



*Maestría en*

# **ENERGÍAS RENOVABLES**

Tesis previa a la obtención del título de Magíster en Energías Renovables.

**AUTORES:** Ing. Fabricio Javier Villacrés Quishpe

Ing. Jenny Elizabeth Calva Jiménez

Ing. Luis Alberto Moncayo Escobar

Ing. Medardo Tito Gabino Polanco

Ing. Yul Michael Vásquez Ordoñez

**TUTOR:** Ing. Andrea Carolina Rivadeneira Pérez

Ph.D. María del Puerto Pérez Pérez

Análisis técnico-económico de la implantación de un sistema solar fotovoltaico y térmico en la urbanización “El Manantial” de la ciudad de Quito

## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **JENNY ELIZABETH CALVA JIMÉNEZ, MEDARDO TITO GABINO POLANCO, LUIS ALBERTO MONCAYO ESCOBAR, YUL MICHAEL VÁSQUEZ ORDOÑEZ Y FABRICIO JAVIER VILLACRÉS QUISHPE**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.



.....  
**Calva Jiménez Jeny Elizabeth**

.....  
**Moncayo Escobar Luis Alberto**

.....  
**Gabino Polanco Tito Medardo**

.....  
**Vásquez Ordoñez Yul Michael**

.....  
**Villacrés Quishpe Fabricio Javier**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

Yo, **ANDREA CAROLINA RIVADENEIRA PÉREZ** certifico que conozco a los autores del presente trabajo siendo la responsable exclusiva tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

---

Rivadeneira Pérez Andrea Carolina

DIRECTOR DE TESIS

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo de titulación lo dedicamos en primera instancia a Dios, por permitirnos culminar con éxito una etapa más de nuestras vidas que sin duda alguna será de gran aporte dentro de nuestra vida profesional.*

*A nuestras familias por el apoyo constante durante el tiempo de preparación de este proyecto previo a la obtención del Máster en Energías Renovables.*

*Finalmente, a todos aquellos que directa o indirectamente fueron apoyo durante esta faceta y facilitaron la culminación del proyecto.*

*Con nuestros sinceros agradecimientos:*

***Jenny, Luis, Yul, Fabricio y Medardo.***

## **AGRADECIMIENTO**

*A nuestras familias: padres, hermanos, hijos, esposas, por su apoyo incondicional y ser nuestros mayores promotores durante este proceso enriquecedor.*

*Un agradecimiento especial a nuestros docentes quienes durante un año impartieron sus conocimientos técnicos con cada uno de nosotros, siendo la clave principal de este proceso.*

*Extendemos de igual forma nuestro agradecimiento a la Universidad Internacional del Ecuador, por habernos abierto las puertas de su seno científico y de esa forma poder estudiar y culminar este nuevo reto profesional.*

*Para finalizar, agradecemos el compromiso y esfuerzo de quienes conformaron este equipo de trabajo. Reconocemos que fue un camino que requirió entrega y dedicación.*

## ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
3. CARACTERÍSTICAS DE LA ENERGÍA SOLAR EN ECUADOR.....	3
3.1. Mapa solar del Ecuador.....	4
3.2. Nasa Prediction of Worldwide Energy Resources.....	6
3.3. National Renewable Energy Laboratory.....	8
4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y ÁREA DE INFLUENCIA.....	9
4.1. Ubicación geográfica.....	9
5. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED Y AISLADO.....	10
5.1. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico conectado a red.....	10
5.2. Descripción de la zona de influencia.....	12
5.3. Descripción del proyecto.....	13
5.4. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico aislado.....	22
5.5. Presupuesto referencial.....	28
5.6. Estudio de rentabilidad del sistema solar fotovoltaico.....	29
6. SISTEMA SOLAR TÉRMICO PARA ACS & CALEFACCIÓN.....	34
6.1. Dimensionamiento del sistema solar térmico para ACS & Calefacción.....	34
6.2. Descripción de la zona de influencia.....	34
6.3. Dimensionamiento de la demanda energética.....	35
6.4. Selección del captador solar.....	37
6.5. Selección del sistema de acumulación.....	40
6.6. Selección de la bomba de circulación.....	44

6.7. Selección del sistema Auxiliar de ACS .....	46
6.8. Selección de vaso de expansión.....	46
6.9. Selección de la estructura de montaje .....	47
6.10. Emplazamiento y ubicación de equipos.....	49
6.11. Esquema de conexión a la red de ACS .....	51
6.12. Dimensionamiento de la instalación solar térmica.....	51
6.13. Presupuesto y retorno de la inversión.....	56
6.14. Sistema de generación termoeléctrica con captadores cilindro-parabólicos .....	58
<b>7. ANÁLISIS FINANCIERO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO Y SOLAR TÉRMICO PARA ACS Y CALEFACCIÓN.....</b>	<b>62</b>
7.1. Sistema solar fotovoltaico.....	62
7.2. Sistema solar térmico para ACS & calefacción .....	65
7.3. Inversión y WACC (valoración del costo de capital).....	66
7.4. Cuenta de resultados .....	67
7.5. TIR (Tasa interna de retorno) y VAN (valor actual neto) de los sistemas solares fotovoltaico y térmico .....	67
7.6. Análisis de los resultados .....	68
<b>8. CONCLUSIONES .....</b>	<b>69</b>
<b>9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>70</b>
<b>10. APÉNDICES .....</b>	<b>73</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Superficie horizontal de irradiancia y superficie óptima de irradiancia .....	7
Tabla 2: Datos meteorológicos de la ciudad de Quito.....	8
Tabla 3: Determinación del consumo anual de la urbanización “el Manantial” .....	12
Tabla 4: Datos del sistema solar fotovoltaico urbanización “el Manantial” .....	13
Tabla 5: Radiación solar de los meses del año .....	16
Tabla 6: Datos de entrada equipo Fronius .....	18
Tabla 7: Datos de salida del equipo Fronius .....	18
Tabla 8: Características del panel solar. ....	19
Tabla 9: Determinación de la demanda en caseta de control.....	23
Tabla 10: Factores de conversión de energía eléctrica .....	30
Tabla 11: Resultados cálculo emisión de CO <sub>2</sub> .....	30
Tabla 12: Actividades de mantenimiento.....	32
Tabla 13: Mantenimiento de Inversores .....	33
Tabla 14: Número de viviendas .....	34
Tabla 15: Determinación de la demanda de ACS y calefacción de la urbanización “el Manantial” .....	34
Tabla 16: Necesidades de ACS.....	35
Tabla 17: Valor k según latitud y meses del año.....	36
Tabla 18: Cálculo de la demanda de ACS para 2 habitantes .....	36
Tabla 19: Datos del captador solar plano .....	39
Tabla 20: Datos del captador solar de tubos de vacío .....	40
Tabla 21: Datos del acumulador Viessmann Vitosol.....	42
Tabla 22: Inclinación de los captadores según su aplicación .....	49
Tabla 23: Valores seleccionados para el sistema con captador solar plano .....	52

Tabla 24: Consolidado de la demanda energética utilizando captador solar plano .....	53
Tabla 25: Valores seleccionados para el sistema con captador solar tubos de vacío .....	53
Tabla 26: Consolidado de la demanda energética utilizando tubos de vacío .....	54
Tabla 27: Comparación de la demanda según captador solar utilizado .....	55
Tabla 28: CAPEX- Sistema Fotovoltaico .....	63
Tabla 29: DEVEX- Sistema Fotovoltaico .....	64
Tabla 30: Presupuesto para ejecución del sistema solar fotovoltaico .....	64
Tabla 31: Presupuesto del sistema solar fotovoltaico por kWp instalado.....	65
Tabla 32: Demanda de sistema solar térmico para ACS & calefacción .....	65
Tabla 33: CAPEX- sistema solar térmico para ACS & calefacción.....	66
Tabla 34: Rentabilidad sistema fotovoltaico y térmico .....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Radiación Solar Global Horizontal (GHI) .....	5
Figura 2: Radiación solar Directa Normal (DNI) Anual.....	5
Figura 3: Radiación solar Difusa Horizontal (DHI) Anual .....	6
Figura 4: Resultados de la irradiancia kWhm <sup>2</sup> .....	7
Figura 5: Radiación solar directa .....	9
Figura 6: Ubicación de la implementación del sistema solar fotovoltaico.....	10
Figura 7: Nasa Prediction of Worldwide Energy Resources-Data Access Viewer .....	11
Figura 8: Trayectoria solar en coordenadas cartesianas .....	11
Figura 9: Bosque y vegetación protectora .....	12
Figura 10: Análisis mediante matriz Excel del sistema solar fotovoltaico para la urbanización “el Manantial” .....	15
Figura 11: Inversor Fronius ECO 27 kW.....	17
Figura 12: Panel solar TR 72M 520-540W-Mono-Facial.....	19
Figura 13: Estructura de fijación .....	20
Figura 14: Smart Meter .....	21
Figura 15: Esquema de conexión del SFV .....	22
Figura 16: Panel solar fotovoltaico .....	27
Figura 17: Estructura soporte .....	27
Figura 18: Batería Renova 12V-150 <sup>a</sup> .....	27
Figura 19: Regulador de carga MPPT .....	28
Figura 20: Inversor Phoenix 12V/250VA .....	28
Figura 21: Tipos de captadores solares por rango de temperatura.....	37
Figura 22: Captador solar de placa plana .....	38
Figura 23: Captador solar de tubos de vacío .....	38

Figura 24: Esquema de conexión del acumulador .....	43
Figura 25: Esquema de montaje de una bomba en una instalación de ACS .....	44
Figura 26: Posición de instalación de una bomba .....	45
Figura 27: Curva característica de una bomba .....	46
Figura 28: Ubicación del vaso de expansión .....	47
Figura 29: Esquema de estructura soporte .....	48
Figura 30: Detalle del conexionado de captadores entre sí .....	48
Figura 31: Orientación e inclinación de los captadores .....	49
Figura 32: Ilustración para determinar el norte geográfico .....	50
Figura 33: Distancia mínima entre captadores .....	51
Figura 34: Comparación de la demanda según captador solar utilizado .....	56
Figura 35: Presupuesto y retorno de inversión captador de placa plana .....	56
Figura 36: Resumen de demanda y producción energética solar .....	57
Figura 37: Presupuesto y retorno de inversión captador de tubo de vacío .....	57
Figura 38: Radiación solar directa .....	59
Figura 39: Producción de energía para la red .....	60
Figura 40: Precio de venta de energía a la red de un sistema CCP .....	60
Figura 41: Costos de operación y mantenimiento .....	61
Figura 42: Precio de venta energía solar / igual retorno fotovoltaica .....	61

## RESUMEN

El propósito de este estudio consiste en realizar un análisis técnico-económico basado en la implementación de un sistema solar fotovoltaico y solar térmico en la urbanización “El Manantial” de la ciudad de Quito.

