UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE CONCEPCIÓN - REY BALDUINO DE BÉLGICA

ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO DE LA IMPLEMENTACION DE UN COLECTOR SOLAR TERMICO PARA SUMINISTRO RESIDENCIAL EN LA XII REGION

Trabajo de Titulación para optar al Título de

INGENIERO DE EJECUCIÓN EN MECÁNICA DE PROCESOS Y MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

Alumno:

Abel Isaías Rojas Campos

Profesor Guía:

Víctor Hugo Valdebenito Cartes

2022

ÍNDICE

INTRODUCCION **1**
OBJETIVO GENERAL **2**
OBJETIVO ESPECÍFICOS **2**
1 CAPITULO: MARCO TEORICO **3**
1.1 ENERGIAS RENOVABLES **4**
1.1.1 ENERGIA EOLICA 4
1.1.2 ENERGIA BIOMASA 5
1.1.3 ENERGIA HIDRAULICA 6
1.1.4 ENERGIA GEOTERMICA 7
1.1.5 ENERGIA SOLAR 8
1.2 SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR TERMICA **9**
1.2.1 ENERGIA SOLAR TERMICA 9
1.2.2 TIPOS DE CIRCULACIÓN 10
1.2.3 CIRCULACIÓN NATURAL 10
1.2.4 CIRCULACIÓN FORZADA 10
1.2.5 SISTEMAS DIRECTOS 11
1.2.6 SISTEMAS INDIRECTOS 12
1.3 TIPOS DE COLECTORES SOLARES **13**
1.3.1 CAPTADOR SOLARES PLANOS 13
1.3.2 CAPTADOR SOLAR DE TUBO AL VACÍO 14
1.4 ELEMENTOS DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO **15**
1.4.1 DEPOSITO ACUMULADOR 15
1.4.2 ABSORBEDOR 15
1.4.3 INTERCAMBIADORES DE CALOR 16
1.4.4 BOMBA DE CIRCULACIÓN 17
1.4.5 TUBERÍAS 18
1.4.6 AISLAMIENTO TÉRMICO 18
1.4.7 SISTEMA DE EXPANSIÓN 19
1.4.8 PURGADOR DE AIRE 20
1.4.9 VÁLVULAS 20
1.5 CONCEPTOS BÁSICOS DE ENERGÍA SOLAR **23**

1.5.1 RADIACIÓN SOLAR 23
1.5.2 IRRADIACIÓN SOLAR 24
1.5.3 ELEVACIÓN Y AZIMUT SOLAR 24
1.5.4 ORIENTACIÓN 25
1.5.5 INCLINACIÓN 25
1.5.6 RADIACIÓN EN CHILE 26
2 CAPITULO: DESARROLLO 27
2.1 INFORMACIÓN PARA CÁLCULOS 28
2.1.1 ZONA EN ESTUDIO 28
2.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA 29
2.1.3 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUAL 30
2.1.4 ELECCIÓN DE TIPO DE CAPTADOR 31
2.1.5 MÉTODO DE CALCULO 32
2.2 CÁLCULOS 33
2.2.1 DEMANDA DE AGUA CALIENTE SANITARIA 33
2.2.2 CALCULO DEL SALTO TÉRMICO A CUBRIR 35
2.2.3 CALCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA 37
2.2.4 SELECCIÓN DE INCLINACIÓN DEL COLECTOR SOLAR 38
2.2.5 APLICACIÓN DEL FACTOR DE INCLINACIÓN (K) 39
2.3 CALCULO DE COBERTURA DEL CAPTADOR 42
2.3.1 DATOS DE COLECTOR A UTILIZAR 42
2.3.2 CALCULO DEL PARÁMETRO X, X^2 43
2.3.3 CALCULO DEL RENDIMIENTO INSTANTÁNEO. 43
2.3.4 ENERGÍA NETA DISPONIBLE DIARIA Y MENSUAL EN M2 46
2.3.5 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA (MAULE) 47
2.3.6 CÁLCULO DE LA COBERTURA SOLAR. 48
3 CAPITULO: ANALISIS ECONOMICO 50
3.1 PORCENTAJE DE APORTE COLECTOR 51
3.2 VALOR DE GAS NATURAL (MAULE) 52
3.3 COSTO MENSUAL Y ANUAL DEL USO DE GAS NATURAL 53
3.4 CALCULO DE AHORRO DE GAS NATURAL 54
3.5 ANÁLISIS DE COSTOS 55

3.6 FLUJO DE CAJA 56
4 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO. 57
CONCLUSIONES 59
BIBLIOGRAFIA 61
ANEXOS 62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1-1: Tipo de energía solar térmica y sus aplicaciones 9
Tabla 2-1: Comparación de tipo de Captadores 31
Tabla 2-2: Temperatura agua de la red 35
Tabla 2-3: Salto térmico a cubrir 35
Tabla 2-4: Energía necesaria para cubrir salto térmico 37
Tabla 2-5: Demanda energética mensual y anual 37
Tabla 2-6: Irradiación mensual región del Maule 38
Tabla 2-7: Radicación efectiva en m2 40
Tabla 2-8: Horas útiles de sol por mes 40
Tabla 2-9: Irradancia por cada mes 41
Tabla 2-10: Especificaciones generales y técnicas 42
Tabla 2-11: Temperatura ambiente región del Maule 43
Tabla 2-12: Parámetro x, x2 43
Tabla 2-13: Rendimiento del colector por mes 44
Tabla 2-14: Aporte solar por cada mes 45
Tabla 2-15: Energía neta diaria y ménsula 47
Tabla 2-16: % de contribución solar mínima 47
Tabla 2-17: Porcentaje de cobertura del SST 49
Tabla 3-1: Cobertura del SST en kWh 51
Tabla 3-2: Precio de gas "Abastible" 52
Tabla 3-3: Precio de gas "Lipigas" 52
Tabla 3-4: Precio de gas "Gasco" 52
Tabla 3-5: Precio promedio de gas 53
Tabla 3-6: Gasto asociado a gas por mes 54
Tabla 3-7: Ahorro mensual y anual con SST 54
Tabla 3-8: Total de ahorro próximos años 55
Tabla 3-9: Costos del Sistema solar térmico analizado 56
Tabla 3-10: Flujo de caja inversión 56
Tabla 4-1: Mantenimiento de componentes SST 58

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1: Tipos de circulación 11
Ilustración 1-2: Sistema directo 12
Ilustración 1-3 : Sistema indirecto 13
Ilustración 1-4: Tipos de Radiación 23
Ilustración 1-5: Identificación ángulo de azimut 25
Ilustración 1-6: Contribución solar en Chile 26
Ilustración 2-1: Ubicación de vivienda 28
Ilustración 2-2: Vivienda en estudio 29
Ilustración 2-3: Calefón SPLENDID 7 litros 30
Ilustración 2-4: Comparación de eficiencia 32
Ilustración 2-5: Consumo promedio de agua caliente 34
Ilustración 2-6: Ajuste de inclinación según uso 38
Ilustración 2-7: Clasificación según radiación por comuna 48
Ilustración 3-1: Grafica dé % de cobertura por mes 52
Ilustración 5-1: Identificación de la zona climática 62
Ilustración 5-2: Factor de corrección de inclinación 62
Ilustración 5-3:Radiación por comuna 63
Ilustración 5-4:Ficha técnica de captador 64
Ilustración 5-5: Reporte de recurso solar 65
Ilustración 5-6: Radiación por mes 66

INTRODUCCION

Uno de los mayores problemas de la actualidad en el mundo es el calentamiento global que por distintas razones está teniendo un crecimiento acelerado, esto se ha provocado por los altos niveles de contaminación que son provocadas por personas y por el desarrollo de las industrias, en los últimos años ha crecido el interés por dar una solución a esta problemática ya que afecta a toda la población y a distintos ecosistemas.

Los gases de efecto invernadero son uno de los que están deteriorando cada vez más la atmosfera que protege al planeta tierra, por esta razón en la actualidad se están investigando fuentes de energías que tengan un mínimo o nulo impacto en el medio ambiente, como es el caso de las energías renovables las cuales son energías provenientes de fuentes que se consideran inagotables o su capacidad de renovación es mayor que la de su consumo, aportar que chile es uno de los países privilegiados al hablar de energías renovables por su ubicación geográfica tiene un gran potencial.

Por las razones anteriores nace la motivación de realizar un análisis técnico y económico de la implementación de un sistema solar térmico como medida de mitigación de los gases de efecto invernadero generados por el uso de calefón, para la producción de agua caliente sanitaria en una casa en una zona rural, además agregar que en los últimos años los elevados y volátiles precios de los combustibles como el gas, afectan de manera directa el presupuesto de las familias

En el informe se estudiará los costos asociados a la instalación de un sistema solar térmico en una casa, para temas de cálculos se utilizará el método F-chart, el cual nos permitirá determinar el aporte de radiación solar en la zona en estudio y además determinar la capacidad que debe tener el colector solar para satisfacer la demanda en el hogar.

En la última parte del informe se realizará un estudio económico del ahorro monetario a largo plazo con la implementación del colector solar térmico, también se calculará el tiempo de retorno de la inversión y se dará a conocer el tipo de mantenimiento que debe realizar al sistema solar térmico seleccionado.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un estudio de evaluación técnica y económica para la implementación de un colector solar térmico para proporcionar agua caliente sanitaria a una casa habitación ubicada en la región del Maule

OBJETIVO ESPECÍFICOS

Analizar antecedentes técnicos sobre implementación de sistema de energía solar a nivel residencial.

Evaluar condiciones climáticas y radiación solar en la comuna de Maule.

Determinar los sistemas energéticos más apropiados que se implementaran en inmueble.

Analizar económicamente el desarrollo del proyecto y sus beneficios económicos.

ALCANZE Y LIM ITACIONES

El informe solo estar basado en un estudio técnico y económico de la implementación de un sistema solar térmico en la región del Maule, no se considera la implementación de este.

1 CAPITULO: MARCO TEORICO

1.1 ENERGIAS RENOVABLES

Las energías renovables no convencionales, son todas aquellas energías que se obtienen de fuentes que se consideran inagotables o que su capacidad de renovación es mayor a la cadencia de uso, este tipo de energía se caracterizan por ser beneficiosas para el medio ambiente, son recursos naturales gratuitos y son capaces de regenerarse en el tiempo. Chile es uno de los países privilegiados ya que posee grandes fuentes de recursos energéticos como por ejemplo fuertes vientos, altos niveles de radiación solar y grandes caudales de agua. A continuación, se presentarán las principales energías renovables no convencionales:

1.1.1 ENERGIA EOLICA

La energía eolia es originada por el movimiento de las masas de aire (viento) el cual corresponde a una fuente de energía renovable que se encuentra con un potencial significativo. Se puede consideras que es una energía proveniente del sol, ya que la diferencia de temperatura entre distintas zonas geográficas de la tierra son las que producen los vientos, esto se logra por la convección del aire es una propiedad de los gases, existen zonas estratégicas para la instalación de parques eólicos donde existe una mejor calidad de los vientos, estas pueden ser zonas montañosas, valles y zonas costeras. La cantidad de energética (mecánica o eléctrica) de una turbina eólica depende mucho de las características del viento vigente en el sitio de instalación, por esta razón la realización de un estudio técnico detallado es indispensable al momento de intalar un parque eólico.

Las tecnologías creadas para aprovechar este tipo de fuente energética producen una nula emisión durante su operación, los sistemas de aprovechamientos están formadas principalmente en turbinas que transforman la energía cinética del viento, en energía mecánica y esta es transformada en energía eléctrica por medio de un generador. Estos sistemas cuentan con una vida útil de 25 años y su eficiencia teórica máxima es de 60% pero casi siempre la eficiencia es menor a este límite. Las instalaciones conjuntas de turbinas

eólicas se les llama parque eólico, pueden ser onshore que son parques eólicos instalados en tierra y offshore comprende la instalación de parques eólicos en el mar.

1.1.2 ENERGIA BIOMASA

La energía biomasa se refiere a todas las materias orgánicas ya sea que provienen de plantas, árboles y desechos animales que se pueden convertir en energía como por ejemplo las provenientes de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz) de aserraderos (ramas, aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros) este tipo de fuente energética es considerada la fuente renovable más antigua utilizada por el ser humano.

Las aplicaciones de la biomasa:

Las biomasas pueden ser utilizadas de manera directa para la producción de energía térmica, consiste en el aprovechamiento de la biomasas residuales y naturales para la generación de calor el cual puede ser utilizado directamente, como para la cocción de alimentos o para secado de algún producto específico, también se utiliza en la producción de vapor para procesos industriales y producción de electricidad.

Otro tipo de uso de las biomasas es la producción de gases combustibles, las biomasas deben pasar por un proceso de digestión anaeróbica o gasificación, estos gases pueden ser usados en motores de combustión interna para generación de electricidad, para calefacción entre otras

Se pueden producir biocombustibles a partir de biomasa como el etanol y el biodiesel, este tiene el potencial para remplazar cantidades significativas de combustibles fósiles algunos ejemplos es Brasil que es el segundo país a nivel mundial con mayor producción de bioetanol.

Por último, la generación eléctrica por medio de la biomasa la cual se basa a partir de cultivos leñosos de crecimiento rápido, la electricidad generada a partir de los recursos biomasicos

pueden ser comercializadas como energía verde ya que el proceso no contribuye al efecto invernadero ya que está libre de emisiones de dióxido de carbono (CO2)

1.1.3 ENERGIA HIDRAULICA

La energía hidroeléctrica se basa en la utilización de la energía del agua para la generación de energía eléctrica por esta razón se considera un proceso limpio, eficiente y durable, además presenta una larga vida útil y tiene bajo impacto ambientales.

