circulación natural del fluido.
- Termosifónico cerrado: requiere de bombas para que el agua circule

A continuación se muestra un **esquema de un panel colector plano y sus componentes:**

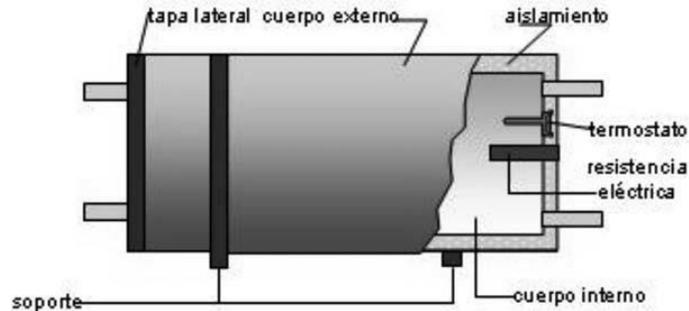


- Caja externa: generalmente fabricada en perfiles de aluminio, chapa plegada o material plástico que sirve de soporte a todo el conjunto.

- Aislamiento térmico: minimiza las pérdidas de calor al ambiente. Está en contacto con la caja externa, revistiéndola. Los materiales aislantes más usados son lana de vidrio y espuma de poliuretano.

- Parrilla de tubos: formada por un haz de tubos verticales interconectados a través de dos tubos colectores. Normalmente son hechos en cobre, debido a su alta conductividad térmica y resistencia a la corrosión.

- Placa absorbedora (aletas): parte responsable de la absorción y transferencia de energía solar hacia el fluido de trabajo. Las aletas metálicas, en aluminio o cobre, son pintadas de negro mate o reciben tratamiento especial para mejorar la absorción de la energía solar.
- Cobertura transparente: generalmente de vidrio o policarbonato, que permite el pasaje de radiación solar y minimiza las pérdidas de calor por convección y radiación al ambiente.
- Junta: colocada entre la caja externa y la cobertura transparente para evitar que ingrese agua de lluvia al sistema o que escape aire caliente.
- A continuación se muestra el esquema de **un tanque y sus componentes**:



- Contenedor interno: por estar en contacto directo con el agua, generalmente es fabricado con materiales resistentes a la corrosión, como cobre, acero inoxidable y acero con tratamiento vitrificado o esmaltado. También están disponibles en el mercado brasileño tanques hechos en fibra de vidrio y polipropileno.
- Aislación térmica: es muy importante en el desempeño del sistema, los recorridos de cañerías a la intemperie sin la debida aislación térmica también producen pérdidas importantes al sistema por ello deben ser aisladas adecuadamente. Generalmente los materiales más usados son el poliuretano expandido, la lana de vidrio y la lana de roca.
- Cuerpo externo: tiene la finalidad de proteger el aislante de daños por la intemperie, el transporte, la instalación, etc. Esta protección, normalmente, está hecha de chapas de aluminio, acero galvanizado o acero al carbono pintado.

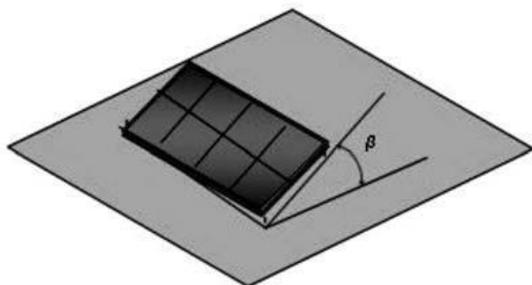
El mejor aprovechamiento del recurso solar es uno de los requisitos para garantizar el buen funcionamiento de la instalación además de un mayor ahorro al final del mes. La instalación correcta exige una definición previa de las inclinaciones y orientaciones más

adecuadas, que varían en función de la posición geográfica de la localidad en estudio. La posición correcta de los colectores solares tiene como objetivo ofrecer:

- Mayor período diario de insolación sobre la batería de colectores
- Mayor captación de la radiación solar en determinadas épocas del año o en promedios anuales, dependiendo del tipo de aplicación requerida o de particularidades del uso final del agua caliente.

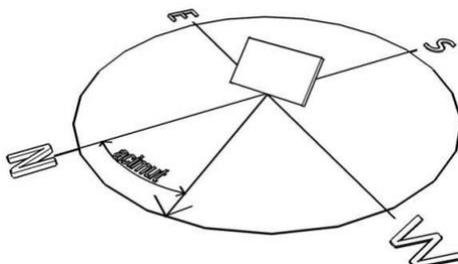
Los ángulos de la instalación solar están asociados a la inclinación y orientación de los colectores solares (ángulo azimutal de superficie).