En primera instancia, se analizó el sistema solar fotovoltaico mediante un estudio de costos y parámetros propios de la tecnología, para evaluar la factibilidad económica y técnica entre los diferentes tipos de paneles disponibles en el mercado y de acuerdo a las necesidades de los moradores del emplazamiento. Para ello, se implantó el objetivo de subvencionar el 20% de la demanda anual de la urbanización, la cual corresponde a un valor de 557,500.00 kWh/año, mediante la implementación de un sistema solar fotovoltaico de 110.24 kWp, distribuida en un área de 1452 m<sup>2</sup> cuya producción anual es de 159,215.80 kWh/año

Posteriormente, se realizó el dimensionamiento de un sistema solar térmico para suplir la necesidad de Agua Caliente Sanitaria (A.C.S) & Calefacción, mediante la implementación de captadores solares de placa plana y de tubos de vacío, considerando un grupo de 100 viviendas con enfoque en una vivienda tipo de 2 habitantes que dispone de 5m<sup>2</sup> de superficie.

De este análisis, se determinó que la tecnología de tubos de vacío es de mayor rendimiento; sin embargo, por su alto coste dentro del mercado local, resulta más conveniente para los habitantes de la urbanización la implementación de captadores solares de placa plana.

Adicionalmente, y con el fin de obtener una rentabilidad económica adicional con energía solar térmica en la urbanización, se analizó la posibilidad de implementar un sistema solar térmico con captadores cilindro-parabólicos, obteniendo como resultado que este tipo de sistema no es factible ni económicamente rentable al tratarse de un sistema de producción de pequeña dimensión (3 MW).

Finalmente, se realizó el análisis financiero de los sistemas solares fotovoltaico y térmico, con el objetivo de determinar su rentabilidad. Para este análisis, se dio inicio al cálculo de las variables económicas: CAPEX, DEVEX, TIR, VAN, WACC, LCOE y LROE.

## PALABRAS CLAVES

Agua caliente sanitaria (ACS); captadores solares; energía solar fotovoltaica; energía solar térmica; radiación solar; rentabilidad; Urbanización “El Manantial”.

## ABSTRACT

The scope of this study consists of conducting a technical-economic analysis based on the implementation of a solar photovoltaic and solar thermal system in the "El Manantial" urbanization in Quito city.

In the first instance, analyzed was the photovoltaic solar system through a study of costs and parameters of the technology to evaluate the economic and technical feasibility between the different types of panels available in the market and according to the needs of the inhabitants of the site. For this, was implemented the objective of subsidizing 20% of the annual demand for the urbanization, which corresponds to a value of 557,500.00 kWh/year, through the implementation of a photovoltaic solar system of 110.24 kWp, distributed in an area of 1452 m<sup>2</sup> whose annual production is 159,215.80 kWh/year

Subsequently, the sizing of a solar thermal system was carried out to meet the need for Sanitary Hot Water (DHW) & Heating through the implementation of flat plate solar collectors and vacuum tubes, considering a group of 100 homes with a focus on a type housing of 2 inhabitants that has 5m<sup>2</sup> of the surface.

From this analysis, it was determined that vacuum tube technology is more efficient; however, due to their high cost in the local market, the implementation of flat-plate solar collectors is more convenient for the residents of the urbanization.

Additionally, and to obtain additional economic profitability with solar thermal energy in the urbanization, the possibility of implementing a solar thermal system with parabolic trough collectors was analyzed, obtaining as a result that this type of system is neither feasible nor economically profitable, as it is a small production system (3 MW).

Finally, the financial analysis of the photovoltaic and thermal solar systems was carried out to determine their profitability. For this analysis, the calculation of the economic variables began: CAPEX, DEVEX, IRR, VAN, WACC, LCOE and LROE.

## KEYWORDS

Photovoltaic solar energy; profitability; Sanitary Hot Water (SHW); solar collectors; solar radiation; thermal solar energy; "el Manantial" urbanization

# 1. INTRODUCCIÓN

La energía solar es una de las fuentes inagotables de energía renovable existentes, que se obtiene con el aprovechamiento del calor y los rayos emitidos por el Sol. Actualmente, estos elementos pueden ser aprovechados por medio de diversos captadores como son: células fotovoltaicas, helióstatos o colectores térmicos, los cuales permiten a través de una serie de procesos la generación de energía térmica o eléctrica (Vásquez et al., 2015).

Existen dos formas o tipos de tecnología para aprovechar la energía solar: la energía solar pasiva y la activa, misma que a su vez, se divide en dos subgrupos: térmica y fotovoltaica.

La Energía Térmica se basa en aprovechar los rayos solares para transformar la energía del sol en calor; se trata de una forma de energía renovable, sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Este tipo de energía presenta como características propias una elevada calidad energética con nulo impacto ecológico e inagotable a escala humana, sin embargo, su implementación se ve afectada por la variabilidad con la que llega a la tierra como consecuencia de aspectos geográficos, climáticos y estacionales (Ente Regional de la Energía de Castilla y León [EREN], 2002.).

Por su parte, la Energía Fotovoltaica aprovecha los rayos del sol para transformarla en energía eléctrica a través de una célula fotovoltaica.

Perpiñan (2020) se refiere a un sistema fotovoltaico como un conjunto de equipos eléctricos y electrónicos capaces de generar electricidad a partir de la radiación solar, siendo su principal componente el módulo fotovoltaico, mismo que está compuesto por células que transforman la energía luminosa en energía eléctrica de corriente continua (p. 01).

Se puede decir que los sistemas fotovoltaicos se clasifican en 3 grupos, estos son: conectados a red o grid connected por su nominación en inglés, autónomos (off-grid) y de bombeo.

Actualmente, cerca del 1.4 billón de personas alrededor del mundo carecen de electricidad por falta de acceso a este recurso, de ellos, alrededor del 85% son residentes de áreas rurales (Lata et al., 2018).

En el contexto local, las zonas más alejadas no cuentan con el servicio de energía eléctrica; esto debido a que, los medios convencionales de energía constituyen una inversión económica considerable que no tiene gran apertura para obtener el financiamiento, por lo que, la energía solar fotovoltaica se convierte en una alternativa a implementar, en la que se deberán considerar además parámetros como el transporte y la implementación de los diversos materiales y equipos.

Según SOPELIA (2016), Ecuador se encuentra en una ubicación privilegiada en cuanto al recurso solar respecta, ya que, características como la cantidad de radiación recibida, disponibilidad anual y el ángulo de incidencia constante, le otorgan un potencial importante para el aprovechamiento fotovoltaico.

Es así como la implementación de energía fotovoltaica en territorio ecuatoriano mediante el uso de paneles solares se constituye en una fuente de energía gratuita, limpia e inagotable ayudando de esta manera al incremento del consumo de energía debido al crecimiento

poblacional de la comunidad. Situación que deslinda la dependencia del uso de derivados del petróleo para obtener energía. (García y Tandazo, 2013).

En cuanto a la Energía Térmica, en los próximos años se prevé un incremento notable de su utilización, impuesta por el contexto que tratan de desarrollar las políticas energéticas materializadas en diferentes planes de actuación a nivel nacional, implementando para ello normas INEN que permitan realizar el dimensionamiento de sistemas de calentamiento de agua con energía solar para uso sanitario (INEN, 2009).

La política energética impulsada por el Gobierno Nacional del Ecuador y el MERNNR, se enfoca en la ejecución de obras que favorecen el desarrollo del país, pudiendo así abastecer adecuadamente la siempre creciente demanda de energía eléctrica del país, cumpliendo con los criterios de confiabilidad, calidad, economía y menor afectación ambiental (MERNNR, 2020).

Por tal razón, el MERNNR creó el marco normativo y regulatorio del sistema eléctrico nacional y de manera específica de los sistemas de generación fotovoltaica, estableciendo una perspectiva amplia sobre los procesos de habilitación, conexión, instalación y operación, mediante la Regulación Nro. ARCERNNR – 013/21 denominada “Marco normativo de la Generación Distribuida para autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica”, del cual se deriva la normativa para implementar el Sistema de Generación Distribuida para el autoabastecimiento de consumidores regulados (SGDA).

Un SGDA es aquel que se encuentra situado dentro de la misma vivienda, cuya demanda está asociada a un número de servicio y debe cumplir las siguientes condiciones:

- Potencia  $\leq 1$  MW.
- Conexión sincrónica con la red eléctrica de la distribuidora a través de un punto de conexión.
- Aprovechar el recurso solar que se encuentre disponible en el área de servicio de la Distribuidora.
- Utiliza cualquier tecnología de generación eléctrica con o sin almacenamiento de energía.

La potencia nominal del SGDA que requiera de inversores para conectarse en sincronismo con la red eléctrica, estará determinada por la potencia nominal de los inversores en el lado de corriente alterna (ARCERNNR, 2018).

El Plan Maestro de Electricidad de Ecuador (PME) 2018-2027, ha descrito varias iniciativas energéticas lideradas por el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR). Durante el 2020, se obtuvo el apoyo gubernamental para el incremento de proyectos solares, entre ellos, el proyecto Galápagos Conolophus, con una proyección de 14,8 MW de generación solar y 40,9 MWh de capacidad de almacenamiento en baterías destinadas a reemplazar el uso de combustible diésel para generación de energía en las islas Baltra y Santa Cruz, y en septiembre, se habían anunciado una lista adicional de 24 proyectos de energía renovable por un total de 200 MW, de los cuales, dos serían solares (Partridge, 2021).

En cuanto a términos ambientales, Ecuador al igual que los países Latinoamericanos y del Caribe se enfrentan día a día con la problemática de cumplir los objetivos de desarrollo sostenible

(ODS). Sin embargo, los Sistemas de Generación Fotovoltaica debido a su naturaleza y aunque de manera no relevante, tienen a generar impactos ambientales durante su etapa de instalación y operación es necesario tener presente que se requieren manejos especiales una vez culminada la vida útil de ciertos dispositivos que conforman estos sistemas.