La producción de energía hidráulica aprovecha la energía del agua, que por efecto de la energía potencial gravitatoria desciende de las montañas formando grandes caudales de agua como los ríos, esta energía cinética del agua es aprovechada para lograr el movimiento de las turbinas que a su vez alimentan a equipos generadores que son los encargados de producir electricidad. En el mercado existen diversos tipos de turbinas que permiten aprovechar la energía cinética del agua a continuación, se presentaran tipos de centrales de aprovechamiento:

Centrales de embalses

Son instalaciones donde se utiliza un embalse que permite almacenar el agua y luego esta es liberada para producir electricidad según demanda del sistema. Este tipo de centrales hidroeléctrica suelen ser utilizadas para satisfacer demanda de energía base así como también para ajustarse a variaciones en la demanda por esta razón pueden apagarse o prenderse según requerimiento.

Centrales de pasada

Son instalaciones que aprovechan el flujo de agua de los ríos o canales, son centrales que proporcionan un suministro continuo para demanda de energía base. Este tipo de centrales captan un porcentaje de agua del rio o canal la cual es conducida a centro de máquinas donde se ubica la turbina generadora de electricidad, posteriormente el agua es devuelta al punto de obtención quedando disponible para todo tipo de uso ya que no es contaminada con químicos.

Centrales de bombeo

Son centrales que aparte de su función principal que es producir energía eléctrica, puede realizarlo de manera inversa, esto quiere decir que cuando la demanda es alta el agua es liberada y genera electricidad, pero cuando la demanda es baja el agua es bombeada a un compartimiento que es utilizada como represa, luego es liberada de acuerdo con la demanda de electricidad si lo requiere.

1.1.4 ENERGIA GEOTERMICA

Es considerada una energía renovable que aprovecha un fenómeno físico de irradiación de calor desde el centro de la tierra, en cuanto más profundidad, más calor. En el centro de la tierra se estima que la temperatura alcanza los (5500 grados centígrados), esta energía en forma de calor es considerada inagotable y siempre está disponible. Esta energía puede ser extraída del vapor, agua, gases o a través de fluidos inyectados artificialmente con este fin.

La diferencia de temperatura mencionada anterior es conocida como gradiente térmica, la cual origina un flujo de calor desde el interior de la tierra a la superficie. Se puede considerar que la tierra no es un envoltorio homogéneo ya que está fragmentada en placas tectónicas, cuando estas placas de mueven (terremotos o erupciones volcánicas) dan paso a flujos de calor anormalmente elevados. La temperatura de la tierra aumenta entre 2 y 4ºC cada cien metros de profundidad, mientras que en las zonas de choque se pueden registrar aumentos de más de 30ºC en solo cien metros, estas áreas térmicas son las que presentan el mayor interés desde el punto energético.

Una forma de aprovechamiento de esta energía son las bombas de calor geotérmica, las cuales aprovechan la temperatura del interior de la tierra para uso en calefacciones, refrigeración y agua caliente durante todo el año. Este tipo de bombas son de instalación fáciles y compactas, por esta razón no se necesita mucho espacio.

1.1.5 ENERGIA SOLAR

La energía solar es la energía radiante producida por el sol, esta energía es transmitida por ondas electromagnéticas presentes en los rayos del sol, las cuales son generadas de manera continua y emitidas permanentemente al espacio, cerca del 70% de la energía solar recibida por la tierra es absorbida por la atmosfera, la tierra y por los océanos, mientras que el 30% restante es reflejado por atmosfera de regreso al espacio. La energía radiante producida por el sol puede ser aprovechada ya que puede ser transformada en radiación química o generar electricidad según el sistema de captación de esta radiación.

Este tipo de energía se caracteriza por su escaso impacto ecológico ya que no emite contaminante al medio ambiente, también por su elevada capacidad energética y su largo periodo de duración considerándose una fuente de energía inagotable, ya que se estima que al sol le quedan al menos 5 mil millones de años. ya que es un tipo de energía renovable que ayuda al medio ambiente existe una creciente conciencia social y del gobierno por el uso de esta energía, por esta razón es más común ver el uso de sistema solares térmicos para el calentamiento de agua sanitaria y el uso de sistema solares fotovoltaicos para la producción eléctrica.

1.2 SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR TERMICA

1.2.1 ENERGIA SOLAR TERMICA

La energía solar térmica aprovecha la radiación proveniente del sol para transformarla en calor, este se utiliza para calentar un fluido para una posterior utilización, los sistemas que nos permiten aprovechar la energía solar térmica se pueden clasificar de la siguiente manera:

Sistemas pasivos se caracteriza porque no requiere ningún dispositivo captador adicional para el aprovechamiento de la energía solar, esta se realiza mediante la aplicación de equipos arquitectónicos bioclimáticos esto nos permitirá aprovechar fuentes ambientales.

Mientras que los sistemas activos si necesitan un dispositivo para captar la radicación solar, por ejemplo, los paneles fotovoltaicos o los colectores solares térmicos.

Los sistemas de conversión térmica se clasifican en tres grupos en función de la temperatura que se puede alcanzar la superficie captadora, clasificándose de bajas, mediana y alta.

Clasificación Según Aplicación y Temperatura		
Clasificación	Rango	Aplicación
Baja temperatura	0 a 80ºC	Consumo Domestico
Media temperatura	80ºC a 300ºC	Aplicaciones Industriales
Alta temperatura	300ºC o mas	Generación Eléctrica

Tabla 1-1-1: Tipo de energía solar térmica y sus aplicaciones
Fuente: Revista energía renovable, elaboración propia

1.2.2 TIPOS DE CIRCULACIÓN

Los sistemas solares térmicos se clasifican según el principio de circulación del fluido, existen por convección natural (termosifón) y por convección forzada

1.2.3 CIRCULACIÓN NATURAL

Se basa en el movimiento natural del fluido a través de todo el sistema esto se logra al proceso de transferencia de calor, impulsado por la diferencia de densidad entre agua caliente y agua fría. Para que el proceso tenga una mayor eficiencia el estanque debe tener una separación mínima por sobre el colector. Por estratificación térmica en el estanque, el agua fría se sitúa en la parte baja y el agua caliente en la parte alta, por esta razón la conexión de la red de agua fría está en la parte inferior del estanque mientras que la red de agua caliente en la parte superior.

1.2.4 CIRCULACIÓN FORZADA

Son sistemas que requieren un sistema de control más sofisticado, ya que el movimiento del fluido es impulsado por una bomba a través del circuito, esto nos da una gran ventaja ya que el colector solar puede estar ubicado en el techo y el estanque de almacenamiento se puede instalar dentro de la casa o en un lugar más protegido del ambiente.

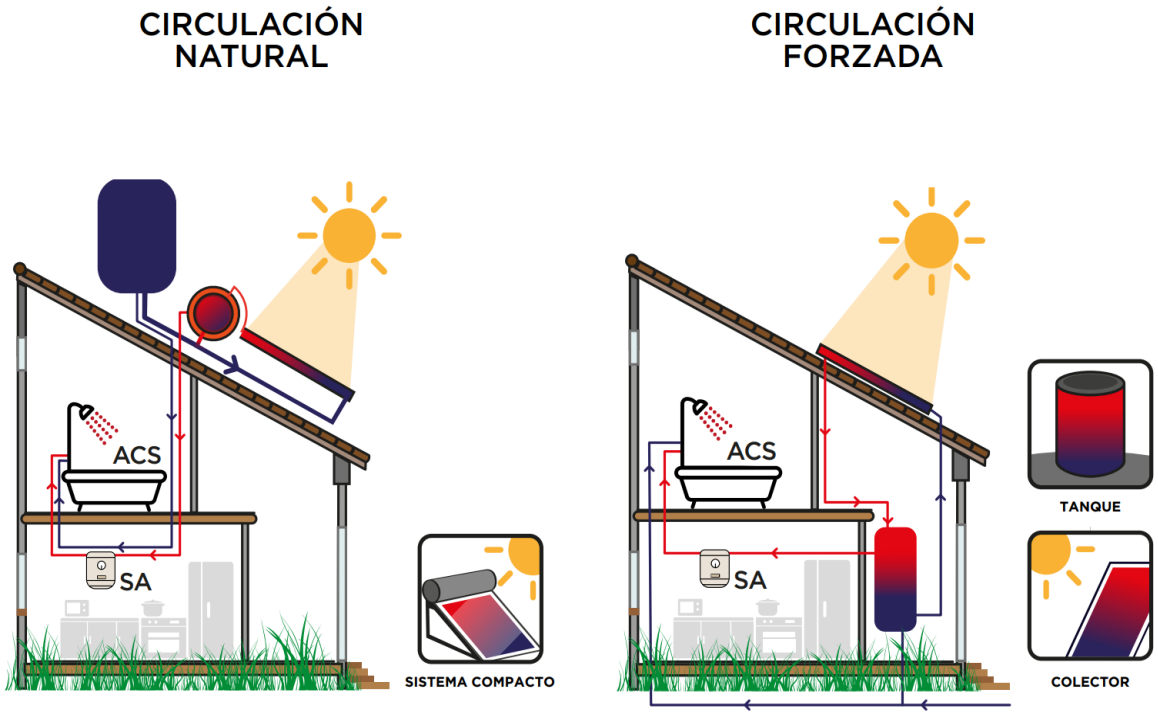

Ilustración 1-1: Tipos de circulación

Fuente: Comparativas sitio web

También podemos clasificar los sistemas solares térmicos según la transferencia de calor esta puede ser directa o indirecta:

1.2.5 SISTEMAS DIRECTOS

Son aquello el cual el agua que se utilizara, es calentada directamente en los colectores solares, por lo que posee solo un circuito hidráulico, este comienza en la red de alimentación de agua fría esta pasa por los colectores solares, luego al estanque de acumulación y luego al punto de consumo. Este tipo de sistema se caracteriza por tener un rendimiento más elevado ya que no cuenta con elementos de intercambio, sus desventajas son la alta calcificación a la

que es sometida por la renovación contaste de agua de la red y además corre el riego de congelamiento en climas fríos

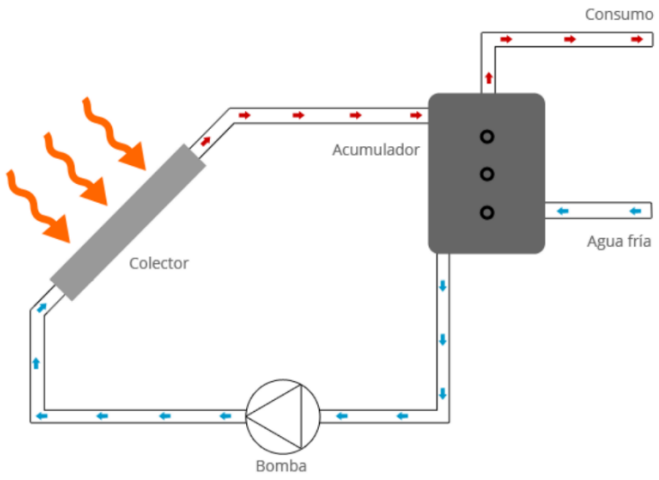

Ilustración 1-2: Sistema directo
Fuente: Manual de diseño

1.2.6 SISTEMAS INDIRECTOS

Se caracterizan ya que el fluido a utilizar es calentado de por un intercambiador de calor, no de manera directa en el colector. Estos sistemas poseen dos circuitos, uno es un circuito cerrado que contiene un fluido de trabajo que es calentado a través de los colectores y luego va al intercambiador de calor, donde se le transfiere el calor al agua proveniente de la red, para luego ir al estanque de acumulación, luego al punto de consumo. Las ventajas de este sistema se puede usar aditivos en el fluido de trabajo como anticongelante o anticorrosivos esto facilita las labores de mantenimiento y el agua de consumo no presenta peligro de contaminación

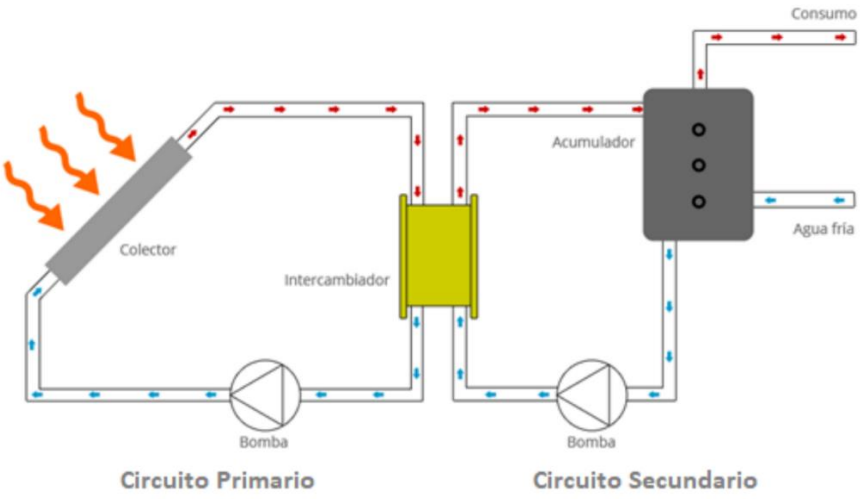

Ilustración 1-3 : Sistema indirecto
Fuente: Manual de diseño

1.3 TIPOS DE COLECTORES SOLARES

1.3.1 CAPTADOR SOLARES PLANOS

Los colectores planos (CP) son de los más utilizados ya que tienen una relación de costo-rendimiento favorable, es la forma más sencilla de transformar la energía solar en calor, está construido por capas, la cara expuesta al sol está cubierta por un vidrio muy fino mientras que las demás caras son opacas y están aisladas térmicamente, dentro de la caja se encuentran unas placas metálicas unidas a una serie de cañerías por las que fluye el liquido a calentar esta puede ser agua para posterior utilización o un líquido calo portador con líquido anticongelante, lo cual permite resistir temperaturas extremas bajo cero en invierno, evitando que este líquido se congele. (generalmente agua, glicol, o una mezcla de ambos) este líquido transporta el calor obtenido por la placa metálica, estas placas metálicas cuentan con un tratamiento superficial para aumentar su absorción de calor, o simplemente se le pinta de negro

El principio de funcionamiento de los CP es aprovechando el efecto invernadero el mismo principio que se puede experimentar al entrar en un auto estacionado al sol en verano, el vidrio que cubre actúa como filtro para ciertas longitudes de onda de la luz solar, la radiación solar induce en la cubierta con longitudes de onda de entre (0,3 y 3 μm) una parte de esta radiación es reflejada, otra parte es absorbida por la cubierta y un porcentaje alto traspasa la cubierta e índice sobre la placa absorbedora la cual transforma esta radiación en calor aumentando su temperatura.