Ángulo de inclinación del colector: es el ángulo formado por el plano inclinado del colector solar y el plano horizontal. El objetivo de regular el ángulo según la zona geográfica es asegurar que durante el momento de mayor intensidad de radiación el panel colector esté posicionado perpendicular a los rayos para aumentar la captación. En la práctica, el ángulo se define como la suma entre la latitud y 10°



Ángulo azimutal de superficie: corresponde al ángulo formado entre la dirección nortesur y la proyección en el plano horizontal de la recta normal a la superficie del colector solar.

En el caso de un tejado libre de obstrucciones se intentará siempre ubicar el captador solar “mirando al norte” es decir con un ángulo acimutal de 0° . (Alejandro Clifton, Virginia H. De Marco; 2012, p.11)



II. **Energía Solar, sus beneficios y relación con los calefones solares**

La principal fuente de energía para la Tierra es la energía radiante del Sol. La energía deja al Sol como fotones, partículas energéticas y campos magnéticos. Cada uno tiene un impacto mensurable en la Tierra o en el espacio cercano a la Tierra. Los fotones se mueven en línea recta desde el Sol a la Tierra, mientras que otros tipos de energía deben seguir un camino tortuoso a través de la atmósfera del Sol, la heliosfera y la magnetosfera de la Tierra para llegar a la atmósfera de la Tierra. (NASA, 2017, p. https://www.nasa.gov/mission_pages/sdo/science/solar-irradiance.html)

Según la NASA (2017) para concentrarse en los fotones que mueven la energía del Sol a la Tierra, afirma que el Sol es una estrella magnética variable, a lo cual, un astrónomo diría que las variaciones del Sol son típicas de una estrella similar al Sol.

Sin embargo, para un planeta que parece reducirse cada año, y una población humana que depende cada vez más de la tecnología, las variaciones del Sol son significativas y dramáticas. Los cambios en el campo magnético del Sol causan todas las variaciones que afectan nuestra vida y tecnología aquí en la Tierra.

Según ACCIONA (2017) la energía solar goza de numerosos beneficios que la sitúan como una de las más prometedoras. Renovable, no contaminante y disponible en todo el planeta, contribuye al desarrollo sostenible y a la generación de empleo en las zonas en que se implementa. Igualmente, la simplicidad de esta tecnología la convierte en idónea para su uso en puntos aislados de red, zonas rurales o de difícil acceso. La energía solar también es útil para generar electricidad a gran escala e inyectarla en red, en especial en zonas geográficas cuya meteorología proporcione abundantes horas de sol al año. Otro aspecto beneficioso de la energía que nace del Sol es su condición de generadora de riqueza local, puesto que su implementación en un país disminuye la dependencia energética de otros países. Si bien es cierto que la energía solar – como la eólica- es intermitente, esto es, directamente dependiente de la meteorología o de los ciclos día-noche, el rápido avance experimentado por las tecnologías de almacenamiento eléctrico va a minimizar cada vez más esta circunstancia e incrementar la participación de este tipo de energías en el sistema energético. Millones de seres humanos en todo el mundo se abastecen de electricidad por medio de energía renovables como la solar y la humanidad se dispone a acelerar la transición hacia una economía baja en carbono, consciente de la finitud de los combustibles fósiles y de sus efectos perjudiciales para el medio ambiente, como causa principal del calentamiento global.

En cuanto a la relación directa que tiene con el funcionamiento de los calefones solares, en 2017, ACCIONA, un grupo enfocado en soluciones sostenibles de infraestructura y proyectos de energía renovable en todo el mundo, con presencia en

más de 40 países, comprometidos en contribuir al desarrollo económico y social de las comunidades en las que opera, elabora colectores solares térmicos que usan paneles o espejos para absorber y concentrar el calor solar (en el esquema antes descrito esto corresponde a la placa absorbadora) transferirlo a un fluido y conducirlo por tuberías para su aprovechamiento en edificios e instalaciones. Según este mismo grupo de especialistas, en cuanto al aspecto económico, los módulos de captación solar requieren de un mantenimiento relativamente sencillo, lo que unido a la progresiva y acelerada disminución del costo de las células fotovoltaicas, explican las favorables perspectivas existentes actualmente para la tecnología solar. Desde el punto de vista del impacto ambiental, las plantas solares no emiten gases contaminantes y son extremadamente silenciosas.

Metodología

Para responder a los interrogantes surgidos a partir de nuestros objetivos en el presente trabajo se hace una recopilación y análisis de información extraída de diversas investigaciones hechas hasta el momento y además se ha visitado sitios web de empresas cuyas propuestas sobre calefones solares están comprometidas en el cuidado del medio ambiente, compromiso social y desarrollo económico del lugar en donde se instalen los sistemas en estudio.

Por otra parte para responder al último objetivo propuesto, se dispondrá de una brújula la cual nos indicará la orientación con la que el calefón solar está instalado y el ángulo de inclinación lo obtendremos a partir del manual de fabricación, con este dato hallaremos la latitud aproximada del Departamento de San Martín realizando el cálculo correspondiente respaldado por nuestro marco teórico y será comparada con la latitud conocida de esta localidad.