Frente a esta situación, se efectúa el presente trabajo con la finalidad de implementar un proyecto de generación fotovoltaica y térmica, a fin de subvencionar el consumo de energía eléctrica en un sector residencial de la ciudad de Quito.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

- Elaborar un análisis técnico-económico de los sistemas solar fotovoltaico conectado a la red y aislado y solar térmico para Agua Caliente Sanitaria (ACS) & Calefacción en la urbanización “el Manantial” ubicada en la ciudad de Quito.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Proveer de un servicio eléctrico autónomo, sostenible y basado en energía fotovoltaica considerando una subvención del 20% de la demanda energética anual de la urbanización “el Manantial”.
- Diseñar un sistema solar fotovoltaico y térmico que permita cubrir la demanda de energía eléctrica y ACS & Calefacción, según requerimientos de los moradores de la urbanización “el Manantial”.
- Analizar la factibilidad de implementar un sistema solar termoeléctrico de 3 MW con captadores solares cilindro-parabólicos en la urbanización “el Manantial”.
- Realizar un análisis financiero basado en el dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico y térmico.

## **3. CARACTERÍSTICAS DE LA ENERGÍA SOLAR EN ECUADOR**

En la actualidad la energía solar fotovoltaica ha estado en constante evolución en las diferentes regiones del planeta y en el Ecuador no es la excepción. Cuenta con características topográficas variadas: región costa, sierra, oriente y región insular, obteniendo así una diversidad climática importante, por lo cual es viable la implementación de proyectos de energías renovables.

De acuerdo al Plan Maestro de Electricidad (2020), el balance de la energía eléctrica de Ecuador presentó un 72,58% de energía eléctrica renovable, del cual un 0,13% corresponde a energía renovable fotovoltaica equivalente a aproximadamente 38,08 GWh (p.16).

En este contexto, en los últimos 10 años se ha reforzado el parque generador del país progresivamente, pasando de 4.478 MW en el año 2008 a 8.826,89 MW en el 2018.

Al mismo tiempo, el Agua Caliente Sanitaria (ACS) se ha convertido en un requerimiento indispensable en la sociedad, debido a que el calentar agua hasta una temperatura adecuada mejora la calidad de vida de las personas. El tomar ducha de agua caliente estimula la liberación de endorfinas en el cuerpo, además, puede brindar energía positiva y un sentimiento de alegría convirtiéndose así el ACS en un confort para viviendas unifamiliares, multifamiliares, hospitales, clínicas y hoteles.

El potencial solar existente y sus condiciones geográficas variadas hacen de nuestro país una fuente potencial para el impulso de proyectos solares térmicos, los cuales basan su tecnología también en recursos renovables, cuyo propósito es sustituir el uso de combustibles fósiles. Por ejemplo, los proyectos hidroeléctricos, eólicos y fotovoltaicos implementados en las islas Galápagos y en territorio continental, contribuyen al aumento de fuentes renovables a la matriz energética del Ecuador.

Es así como el Gobierno a través del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) impulsa el Plan Nacional de Hábitat y Vivienda, en el cual, se plantean proyectos que permitan el aprovechamiento de la energía solar térmica para el calentamiento del agua en viviendas, con el objetivo principal de disminuir el subsidio que destina el Gobierno para la comercialización interna del Gas Licuado de Petróleo (GLP).

Por su parte, el MERNNR ha puesto en marcha la implementación de sistemas ACS mediante la creación de normativas que permitan asegurar en los nuevos proyectos habitacionales la factibilidad de instalar captadores solares que cubran el 100% de su demanda energética para calentamiento de agua con la finalidad de sustituir anualmente 20 mil calefones que utilizan GLP.

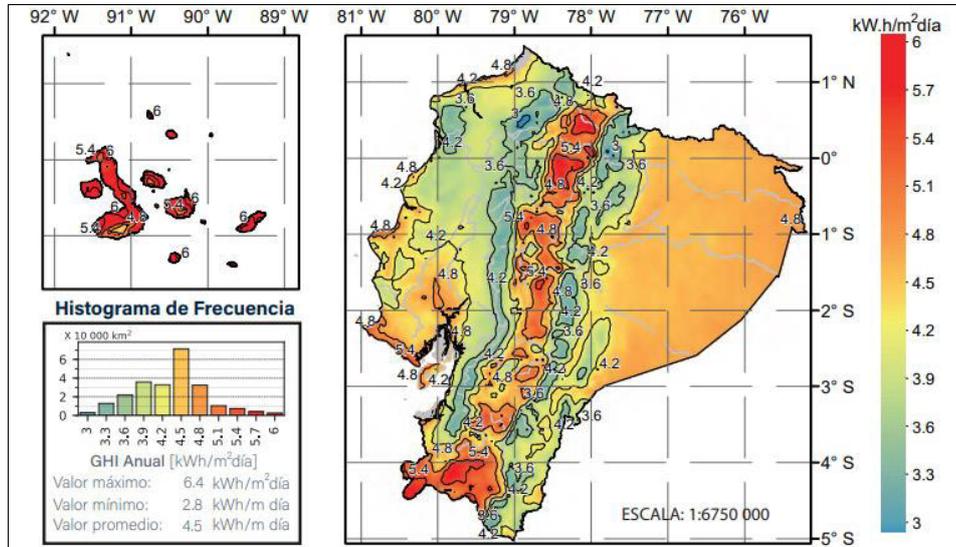
Para determinar el recurso solar disponible en el área objeto de análisis y proceder con el dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico, un sistema de calentamiento de ACS & calefacción y una central solar termoeléctrica con captador cilindro parabólico (CCP), se consideraron dos bases de datos disponibles: Mapa Solar del Ecuador y Nasa Prediction of Worldwide Energy Resources.

### **3.1. Mapa solar del Ecuador**

El mapa solar del Ecuador elaborado por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL), fue diseñado a través de mediciones de irradiación global horizontal (GHI) de 41 estaciones meteorológicas que pertenecen a la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), Instituto de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y el ex - Instituto Nacional de Energía Renovable y Eficiencia Energética (INER).

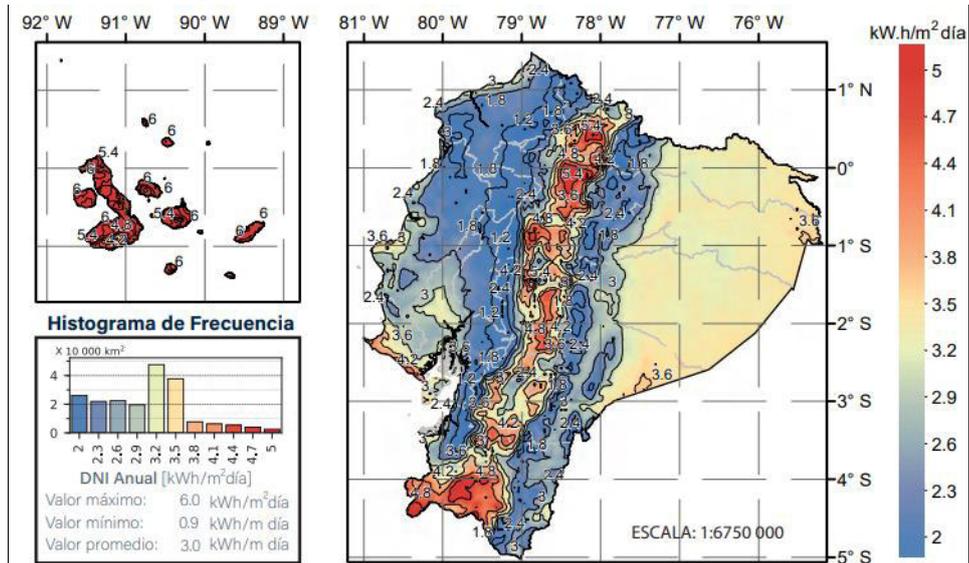
Los datos obtenidos permiten identificar las soluciones solares más adecuadas para cada mes del año.

**Figura 1: Radiación Solar Global Horizontal (GHI)**



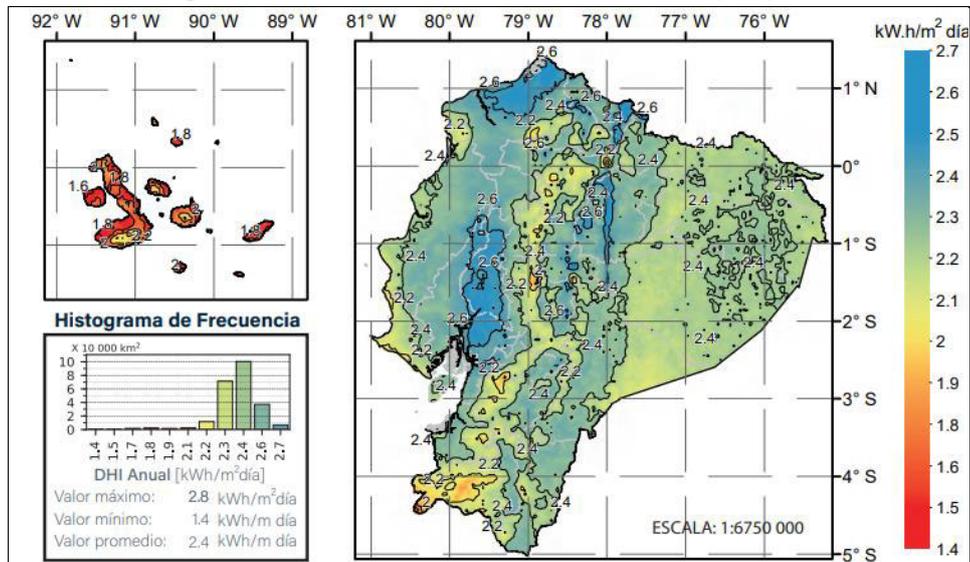
Fuente: (Mapa solar, 2019)

**Figura 2: Radiación solar Directa Normal (DNI) Anual**



Fuente: (Mapa solar, 2019)

**Figura 3: Radiación solar Difusa Horizontal (DHI) Anual**



Fuente: (Mapa solar, 2019)

### 3.2. Nasa Prediction of Worldwide Energy Resources

Para el dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico conectado a la red, sistema fotovoltaico aislado y un sistema solar térmico ACS y calefacción, se utilizó la Plataforma “Nasa Prediction of Worldwide Energy Resources”, la cual proporciona conjuntos de datos solares y meteorológicos de la investigación de la NASA para respaldar las necesidades de energía renovable, eficiencia energética de edificios y agricultura.