La placa absorbedora al calentarse emite radiaciones con longitudes infrarrojas entre (3 y 30 μm) la cual no puede traspasar la cubierta es opaca frente a esa radiación, lo que provoca que el calor no escape y se almacene al interior del colector. El calor almacenado calienta el fluido de trabajo y este sea utilizado con el fin de las instalaciones

1.3.2 CAPTADOR SOLAR DE TUBO AL VACÍO

Son un tipo de captador solar que su estructura interna cuenta con tubos de vidrio los cual tiene propiedades selectivas de ondas largas y cortas, estos formado por una serie de tubos que en uno de sus extremos están conectados entre sí, mientras que en el otro extremo cerrado en forma de media esfera. Los tubos del exterior son transparentes y son los que permiten el traspaso de las ondas que transmiten los rayos del sol, mientras que el tubo interior es el encargado de absorber la mayor cantidad de radiación solar por esta razón se le aplica un recubrimiento para mejorar la captación de esta radiación, por dentro de los tubos interiores es por donde circula el fluido a calentar. Entre el tubo interior y exterior se crea un vacío que se le llama aislamiento mediante vacío, esto se logra ya que están sellado de forma herméticas de los extremos, las propiedades de este tipo de aislamiento son muy eficientes ya que se logra alcanzar una alta temperatura en los tubos interiores, mientras que los tubos exteriores se mantienen fríos al tacto. Este tipo de captadores se caracterizan por tener una excelente relación de potencia y geometría, además de tener un buen funcionamiento den climas fríos.

Estos captadores cuentan con un alto rendimiento incluso en días donde la radiación es baja e incluso en días de inviernos donde hay lluvia estos captadores aseguran un buen rendimiento, esto se logró gracias a estudios y aplicación de las últimas tecnologías en la

selección de buenos materiales, un excelente diseño y a un buen ensamble de cada pieza, con el fin de lograr la mayor eficiencia del captador. La mayor tecnología que se implemento es el vacío que se genera en su interior, ya que en comparación a otro tipo de aislante como lana de roca o lana de vidrio que con el tiempo pierden su propiedad, el aislante al vacío no sufre alguna degradación de sus propiedades durante su vida útil.

1.4 ELEMENTOS DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO

1.4.1 DEPOSITO ACUMULADOR

Es un deposito conocido como termotanque el cual se utiliza para almacenar el agua caliente producida hasta que sea utilizada, el acumulador está conformado por dos depósitos pueden estar fabricados de acero o con materiales poliméricos, un deposito interno y otro externo los cuales están separados por un revestimiento de espuma de poliuretano la cual funciona como aislante.

El estanque de almacenamiento debe tener alta resistencia y durabilidad, debe ser diseñado de forma que soporte condiciones extremas de presión y altas temperaturas, también debe quedar protegido contra la corrosión interna, además tiene que estar protegido en el exterior contra las condiciones climáticas que pueden afectar las perdidas térmicas o la corrosión. Hoy en día es más común ver en el mercado estanques de acumulación que disponen de un intercambiador de calor incorporado, generalmente de serpentín, y realizan la doble función de intercambio y acumulación. El intercambiador, está diseñado para transferir el calor del fluido del circuito primario al agua contenida en el acumulador.

1.4.2 ABSORBEDOR

El absorbedor es el elemento más importante dentro de un captador térmico ya que es el elemento que intercambia la radiación solar con el fluido de trabajo y además transforma esta radiación solar en energía térmica para su aprovechamiento. Este está formado habitualmente

por una lámina metálica normalmente de cobre (buen conductor térmico) que se oscurece, de esta manera mejora la captación de la radiación solar

1.4.3 INTERCAMBIADORES DE CALOR

El intercambiador es el encargado del trasferir el calor del fluido caloportador al fluido que se desea calentar para posterior consumo, existen dos tipos de intercambiadores, el directo consiste en un solo sistema primario ya que el fluido que circula a lo largo del circuito es el mismo que se consumirá. Los sistemas indirectos se separan en 2 circuitos primario y secundario en el primario circula un fluido caloportador al cual se le aplican aditivos para mejorar sus propiedades, en los sistemas indirectos la transferencia se logra a través de un intercambiador el cual transfiere el calor del circuito primario al secundario que es donde circula el fluido que se desea calentar para previo uso.

Intercambiadores internos:

Son los tipos de intercambiadores que se encuentran dentro del depósito acumulador, realizándose dentro de él la transferencia de calor, los dos sistemas más utilizados de intercambiadores internos son mediante serpentín y los de doble pared.

En el caso de serpentín, consiste en sumergir en el deposito acumulador una tubería (cobre o acero inoxidable) enrollada en forma de espiral, suele estar ubicada en la parte baja del acumulador, ya que es la parte fría con esto se logra que la gradiente de temperatura, entre el circuito primerio y secundario sea el mayor posible, de esta manera el intercambiador tendrá una eficiencia mayor.

En el caso de los intercambiadores de doble pared, el deposito acumulador cuenta con doble envolvente, esto quiere decir que cuenta con dos depósitos uno dentro del otro, quedando un vacío entre ellos es ahí donde el fluido que transporta la energía térmica (calor) rellena el espacio entre los depósitos, quedando rodeado el deposito interior que contiene el fluido a calentar para posterior uso, el fluido caloportador sede calor al fluido que se encuentra en el

deposito interior de esta manera se realiza el intercambio de calor, este sistema da resultados con un rendimiento muy aceptable.

Intercambiadores externos:

En el caso de los intercambiadores de calor externos al depósito de acumulación, instalándose de forma independiente ambos elementos, este sistema suele ser empleado en sistemas termo solares donde se emplean volúmenes de acumulación superiores a los 1000 litros de agua caliente, por esta razón su uso es típico para aquellas instalaciones térmicas medianas y grandes.

Los intercambiadores externos más comunes suelen estar construidos de placas en acero inoxidable soldadas entre sí (semejante a un radiador), por esta razón se generan dos sistemas de flujo completamente independientes, por esta razón se suele utilizar dos bombas circulatorias, una en cada circuito (primario y secundario). Para mejorar la eficiencia del intercambiador mantiene un flujo en contra – corriente.

1.4.4 BOMBA DE CIRCULACIÓN

En los sistemas solares térmicos de circulación forzada, es necesario la instalación de bombas para la circulación de los fluidos, generalmente son de tipo centrifuga accionadas por un motor eléctrico, normalmente llamadas electrocirculadores. Existe una diversidad de bombas circuladoras todas para determinadas condiciones de trabajo y tipo de fluido, se deben elegir según el caudal de fluido bombeado y la altura manométrica de impulsión.

La función principal de las bombas circuladoras es generar el movimiento del fluido de trabajo por todo el circuito, desde la salida del depósito acumulador, una vez pasado por el intercambiador, hasta los colectores solares. Cuando la bomba de circulación se encuentra en el circuito primario, el deposito acumulador no es necesario ubicarlo junto al captador solar, este puede ser instalado al interior de hogar o en un lugar donde este mas protegido.

1.4.5 TUBERÍAS

Las tuberías son las encargadas de interconectar hidráulicamente todos los componentes además canaliza los fluidos de trabajo, para la elección correcta de los materiales para tuberías y de las uniones se debe tener en cuenta las temperaturas y presiones de trabajo, así también del modo de flujo y el tipo de fluido de trabajo. Para reducir las pérdidas de calor de los fluidos las tuberías deben contar con una aislación suficiente para que la superficie exterior del aislante no tanga una temperatura superior al ambiente en ningún momento, al momento de la elección de las tuberías para el circuito primario se deben tener en cuenta los siguientes requisitos:

Una resistencia a temperaturas de hasta 150°C en cualquier parte del circuito, y hasta un valor máximo igual a la temperatura de estancamiento cerca de los hasta un valor máximo.

Compatibilidad con el fluido de trabajo (normalmente una mezcla de agua-glicol).

Material con un coeficiente de dilatación pequeño y técnicas de montaje fáciles, a fin de compensar las dilataciones térmicas dentro del rango de temperaturas (-20°C / 150°C).

Estabilidad de las uniones de tubos bajo condiciones térmicas y cargas mecánicas debido a la dilatación térmica (no se recomienda la soldadura blanda).

1.4.6 AISLAMIENTO TÉRMICO

Los aislantes térmicos son uno de los elementos importantes que se deben implementar en los circuitos, ya que son los que permiten aislar térmicamente cada una de las tuberías o sistemas del circuito para transportar el fluido con la menor perdida posible de calor, ya que no tendría sentido generar calor para perderlo en transporte al acumulador. Cada una de las tuberías ubicadas a la intemperie debe contar con una protección aislante que nos protejan de agentes externos ya sea climatológicos o por roedores, además se protegen las tuberías de oxidación por el ambiente o por contacto con otros metales que produzcan oxidación galvánica, de esta manera se evitan fugas

Cada parte de los circuitos del sistema debe contar con un espesor mínimo de aislamiento térmico dependiendo de su ubicación interior o exterior de la vivienda, deben cumplir con algunos requisitos mínimos:

- El aislante debe resistir las temperaturas de trabajo más elevadas, como las que se producen en las cercanías del captador o del estanque acumulador.
- Los materiales de aislamiento deben tener una baja conductividad térmica para una mejor aislación.
- Uno de los puntos importantes es que deben resistir efectos del medio ambiente, como por ejemplo la radiación fuerte, contaminantes del aire, además de ofrecer una protección sobre daños por animales especialmente roedores

1.4.7 SISTEMA DE EXPANSIÓN

Las instalaciones de energía solar térmica deben incluir necesariamente una serie de elementos indispensables para un buen funcionamiento una de ellas es el vaso de expansión, en algunos casos es obligatorio ya que son mecanismos de seguridad y otros se instalan para mejorar el rendimiento de la instalación.

El vaso de expansión es el mecanismo que absorbe el cambió de volumen del fluido de trabajo ocasionado por la dilatación térmica que se produce el calentar un fluido, sin este mecanismo sería imposible evitar el escape del fluido en un circuito cerrado a través de la válvula de seguridad.

El funcionamiento de este sistema entra en funcionamiento cuando el fluido es calentado por el captador, una parte del fluido entra en el vaso de expansión y cuando e sistema se enfría regresa nuevamente al circuito, otra función del vaso de expansión es mantener una presión de trabajo dentro de los rangos de presión ideales y por encima de la atmosférica, de esta manera se evita que entre aire al sistema cuando este se enfría

1.4.8 PURGADOR DE AIRE

El purgador de aire en una válvula generalmente automática que se encarga de eliminar el aire concentrado dentro del circuito el cual podría provocar un mal funcionamiento del sistema, un mal intercambio del calor o en los peores casos la corrosión interna del sistema, en los sistemas solares se instalan en los puntos altos y en donde pueda concentrarse el aire en el sistema. El purgador dentro de sus características debe resistir a la temperatura máxima del circuito, y además deben ser resistente a los componentes atmosféricos ya que se instalan a la intemperie

el funcionamiento del purgador de aire cuenta con un conjunto de mallas metálicas las cuales crean un pequeño movimiento para favorecer la liberación de micro burbujas y su adhesión a la malla, estas se unen entre si aumentando su volumen, de manera que migran hacia la parte superior del purgador donde son expulsadas de forma automática.

1.4.9 VÁLVULAS

Las válvulas se pueden definir como un elemento mecánico con el cual se puede inicia, detener o regular la circulación de un fluido mediante piezas móviles que abren y cierran dependiendo de los requisitos, el cierre puede ser parcial o total del fluido. Las válvulas empleadas en los sistemas solares térmicos deben tener características especiales ya que trabajan con fluidos con altas temperaturas.

- **Válvula de corte**

Son un tipo de válvulas que nos permiten controlar el paso de un fluido a través de una tubería estas se pueden abrir para permitir el paso del fluido o cerrar , esto nos permite independizar algunos componentes del resto del circuito, por esta razón se instalan en diversos puntos de

la instalación para poder realizar operaciones de mantenimiento en los componentes más importantes, sin necesidad de realizar el vaciado completo de la instalación, las válvulas de corte comúnmente son de bola metálicas.

- Válvula anti retorno

Son válvulas también conocidas como válvulas Check, su función es evitar el flujo inverso indeseado en el circuito, las más comunes son de clapeta, disco o de muelle. El circuito de alimentación del estanque deberá incluir una válvula anti retorno para que impida el vaciado del estanque hacia la red de agua fría.

- Válvula de seguridad

Este tipo de válvulas como su nombre lo dice son las encargadas de la seguridad del circuito, se encargan de limitar las presiones máximas de trabajo, por esta razón trabajan por debajo de las presiones máximas de trabajo de los componentes. Estas válvulas están fabricadas con un resorte el cual hace que el obturador permanezca cerrado, cuando la presión interna del circuito es mayor a la que ejerce el resorte, este permite que el obturador se abra permitiendo el paso del fluido de esta manera evitar una sobrepresión en el circuito

- Es recomendable que cada circuito cerrado se le instale como mínimo una válvula de seguridad.
- También algunos elementos deben contar con una válvula como el colector y el estanque de almacenamiento para evitar sobrepresión en ellos.
- Las instalaciones de las válvulas deben estar ubicadas en una zona estratégica, para que cuando se libere la sobrepresión no provoque daños ni accidentes

- Válvula mezcladora termostática

Se encarga de limitar la temperatura del fluido por lo que sirve como elemento de control y seguridad frente a posibles quemaduras, funcionan como un sensor de temperatura, a través de dilatación y contracción, ya que regula continuamente la relación correcta entre agua caliente y fría. Es necesaria en el circuito de consumo, en la parte superior de la válvula se puede ajustar manualmente la temperatura del agua mezclada que varían entre 45ºC y 60°C, de esta manera proteger a los usuarios de altas temperaturas en el punto de consumo y garantiza su confort.