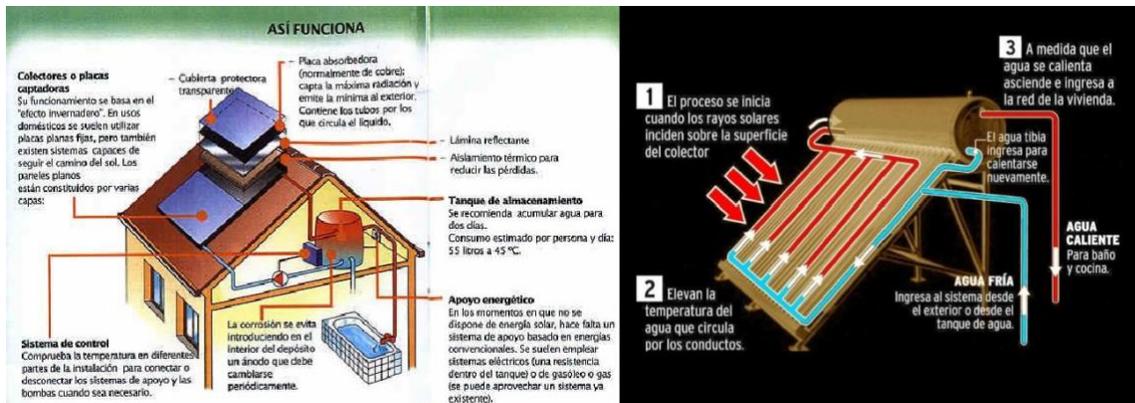
Descripción de datos

1º) Analizando el marco teórico presentado en “Estructura de calefones solares” en relación a qué son y cómo es su funcionamiento podemos dar respuesta sobre de qué depende la temperatura que puede alcanzar el agua:

Por la estructura con la que dispone un calefón solar podemos decir que es un sistema que utiliza la energía solar para el calentamiento de agua compuesto por dos elementos principales, el colector solar, el componente encargado de transmitir la energía del sol al agua para su posterior calentamiento, y el termotanque solar, recipiente en el cual se almacena la misma. Los componentes más destacados que influyen en la temperatura del agua son: en el primer elemento, el colector solar, cuenta con un aislante térmico encargado de minimizar las pérdidas de calor al ambiente y además está provisto de una cobertura transparente que minimiza las pérdidas de calor

por convección y radiación al ambiente; así mismo, con una junta se evita el ingreso de agua de lluvia al sistema. Según Casa Periotti S.A (2015), los equipos con tubos de vidrio al vacío son los más comunes pues este vacío evita que el calor que ha ingresado al tubo interno vuelva escapar al exterior, permitiéndole al sistema elevar el agua a temperaturas que pueden llegar a alcanzar los cien grados centígrados, vale aclarar que absorben no solo los rayos solares directos sino que también la radiación solar difusa permitiendo calentar el agua aún en días nublados. Ahora bien, el segundo elemento, el termostanque está recubierto por un componente fundamental en el desempeño del sistema que es un aislante térmico el cual evita pérdidas importantes de calor ya que el equipo se encuentra ubicado a la intemperie. Casa Periotti (2015) afirma que el agua dentro del termostanque puede llegar hasta los 100°; al no ser constante la temperatura, debido al consumo y la capacidad del tanque, los termostanques solares mezclan el agua caliente con agua fría para obtener una provisión de agua a temperatura constante, con una válvula mezcladora termostática.

Una de las ventajas que tiene esta composición del sistema en estudio es que, el mantenimiento es de bajo costo en comparación con termostanques eléctricos o a gas, convirtiéndolos en una excelente alternativa en las ciudades de la región mendocina que están en constante desarrollo urbanístico.



Resumiendo esta imagen, en los procesos térmicos los colectores de placa plana interceptan la radiación solar en una placa de absorción por la que pasa el llamado fluido portador. Éste, en estado líquido o gaseoso, se calienta al atravesar los canales por transferencia de calor desde la placa de absorción. La energía transferida por el fluido portador, dividida entre la energía solar que incide sobre el colector y expresada en porcentaje, se llama eficiencia instantánea del colector. Los colectores de placa plana tienen, en general, una o más placas coberturas transparentes para intentar minimizar las pérdidas de calor de la placa de absorción en un esfuerzo para maximizar la eficiencia. Son capaces de calentar fluidos portadores hasta 82 °C y obtener entre el 40 y el 80% de eficiencia.

2º) Para dar respuesta al segundo objetivo planteado sobre dónde pueden ser utilizados y cuál es el lugar ideal para instalarlos y comprender cuál es la dependencia para que funcionen en todas las estaciones del año independientemente de las condiciones climáticas nuestro análisis se aborda desde el marco teórico expuesto, desde un sitio web de una empresa llamada Casa Periotti que con experiencia en la confección de estos aparatos responde a nuestras inquietudes y otro sitio consultado es Educa Madrid.