Esta base de datos es capaz de proporcionar subconjuntos de datos, gráficos y herramientas de visualización en una interfaz fácil de usar.

El procedimiento para obtener los datos de radiación se detalla a continuación:

1. Ingresamos al sitio web <https://power.larc.nasa.gov/> y accedemos al apartado “Data Access Viewer”.
2. Seleccionamos mediante un punto la ubicación donde se requiere los valores de radiación.
3. Determinamos qué tipos de datos queremos obtener. Para el presente proyecto seleccionamos “Climatology”.
4. Dentro de “Parameters for Tilted PV Panels”, seleccionamos la opción “Solar Irradiance for Equator Facing Tilted Surfaces”.
5. Para obtener los resultados se puede seleccionar las opciones: ASCII, CSV, GeoJSON y NetCDF.

En la Figura 4 se pueden apreciar los resultados obtenidos en la página web de la NASA. Estos resultados son seguidamente expuestos mediante una tabla a fin de facilitar su posterior utilización en el desarrollo del trabajo.

**Figura 4: Resultados de la irradiancia kWhm<sup>2</sup>**

```

-BEGIN HEADER-
NASA/POWER CERES/MERRA2 Native Resolution Climatology Climatologies
20-year Meteorological and Solar Monthly & Annual Climatologies (January 2001 - December 2020)
Location: Latitude -0.31 Longitude -78.4968
Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 2501.19 meters
The value for missing source data that cannot be computed or is outside of the sources availability range: -999
Parameter(s):
SI_EF_TILTED_SURFACE_HORIZONTAL      SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance for Equator Facing Horizontal Surface (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_MINUS15    SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance for Equator Facing Latitude Minus 15 Tilt (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_LATITUDE       SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance for Equator Facing Latitude Tilt (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_PLUS15     SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance for Equator Facing Latitude Plus 15 Tilt (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_VERTICAL       SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance for Equator Facing Vertical Surface (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL        SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance Optimal (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG    SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance Optimal Angle (Degrees)
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG_ORT SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance Tilted Surface Orientation (N/S Orientation)
-END HEADER-
PARAMETER      JAN  FEB  MAR  APR  MAY  JUN  JUL  AUG  SEP  OCT  NOV  DEC  ANN
SI_EF_TILTED_SURFACE_HORIZONTAL      4.01 3.76 3.64 3.80 3.76 3.79 3.99 4.25 4.29 4.21 4.16 3.88 -999.00
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_MINUS15    3.72 3.58 3.56 3.80 3.84 3.93 4.15 4.33 4.24 4.04 3.88 3.58 -999.00
SI_EF_TILTED_SURFACE_LATITUDE       4.01 3.75 3.64 3.80 3.77 3.80 4.00 4.25 4.29 4.21 4.15 3.88 -999.00
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_PLUS15     3.69 3.57 3.55 3.79 3.84 3.94 4.15 4.32 4.23 4.02 3.86 3.56 -999.00
SI_EF_TILTED_SURFACE_VERTICAL       1.41 1.44 1.45 1.78 2.05 2.25 2.30 2.06 1.60 1.48 1.46 1.39 -999.00
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL        4.01 3.76 3.64 3.82 3.85 3.94 4.16 4.33 4.30 4.21 4.16 3.88 -999.00
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG    0.00 0.00 0.00 7.50 15.00 20.00 19.50 13.50 3.50 0.00 0.00 0.00 -999.00
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG_ORT N    N    N    N    N    N    N    N    N    N    N    N    N

```

Fuente: (Power Data Access Viewer, 2022)

**Tabla 1: Superficie horizontal de irradiancia y superficie óptima de irradiancia**

	Superficie Horizontal (kWh/m2/día)	Superficie óptima (kWh/m2/día)
ENERO	4,01	4,01
FEBRERO	3,76	3,76
MARZO	3,64	3,64
ABRIL	3,80	3,82
MAYO	3,76	3,85
JUNIO	3,79	3,94
JULIO	3,99	4,16
AGOSTO	4,25	4,33
SEPTIEMBRE	4,29	4,30
OCTUBRE	4,21	4,21
NOVIEMBRE	4,16	4,16
DICIEMBRE	3,88	3,88

Fuente: Propia

La temperatura ambiente y red de la zona se puede apreciar en la siguiente tabla:

**Tabla 2: Datos meteorológicos de la ciudad de Quito**

Mes	T ambiente (°C)	T red (°C)
Enero	13,60	11,60
Febrero	13,90	11,90
Marzo	13,80	11,80
Abril	13,80	11,80
Mayo	13,90	11,90
Junio	14,10	12,10
Julio	13,80	11,80
Agosto	14,20	12,20
Septiembre	13,80	11,80
Octubre	13,60	11,60
Noviembre	13,50	11,50
Diciembre	13,50	11,50

**NOTA:** Sistema de calentamiento de agua con energía solar para uso sanitario en el Ecuador  
**Fuente:** (INEN, 2009)

### 3.3. National Renewable Energy Laboratory

Para dimensionar la central solar termoeléctrica con CCP, se utilizó la plataforma “National Renewable Energy Laboratory”, donde se determinó la radiación solar directa (DNI) necesaria para calcular las horas solares equivalentes requeridas para la producción energética.

Mediante el sitio web <https://maps.nrel.gov/nsrdb-viewer/>, accedemos al apartado “NSRDB Data Download (Point)”, seleccionamos la ubicación de la urbanización “el Manantial” utilizando las coordenadas geográficas de la zona (detalladas en el numeral 4.1 de este documento) y obtenemos los valores diarios promedios de DNI:

**Figura 5: Radiación solar directa**

DÍA	PROMEDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR DIRECTA (DNI) (W/m2)												TOTAL MES
	MESES DE AÑO												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	222,00	331,00	5.049,00	963,00	1.577,00	3.633,00	3.448,00	9.219,00	1.304,00	4.710,00	7.569,00	4.408,00	42.433,00
2	1.074,00	5.997,00	2.455,00	1.087,00	4.114,00	3.373,00	584,00	9.781,00	4.955,00	6.351,00	9.785,00	815,00	49.931,00
3	1.384,00	4.610,00	5.086,00	5.174,00	1.998,00	1.255,00	3.566,00	8.039,00	1.855,00	1.735,00	9.996,00	4.217,00	48.925,00
4	6.180,00	3.733,00	7.147,00	3.325,00	419,00	8.629,00	484,00	8.810,00	6.257,00	581,00	10.069,00	2.571,00	58.205,00
5	5.272,00	9.571,00	3.046,00	5.801,00	1.796,00	896,00	1.773,00	5.716,00	4.266,00	5.375,00	4.624,00	2.682,00	50.718,00
6	3.523,00	8.633,00	380,00	4.249,00	4.645,00	7.485,00	2.845,00	3.213,00	1.748,00	6.778,00	6.989,00	2.510,00	53.198,00
7	4.508,00	5.202,00	780,00	1.451,00	1.418,00	5.555,00	1.405,00	8.197,00	5.170,00	5.021,00	3.100,00	5.449,00	47.256,00
8	8.725,00	3.588,00	3.158,00	5.267,00	4.414,00	6.207,00	3.249,00	8.258,00	3.065,00	2.591,00	6.480,00	723,00	55.725,00
9	9.389,00	4.502,00	5.734,00	1.203,00	4.763,00	3.169,00	3.927,00	6.692,00	2.526,00	5.819,00	5.237,00	1.681,00	54.652,00
10	7.420,00	3.835,00	2.987,00	1.676,00	4.650,00	3.904,00	3.511,00	8.306,00	1.589,00	10.287,00	5.178,00	5.182,00	58.525,00
11	6.500,00	9.812,00	4.442,00	395,00	3.361,00	6.690,00	1.997,00	7.788,00	4.175,00	6.897,00	5.517,00	4.437,00	62.009,00
12	7.284,00	2.610,00	4.101,00	1.170,00	882,00	3.066,00	5.021,00	6.859,00	5.454,00	8.302,00	4.773,00	3.000,00	52.524,00
13	6.938,00	5.191,00	4.437,00	1.826,00	642,00	4.746,00	3.206,00	8.670,00	5.196,00	4.258,00	4.807,00	3.656,00	53.574,00
14	7.508,00	5.323,00	720,00	3.425,00	912,00	2.213,00	3.550,00	4.787,00	5.557,00	4.850,00	1.518,00	3.250,00	43.613,00
15	7.500,00	5.350,00	3.810,00	963,00	7.751,00	4.743,00	4.087,00	4.212,00	555,00	4.537,00	839,00	4.988,00	49.325,00
16	9.707,00	4.583,00	1.806,00	715,00	3.735,00	5.036,00	7.529,00	4.356,00	4.008,00	4.206,00	941,00	7.024,00	53.646,00
17	10.200,00	7.576,00	1.073,00	3.095,00	5.912,00	3.913,00	2.556,00	7.220,00	5.509,00	3.048,00	4.220,00	738,00	55.060,00
18	7.195,00	6.645,00	7.647,00	842,00	1.937,00	2.348,00	7.217,00	1.813,00	3.106,00	2.287,00	1.969,00	2.754,00	45.760,00
19	9.045,00	2.278,00	8.108,00	4.023,00	4.603,00	2.309,00	3.396,00	4.108,00	810,00	2.578,00	1.787,00	3.953,00	46.996,00
20	1.501,00	2.985,00	1.750,00	4.896,00	5.086,00	833,00	2.162,00	1.616,00	4.749,00	5.411,00	934,00	5.762,00	37.685,00
21	842,00	1.837,00	5.808,00	3.394,00	3.957,00	2.653,00	2.577,00	695,00	5.296,00	2.298,00	1.978,00	4.300,00	35.636,00
22	675,00	768,00	5.000,00	4.222,00	3.916,00	6.070,00	401,00	2.551,00	7.664,00	5.980,00	4.192,00	2.065,00	43.504,00
23	4.617,00	1.667,00	4.049,00	3.276,00	7.304,00	1.069,00	3.006,00	8.322,00	941,00	3.296,00	1.864,00	3.570,00	42.981,00
24	3.898,00	349,00	4.624,00	4.127,00	4.966,00	6.396,00	4.284,00	9.656,00	1.237,00	2.598,00	3.683,00	1.701,00	47.540,00
25	3.805,00	2.729,00	2.385,00	987,00	6.856,00	2.080,00	4.777,00	6.590,00	4.939,00	5.433,00	5.796,00	1.702,00	48.079,00
26	2.351,00	400,00	2.966,00	4.716,00	4.973,00	3.356,00	5.922,00	7.878,00	4.752,00	7.016,00	5.780,00	107,00	50.217,00
27	1.692,00	850,00	1.587,00	1.695,00	5.771,00	5.806,00	2.902,00	4.232,00	6.238,00	1.368,00	610,00	2.134,00	34.885,00
28	4.637,00	2.599,00	2.167,00	1.073,00	5.555,00	2.112,00	8.004,00	1.602,00	5.361,00	3.002,00	4.224,00	1.273,00	41.609,00
29	1.199,00		1.386,00	3.557,00	1.420,00	2.886,00	1.028,00	896,00	5.921,00	3.955,00	6.440,00	3.698,00	32.386,00
30	1.707,00		922,00	3.701,00	692,00	4.636,00	3.059,00	5.478,00	2.201,00	2.815,00	7.387,00	2.285,00	34.883,00
31	1.626,00		475,00		3.506,00		6.220,00	5.226,00		3.687,00		2.821,00	23.661,00
TOTAL	148.146,00	113.154,00	105.085,00	82.274,00	113.751,00	117.069,00	107.673,00	180.764,00	116.404,00	137.070,00	138.286,00	95.366,00	1.455.042,00