1.5 CONCEPTOS BÁSICOS DE ENERGÍA SOLAR

1.5.1 RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar es la energía electromagnética que llega en forma de ondas a la tierra, esta energía es emitida por la fusión nuclear que transforma el hidrogeno en helio, en esta transformación se libra una gran cantidad de energía, dicha energía que llega a la tierra es llamada radiación solar global, que es la suma de tres tipos de radiaciones descritas a continuación:

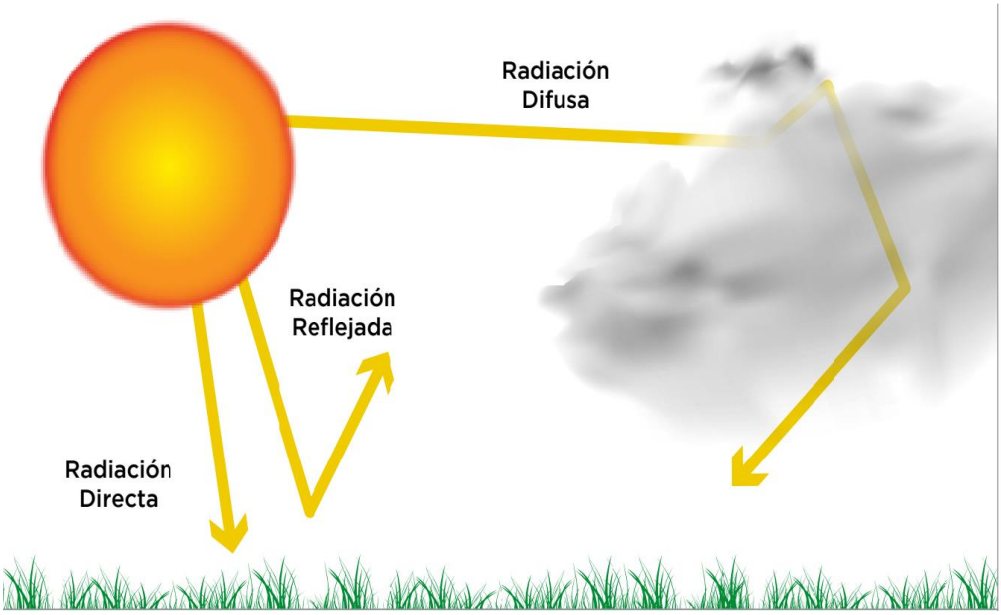

Ilustración 1-4: Tipos de Radiación
Fuente: Sitio web

- Radiación directa: es aquella que alcanza la superficie manteniendo una línea recta desde el disco solar, los rayos solares no se difunden o se desvían al pasar por la atmosfera terrestre.
- Radicación difusa: es cuando la atmosfera terrestre difumina o desvía los rayos solares, este desvió de los rayos solares, se produce por el choque directo de moléculas o partículas contenidas en el aire, por este motivo los rayos solares no llegan de forma directa.

- Radiación albedo: se le conoce como radiación reflejada, ya que es la energía que recibe la superficie terrestre por reflexión (paredes, suelo, etc.)

1.5.2 IRRADIACIÓN SOLAR

Se define como la magnitud de energía incidente por unidad de superficie sobre un plano determinado durante un intervalo de tiempo determinado, puede ser una hora o un día. En el caso en estudio el área de captación seria el tamaño del captador solar, el cual puede captar en forma de calor o luz, esto depende de la longitud de onda recibida.

En un día la irradiación varía dependiendo de la hora del día que esta sea medida, en condiciones favorables al medio día alcanza du valor máximo mientras que en el amanecer y atardecer alcanza sus valores mínimos. La unidad de medida en el sistema internacional de la irradiación es Watts por metro cuadrado (W/m2)

1.5.3 ELEVACIÓN Y AZIMUT SOLAR

La altura solar, es definido como el ángulo de elevación que está conformado por una línea que une el centro del sol hasta el punto de observación y la superficie horizontal. Ya que es la posición del sol sobre la horizontal podemos decir que la altura solar varia durante el día, ya que el sol sale muy bajo luego alcanza la altura máxima al medio día y luego al atardecer alcanza nuevamente una altura baja. Por esta misma razón, cada día el sol alcanza una altura máxima diferente.

Mientras que el Azimut definido como el ángulo que está conformado por la proyección vertical del sol sobre el horizonte en relación del punto cardinal norte y es medido en sentido horario del horizonte del observado

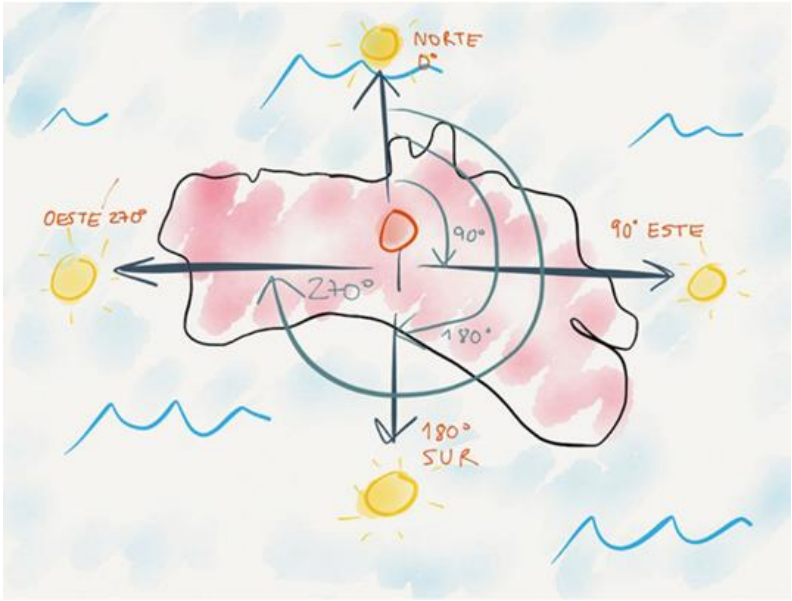

Ilustración 1-5: Identificación ángulo de azimut
Fuente: Sitio web

un cuerpo que está ubicado al norte tiene un azimut de 0°, mientras que si está ubicado al sur su azimut seria de 180°.

1.5.4 ORIENTACIÓN

La orientación de los captador solares indica la proyección angular entre el eje horizontal con la superficie del colector solar. El valor de la orientación tiene relación con el ángulo de azimut, es representado por un numero entero, expresado en grados.

1.5.5 INCLINACIÓN

La inclinación es un valor para los sistemas solares térmicos, el cual corresponde al ángulo entre la superficie del colector y el plano horizontal, es indicado en un valor entero el cual es equivalente a múltiplos de 5 más cercano expresado en grados.

1.5.6 RADIACIÓN EN CHILE

La radiación en chile presenta condiciones muy favorables de energía solar por lo que es ideal para la generación de energía térmica, como se puede observar en la gráfica la zona norte presenta una de las mejores condiciones del mundo en término de radiación solar, mientras que en la zona sur representa una radiación menor, pero esto no es impedimento para la implementación de estas tecnologías. Un ejemplo de que chile cuenta con altos niveles de radicación es compararlo con un país que tenga un alto desarrollo de uso de sistema solares, ya que es uno de los principales productores si lo comparamos con las regiones de chile su radiación es igual a la de la región de Valdivia.

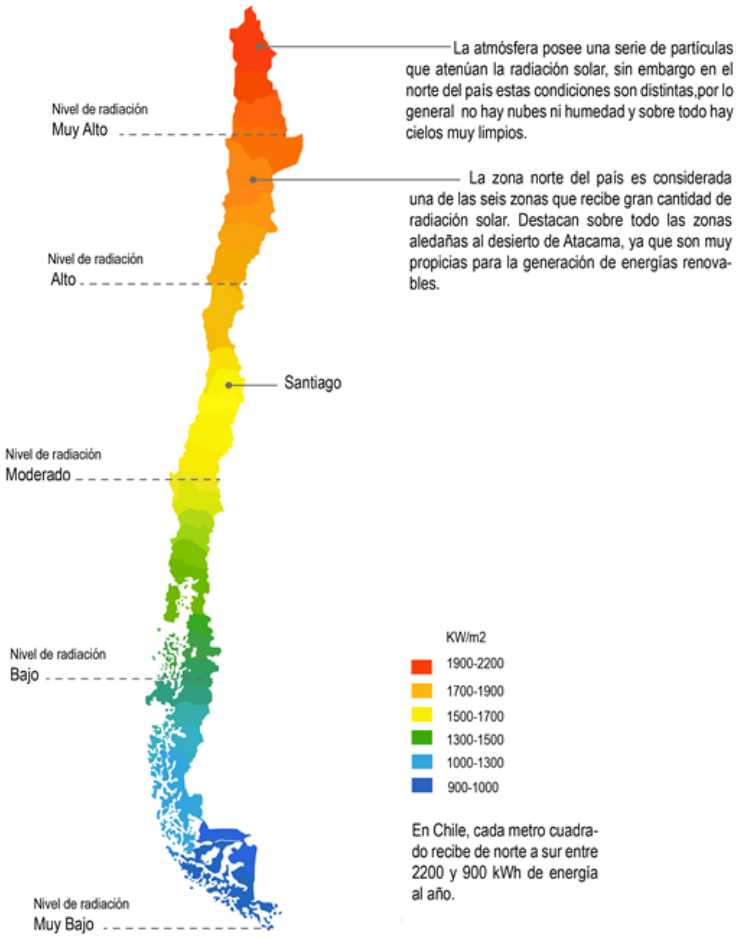

Ilustración 1-6: Contribución solar en Chile

Fuente: Ministerio de energía

2 CAPITULO: DESARROLLO

2.1 INFORMACIÓN PARA CÁLCULOS

2.1.1 ZONA EN ESTUDIO

Es donde se desea implementar el sistema solar térmico, que en este caso sería la XII región del Maule, la ubicación especifica seria en un pueblo ubicado cerca de la comuna de Maule llamado Callejones su latitud es 35,51°Sur, su longitud 71,64°Oeste y su elevación es 34 metros.

Ilustración 2-1: Ubicación de vivienda
Fuente: Google Maps

2.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA

La vivienda en la cual se implementará el sistema solar térmico es una vivienda de 84 m2 construidos, la distribución de la casa es 4 dormitorios, 2 baños y 1 cocina, estos datos son relevantes para temas de cálculos más adelante en el informe.

Ilustración 2-2: Vivienda en estudio

Fuente: Tomada con celular propio

2.1.3 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUAL

El sistema que proporciona agua caliente sanitaria a la vivienda es un calefón de marca SPLANDID de 7 litros, el cual cuenta con sistema de regulación de temperatura manual, además de regulación de caudal de agua.

Ilustración 2-3: Calefón SPLENDID 7 litros

Fuente: Elaboración Propia Celular

2.1.4 ELECCIÓN DE TIPO DE CAPTADOR

Antes de seleccionar un tipo de captador se investigará sobre los rendimientos de los dos grupos de sistemas presentados en el informe que son los captadores solares planos y los captadores solares de tubos al vacío, como se muestra en la siguiente grafica comparativa:

Colector plano	Colector tubo al vacío
Tiene un superficie de captación plana, el sol es perpendicular solo en algunas horas del día	La superficie de captación es cilíndrica, el sol es perpendicular gran parte del día
EL vacío de los tubos reduce las pérdidas de calor, por viento o temperaturas mínimas.	No cuenta con vacío, las bajas temperaturas produce perdidas por convección de un 35% a 50%
Tiene un óptimo rendimientos con temperaturas bajo cero, sin necesidad de líquido anticongelante.	Con temperaturas bajo cero se debe utilizar anticongelante, si este falla corre el riego de congelamiento
Si los tubos al vacío llegaran a romperse, puede ser remplazado y sigue funcionando	Al sufrir ruptura una parte del captador, se debe cambiar el captador por completo
Su mantenimiento es simple, ya que no acumula polvo por su diseño y por el espacio de sus tubos	El mantenimiento más complejo por motivos de diseño
Puede alcanzar elevadas temperaturas y alcanza una alta eficiencia	Debido a las pérdidas del sistema, estos colectores no alanzan altas temperaturas

Tabla 2-1: Comparación de tipo de Captadores

Fuente: Elaboración propia Datos de Ministerio de energía

La grafica que se muestra a continuación compara la eficiencia de los tipos de captadores en meses cálidos y meses fríos:

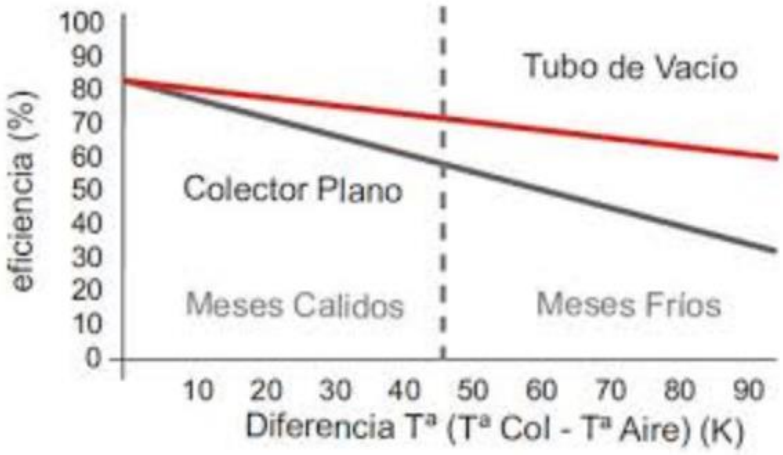

Ilustración 2-4: Comparación de eficiencia

Fuente: Manual de SST Ministerio de vivienda

Para los cálculos se seleccionará un colector solar de tubos al vacío, por las características de este cuanta con mejor tecnología en su diseño y además de tener una buena eficiencia en diferentes tipos de clima.