Desde el marco teórico expuesto, en referencia a dónde pueden ser utilizados menciona que se usan en cualquier sitio que cuente con el tejado libre de obstrucciones solares. Si se logra esta posición ideal, desde el Hemisferio Sur, se intentará siempre ubicar el captador solar “mirando al norte”, es decir, con un ángulo azimutal de 0° , recordando que el ángulo azimutal de superficie corresponde al formado entre la dirección norte-sur y la proyección en el plano horizontal de la recta normal a la superficie del colector solar. Esto responde a la orientación correcta del calefón solar.

En cuanto al lugar ideal para su instalación está ligado a la orientación del equipo antes detallada y además, al ángulo de inclinación del colector solar (formado por el plano inclinado del colector solar y el plano horizontal) ya que regulando este ángulo según la zona geográfica se asegura que durante el momento de mayor intensidad de radiación el panel colector esté posicionado perpendicular a los rayos para aumentar la captación. Depende directamente de la latitud del lugar, ya que, este ángulo es la suma entre la latitud y 10° .

Por lo tanto, para garantizar el buen funcionamiento del equipo y un mayor ahorro al final del mes, se deben tener en cuenta las inclinaciones y orientaciones más adecuadas, que varían en función de la posición geográfica de la localidad en estudio. Así logrando la instalación correcta se alcanza el mayor objetivo de estos sistemas que es el aprovechamiento al máximo del recurso solar, traducido en mayor período diario de insolación sobre la batería de colectores y mayor captación de la radiación solar en determinadas épocas del año o en promedios anuales, dependiendo del tipo de aplicación requerida o de particularidades del uso final del agua caliente.

Según Casa Periotti (2015), en referencia a dónde puede ser utilizado un calefón solar afirma que pueden ser utilizados en cualquier sitio que se necesite agua caliente. Sus aplicaciones más comunes son en viviendas familiares, clubes, hoteles, hospitales y clínicas, pero también son una excelente opción elegida por empresas para disminuir los consumos de energía utilizada en calderas o equipos de calentamiento industrial. El calefón solar funciona en todas las épocas de año. En días muy nublados o de lluvia, el agua no alcanza temperaturas óptimas para el consumo, por tal motivo es como se detalló en la respuesta del objetivo anterior, los termotanque solares vienen

aprovechados en su interior con una resistencia eléctrica que, eleva el agua a su temperatura ideal. Respecto a la ubicación ideal de los calefones solares, es importante que éste pueda recibir luz solar todo el día en el lugar que se vaya a ubicar, entonces para instalar un equipo de estos debe ser en lugares despejados, lo recomendado es instalarlo sobre el techo, orientados de tal manera que su superficie esté en posición perpendicular a los rayos del sol y durante el período más largo posible. La mejor incidencia de la radiación se da cuando el panel está orientado hacia el Norte, en caso de estar en el Hemisferio Sur, y con una inclinación aproximada de 40/45 grados.

Por último según el artículo de Educa Madrid, sólo hace referencia a la utilización de calefones solares en casa. Menciona que la ubicación ideal de estos típicos sistemas es montados sobre el tejado. En cuanto a la orientación afirma que si se encuentran en el hemisferio norte se orientan hacia el Sur y en caso de estar en el hemisferio sur, se orientan hacia el Norte. Respecto al ángulo de inclinación óptimo para montar los colectores también afirman que depende de la latitud. En general, para sistemas que se usan durante todo el año, como los que producen agua caliente, los colectores se inclinan (respecto al plano horizontal) un ángulo igual a 15° más la latitud del lugar y se orientan unos 20° latitud S o 20° de latitud N.

3º) Siguiendo la metodología propuesta en dicho trabajo, para responder a nuestro tercer objetivo se analizarán, desde el marco teórico expuesto y consultando sitios web en donde se encontraron publicaciones de tesis que han estudiado sobre el tema, cuáles son las ventajas o beneficios en cuanto al impacto social, económico y ambiental del uso de calefones solares y en particular, en la Provincia de Mendoza.

En cuanto al impacto económico y ambiental de estos sistemas de calentamiento de agua algunas tesis afirman al respecto:

- Ante la creciente demanda energética y el uso de fuentes de energía contaminantes, es imperioso profundizar medidas enfocadas hacia el ahorro energético, una mayor eficiencia energética y la incorporación progresiva de fuentes energéticas menos nocivas o de bajo impacto ambiental. Entre ellas, la energía solar térmica ocupa un lugar de relevancia en el ámbito doméstico, para la producción de agua caliente sanitaria mediante el empleo de colectores solares. (Gastón Saez de Arregui, Miguel Angel Plano, Sonia Beatriz Concarí; 2000, p.1)
- La crisis energética por el uso prolongado de fuentes fósiles principalmente en la generación de electricidad, influye negativamente en el calentamiento global, en la degradación de la capa de ozono, con la presencia de lluvias ácidas que traen como consecuencia la degradación del ambiente y la calidad de vida. Los colectores solares transforman la radiación solar en energía térmica,

reemplazan el uso de electricidad y reducen la emisión de gases efecto invernadero. Además, los costos de operación y funcionamiento son muy bajos respecto a los dispositivos eléctricos y son amigables con el ambiente. Sin embargo, la inversión inicial es muy alta, trabajan solamente con radiación total (directa y difusa) y no funcionan adecuadamente en días nublados pero a pesar de esto, los colectores de placa plana han alcanzado alta eficiencia térmica con diseños simples y principalmente a bajo costo. La duración y la cantidad de radiación solar dependen, por tanto, de la combinación de efectos astronómicos y meteorológicos. El potencial energético solar tiene una fuerte influencia de parámetros como la altura, el ángulo de inclinación, la orientación del dispositivo de captación y principalmente de las características atmosféricas y climatológicas reinantes. (Celso Recalde, Cesar Cisneros, Carlos Ávila, Gladys Urquizo, 2015, p.90-91)

Por otra parte, en cuanto al uso de energía solar para el funcionamiento de calefones solares empresas realizan un balance social-económico-ambiental al respecto:

- Casa Periotti (2015) afirma que es la mejor manera de satisfacer nuestras necesidades sin afectar la ecología, pues su principio de funcionamiento a partir de la energía solar nos asegura no sólo de por vida contar con agua caliente totalmente gratis sino además ayuda a reducir en forma considerable el impacto ambiental que las energía no renovables tienen sobre el ecosistema. Además de este aspecto tan importante, en el cual todos nos involucramos, existen grandes beneficios económicos logrando importantes ahorros de dinero en concepto de gas reduciendo el consumo anual en un 75%, así como aumentando el valor de su vivienda en el caso que desee alquilarla.
- ACCIONA (2017) afirma que la energía solar goza de numerosos beneficios:
 - generadora de riqueza local: puesto que su implementación en un país disminuye la dependencia energética de otros países contribuye al desarrollo sostenible y a la generación de empleo en las zonas en que se implementa gracias a su naturaleza de ser renovable, no contaminante y disponible en todo el planeta.
 - la simplicidad de esta tecnología la convierte en idónea para su uso en puntos aislados de red, zonas rurales o de difícil acceso, en especial en zonas geográficas cuya meteorología proporcione abundantes horas de sol al año.
 - si bien es cierto que la energía solar es intermitente, esto es, directamente dependiente de la meteorología o de los ciclos día-noche, las tecnologías de almacenamiento eléctrico minimizan estas

circunstancias.

- en cuanto al aspecto económico de este tipo de sistemas de calentamiento de agua, los módulos de captación solar requieren de un mantenimiento relativamente sencillo, lo que unido a la progresiva y acelerada disminución del costo de las células fotovoltaicas, explican las favorables perspectivas existentes actualmente para la tecnología solar.
- desde el punto de vista del impacto ambiental, las plantas solares no emiten gases contaminantes y son extremadamente silenciosas.

4º) A fin de cumplir nuestro último objetivo propuesto sobre observar un calefón solar en funcionamiento instalado en una casa particular de la Ciudad de San Martín ubicada en la Zona Este de la Provincia de Mendoza, como vemos en las siguientes imágenes:



Se tuvo en cuenta desde el marco teórico estudiado que:

La orientación de estos equipos que se pretenden instalar en cualquier ciudad ubicada en el Hemisferio Sur debe ser con vista hacia el punto cardinal Norte de tal manera que su superficie esté en posición perpendicular a los rayos del Sol y durante el período más largo posible.

El calefón observado para que pueda recibir luz solar todo el día en el lugar, está instalado sobre el techo de la vivienda, lugar libre de obstrucciones. Entonces, lo esperable es que el ángulo azimutal de superficie sea de 0° , correspondiente al ángulo formado entre la dirección Norte-Sur y la proyección en el plano horizontal de la recta normal a la superficie del colector solar. Es decir, que se encuentre ubicado “mirando hacia el Norte” logrando la mejor incidencia de la radiación sobre el panel. Como podemos observar en las fotografías que se presentan a continuación, con la ayuda de una brújula, efectivamente el calefón solar está orientado hacia el Norte.