Fuente: (National Renewable Energy Laboratory, 2022)

## 4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y ÁREA DE INFLUENCIA

### 4.1. Ubicación geográfica

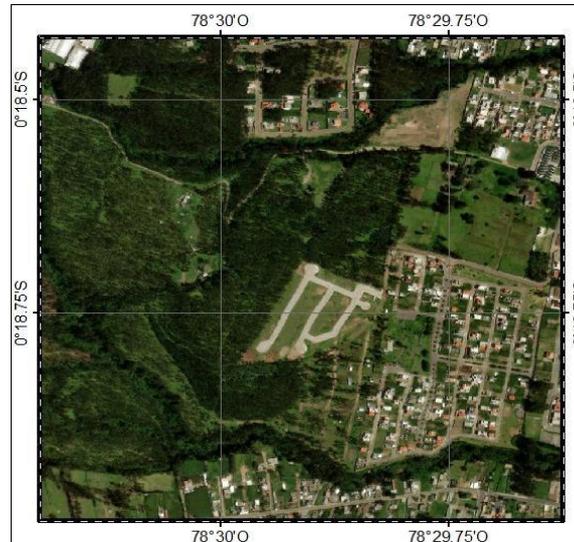
La Urbanización “el Manantial” es un barrio urbano de la zona Nor-Occidental de la parroquia Conocoto, cantón Quito, provincia de Pichincha, ubicada a 2640 m.s.n.m.

Las coordenadas geográficas de la urbanización son:

Latitud: 0°18'37.34"S

Longitud: 78°29'47.92"O

**Figura 6: Ubicación de la implementación del sistema solar fotovoltaico**



Fuente: (Programa SASPlanet, 2022)

Esta Información nos servirá para determinar los datos de irradiancia solar del emplazamiento y poder determinar el recurso solar del lugar.

## **5. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED Y AISLADO**

### **5.1. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico conectado a red**

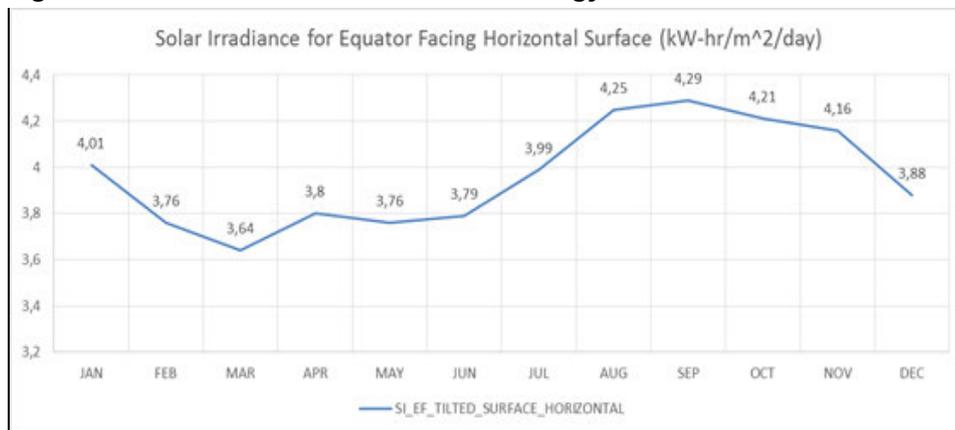
Para el dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico conectado a red, se seleccionó una zona que cuenta con todo tipo de servicio básico, áreas verdes y con énfasis al desarrollo urbanístico de relieve llano y pendiente del 11%. La delimitación del área aprovechable corresponde a 1,452 m<sup>2</sup> libres de obstáculos naturales o edificaciones que puedan proyectar sombras capaces de alterar o afectar la eficiencia de los paneles solares (Ver Apéndice 1), y cuenta además con un tendido eléctrico monofásico próximo para evacuar la energía generada a la red.

El Ecuador al situarse en la línea ecuatorial, tiene una ventaja mínima al variar su posición con respecto al sol durante todo el año; es decir, la radiación solar no sufre alteraciones significativas durante los 365 días del año a diferencia de lo que ocurre en sitios alejados del centro de la tierra, por lo que, el recurso solar variará dependiendo de la ubicación del emplazamiento de cada país.

Por tal razón, carece de restricciones para orientar los paneles solares al Sur, lo cual incrementa la producción de energía eléctrica. Adicionalmente, se puede identificar que existe facilidad de transporte de materiales y equipos necesarios para su construcción, nivelación del terreno, suministro de materiales pétreos y movimiento de tierra.

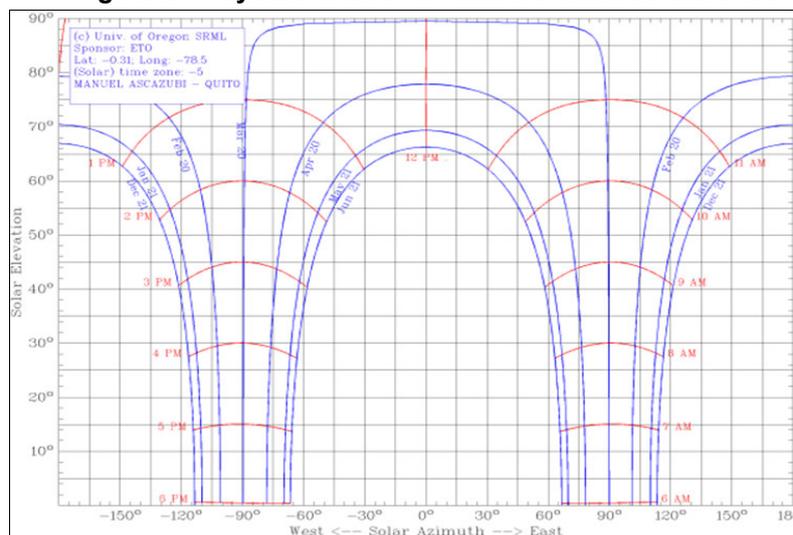
Según datos proporcionados por la “Data Access Viewer” de la Nasa, el valor promedio de irradiación global anual en la zona es de 3,96 kWhm<sup>2</sup>/día, siendo Marzo el mes con menos irradiación del año cuyo valor es 3,64 kWhm<sup>2</sup>/día.

**Figura 7: Nasa Prediction of Worldwide Energy Resources-Data Access Viewer**



Fuente: (Power Data Access Viewer, 2022)

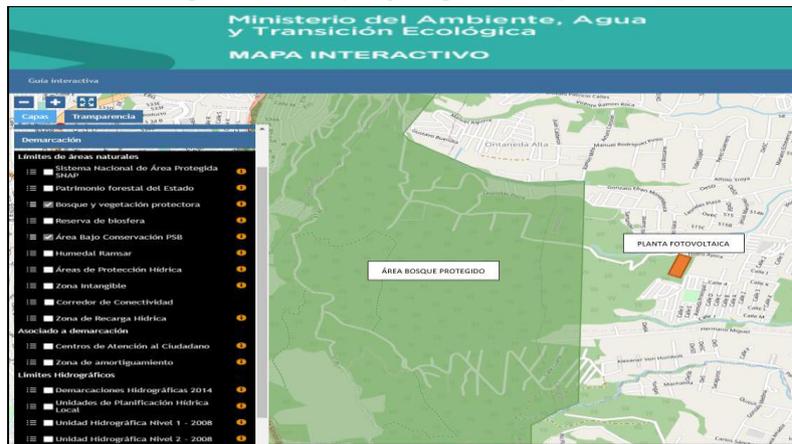
**Figura 8: Trayectoria solar en coordenadas cartesianas**



Fuente: (University Oregon Solar Radiation Monitoring Laboratory, 2022)

Mediante la plataforma interactiva del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, es posible identificar que la zona de influencia del proyecto, no se encuentra dentro de bosques y vegetación protegida por este Ministerio.

**Figura 9: Bosque y vegetación protectora**



Fuente: (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2022)

## 5.2. Descripción de la zona de influencia

La urbanización “el Manantial”, cuenta con una población promedio de 360 habitantes distribuidos en 100 viviendas multifamiliares y con una red de distribución monofásica que alimenta a cinco centros de transformación cuya potencia instalada es de 200 KVA.

La energía eléctrica que la urbanización requiere anualmente para satisfacer la demanda es de 557,500.00 Kwh/año, distribuidos de la siguiente manera:

**Tabla 3: Determinación del consumo anual de la urbanización “el Manantial”**

Número Vivienda	Consumo mensual por vivienda (Kwh/mes)	Consumo anual por vivienda (Kwh/año)	Total Consumo anual por viviendas (Kwh/año)	Total Consumo anual urbanización (Kwh/año)
15	291.67	3,500.00	52,500.00	557,500.00
30	375.00	4,500.00	135,000.00	
35	500.00	6,000.00	210,000.00	
20	666.67	8,000.00	160,000.00	

Fuente: Propia

Los habitantes de la urbanización registran pagos mensuales en torno a los \$ 40,00, por concepto de consumo de energía a la empresa distribuidora; este valor es obtenido en base al pliego tarifario vigente, aprobado por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables.