2.1.5 MÉTODO DE CALCULO

Para la realización de los cálculos se utilizará el método de F-CHART el cual nos permite analizar el desempeño de un sistema solar térmico de baja temperatura, este método tiene ofrece una gran exactitud, dependiendo de un correcto desarrollo de sus cálculos obteniendo un error de tan solo un 5%, siendo unos de los métodos con más fiabilidad a la hora de cálculos de sistemas solares térmicos.

Este método está basado en calcular el rendimiento del captador solar en el caso en estudio para la producción de agua caliente sanitaria, el método utiliza datos como demanda de energía, condiciones meteorologías, radiación existente, etc.

Con el objetivo de estimar el desempeño del colector seleccionado, se deben obtener los siguientes datos que nos permitirán obtener la cobertura de sistema solar:

- Demanda energética de agua caliente sanitaria
- Temperatura de agua de la red

- Calculo de salto térmico a cubrir
- Calculo de la energía requerida para cubrir salto térmico
- Calculo de la demanda energética (mensual y anual)
- Radiación sobre superficie horizontal
- Selección de inclinación de captador
- Aplicación de factor de corrección (K)
- Determinación de horas útiles de sol por mes
- Determinar temperatura ambiente
- Calculo de parámetro X, X2
- Calculo de aporte solar
- Energía neta disponible diaria y mensual
- Contribución solar mínima (Maule)
-

Todos estos datos serán requeridos para obtener el porcentaje de cobertura por mes del captador solar, para posterior cálculo de ahorro y costos.

2.2 CÁLCULOS

2.2.1 DEMANDA DE AGUA CALIENTE SANITARIA

Para dimensionar el sistema solar térmico, se debe estimar la demanda de agua caliente sanitaria en la vivienda unifamiliar, según el artículo para tema de cálculos se estimará a una temperatura de referencia de 45°C y un consumo diario por persona de 40 litros al día. Según la siguiente tabla se estima el número de persona en relación al número de dormitorios de la vivienda.

Personas por dormitorio del hogar

Nº de dormitorios	1	2	3	4	5	>5
Nº de personas	1,5	3	4	6	7	Nº de dormitorios

La vivienda en estudio cuenta con 4 habitaciones por lo cual el número de personas que residen en el inmueble es de 6 personas.

Manual de diseño de calentamiento de agua con sistemas solares (cámara chilena de la construcción)

Criterio de Consumo	Lts./dia	
Viviendas Unifamiliares	40	por persona
Viviendas Multifamiliares	30	por persona
Hospitales y Clínicas	80	por cama
Hoteles (4 Estrellas)	100	por cama
Hoteles (3 Estrellas)	80	por cama
Hoteles/Hostales (2 Estrellas)	60	por cama
Campings	60	por emplazamiento
Hostales/Pensiones (1 Estrella)	50	por cama
Residencias (ancianos, estudiantes, etc.)	80	por cama
Vestuarios/Duchas Colectivas	20	por servicio
Escuelas	5	por alumno
Cuarteles	30	por persona
Fábricas y Talleres	20	por persona
Oficinas	5	por persona
Gimnasios	30 a 40	por usuario
Lavanderías	5 a 7	por kilo de ropa
Restaurantes	8 a 15	por comida
Cafeterías	2	por almuerzo

Ilustración 2-5: Consumo promedio de agua caliente
Fuente: Ley Nº 20.365

Según el artículo 26 para realizar el cálculo dela demanda de agua caliente sanitaria, se debe utilizar la siguiente formula:

$$40\frac{Lts}{dia} \times 6Personas = 240\ \frac{Lts}{dia}\ \times\ \frac{1}{1000}\frac{m3}{Lts} = 0{,}24\ \frac{m3}{dia}$$

el estimado consumo de agua caliente sanitaria en la vivienda es de 240 litros al día, con fines de cálculos se transforma a metros cúbicos, dando un total de consumo 0,24m3 diarios.

Temperatura del agua de red

En la tabla se puede observar la temperatura del agua de la red en los diferentes meses del año, los cuales fueron solicitados en la oficina de agua potable (Callejones), y facilitados por el operador.

Mes	Temperatura agua red
	°C
Enero	18,5
Febrero	18
Marzo	17,8
Abril	15,2
Mayo	14,5
Junio	12,8
Julio	11,5
Agosto	13,8
Septiembre	14,9
Octubre	16,6
Noviembre	17,2
Diciembre	17,9
Media anual	15,7

Tabla 2-2: Temperatura agua de la red

Fuente: Servicio de agua potable (Callejones)

2.2.2 CALCULO DEL SALTO TÉRMICO A CUBRIR

Para tema de cálculos se estimará a una temperatura de referencia de 45°C según la ley 20.365.

Mes	T° del agua (°C)		Salto Térmico
	Red	Acumulador	°C
Enero	18,5	45	26,5
Febrero	18	45	27
Marzo	17,8	45	27,2
Abril	15,2	45	29,8
Mayo	14,5	45	30,5
Junio	12,8	45	32,2
Julio	11,5	45	33,5
Agosto	13,8	45	31,2
Septiembre	14,9	45	30,1
Octubre	16,6	45	28,4
Noviembre	17,2	45	27,8
Diciembre	17,9	45	27,1
Media anual	15,7	45	29,3

Tabla 2-3: Salto térmico a cubrir

Fuente: Elaboración propia (Cálculos)

Calculo de la energía necesaria para cubrir el salto térmico

Para el siguiente cálculo se utilizará la siguiente formula de calor:

$$Q\ agua = Consumo\ mesnsual\ \times densidad\ del\ agua\ \times\ calor\ especifico\ del\ agua\ \times\ \Delta T$$

Densidad del agua = $1000\ (\frac{Kg}{m^3})$

Calor especifico del agua = $4,180\ (J/Kg \times\ °C)$

ΔT= Salto térmico (según mes)

Consumo mensual = 0,24 m3 día

Ejemplo mes enero

$$Q\ enero = 0{,}24\ m3 \times 1000\ \frac{Kg}{m3} \times 4{,}180\ \frac{J}{Kg \times °C} \times 26{,}5\ °C$$

$$Q\ enero = 26584800\ \text{J}$$

$$Qenero = \frac{26584800\ \text{J}}{10^6} \approx 26{,}5\ \frac{Mj}{dia}$$

Mes	Salto térmico	Demanda energética	
	[°C]	[J/día]	[MJ/día]
Enero	26,5	26584800	26,6
Febrero	27	27086400	27,1
Marzo	27,2	27287040	27,3
Abril	29,8	29895360	29,9
Mayo	30,5	30597600	30,6
Junio	32,2	32303040	32,3

Julio	33,5	33607200	33,6
Agosto	31,2	31299840	31,3
Septiembre	30,1	30196320	30,2
Octubre	28,4	28490880	28,5
Noviembre	27,8	27888960	27,9
Diciembre	27,1	27186720	27,2

Tabla 2-4: Energía necesaria para cubrir salto térmico

Fuente: Elaboración propia (Cálculos)

2.2.3 CALCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA

Mes	Días / Mes	demanda energética diaria [MJ/ día]	Demanda energética mensual [MJ/ mes]
Enero	31	26,6	824
Febrero	28	27,1	758
Marzo	31	27,3	846
Abril	30	29,9	897
Mayo	31	30,6	949
Junio	30	32,3	969
Julio	31	33,6	1042
Agosto	31	31,3	970
Septiembre	30	30,2	906
Octubre	31	28,5	883
Noviembre	30	27,9	837
Diciembre	31	27,2	843
Demanda energética anual [MJ/ anual]			10.724

Tabla 2-5: Demanda energética mensual y anual

Fuente: Elaboración propia(Cálculos)

Para realizar cálculo de la demanda energética mensual, se debe multiplicar la demanda diaria con el número de días que tiene cada mes. La suma de cada uno de los meses nos dará como resultado la necesidad energética anual, en el caso en estudio es de 10.724 [Mj]

Irradiación sobre superficie horizontal

Dato obtenido de un anexo de la Ley 20.365 de contribución solar mínima de los Sistemas Solares Térmicos.

Mes	Irradiación mensual [MJ/m2]
Enero	782,8
Febrero	605,8
Marzo	501,5
Abril	369,4
Mayo	185,6
Junio	159
Julio	210,3
Agosto	287,2
Septiembre	365,2
Octubre	576,7
Noviembre	677,2
Diciembre	765,6

Tabla 2-6: Irradiación mensual región del Maule

Fuente: Ley Nº 20.365 Sistemas Solares Térmicos

2.2.4 SELECCIÓN DE INCLINACIÓN DEL COLECTOR SOLAR

Para la selección de la inclinación se debe tomar en cuenta la latitud geográfica de la zona en estudio y el periodo de mayor uso que se determina con la siguiente tabla:

Periodo de utilización	Inclinación de los colectores
Anual con consumo constante	la latitud geográfica (β)
Preferentemente en invierno	la latitud geográfica (β) + 10°
Preferentemente en verano	la latitud geográfica (β) - 10°

Ilustración 2-6: Ajuste de inclinación según uso

Fuente: Norma técnica de los SST

Para el caso en estudio la latitud es 35,51°Sur, su longitud 71,64°Oeste y su elevación es 34 metros y ya que en invierno es cuando es mayor el consumo de agua caliente sanitaria se utilizará una inclinación de 45°.

Latitud Callejones: 35,51° S

Inclinación de captador: 45°

Orientación: Norte

2.2.5 APLICACIÓN DEL FACTOR DE INCLINACIÓN (K)

El factor de inclinación nos permite corregir la irradiación efectiva de una superficie horizontal, para el caso en estudio el parámetro para seleccionar el factor seria de un Angulo de inclinación del sistema de 45° con respecto a una latitud de 35°S.

Ejemplo mes de enero:

$$Radiacion\ efectiva\ (45°) = He\ \times K(45°)$$

$$Radiacion\ efectiva\ (45°) = 782{,}8\ \times 0{,}84$$

$$Radiacion\ efectiva\ (45°) = 657{,}552 \approx 657{,}6\ \frac{Mj}{m2}$$

Mes	Radiación mensual [MJ/m2]	K de inclinación [45°]	Radiación efectiva [MJ/m2]
Enero	782,8	0,84	657,6
Febrero	605,8	0,96	581,6
Marzo	501,5	1,16	581,7
Abril	369,4	1,42	524,5
Mayo	185,6	1,68	311,8
Junio	159	1,83	291,0
Julio	210,3	1,75	368,0

Agosto	287,2	1,51	433,7
Septiembre	365,2	1,23	449,2
Octubre	576,7	1,01	582,5
Noviembre	677,2	0,86	582,4
Diciembre	765,6	0,8	612,5

Tabla 2-7: Radicación efectiva en m2

Fuente: Elaboración propia(Cálculos)

Determinación de las horas útiles de sol en un día medio de cada mes.

Dentro de los cálculos que se deben obtener para realizar un correcto análisis se debe determinar las horas útiles en cada mes, para obtener estos datos se debe conocer la latitud del lugar que en el caso en estudio seria de 35°S

Mes	N° de hora diarias
	[25° a 45°]
Enero	9,5
Febrero	9,5
Marzo	9
Abril	9
Mayo	8
Junio	7,5
Julio	8
Agosto	9
Septiembre	9
Octubre	9,5
Noviembre	9,5
Diciembre	9,5

Tabla 2-8: Horas útiles de sol por mes

Fuente: Ley Nº 20.365 de SST

Cálculo de la intensidad útil o incidente en un día medio de cada mes

La intensidad del sol varia durante el día y está relacionado con las horas de sol útiles, esta será expresada en W/m2

Unidades de equivalencia:

1MJ = 1.000.000 J

1 Hora = 3.600 segundos.

Ejemplo mes de enero

$$Irradancia\ (45°) = \frac{Radicion\ efectiva\ 45}{t}°$$

$$Irradancia\ (45°) = 657{,}6\ \frac{\frac{\frac{Mj}{m2}}{31\ dias} \times 1.000.000(j)}{9{,}5\ \times 3600(s)} = 619{,}8\ \frac{W}{m2}$$

Mes	Días	Irradiación diaria	N° de horas sol	Irradancia
		[MJ/m2]		[W/m2]
Enero	31	21,2	9,5	619,8
Febrero	28	20,8	9,5	609,2
Marzo	31	18,8	9	609,1
Abril	30	17,5	9	540,1
Mayo	31	10,1	8	350,7
Junio	30	9,7	7,5	359,3
Julio	31	11,9	8	413,2
Agosto	31	14,0	9	432,1
Septiembre	30	15,0	9	462,9
Octubre	31	18,8	9,5	549,7
Noviembre	30	19,4	9,5	567,3
Diciembre	31	19,8	9,5	578,9

Tabla 2-9: Irradancia por cada mes

Fuente: Elaboración propia (Cálculos)

2.3 CALCULO DE COBERTURA DEL CAPTADOR

2.3.1 DATOS DE COLECTOR A UTILIZAR

Especificaciones Generales	
Tecnología	HEAT PIPE
Angulo de inclinación	45°
Cantidad de usuario / Personas	5 a 7
Presión de trabajo	6 bar
Capacidad de estanque	250 Litros
Especificaciones Técnicas	
Rendimiento óptico	81%
Factor de perdida a1	2,756 w/m2 k
Factor de perdida a2	0,016 w/m2 k
Área de captador	2,2 m2

Tabla 2-10: Especificaciones generales y técnicas

Fuente: Ficha técnica elaboración propia

Determinación de la temperatura ambiente.