Como ya vimos, según la zona geográfica se debe tener en cuenta la orientación pero también para asegurar que durante el momento de mayor intensidad de radiación el panel colector esté posicionado perpendicular a los rayos para aumentar la captación, dicho colector solar debe estar fabricado con un cierto ángulo de inclinación, un ángulo formado por el plano inclinado del panel solar y el plano horizontal. El ángulo definido por la fábrica del equipo observado en la vivienda es de $\beta = 45^\circ$. Entonces este representa la suma entre la latitud φ del Departamento de San Martín y 10° . Es decir:

$$\beta = \varphi + 10^\circ$$

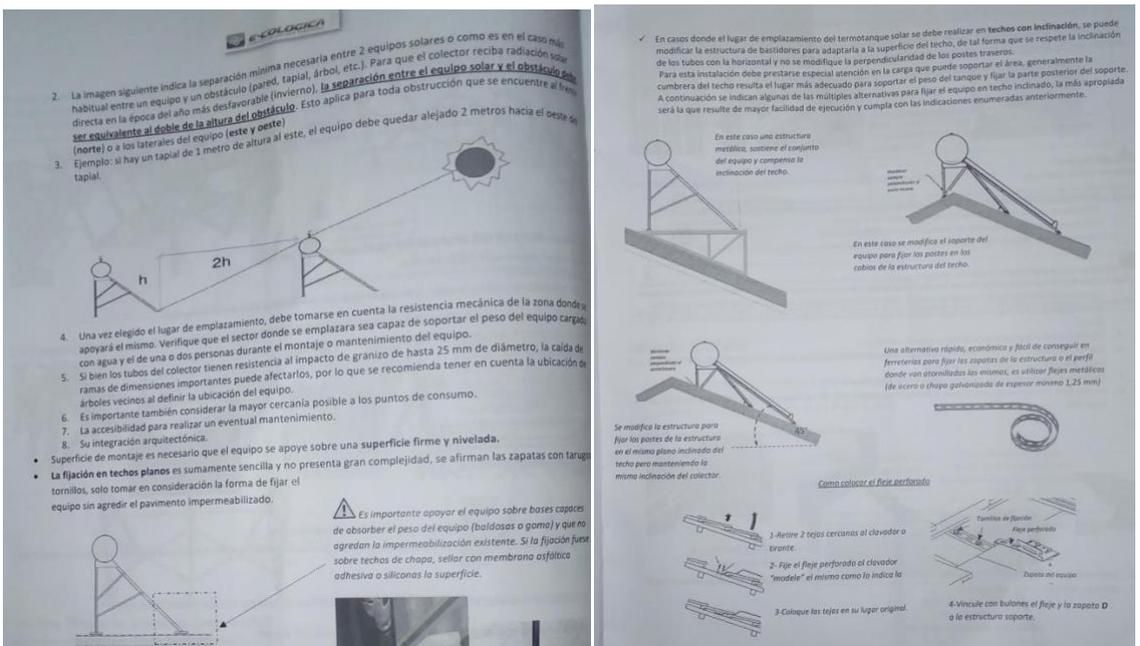
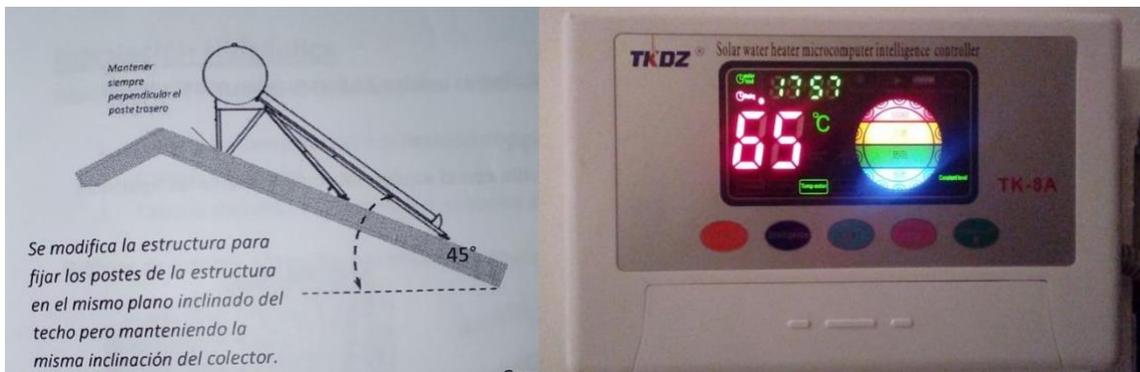
$$\varphi = \beta - 10^\circ$$

$$\varphi = 45^\circ - 10^\circ$$

$$\varphi = 35^\circ$$

Obteniendo así, analíticamente la latitud del Departamento de Gral. San Martín correspondiente a 35°, siempre teniendo en cuenta que como cualquier medición tiene un cierto grado de error en relación al valor medido para este departamento.

A continuación veremos el manual de fabricación donde se estipula el ángulo de inclinación del colector solar y en otra de la fotografías se visualiza la temperatura alcanzada por el calefón solar en un día soleado:



En las dos imágenes anteriores se observa para el caso de techo plano y para el caso de que presente alguna inclinación, en ambos se deben conservar los 45° de inclinación.