Con el análisis técnico-económico de la implantación de un sistema solar fotovoltaico, se propone subvencionar el 20% del total de energía consumida durante un año por los moradores de la urbanización, para lo cual, se procede con el dimensionamiento de manera preliminar haciendo uso de una hoja de cálculo (Excel) y una simulación en el software Pvsyst 7.2.

Como resultado, se obtuvo la proyección de implementar 4 grupos de generación fotovoltaica con una potencia instalada de 27 KWp, sistemas que permitirán cubrir el 20% del consumo anual de la urbanización.

Los grupos de generación se encuentran conformados de un total de 52 paneles solares conectados de la siguiente manera:

- Conexión en serie: 13
- Conexión en paralelo: 4

Los 52 paneles solares que conforman cada grupo de generación serán ubicados en una estructura galvanizada de soporte con plintos de hormigón para sujeción en el piso. La conexión desde el gabinete de protecciones en corriente continua de cada grupo de generación hasta llegar a la caseta de equipos se realizará de forma subterránea.

De la misma manera, se proyecta de forma subterránea el cableado que sale del sistema de medición hasta el punto de conexión de la red existente en la urbanización de la empresa distribuidora local.

### 5.3. Descripción del proyecto

#### 5.3.1. Ficha técnica resumen

A continuación, se describen las principales características de la implantación de un sistema solar fotovoltaico en la urbanización “el Manantial” ubicada en la ciudad de Quito.

**Tabla 4: Datos del sistema solar fotovoltaico urbanización “el Manantial”**

<b>Provincia:</b>	Pichincha
<b>Cantón:</b>	Quito
<b>Parroquia:</b>	Conocoto
<b>Coordenadas Ubicación</b>	Latitud: 0°18'37.34"S
	Longitud: 78°29'47.92"O
<b>Tipo de Proyecto:</b>	Solar Fotovoltaico conectado a la red & aislado
<b>Tipo de Generación:</b>	Fotovoltaica
<b>Energía media anual requerida:</b>	144,617.05 kWh/año
<b>Potencia Instalada:</b>	110.24 kW
<b>Energía media generada:</b>	159,215.80 kWh/año
<b>Número de Viviendas Beneficiarias:</b>	100
<b>Costo Total del Proyecto SIN IVA [\$]:</b>	\$141,208.81
<b>Costo del kW Instalado [\$/kW]:</b>	1,280.92 \$/kW
<b>Tiempo de Instalación [días]</b>	60
<b>Vida útil [años]:</b>	30

Fuente: Propia

### **5.3.2. Resumen ejecutivo**

El presente proyecto se ha elaborado con la finalidad de subvencionar el 20% de la demanda anual 557,500 kWh/año de la urbanización “el Manantial”, la cual se encuentra ubicada en la zona Nor-Occidental de la parroquia Conocoto, cantón Quito de la provincia de Pichincha. Esto a través de la implementación de un sistema solar fotovoltaico de 110.24 kWp cuya producción media anual es de 159,215.80 kWh/año, distribuida en un área de 1452 m<sup>2</sup> libres de obstáculos, con una inversión de \$141,208.81.

Según prescribe la Regulación Nro. ARCERNR – 013/21 “Marco normativo de la Generación Distribuida para autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica”, es factible para los 100 habitantes de la urbanización la implementación de un sistema solar fotovoltaico mediante la conexión a la red de distribución eléctrica de bajo voltaje de propiedad de la Empresa Eléctrica Quito.

### **5.3.3. Antecedentes**

Un grupo de habitantes de la urbanización “el Manantial” observaron en los medios de comunicación de la ciudad de Quito, que el Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables (MERNR) ha elaborado una Resolución dentro del sector eléctrico ecuatoriano, la cual tiene por objetivo incentivar la inversión privada para la implementación de sistemas de generación de energía eléctrica mediante el uso de fuentes de energía renovable obteniendo como consecuencia un importante porcentaje como subvención.

El tema se torna atractivo y merece un análisis profundo por parte de la mayoría de los habitantes de la urbanización, ante lo cual, el presidente de la urbanización plantea la elaboración de un proyecto con fuentes de energías renovables, tornándose atractivo para los moradores la energía solar fotovoltaica por su tasa de retorno de inversión alta, situación que verán reflejada en la planilla de consumo de energía eléctrica mensual mediante un autoabastecimiento con fuentes renovables.

Las condiciones actuales de la red convencional existente en la zona donde se encuentra situada la urbanización “el Manantial” cuenta con una red de distribución en medio voltaje con configuración monofásica, alimentando a cinco centros de transformación cuya potencia instalada es de 200 kVA.

### **5.3.4. Alcance**

Instalación de un sistema solar fotovoltaico para autoabastecimiento de la urbanización “el Manantial” conectada a la red de distribución eléctrica existente en la zona, considerando una subvención del 20% de la demanda anual de las 100 viviendas multifamiliares que conforman la urbanización. Para ello, se abordan los siguientes aspectos:

1. Análisis de la demanda en base a las necesidades energéticas.
2. Diseño del sistema solar fotovoltaico.
3. Elaboración de Presupuesto.

### 5.3.5. Normativa legal aplicada

Las normas y reglamentos que se describen a continuación establecen el procedimiento para la implementación de un sistema de generación fotovoltaica, para ser conectada a la red de distribución de bajo voltaje de propiedad de la empresa distribuidora local, situación que brindará un ahorro del 20% de energía consumida.

- Regulación Nro. 013-2021 “Marco normativo de la Generación Distribuida para autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica”
- Regulación Nro. 002-2020 referente a nivel de voltaje, perturbaciones rápidas de voltaje, distorsión armónica de voltaje, desequilibrio de voltaje entre otros.
- Plan Nacional de Eficiencia Energética, uso eficiente de la energía producida por una fuente de energía renovable.
- Procedimiento de Seguridad Industrial.

### 5.3.6. Determinación de la subvención del 20% del consumo anual

Con base a los datos de la Tabla 1, se procedió a realizar los cálculos preliminares para obtener la potencia proyectada a consecuencia de la implantación de los cuatro grupos de generación fotovoltaica.

El resumen de los resultados se puede observar en la tabla que se muestra a continuación. El análisis obtenido de la hoja de cálculo (Excel) se puede visualizar en el Apéndice 2.

**Figura 10: Análisis mediante matriz Excel del sistema solar fotovoltaico para la urbanización “el Manantial”**

RESUMEN DIMENSIONAMIENTO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED PARA LA URBANIZACIÓN EL MANANTIAL										
GRUPO DE VIVIENDA	CONSUMO PROMEDIO ANUAL (KWh/año)	CONSUMO PROMEDIO MENSUAL (KWh/mes)	CONSUMO PROMEDIO DIARIO (KWh/día)	TOTAL COMSUMO DIARIO VIVIENDAS (20%) (KWh/día)	CANTIDAD PANELES	CONEXIÓN PANELES		VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA (KW)
						SERIE	PARALELO			
1	139375	11614.58	387.15	77.43	52	13	4	640.38	53.6	27.56
2	139375	11614.58	387.15	77.43	52	13	4	640.38	53.6	27.56
3	139375	11614.58	387.15	77.43	52	13	4	640.38	53.6	27.56
4	139375	11614.58	387.15	77.43	52	13	4	640.38	53.6	27.56
	<b>557500</b>	<b>46458.32</b>	<b>1548.60</b>	<b>309.72</b>	<b>208</b>					<b>110.24</b>

Fuente: Propia

Como medio de comprobación de los datos obtenidos en la figura que antecede, se procedió a realizar una simulación usando el software PVsyst 7.2, obteniendo resultados de la implementación de un grupo de generación fotovoltaica de 27KW (Ver Apéndice 3).

### 5.3.7. Cálculo de la energía solar disponible

Para realizar el cálculo de la energía solar disponible se analiza el recurso solar, considerando que la radiación solar varía en función de la localidad geográfica, la altitud y el clima. Para evaluar la radiación solar en la urbanización “el Manantial”; se tomó como referencia la información proporcionada mediante sitio web de la NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources en coordenadas geográficas: Latitud: 0°18'37.34"S; Longitud: 78°29'47.92"O.

Según la tabla que se presenta a continuación, es posible visualizar que los datos de la radiación solar durante los doce meses del año, se encuentra con valores promedios anuales de 3.96 kWh/m<sup>2</sup>/día.

**Tabla 5: Radiación solar de los meses del año**

<b>Mes</b>	<b>Radiación solar sobre el plano horizontal (kWh/m<sup>2</sup>/día)</b>
<b>Enero</b>	4.01
<b>Febrero</b>	3.76
<b>Marzo</b>	3.64
<b>Abril</b>	3.80
<b>Mayo</b>	3.76
<b>Junio</b>	3.79
<b>Julio</b>	3.99
<b>Agosto</b>	4.25
<b>Septiembre</b>	4.29
<b>Octubre</b>	4.21
<b>Noviembre</b>	4.16
<b>Diciembre</b>	3.88
<b>Promedio</b>	<b>3.96</b>

Fuente: Propia

### **5.3.8. Propuesta del proyecto solar fotovoltaico**

La propuesta técnica del proyecto solar fotovoltaico se elabora de acuerdo a lo establecido en la normativa regulatoria ecuatoriana de distribución y análisis de factibilidad de conexión, según lo establecen las entidades pertinentes del área de la Energía Renovable y de conformidad con la planimetría de diseño.

El proyecto está constituido por un sistema solar fotovoltaico de 110.24 kWp distribuida en cuatro grupos de generación de 27 kWp de potencia de cada inversor, los cuales permitirán cubrir

el 20% de la demanda anual de la urbanización “el Manantial” con una producción de energía media anual de 159,215.80 kWh/año.

Los grupos de generación estarán conformados por 52 paneles solares con una potencia de 530Wp, los cuales serán conectados mediante configuraciones de 4 Strings de 13 paneles cada uno (Ver Apéndice 4).

A la salida de los grupos de generación fotovoltaica se proyecta ubicar un gabinete de acero galvanizado para alojar las protecciones en corriente continua.

Además una caseta de control, cuya construcción se planifica mediante estructura de hormigón armado y tabiquería de ladrillo, misma que aloja en su interior cuatro Inversores de red marca FRONIUS de 27kW/220V, con salida en corriente alterna.

### **5.3.9. Especificaciones generales del equipamiento**

El sistema solar fotovoltaico está compuesto principalmente de: inversores, paneles solares, estructuras de fijación, protecciones eléctricas, sistemas de medición y monitoreo remoto; componentes que se describen a continuación.