Otro de los parámetros de calculo que se debe tener en cuenta es la temperatura promedio por mes, obtenido del anexo V de la ley 20.365

Mes	Temperatura ambiente [°C]
Enero	18,3
Febrero	16
Marzo	16
Abril	13
Mayo	11
Junio	9,3
Julio	9
Agosto	10
Septiembre	11
Octubre	13
Noviembre	15,3
Diciembre	16,4

Tabla 2-11: Temperatura ambiente región del Maule

Fuente: Anexo V de la ley 20.365

2.3.2 CALCULO DEL PARÁMETRO X, X²

Los cálculos de estos parámetros son necesarios ya que son utilizados al momento de obtener el rendimiento instantáneo del colector.

$$\boldsymbol{Parametro\ X = \frac{t°\ deseada - t°\ ambiente}{I\ a\ 45°}}$$

$$\boldsymbol{Parametro\ X = \frac{45°C - 18,3°C}{619,8} = 0,043\ \frac{°C\ m2}{W}}$$

$$\boldsymbol{Parametro\ X^2 = 0,043^2\ \ = 0,002\frac{°C\ m2}{W}}$$

Mes	T°des - T°amb	Irradiación	X	X2
	[°C]	[W/m2]	[°C m2/ W]	[°C m2/ W]
Enero	26,7	619,8	0,043	0,002
Febrero	29	609,2	0,048	0,002
Marzo	29	609,1	0,048	0,002
Abril	32	540,1	0,059	0,004
Mayo	34	350,7	0,097	0,009
Junio	35,7	359,3	0,099	0,010
Julio	36	413,2	0,087	0,008
Agosto	35	432,1	0,081	0,007
Septiembre	34	462,9	0,073	0,005
Octubre	32	549,7	0,058	0,003
Noviembre	29,7	567,3	0,052	0,003
Diciembre	28,6	578,9	0,049	0,002

Tabla 2-12: Parámetro x, x2

Fuente: Elaboración propia

2.3.3 CALCULO DEL RENDIMIENTO INSTANTÁNEO.

Ejemplo para el mes de enero:

$$n = no - a1 * x - a2 * X^2$$

Donde:

no: rendimiento colector (81%)

a1: factora pedida (2,756 $\frac{W}{°C\ m2}$)

a2: factora pedida (0,016 $\frac{W}{°C\ m2}$)

Parámetro X : 0,043 $\frac{°C\ m2}{W}$

Parámetro X2: 0,002 $\frac{°C\ m2}{W}$

$$n = 0{,}81 - 2{,}756 \times 0{,}043 - 0{,}016 \times 0{,}002$$

$$n = 0{,}7124 \approx 71\%$$

Rendimiento instantáneo del colector para cada mes:

Mes	Irradiación	X	X2	Rendimiento	
	[W/m2]	[°C m2/ W]	[°C m2/ W]	%	
Enero	619,8	0,043	0,002	0,71	71%
Febrero	609,2	0,048	0,002	0,70	70%
Marzo	609,1	0,048	0,002	0,70	70%
Abril	540,1	0,059	0,004	0,67	67%
Mayo	350,7	0,097	0,009	0,56	56%
Junio	359,3	0,099	0,010	0,56	56%
Julio	413,2	0,087	0,008	0,59	59%
Agosto	432,1	0,081	0,007	0,61	61%
Septiembre	462,9	0,073	0,005	0,63	63%
Octubre	549,7	0,058	0,003	0,67	67%
Noviembre	567,3	0,052	0,003	0,69	69%
Diciembre	578,9	0,049	0,002	0,69	69%

Tabla 2-13: Rendimiento del colector por mes

Fuente: Elaboración Propia (Cálculos)

Aporte solar

El aporte solar hace referencia a la cantidad de energía que aporta el sol para el calentamiento del fluido que circula en el colector y es expresado en MJ por m2, para realizar su cálculo se utiliza la siguiente formula:

$$AS = Irradiacion\ diaria\ \ (45°)\ \times n$$

Ejemplo mes de enero:

$$AS = HE\ (45°)\ \times n$$

$$AS = 21{,}2 \times 0{,}71$$

$$AS = 15{,}05\ \frac{Mj}{m2}$$

Mes	Irradiación diaria	Rendimiento	Aporte solar
	[MJ/m2]	[%]	[MJ/m2]
Enero	21,2	0,71	15,1
Febrero	20,8	0,70	14,5
Marzo	18,8	0,70	13,1
Abril	17,5	0,67	11,7
Mayo	10,1	0,56	5,7
Junio	9,7	0,56	5,4
Julio	11,9	0,59	7,0
Agosto	14,0	0,61	8,5
Septiembre	15,0	0,63	9,4
Octubre	18,8	0,67	12,6
Noviembre	19,4	0,69	13,3
Diciembre	19,8	0,69	13,7

Tabla 2-14: Aporte solar por cada mes

Fuente: Elaboración propia (Cálculos)

2.3.4 ENERGÍA NETA DISPONIBLE DIARIA Y MENSUAL EN M2

Por temas de perdidas ya que todos los componentes del sistema tienen perdidas, las cañerías, el acumulador, entre otras. Para temas de cálculo se estimará un 25% de perdidas, por tanto, se realizará el cálculo de la energía acumulada disponible.

Formula de Energía neta:

$$E.neta = AS \times (1 - 0{,}25)$$

Ejemplo enero (diaria)

$$E.neta = 15{,}1 \times (1 - 0{,}25)$$

$$E.neta(diaria) = 11{,}3\ \frac{Mj}{m2}$$

Ejemplo enero (mensual)

$$E.neta = 11{,}3\ \frac{Mj}{m2} \times 31(dias\ del\ mes)$$

$$E.neta\ (mensual) = 350{,}8\ \frac{Mj}{m2}$$

Mes	Aporte solar diario	Perdida sistema	E. Neta disponible diaria	E. Neta disponible mensual
	[MJ/m2]	[%]	[MJ/m2]	[MJ/m2]
Enero	15,1	0,25	11,3	350,8
Febrero	14,5	0,25	10,9	304,8
Marzo	13,1	0,25	9,8	304,9
Abril	11,7	0,25	8,7	262,3
Mayo	5,7	0,25	4,2	131,6
Junio	5,4	0,25	4,0	121,3
Julio	7,0	0,25	5,3	162,8
Agosto	8,5	0,25	6,4	197,3
Septiembre	9,4	0,25	7,0	211,4
Octubre	12,6	0,25	9,4	292,5

Noviembre	13,3	0,25	10,0	299,5
Diciembre	13,7	0,25	10,3	318,7

Tabla 2-15: Energía neta diaria y ménsula
Fuente: Elaboración propia (Cálculos)

2.3.5 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA (MAULE)

Para el cálculo de la contribución solar mínima en la zona en estudio se basó en el artículo 23 del reglamento 20.236 la cual presenta normativas sobre los sistemas solares térmicos, en el cual se encuentra la siguiente tabla:

Zona climática	Radiación Solar Global Media Anual (H)	Contribución Solar SST
	[kWh/m² año]	[%]
A	1948 ≤ H	75
B	1701 ≤ H < 1948	66
C	1454 ≤ H < 1701	57
D	1208 ≤ H < 1454	48
E	961 ≤ H < 1208	39
F	961 < H	30

Tabla 2-16: % de contribución solar mínima
Fuente: Ley Nº 20.365 de SST

En la tabla anterior se clasifican los valores que permiten verificar el cumplimiento de la contribución mínima exigida para cada zona climática, que van desde la letra A que serían las zonas con mayor radiación media anual por tanto con mayor contribución solar y la letra F representa las zonas con menor radiación solar media anual y representa la menor contribución solar.

ANEXO I - Información Comunal: Latitud Media y Zona Climática

Región	Provincia	Comuna	Id	Latitud media (S)	Zona climática
VII Región del Maule	Talca	Curepto	78	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Curicó	79	35	C
VII Región del Maule	Talca	Empedrado	88	36	C
VII Región del Maule	Curicó	Hualañé	105	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Licantén	138	35	C
VII Región del Maule	Linares	Linares	140	36	C
VII Región del Maule	Linares	Longaví	149	36	C
VII Región del Maule	Talca	Maule	169	36	C
VII Región del Maule	Curicó	Molina	174	35	C
VII Región del Maule	Linares	Parral	205	36	C
VII Región del Maule	Talca	Pelarco	207	35	C
VII Región del Maule	Cauquenes	Pelluhue	208	36	C
VII Región del Maule	Talca	Pencahue	210	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Rauco	262	35	C
VII Región del Maule	Linares	Retiro	268	36	C
VII Región del Maule	Talca	Río Claro	271	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Romeral	276	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Sagrada Familia	278	35	C
VII Región del Maule	Talca	San Clemente	283	36	C
VII Región del Maule	Linares	San Javier	290	36	C
VII Región del Maule	Talca	San Rafael	300	35	C
VII Región del Maule	Talca	Talca	312	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Teno	316	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Vichuquén	333	35	C

Ilustración 2-7: Clasificación según radiación por comuna

Fuente: Anexo 1, Ley Nº 20.365

Como se puede observar en la tabla anterior Maule se encuentra en la clasificación entre las zonas climáticas con la letra C y al buscar en la tabla anterior su contribución solar para SST seria de un 57%

	[%]	[MJ/m2]
Demanda energética anual		10.724
Contribución solar mínima	57	6.113

2.3.6 CÁLCULO DE LA COBERTURA SOLAR.

El cálculo de la cobertura que tendrá el colector solar nos permitirá calcular el ahorro por mes que tendremos de gas natural que será necesario para cubrir el porcentaje que el sistema solar térmico no cubra. Su cálculo será realizado con la siguiente formula:

$$Cobertura = \frac{E.neta\ (mensual) \times area\ captador\ (m2)}{demanda} \times 100\%$$

Ejemplo cobertura mes de enero

$$Cobertura = \frac{E.neta\ (mensual) \times area\ captador\ (m2)}{demanda} \times 100\%$$

$$Cobertura = \frac{350{,}8\ \frac{Mj}{m2} \times 2{,}2\ m2}{824{,}1\ Mj} \times 100\%$$

$$Cobertura = 98\%$$

Mes	E Neta Disponible mes	Sección colector	Demanda	Cobertura
	[MJ/m2]	[m2]	[MJ]	[%]
Enero	350,8	2,3	824,1	98%
Febrero	304,8	2,3	758,4	92%
Marzo	304,9	2,3	845,9	83%
Abril	262,3	2,3	896,9	67%
Mayo	131,6	2,3	948,5	32%
Junio	121,3	2,3	969,1	29%
Julio	162,8	2,3	1041,8	36%
Agosto	197,3	2,3	970,3	47%
Septiembre	211,4	2,3	905,9	54%
Octubre	292,5	2,3	883,2	76%
Noviembre	299,5	2,3	836,7	82%
Diciembre	318,7	2,3	842,8	87%

Tabla 2-17: Porcentaje de cobertura del SST

Fuente: Elaboración propia (Cálculos)

3 CAPITULO: ANALISIS ECONOMICO

3.1 PORCENTAJE DE APORTE COLECTOR

Al obtener la cobertura que el sistema solar térmico cubrirá, se procede a realizar un análisis del ahorro de gas natural de esta manera cuantificar el ahorro exacto que generará el sistema a implementar, además estimar tiempos de recuperación de la inversión del colector solar.

A continuación, se mostrará la cobertura del sistema solar térmico estudiado en kWh, se puede observar que la cobertura del sistema varia durante los meses, ya que en el invierno la demanda aumenta notoriamente, junto a esto aumenta el valor del gas.

Mes	Demanda	Cobertura	Cobertura
	[kWh]	[kWh]	[%]
Enero	228,9	224,25	98%
Febrero	210,7	194,81	92%
Marzo	235,0	195,04	83%
Abril	249,1	167,44	67%
Mayo	263,5	84,18	32%
Junio	268,2	77,74	29%
Julio	289,4	103,96	36%
Agosto	269,5	126,04	47%
Septiembre	251,6	135,01	54%
Octubre	245,3	186,99	76%
Noviembre	232,4	191,36	82%
Diciembre	234,4	203,55	87%

Tabla 3-1: Cobertura del SST en kWh
Fuente: Elaboración propia (Cálculos)

En la gráfica se puede observar que la demanda aumenta considerablemente en los meses de invierno, meses en los cuales la cobertura del sistema también es menor. Por esta razón se debe considerar tener un sistema que cubra el mayor salto térmico que el colector tenga que cubrir.

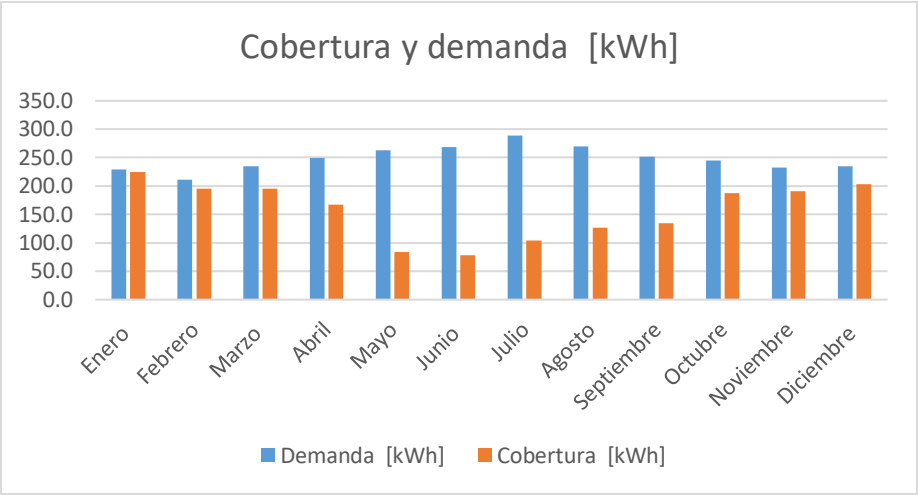

Ilustración 3-1: Grafica dé % de cobertura por mes

Fuente: Elaboración propia

3.2 VALOR DE GAS NATURAL (MAULE)

Para lograr un cálculo más exacto se compararán los precios de los principales distribuidores de gas a continuación, se detallarán los precios según el distribuidor:

Marca	Abastible
Tamaño	15Kg
precio	$28.500

Tabla 3-2: Precio de gas "Abastible"

Fuente: Ministerio de Energía

Marca	Lipigas
Tamaño	15Kg
precio	$24.400

Tabla 3-3: Precio de gas "Lipigas"

Fuente: Ministerio de Energía

Marca	Gasco
Tamaño	15Kg
precio	$27.300

Tabla 3-4: Precio de gas "Gasco"

Fuente: Ministerio de Energía

La información de los precios fue obtenida en la página web de comisión nacional de energía y la actualización de los datos fue el realizada el 08 de julio 2022.