Resultados

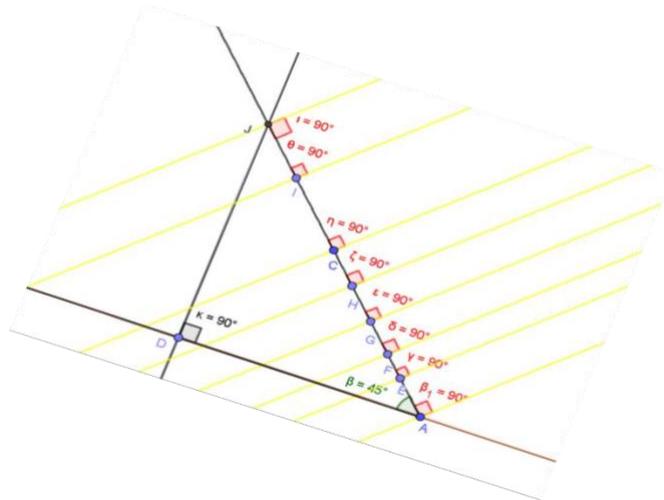
De acuerdo a todos los datos hallados a lo largo de la sección anterior y contrastando las diferentes posturas de cada una de las bibliografías consultadas, se obtienen los

siguientes resultados:

- Un calefón solar es un sistema que utiliza la energía solar para el calentamiento de agua con una estructura muy bien diseñada para lograr este objetivo final. El funcionamiento depende de la orientación, de tal manera de poder recibir luz solar todo el día en el lugar en la que se ubica y además, del ángulo formado por el plano inclinado del panel solar y el plano horizontal. Con la adecuada instalación, este sistema puede ser usado durante todo el año, inclusive cuando las condiciones climáticas no sean favorables ya que, el termotanque cuenta con una resistencia eléctrica que eleva la temperatura del agua a su temperatura ideal.
- El uso de estos equipamientos impactan en tres aspectos interrelacionados social-ambiental- económico de cualquier sitio en el que se instale dicho equipo. En cuanto a lo social, en zonas en las que no presentan redes de gas natural estos sistemas son ideales para satisfacer una de las necesidades básicas de cualquier ciudadano como es el contar con agua caliente durante todo el año; como es el caso del dueño de la vivienda al que accedimos para llevar a cabo nuestras observaciones. En cuanto al aspecto ambiental, hacen una explotación de un recurso renovable como es la energía solar con naturaleza no contaminante ayudando a reducir en forma considerable el impacto ambiental que las energías no renovables tienen sobre el ecosistema. Por último, en relación a los beneficios económicos, si bien es una gran inversión el poseer uno de estos equipos, detalle al que hace referencia el dueño de la vivienda de San Martín, es asegurado contar con agua caliente totalmente gratis por un largo período de tiempo, ya que, su vida útil es de muchos años y el mantenimiento es de bajo costo. Se estima que se logran importantes ahorros de dinero en concepto de gas reduciendo el consumo anual en un 75% y en caso de, en algún momento, querer alquilar su vivienda, el valor de ésta aumenta.
- En cuanto a nuestro último objetivo: se pudo comprobar que el calefón solar está instalado perfectamente. Como observadores desde el Hemisferio Sur, el equipo está orientado en vista hacia el Norte, con un ángulo de inclinación del panel solar de 45° respecto del plano horizontal logrando con esto que la captación de rayos solares sea máxima, es decir que, se asegura que durante el momento de mayor intensidad de radiación el panel colector esté posicionado perpendicular a los rayos del Sol. Por otra parte, según Geodatos la latitud del Departamento de Gral. San Martín es de 33.081° y la hallada mediante el método descrito en la sección anterior es de 35° , esta pequeña diferencia se debe a que siempre en las mediciones está presente un error de medición. Se debe tener en cuenta que estos equipos están fabricados para ser instalados en cualquier departamento de la

Provincia de Mendoza, que como sabemos tendrán diferentes valores de latitud.

- En el siguiente gráfico elaborado por un programa dinámico Geogebra se representa el ángulo de inclinación del panel solar $\beta = 45^\circ$ respecto del plano horizontal, recta determinada por los puntos D y A, en analogía con la fotografía, esta recta representa el plano horizontal de la superficie del techo de la vivienda. La altura correspondiente al calefón solar está representada por el segmento \overline{DJ} . Sobre la semirrecta \vec{AJ} , se observan los rayos solares perpendiculares a la misma, sobre diferentes puntos de dicha semirrecta, la semirrecta \vec{AJ} representa el plano inclinado del colector.