#### **5.3.9.1 Inversor**

El inversor es el componente tecnológico más importante de todo el sistema solar fotovoltaico, debido a su funcionamiento, siendo el encargado de convertir la corriente continua generada en las células solares en corriente alterna para ser usada en la red de distribución. Además, se encarga de gestionar de manera inteligente el sistema, así como la monitorización del rendimiento y de la gestión con la red (Horikoshi, 2009).

**Figura 11: Inversor Fronius ECO 27 kW**



**Fuente:** (Fronius, 2022)

En las tablas que se muestran a continuación se encuentran las principales características de los inversores a ser proyectados en el sistema solar fotovoltaico para la urbanización “el Manantial”.

**Tabla 6: Datos de entrada equipo Fronius**

Descripción	Datos técnicos
Número de seguidores MPP	1
Máxima corriente de entrada ( $I_{dc \text{ máx}}$ )	47,7 A
Máxima corriente de cortocircuito	71,6 A
Rango de tensión de entrada CC ( $U_{cc \text{ mín.}} - U_{cc \text{ máx.}}$ )	580 - 1000 V
Tensión CC mínima de puesta en marcha ( $U_{dc \text{ arranque}}$ )	650 V
Tensión de entrada nominal ( $U_{dc,r}$ )	580 V
Rango de tensión MPP ( $U_{mpp \text{ mín.}} - U_{mpp \text{ máx.}}$ )	580 - 850 V
Rango de tensión de punto de rendimiento máximo utilizable	580 - 850 V
Número de entradas CC	6
Máxima salida del generador FV ( $P_{cc \text{ máx.}}$ )	37,8 kW <sub>peak</sub>

Fuente: Propia

**Tabla 7: Datos de salida del equipo Fronius**

Descripción	Datos técnicos
Potencia nominal CA ( $P_{ac,r}$ )	27 kW
Máxima potencia de salida ( $P_{ac \text{ máx}}$ )	27 kVA
Corriente de salida CA ( $I_{ca \text{ nom}}$ )	40,9 / 39,1 A
Acoplamiento a la red ( $U_{ca,r}$ )	3~ NPE 400/230, 3~ NPE 380/220 V
Rango de tensión CA ( $U_{mín.} - U_{máx.}$ )	150 - 275 V
Frecuencia ( $f_r$ )	50 / 60 Hz
Rango de frecuencia ( $f_{mín.} - f_{máx.}$ )	45 - 65 Hz
Coefficiente de distorsión no lineal	< 2 %
Factor de potencia ( $\cos \varphi_{ac,r}$ )	0 - 1 ind./cap,

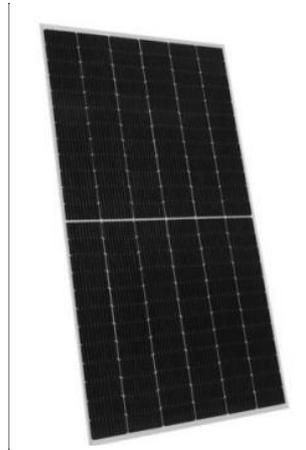
Fuente: Propia

### 5.3.9.2 Panel Solares

Los paneles solares están constituidos principalmente de células fotovoltaicas, las cuales se encuentran asociadas eléctricamente entre sí, en configuración serie y paralelo, mecanismos

con lo que se consigue el voltaje y la intensidad adecuada para su utilización e implementación de conformidad a requerimiento y condiciones del proyecto (IM2, 2014).

**Figura 12: Panel solar TR 72M 520-540W-Mono-Facial**



Fuente: (JinkoSolar, 2022)

En la siguiente tabla se describen las principales características del panel solar seleccionado para implementar en el proyecto fotovoltaico de la urbanización “el Manantial”, siendo este de la marca JINKO SOLAR, modelo TR 72M 520-540W tipo mono facial.

**Tabla 8: Características del panel solar.**

Descripción	Datos técnicos
Máxima Potencia @ STC, P <sub>máx</sub>	530 Wp
Eficiencia del panel	20.96%
Voltaje de máxima potencia, V <sub>mpp</sub>	40.74
Corriente de máxima potencia, I <sub>mpp</sub>	13.01
Corriente de cortocircuito I <sub>sc</sub>	13.69
Voltaje circuito abierto Voc	49.26
Superficie (m <sup>2</sup> )	2.52
Tipo de célula	Silicio monocristalino
Peso	28.9kg(63.71lbs)

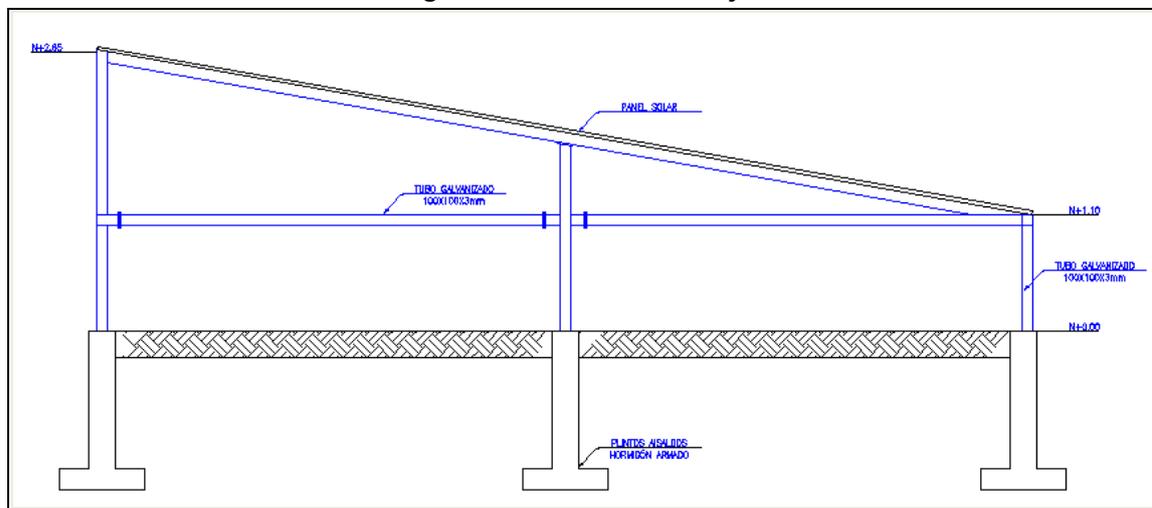
Fuente: JinkoSolar

### 5.3.9.3 Estructura de fijación

Las estructuras sobre las que se proyecta el montaje de los paneles solares tienen la función principal de servir de soporte y fijación, así como de darles una orientación e inclinación

adecuada para captar la mayor radiación posible. Esta estructura estará constituida en su mayoría por aluminio, acero galvanizado o acero inoxidable, componentes que permiten establecer una estimación de vida útil superior a los 25 años.

**Figura 13: Estructura de fijación**



Fuente: Propia

#### 5.3.9.4 Protecciones eléctricas

En Solartik (2020) se hace referencia a que los sistemas solares fotovoltaicos necesitan de la proyección de equipos que brinden protección en el lado de corriente continua y alterna, mismas que deben ser coordinadas considerando la capacidad de los grupos de generación y todo el sistema como tal. Se proceden a describir las principales protecciones:

- Los Interruptores Termomagnéticos DC, ubicados en la caja de conexiones de cada arreglo fotovoltaico, permite además proteger al grupo de generación, realizar las acciones de maniobra para la conexión y desconexión de los mismos, a fin de realizar operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Los Interruptores Termomagnético AC, son dispositivos de protección de las instalaciones eléctricas de AC del sistema fotovoltaico que permiten la desconexión del sistema fotovoltaico de punto de conexión.

Independientemente a las protecciones antes mencionadas, el inversor lleva internamente protecciones en el lado CC/CA.

#### 5.3.9.5 Sistema de medición y monitoreo remoto

De acuerdo a lo establecido en la Regulación Nro. ARCERNNR – 013/21, se instalará un equipo de medida para cuantificar la energía inyectada a la red eléctrica por parte del sistema solar fotovoltaico.

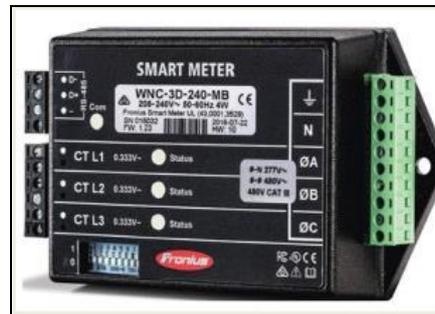
Los inversores dispondrán de un monitoreo para registro de la energía producida, control de parámetros propios del inversor y los de la red.

Dentro del equipamiento de monitoreo, se dispone de un Datamanager que es medio de comunicación entre inversores Fronius. A través de la conexión a Internet mediante LAN o WLAN. El equipo Fronius Datamanager transmite datos del sistema solar fotovoltaico de manera Online proporcionando en todo momento una vista general de su funcionamiento.

El equipo Fronius Smart Meter 240V-3 UL es un complemento del Datamanager, cuya función de registrar valores bidireccionalmente, permite optimizar el autoconsumo y registrar curvas de carga de la instalación sistema fotovoltaico.

Con las mediciones de alta precisión y comunicación rápida a través de la interfaz Modbus RTU, el control de alimentación dinámico es más rápido y más preciso al imponer límites de alimentación que con los medidores S0. El Fronius Smart Meter presenta una visión general clara del consumo de energía dentro del hogar o de la industria (Fronius, s.f.).

**Figura 14: Smart Meter**



**Fuente:** (Fronius, 2022)

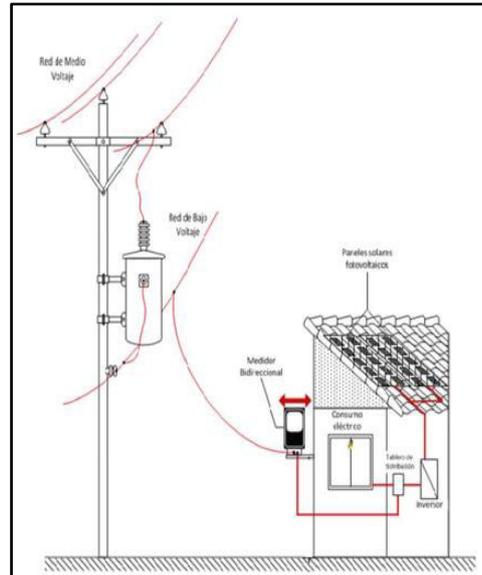
Las características del Fronius Smart Meter 240V-3 UL son las siguientes:

- Voltaje de línea: -20% al  $\pm 15\%$  ( $V_n$ )
- Fp: 1.0
- Frecuencia: 48-62 ( $H_z$ ).
- Temperatura ambiente:  $23\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\%$
- Corriente CT: 5%- 100% ( $I_n$ )
- Precisión de lectura:  $\pm 0,5\%$

### **5.3.9.6 Esquema de conexión a la red de distribución**

El sistema de energía solar fotovoltaica se conectará al tablero de distribución en bajo voltaje, según imagen mostrada a continuación, en la cual se describe de manera esquemática la conexión correspondiente.