Por temas de cálculo se estimará un promedio entre los precios del gas, para realizar cálculos:

Abastible	$28.500
Lipigas	$24.400
Gasco	$27.300
Promedio de precios	$26.733

Tabla 3-5: Precio promedio de gas
Fuente: Elaboración propia (Cálculos)

El precio del gas en promedio en la comuna de Maule es de $26.733 y el precio por Kg es de $1.782 valor necesario para cálculos.

3.3 COSTO MENSUAL Y ANUAL DEL USO DE GAS NATURAL

a continuación, se realizará los costos asociados al consumo de gas natural en la vivienda evaluada según el número de gas (Kg) utilizado en cada mes, agregar que el consumo en los meses más frio se ve aumentado el consumo de gas, debido a las bajas temperaturas agua en estos meses, aumentando de esta manera el salto térmico que el calefón debe cubrir.

Se mostrará una tabla con los costos de gas por cada mes y el total anual.

Mes	Consumo	Costo
	[Kg]	[$]
Enero	15	$ 26.730
Febrero	15	$ 26.730
Marzo	15	$ 26.730
Abril	15	$ 26.730
Mayo	30	$ 53.460

Junio	30	$ 53.460
Julio	45	$ 80.190
Agosto	30	$ 53.460
Septiembre	15	$ 26.730
Octubre	15	$ 26.730
Noviembre	15	$ 26.730
Diciembre	15	$ 26.730
Total	255	$ 454.410

Tabla 3-6: Gasto asociado a gas por mes

Fuente: Elaboración propia (Cálculos)

3.4 CALCULO DE AHORRO DE GAS NATURAL

La siguiente tabla simula el ahorro al implementar el sistema solar térmico, como se puede observar se el ahorro por cada mes y también el ahorro total del año

Mes	Consumo	Costo	Cobertura solar mensual	Ahorro mensual	Pago mensual final
	[Kg]	[$]	[%]	[$]	[$]
Enero	15	$ 26.730	98%	$ 26.185	$ 545
Febrero	15	$ 26.730	92%	$ 24.718	$ 2.012
Marzo	15	$ 26.730	83%	$ 22.188	$ 4.542
Abril	15	$ 26.730	67%	$ 17.964	$ 8.766
Mayo	30	$ 53.460	32%	$ 17.081	$ 36.379
Junio	30	$ 53.460	29%	$ 15.496	$ 37.964
Julio	45	$ 80.190	36%	$ 28.807	$ 51.383
Agosto	30	$ 53.460	47%	$ 24.999	$ 28.461
Septiembre	15	$ 26.730	54%	$ 14.341	$ 12.389
Octubre	15	$ 26.730	76%	$ 20.374	$ 6.356
Noviembre	15	$ 26.730	82%	$ 22.008	$ 4.722
Diciembre	15	$ 26.730	87%	$ 23.211	$ 3.519
Total	255	$ 427.680	65%	$ 257.372	$ 197.038

Tabla 3-7: Ahorro mensual y anual con SST

Fuente: Presupuesto Enertik

Ahorro por los próximos años

Para una estimación de los ahorros se debe tener en cuenta el aumento de precio del gas cada año, en una búsqueda del porcentaje de aumento por año del gas este varía entre los 10% al 15% anuales, por esta razón para la siguiente estimación se realizará con un aumento mensual del 12,5% al año.

Años	Monto de ahorro
1	$ 257.372
2	$ 289.543
3	$ 325.736
4	$ 366.453
5	$ 412.260
6	$ 463.793
7	$ 521.767

Tabla 3-8: Total de ahorro próximos años

Fuente: Elaboración propia

3.5 ANÁLISIS DE COSTOS

Para realizar los costos asociados al colector a implementar, se realizó en una empresa distribuidora de estos productos llamada ENERTIK, ya que cuenta con productos de buena calidad y además de tener una buena relación entre costo-calidad, a continuación, se presentará una tabla con los equipos esenciales que debe contar el sistema a implementar, además de sus valores obtenidos de la página de la empresa.

Costos de Sistema Solar	
Producto	Precio
Termo solar atmosférico SW-250i	$ 624.393
O-ring silicona (tubo)	$ 1.071
Sello anti polvo	$ 1.071
Controlador digital	$ 42.339
Sensor de nivel y temperatura	$ 11.662
Válvula de seguridad	$ 20.468

Válvula mezcladora termostática	$ 41.400
Válvula solenoide	$ 8.806
Válvula anti retorno	$ 5.712
Barra de magnesio	Incluye kit
Base de montaje techo	Incluye kit
Total	$ 756.922

Tabla 3-9: Costos del Sistema solar térmico analizado

Fuente: Elaboración propia (Cálculos)

3.6 FLUJO DE CAJA

El total de gastos asociados con el kit del sistema solar térmico es de $756.922 que corresponde a los componentes y al colector que se ha estudiado.

Para temas de mantenimiento del equipo se le asociará un valor anual para este tipo de instalaciones la cual será un estimado mantenimiento preventivo $20.000 y mantenimiento correctivo $10.000 cada 2 años.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Ingresos		$ 257.372	$ 289.543	$ 325.736	$ 366.453	$ 412.260	$ 463.793
Ahorro energetico		$ 247.769	$ 278.741	$ 313.583	$ 352.781	$ 396.879	$ 446.489
Egresos	$ -756.922	$ -20.000	$ -30.000	$ -20.000	$ -30.000	$ -20.000	$ -30.000
Mantenimiento		$ -20.000	$ -30.000	$ -20.000	$ -30.000	$ -20.000	$ -30.000
Flujo acomulado	$ -756.922	$ -519.550	$ -260.007	$ 45.730	$ 382.183	$ 774.443	$ 1.208.236

Periodo de Recuperacion Inversion		
Años	Meses	Dias
2	1	21

Tabla 3-10: Flujo de caja inversión

Fuente: Elaboración propia Calculo Exel

4 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO.

El mantenimiento de los sistemas solares térmicos es muy importante para lograr un buen funcionamiento de cada uno de los componentes del sistema, el tipo de mantenimiento que se deba realizar dependerá de lo critico que sea el componente, en algunos casos se debe hacer un mantenimiento preventivo ya sea al panel solar, válvulas de seguridad, purgador de aire entre otras, mientras que a las tuberías o uniones se le puede aplicar un mantenimiento correctivo ya que no son componentes tan críticos dentro del sistema. A continuación, se especificará el tipo de mantenimiento que se le aplicará a cada componente y se describirá brevemente.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo que se le realizara al sistema solar térmico se basara principalmente en la inspección visual, verificar que los componentes no estén con alguna falla que no les permitan realizar su correcto funcionamiento, también asegurar que los parámetros estén dentro de los límites aceptables como temperaturas de trabajo que son definidas por el fabricante, al realizar un buen mantenimiento preventivo nos aseguramos un buen funcionamiento de nuestro sistema y una mayor durabilidad de los componentes, además que al detectar una falla y cambiar a tiempo el componente, nos evitamos que otros componentes del sistema fallen.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo o mantenimiento a largo plazo en el caso de los sistemas solares térmicos, esta ira variando según el componente que se esté analizando ya que en algunos casos hay componentes que se le debe realizar mantenimiento a pocas semanas de uso y otras en varios años. El mantenimiento correctivo está centrado en cambiar aquellos elementos que ya cumplieron con su vida útil dentro del sistema para asegurar un correcto funcionamiento

Tabla de mantenimiento a componentes

Elementos	Operación	Frecuencia (Meses)	Descripción
Captador	Limpieza de tubos	1	Limpieza de polvo o suciedad externa de tubos
	Uniones (juntas)	3	Mantenimiento preventivo y visual de agrietamiento o fuga
	Absorbedor	3	Inspección visual de corrosión o fugas.
Circuito	Tubería y aislamiento	6	Inspección visual de humedad o fugas
	Purgador manual	3	Vaciar aire acumulado
	Acumulador	3	Inspección de corrosión o fugas
	Termómetro	Semanal o antes de usar	Inspección visual de temperatura de trabajo

Tabla 4-1: Mantenimiento de componentes SST

Fuente: Elaboración propia datos de informe SST

La importancia de realizar un buen mantenimiento al sistema es esencial, ya que la suciedad acumulada o algún desperfecto en los componentes del sistema, se verá reflejado en una perdida en el rendimiento del SST, el cual no producirá la temperatura de agua deseada y se tendrá que utilizar un sistema de apoyo para lograr la temperatura deseada lo cual implicaría un gasto extra. Otro factor importante es la limpieza del sistema de todos los componentes esto nos ayudara a detectar de manera rápida las fugas o cualquier inconveniente que presente el sistema.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al estudiar las energías renovables en chile se puede considerar que es uno de los países que posee un gran potencial , centrado en la materia de estudio la energía solar es uno de los puntos altos ya que recibe una alta irradiación solar en todas las ciudades, pero en especial en la zona norte y centro, los cuales presentan aptos valores para realizar proyectos solares ya sea de manera residencial y a niveles industriales con sistemas fotovoltaicos para la producción de energía eléctrica como también sistemas solares térmicos, en la actualidad existen una variedad de equipos para aprovechar las energías renovables, de esta manera chile dejaría de depender del extranjero para la producción de su energía y también lograr un cambio positivo en la reducción de gases contaminantes que están dañando gravemente el ecosistema.

Para lograr una correcta elección de sistema solar térmico a utilizar se debe realizar correctos cálculos de los parámetros, para lograr satisfacer la demanda en el hogar, en este caso se seleccionó un captador solar de Heat Pipe ya que por los estudios realizados en el informe tiene una mayor eficiencia en diferentes climas y la mantención preventiva en sus equipos es menos compleja.

Otro de los puntos importantes a tener en cuenta también que la eficiencia de nuestra instalación estará directamente relacionada con la darle una correcta orientación e inclinación, también se debe tener en cuenta la ubicación de la instalación, que esté libre de sombras y que este la mayor parte del día con irradiación directa del sol.

Como recomendación se debe tener en consideración la seguridad del usuario al ocupar el agua caliente en el hogar, por esa razón las instalaciones deben contar con todas las medidas de seguridad y equipos que se sean requeridos para resguardar a la persona ya sea sensores para temperaturas o válvulas para sobrepresión de esta manera evitar problemas en los equipos como en la vivienda.

Analizando económicamente la instalación de un sistema solar térmico es beneficioso en el tema económico, ya que al realizar un flujo de caja la inversión inicial se recupera en 2 años 1 mes y 21 días lo que se considera tiempo de recuperación es bastante rápido, además de esa fecha en adelante el ahorro es bastante alto. También se puede considerar beneficioso por el tema ambiental ya que no produce contaminación en comparación al sistema actual (calefón), esto puede ser un pequeño aporte, pero pequeños cambios pueden hacer una gran diferencia en el tema ambiental.

Como recomendación en la actualidad es postular a beneficio por parte del estado, como son los subsidios los cuales ayudan con un porcentaje de la inversión inicial, además aportar que en el mercado actual existe una amplia gama de captadores solares con una muy buena relación de precio –calidad.

BIBLIOGRAFIA

SITIO WEB

https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/guia_evaluacion_sistema_fv.pdf - Guía de evaluación inicial para instalación de sistemas solares, Ministerio de Energía

https://infobio.cl/index_htm_files/Manual%20Sistemas%20Solares%20Termicos%202014.pdf- Manual sistema solares térmicos, Ministerio de Vivienda y Urbanismo:

https://eventos.cmm.uchile.cl/metrosolar2014/wp-content/uploads/sites/11/2014/01/Norma_Tecnica_Actualizada9.pdf - Norma Técnica que determina algoritmo para la verificación de la contribución solar mínima de los Sistemas Solares Térmicos, Ley Nº 20.365.

https://www.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2020/08/Res-Ex-720-V.-y-U.-de-2019-que-aprueba-itemizados-tecnicos-para-proyecrtos-de-energias-renovables-sistemas-solares-tecmicos-y-sistema-solares-fotovoltaicos.pdf - Proyectos de energía renovables: sistema solar térmicos y sistema fotovoltaico, Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

http://www.plataformacaldera.cl/biblioteca/589/articles-64683_documento.pdf - Irradancia solar en territorio de chile, Comisión Nacional de Energía.

https://www.cne.cl/ - Comisión Nacional de Energía.

https://solar.minenergia.cl/inicio - Explorador solar, Ministerio de Energía.

https://sst.minenergia.cl/?wpdmpro=sistemas-solares-termicos-tipo-termosifon-para-viviendas-unifamiliares - Sistemas Solares Térmicos Termosifón para viviendas unifamiliares, Ministerio de Energía.

LIBROS

Pedro Rufes Martínez, Energía Solar Térmica, técnicas para su aprovechamiento.

Javier María Méndez, Energía Solar Térmica 2da edición, Fc editorial.