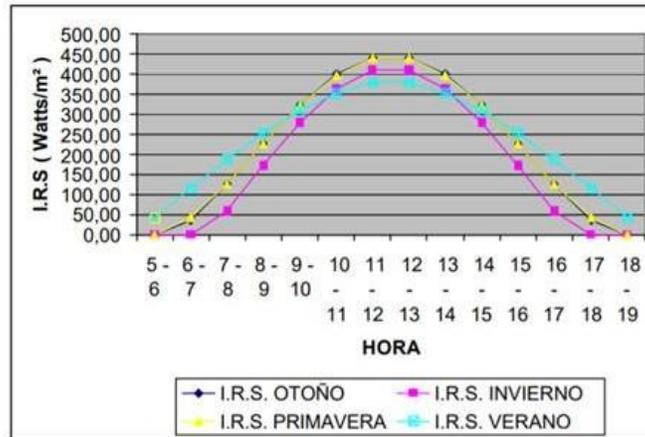
Conclusiones

A partir del recorrido de nuestro trabajo, hemos logrado profundizar en el estudio de los calefones solares que si bien se conoce sobre su existencia y se utilizan en muchas ciudades se desconoce por qué y cómo funcionan y poco sabemos sobre su impacto social, económico y ambiental en las zonas donde se usan. Por lo tanto, con la descripción de datos y su análisis en los resultados del presente informe podemos concluir que desde la mirada de la astronomía se logra explicar su funcionamiento, la importancia de la ubicación en cuanto a la orientación e inclinación del calefón solar respecto de los rayos solares y de nuestra ubicación geográfica. Como consecuencia del uso de estos equipos aprendimos los beneficios que provocan en las zonas donde se instalan gracias a que éstos explotan la energía solar, principal fuente de energía para la Tierra, para lograr el correcto funcionamiento. Otro aspecto importante es que, si bien la energía solar es intermitente, es decir, que depende de la meteorología o de los ciclos día-noche, el rápido avance experimentado por las tecnologías de almacenamiento eléctrico ha logrado minimizar cada vez más esta circunstancia mediante las resistencias eléctricas insertadas en la estructura de los equipos de captación solar para mantener una determinada temperatura durante los días nublados o lluviosos logrando así, incrementar la participación de este tipo de energías en el sistema energético de las ciudades.

Para concluir con este trabajo, se consultó un estudio de “ECR Solar Diseño Bioambiental” (2004) que arroja que la Provincia de Mendoza es una región que cuenta con una alta disponibilidad de radiación solar dentro de las regiones solares en las que se divide la República Argentina. A continuación se anexa un gráfico con Intensidad de Radiación Solar vs Hora Solar del día; en el cual observamos que coinciden las curvas de las estaciones Otoño y Primavera alcanzando un máximo de Intensidad de Radiación Solar I.R.S de $450,00 \text{ Watts/m}^2$ a la hora del mediodía solar. La curva de invierno presenta un máximo de I.R.S que está por debajo de la curva anterior alcanzando un valor de $400,00 \text{ Watts/m}^2$ cuando la altitud de la trayectoria del Sol es la más baja considerando el primer día de esta estación y la I.R.S máxima para la curva de Verano está entre los $300,00 \text{ Watts/m}^2$ y los $350,00 \text{ Watts/m}^2$ donde la altitud del Sol correspondiente al primer día de dicha estación es la más alta, ambas I.R.S ocurren en la hora del mediodía solar.

CURVA DE INTENSIDAD DE RADIACION SOLAR
MENDOZA (32,90 S)

(*) Intensidad media durante las 24 hs.



Esta información nos incentiva analizar, pensar y reflexionar acerca de las condiciones de nuestra provincia ubicándose como un lugar óptimo para el uso de calefones solares en comparación con las otras provincias de nuestro territorio nacional, ya que, la intensidad de radiación solar durante todas las estaciones del año es buena.

Bibliografía

- ALEJANDRO CLIFTON Y VIRGINIA H. DE MARCO. Calefón Solar. 2012.
<http://diana.fadu.uba.ar/112/>
- GASTÓN SAEZ DE ARREGUI, MIGUEL ANGEL PLANO, SONIA BEATRIZ CONCARI. Laboratorio remoto móvil de energía solar térmica para evaluar el comportamiento de un calefón solar. 2000.
<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/12710/12948>
- ACCIONA. Energía Solar. 2017.
<https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/>
- NASA. Radiación Solar. 2017.
https://www.nasa.gov/mission_pages/sdo/science/solar-irradiance.html
- EDUCA MADRID. Así funciona: Energía Solar.
http://www.educa.madrid.org/web/ies.victoriakent.torrejondeardoz/Departamentos/DyQ/energia/e-3/pagina_n.htm
- EDUCA MADRID. Energía Solar Pasiva.
<http://www.educa.madrid.org/web/ies.victoriakent.torrejondeardoz/Departamentos/DEyQ/energia/e-3/energia2.htm>
- GEODATOS. Coordenadas geográficas de San Martín, Mendoza, Argentina. 2018.



<https://www.geodatos.net/coordenadas/argentina/mendoza/san-martin>

- ENRIQUE CÉSAR RODRIGUEZ. ECR SOLAR BIODISEÑO AMBIENTAL. La Energía Solar. 2004.

http://www.ecrsolar.com/imagenes/pdf/energia_solar_es.pdf