ANEXOS

[Anexo A: Información de latitud media y zona climática (Maule)]

Región	Provincia	Comuna	Id	Latitud media (S)	Zona climática
VII Región del Maule	Talca	Curepto	78	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Curicó	79	35	C
VII Región del Maule	Talca	Empedrado	88	36	C
VII Región del Maule	Curicó	Hualañé	105	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Licantén	138	35	C
VII Región del Maule	Linares	Linares	140	36	C
VII Región del Maule	Linares	Longaví	149	36	C
VII Región del Maule	Talca	Maule	169	36	C
VII Región del Maule	Curicó	Molina	174	35	C
VII Región del Maule	Linares	Parral	205	36	C
VII Región del Maule	Talca	Pelarco	207	35	C
VII Región del Maule	Cauquenes	Pelluhue	208	36	C
VII Región del Maule	Talca	Pencahue	210	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Rauco	262	35	C
VII Región del Maule	Linares	Retiro	268	36	C
VII Región del Maule	Talca	Río Claro	271	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Romeral	276	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Sagrada Familia	278	35	C
VII Región del Maule	Talca	San Clemente	283	36	C
VII Región del Maule	Linares	San Javier	290	36	C
VII Región del Maule	Talca	San Rafael	300	35	C
VII Región del Maule	Talca	Talca	312	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Teno	316	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Vichuquén	333	35	C

Ilustración 0-1: Identificación de la zona climática

[Anexo B: Factor de corrección por mes, según inclinación y latitud]

Latitud	I_{SST}	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
36	45	0,85	0,97	1,17	1,44	1,71	1,86	1,78	1,53	1,24	1,02	0,87	0,81
37	45	0,86	0,99	1,19	1,46	1,74	1,90	1,81	1,56	1,26	1,03	0,88	0,82
38	45	0,87	1,00	1,20	1,48	1,77	1,93	1,84	1,58	1,28	1,04	0,89	0,83
39	45	0,88	1,01	1,22	1,51	1,81	1,97	1,88	1,61	1,30	1,06	0,90	0,84
40	45	0,89	1,02	1,23	1,53	1,84	2,00	1,91	1,63	1,31	1,07	0,91	0,85
41	45	0,90	1,03	1,25	1,56	1,88	2,05	1,95	1,66	1,33	1,08	0,92	0,86
42	45	0,91	1,04	1,27	1,58	1,91	2,09	1,99	1,68	1,35	1,09	0,93	0,87
43	45	0,92	1,06	1,29	1,61	1,95	2,14	2,03	1,71	1,37	1,11	0,94	0,88
44	45	0,93	1,07	1,30	1,63	1,98	2,18	2,07	1,74	1,39	1,12	0,95	0,89
45	45	0,94	1,08	1,32	1,66	2,02	2,23	2,12	1,78	1,41	1,14	0,96	0,90
46	45	0,95	1,09	1,34	1,69	2,06	2,27	2,17	1,81	1,43	1,15	0,97	0,91
47	45	0,96	1,11	1,36	1,72	2,11	2,32	2,22	1,85	1,45	1,16	0,98	0,92
48	45	0,97	1,12	1,37	1,75	2,16	2,37	2,26	1,88	1,47	1,17	0,99	0,93
49	45	0,98	1,13	1,39	1,78	2,21	2,43	2,31	1,92	1,50	1,19	1,00	0,94
50	45	0,99	1,14	1,41	1,81	2,25	2,49	2,36	1,96	1,52	1,20	1,01	0,95
51	45	1,00	1,16	1,44	1,85	2,30	2,54	2,42	2,00	1,54	1,22	1,03	0,96
52	45	1,01	1,17	1,46	1,88	2,35	2,59	2,47	2,04	1,56	1,23	1,04	0,97
53	45	1,02	1,18	1,50	1,93	2,40	2,62	2,54	2,13	1,57	1,24	1,08	1,03
54	45	1,03	1,19	1,52	1,97	2,46	2,69	2,60	2,16	1,59	1,25	1,09	1,04
55	45	1,04	1,20	1,55	2,01	2,51	2,75	2,66	2,18	1,62	1,27	1,10	1,05
18	50	0,61	0,73	0,91	1,12	1,31	1,41	1,36	1,19	0,97	0,77	0,63	0,58
19	50	0,63	0,74	0,92	1,14	1,33	1,43	1,38	1,21	0,98	0,78	0,64	0,59
20	50	0,64	0,75	0,93	1,15	1,35	1,45	1,40	1,22	0,99	0,79	0,65	0,60
21	50	0,65	0,76	0,95	1,17	1,37	1,48	1,42	1,24	1,01	0,81	0,67	0,61
22	50	0,66	0,77	0,96	1,18	1,39	1,50	1,44	1,25	1,02	0,82	0,68	0,62
23	50	0,67	0,79	0,97	1,20	1,41	1,53	1,47	1,27	1,04	0,83	0,69	0,63
24	50	0,68	0,80	0,98	1,22	1,43	1,55	1,49	1,29	1,05	0,84	0,70	0,64
25	50	0,69	0,81	1,00	1,24	1,46	1,58	1,51	1,31	1,07	0,85	0,71	0,65
26	50	0,70	0,82	1,01	1,25	1,48	1,60	1,53	1,33	1,08	0,86	0,72	0,66
27	50	0,71	0,83	1,03	1,27	1,50	1,63	1,56	1,35	1,10	0,88	0,73	0,67
28	50	0,72	0,84	1,04	1,29	1,52	1,65	1,58	1,37	1,11	0,89	0,74	0,68

Ilustración 0-2: Factor de corrección de inclinación

[Anexo C: Radiación sobre una superficie horizontal por comuna]

Id	Comuna	Media Mensual (R_{Gm})												Media Anual (R_{Ga})
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
149	Longaví	222,94	181,54	153,96	98,42	60,78	42,34	51,17	74,21	108,38	155,75	186,84	211,93	1548,26
150	Lonquimay	240,85	204,70	163,50	103,76	68,48	50,05	53,11	76,95	104,24	166,50	201,59	232,28	1666,00
151	Los Alamos	204,37	159,33	138,53	89,95	54,10	41,43	45,86	69,62	103,37	149,26	173,82	197,18	1426,82
152	Los Andes	222,52	192,03	160,51	115,00	88,15	61,23	75,77	93,49	123,39	158,75	192,21	223,07	1706,12
153	Los Angeles	214,64	165,48	144,35	93,51	55,42	43,22	48,13	72,67	108,77	158,42	185,62	207,44	1497,67
154	Los Lagos	189,15	159,51	124,57	79,95	50,49	38,15	43,18	65,33	93,32	131,74	155,48	183,99	1314,85
155	Los Muermos	185,21	158,67	116,12	75,28	46,22	32,14	39,85	62,85	90,51	124,86	148,42	180,20	1260,35
156	Los Sauces	208,54	169,78	143,38	90,01	56,10	43,06	47,80	71,69	105,13	150,62	175,93	199,91	1461,96
157	Los Vilos	210,59	169,88	150,17	104,41	76,85	60,35	70,51	93,28	122,32	165,66	194,76	217,24	1636,03
158	Lota	208,00	158,00	140,00	91,00	53,00	42,00	46,00	71,00	107,00	154,00	181,00	203,00	1454,00
159	Lumaco	201,34	167,23	140,26	88,66	54,63	40,71	47,00	70,09	101,83	143,11	168,54	190,41	1413,81
160	Machalí	233,41	202,46	166,16	114,41	82,75	55,20	67,29	84,01	112,51	144,27	178,35	217,83	1658,65
161	Macul	253,00	203,00	176,00	116,00	79,00	60,00	73,00	98,00	132,00	188,00	230,00	258,00	1866,00
162	Máfil	191,06	161,61	125,49	79,79	50,09	38,03	43,09	66,57	94,43	132,71	157,24	187,04	1327,16
163	Maipú	245,00	195,00	170,00	110,00	75,00	57,00	69,00	92,00	126,00	180,00	221,00	248,00	1788,00
164	Malloa	223,57	179,63	154,75	99,82	63,82	45,88	58,82	80,82	114,75	160,63	197,63	220,63	1600,74
165	Marchigue	217,37	173,39	151,37	97,02	61,30	43,62	55,79	78,30	112,32	156,51	192,16	214,18	1553,32
166	María Elena	230,46	204,98	200,48	162,21	150,74	136,02	143,55	157,85	173,05	227,94	239,02	262,67	2288,95
167	María Pinto	205,61	160,64	141,70	92,84	64,87	50,90	59,90	84,84	114,80	153,77	185,67	206,61	1522,14
168	Mariquina	195,75	162,67	127,80	79,84	50,19	38,07	43,14	66,12	94,38	132,74	158,28	192,46	1341,44
169	Maule	216,38	174,38	150,00	95,38	56,69	38,69	51,00	74,00	109,38	153,07	189,07	210,69	1518,73
170	Maullín	179,94	154,17	112,76	72,73	44,40	30,81	38,36	60,73	87,77	121,38	144,19	175,25	1222,50
171	Mejillones	229,41	201,09	203,10	154,19	131,61	116,68	126,17	143,11	169,98	215,02	228,06	240,64	2159,06
172	Melipeuco	225,93	197,85	156,84	98,10	66,31	47,64	52,87	75,26	101,30	155,61	180,71	215,92	1574,34
173	Melipilla	215,12	168,89	148,48	97,50	66,23	50,88	61,31	85,25	116,58	160,30	193,81	215,54	1579,91

Ilustración 0-3:Radiación por comuna

[Anexo D: Ficha técnica de captador solar]

Especificaciones generales	
Tipo	termo solar
Sistema	Presurizado
Tecnología	HEAT PIPE
Presión máxima de trabajo	6 bar
Estructura de soporte / espesor (mm)	Acero Galvanizado / 1.5
Dimensiones (mm)	1900 x 1700 x 1530
Ángulo de inclinación	45°
Cantidad de usuarios / personas	5 ~ 8
Vida útil máxima	Más de 15 años
Especificaciones del estanque	
Capacidad del estanque (L)	250
Material estanque interno / espesor (mm)	Acero Inoxidable SUS304-2B / 1.2
Material estanque externo / espesor (mm)	Acero Galvanizado / 0.4
Diámetro estanque interno / externo (mm)	360 / 460
Aislamiento térmico / espesor (mm)	Espuma de poliuretano de alta densidad / 50
Especificaciones de los tubos	
Tipo	Heat Pipe - SW-HP
Cantidad	25
Diámetro (mm)	58
Longitud (mm)	1800
Material	vidrio - cristal borosilicato
Barra de magnesio	Sí

Ilustración 0-4:Ficha técnica de captador

[Anexo E: Reporte de recurso solar (latitud, longitud y elevación), Explorador Solar]

EXPLORADOR SOLAR

Reporte
Recurso solar y datos meteorológicos
05/10/2022

1 Introducción

En este reporte se presenta información sobre el recurso solar basada en la modelación numérica de la transferencia de radiación solar en la atmósfera y en datos satelitales de alta resolución. El producto obtenido ha sido validado con observaciones, sin embargo, no debe ser considerado como definitivo antes de ser corroborado con mediciones in situ.

El modelo utilizado para la transferencia radiativa en cielo despejado es el modelo CLIRAD-SW, el cual considera las interacciones de la radiación con la atmósfera por bandas espectrales de manera independiente. El modelo utiliza datos de temperatura, humedad y aerosoles de reanálisis meteorológicos y datos climatológicos de CO_2, CH_4 y O_3.

La información para la nubosidad que se ha utilizado proviene de los satélites GOES-EAST para los años 2004 a 2016. Con esta base de datos se ha identificado la nubosidad y sus características radiativas, y a través de un modelo empírico se ha modificado el resultado obtenido para una atmósfera con cielo despejado para adaptarlo a una condición de cielo nublado.

A continuación encontrará información sobre la radiación (global, directa y difusa), la nubosidad, las sombras proyectadas por la topografía, la temperatura y la velocidad del viento en el sitio selecionado.

2 Sitio

En esta sección se muestran las características topográficas del sitio escogido por el usuario.

Tabla 1: Ubicación del sitio seleccionado

Nombre	Mi Sitio
Latitud	35.5143 °S
Longitud	71.6386 °O
Elevación	136 m

Ilustración 0-5: Reporte de recurso solar

Fuente: Ministerio de Energía

[Anexo F: Radiación solar, Explorador Solar]

EXPLORADOR SOLAR

Reporte de
Recursos Meteorológicos

3 Características meteorológicas del sitio

3.1 Radiación

Las siguientes tablas y gráficos muestran los promedios de la radiación global, directa y difusa incidente sobre un plano horizontal y sobre un plano orientado hacia el norte, con una inclinación igual a la latitud del sitio.

3.1.1 Insolación mensual

Tabla 3: Promedio mensual de la insolación diaria en unidades de $[kWh/m^2/día]$.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Directa	7.61	6.63	5.0	2.98	1.43	1.07	1.15	1.89	3.03	4.15	6.11	7.12
Difusa	1.2	1.09	0.99	0.88	0.71	0.54	0.63	0.82	1.29	1.71	1.7	1.53
Global	8.81	7.72	5.99	3.86	2.14	1.61	1.78	2.71	4.32	5.86	7.81	8.65

(a) Radiación incidente en el plano horizontal

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Directa	6.5	6.49	5.94	4.39	2.57	2.14	2.18	2.99	3.88	4.33	5.43	5.85
Difusa	1.08	0.99	0.89	0.8	0.64	0.49	0.57	0.74	1.17	1.55	1.54	1.38
Suelo	0.2	0.18	0.14	0.09	0.05	0.04	0.04	0.06	0.1	0.13	0.18	0.2
Global	7.78	7.66	6.97	5.28	3.26	2.67	2.79	3.79	5.15	6.01	7.15	7.43

(b) Radiación incidente en un plano con inclinación igual a la latitud del sitio.

Ilustración 0-6: Radiación por mes

Fuente: Ministerio de Energia

[Anexo G: Flujo de caja]

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Ingresos		$ 257.372	$ 289.543	$ 325.736	$ 366.453	$ 412.260	$ 463.793
Ahorro energetico		$ 247.769	$ 278.741	$ 313.583	$ 352.781	$ 396.879	$ 446.489
Egresos	$ -756.922	$ -20.000	$ -30.000	$ -20.000	$ -30.000	$ -20.000	$ -30.000
Mantenimiento		$ -20.000	$ -30.000	$ -20.000	$ -30.000	$ -20.000	$ -30.000
Flujo acomulado	$ -756.922	$ -519.550	$ -260.007	$ 45.730	$ 382.183	$ 774.443	$ 1.208.236

Periodo de Recuperacion Inversion		
Años	Meses	Dias
2	1	21