**Figura 15: Esquema de conexión del SFV**



Fuente: (Regulación Nro. Arconel-003/18, 2018)

#### **5.4. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico aislado**

Un sistema fotovoltaico aislado es aquel que permite generar electricidad, sin considerar una conexión a la red, y basa su funcionamiento en baterías y un regulador con el objetivo de cubrir la demanda requerida. Otra característica de estos sistemas es que son de baja potencia, los cuales son comúnmente usados para zonas o áreas rurales donde no es posible llegar con redes convencionales de energía eléctrica.

Las cargas que estos sistemas alimentan son principalmente domésticas en corriente alterna (AC), lo que requiere que el sistema cuente con un inversor que convierta la energía generada en los módulos fotovoltaicos de CC/AC.

Para el dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico aislado se debe considerar el consumo promedio de energía de manera diaria, estimar la irradiación mensual de la zona, calcular la potencia del generador fotovoltaico (número de paneles y conexión) y selección de baterías, regulador e inversor.

##### **5.4.1. Cálculo de la Instalación**

El cálculo del sistema solar fotovoltaico aislado servirá para brindar el suministro eléctrico a la caseta de control ubicada junto al sistema fotovoltaico conectado a red.

##### **5.4.2. Determinación de la demanda**

La demanda de energía eléctrica establecida para la caseta de control del sistema solar fotovoltaico aislado se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 9: Determinación de la demanda en caseta de control

ITEM	Descripción del equipo	Nº de equipos	Potencia unitaria (W)	Potencia Total (W)	Uso diario (horas/día)	Uso semanal (días/semana)	Factor ponderación semanal	Consumo diario (Wh/día)
A	B	C	D	E = CxD	F	G	H =G/7	I=ExFxH
1	Foco LED 20W	3	20	60	3.0	7	1	180.00
2	Portátil 100W	1	100	100	4.0	7	1	400.00
<b>Subtotal</b>				<b>160.00</b>				<b>580.00</b>
<b>Demanda total CC (Wh/día)</b>								<b>580.00</b>
<b>Factor seguridad</b>								<b>1.554</b>
<b>Demanda diseño (Wh/día)</b>								<b>901.32</b>
<b>Demanda diseño (kWh/mes)</b>								<b>27.04</b>

Fuente: Propia

#### 5.4.3. Cálculo de la energía solar disponible

La radiación solar requerida para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico aislado se toma como referencia los valores indicados en la Tabla 5: Radiación solar de los meses del año.

#### 5.4.4. Diseño del sistema fotovoltaico aislado

El diseño se elabora de acuerdo a lo estipulado en la Homologación de Unidades de Propiedad para Sistemas Fotovoltaicos Aislados del MERNNR. El sistema solar fotovoltaico considera para el dimensionamiento un voltaje de generación de 12V-DC y 120V-AC para cubrir la carga o demanda total de la caseta de control.

Para lo cual, a continuación, se considera el cálculo del número de paneles, selección de regulador, baterías e inversor.

#### 5.4.5. Cálculo del número de paneles solares

La determinación de la cantidad de paneles solares requeridos para solventar la demanda energética de 901.32 Wh/día, se obtiene mediante la aplicación de la fórmula (1).

$$P_{min_{gen}}(W) = \frac{\text{Consumo}\left(\frac{Wh}{\text{día}}\right)}{HSP \times PR} \quad (1)$$

Dónde:

$P_{min_{gen}}(W)$ : Potencia mínima del generador fotovoltaico expresada en W

$\text{Consumo}\left(\frac{Wh}{\text{día}}\right)$ : Consumo eléctrico diaria expresado Wh/día

$HSP$  : Radiación solar expresada en Horas Solares Pico

$PR$ : Rendimiento del sistema 0,7

Para la configuración eléctrica de los paneles solares, una vez calculada la potencia mínima, es necesario consultar las especificaciones técnicas del panel fotovoltaico:

- Potencia máxima pico del panel fotovoltaico ( $P_{m\acute{a}x}$ ).
- Tensión de máxima potencia ( $V_{mp}$ ).
- Intensidad de máxima potencia ( $I_{mp}$ ).

Como resultado de la aplicación de las fórmulas (2) y (3) se obtiene la cantidad de paneles solares y la conexión de los mismos sean estos en serie o en paralelo.

$$N_s = \frac{V_{nom, sis}}{V_{mp}} \quad (2)$$

$$N_p = \frac{P_{min, gen}}{N_s \cdot P_{mp}} \quad (3)$$

Dónde:

$N_s$ : Número de paneles conectados en serie

$N_p$ : Número de paneles conectados en paralelo

$V_{nom, sis}$ : Tensión nominal del sistema

$V_{mp}$ : Tensión del punto de máxima potencia del panel fotovoltaico

$P_{mp}$ : Potencia pico en Standard Test Conditions (STC)

Tanto para el  $N_s$  como para el  $N_p$ , se elegirá el entero superior, asegurando así el suministro eléctrico en la situación más desfavorable del año.

Una vez conocida la configuración eléctrica de los paneles solares, a través de la fórmula (4), se conocerá la potencia pico de la instalación.

$$P_{gen} = N_s \cdot N_p \cdot P_{mp} \quad (4)$$

Dónde:

$P_{gen}$ : Potencia del generador fotovoltaico

#### 5.4.6. Cálculo del sistema acumulador

Para la elección del sistema acumulador (banco de baterías), se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

Profundidad de descarga. PD = 70%

Al considerar el uso de la instalación a diario y dadas las condiciones de radiación, el número de días mínimo de autonomía será igual a 3.

$$Cacum(Ah) = \frac{Consumo\left(\frac{Wh}{dia}\right) \cdot N}{Vnom, sis \cdot PD} \quad (5)$$

Dónde:

$Consumo\left(\frac{Wh}{dia}\right)$ : Consumo eléctrico diario expresado en kWh/día

$N$ : Número de días de autonomía

$Vnom, sis$ : Tensión nominal del sistema

$PD$ : Profundidad de descarga (%)

Para establecer la configuración eléctrica del sistema acumulador, se necesita obtener los siguientes datos de las especificaciones técnicas de la batería seleccionada.

- Capacidad de cada batería (Ah)
- Número de vasos que conforman cada batería

$$Ns = \frac{Vnom, sis}{Vvaso} \quad (6)$$

$$Np = \frac{Cacum}{Cbat} \quad (7)$$

Dónde:

$Ns$ : Número de vasos a conectar eléctricamente en serie

$Np$ : Número de baterías a conectar eléctricamente en paralelo.

#### 5.4.7. Selección del regulador

Conocida la configuración eléctrica del sistema fotovoltaico aislado, se podrán establecer las características mínimas del regulador; para esto es necesario la obtención de los siguientes datos de las especificaciones técnicas de los reguladores existentes en el mercado:

- Tensión nominal del regulador,
- Tensión en circuito abierto,
- Intensidad de entrada.

Aplicando las fórmulas (8), (9) y (10), se puede seleccionar el regulador de carga más adecuado para el sistema fotovoltaico aislado.

$$Vreg = Vnom, sis \quad (8)$$

$$Voc, reg \geq Voc, gen \quad (9)$$

$$Ireg \geq 1,25 \cdot Isc, gen \quad (10)$$

Dónde:

$V_{reg}$ : Tensión de entrada del regulador

$V_{oc,reg}$ : Tensión en circuito abierto del regulador

$V_{oc,gen}$ : Tensión en circuito abierto del generador fotovoltaico, ( $N_s \cdot V_{oc}$ )

$I_{reg}$ : Intensidad de entrada del regulador

$I_{sc,gen}$ : Intensidad de cortocircuito del generador fotovoltaico, ( $N_p \cdot I_{sc}$ )

#### 5.4.8. Selección del Inversor

Para determinar la potencia del inversor se aplica la fórmula (11), donde se utilizará un margen de seguridad del 20%, el cual nos permite garantizar el funcionamiento del inversor a momento de pico de arranque de la carga instalada.

$$P_{inv} = S_{inv} \cdot P_{ac} \quad (11)$$

Dónde:

$S_{inv}$ : Margen de seguridad del inversor (20%)

$P_{ac}$ : Potencia de las cargas en alterna de los equipos (W)

Para la sección del inversor, se debe considerar las siguientes recomendaciones:

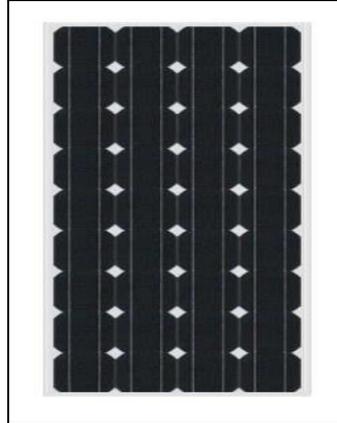
- El inversor (onda senoidal pura).
- La potencia nominal continua  $\geq 250VA$
- La tensión de entrada de corriente continua nominal desde el banco de baterías debe ser de 12Vdc
- El consumo en ON sin carga debe ser máximo de 8W
- El voltaje de salida del inversor hacia la carga debe ser de  $120V_{ca} \pm 5\%$
- La frecuencia de operación será de  $60Hz \pm 1 Hz$
- La eficiencia típica del inversor será de  $\geq 91\%$
- La distorsión armónica THD menor a 5%

#### 5.4.9. Resultados del diseño de sistema fotovoltaico aislado

El sistema solar fotovoltaico aislado dimensionado para la caseta de control está constituido por los siguientes elementos:

1. Tres paneles solares marca Tynsolar de 85W de generación.

**Figura 16: Panel solar fotovoltaico**



**Fuente:** Trynsolar

2. Una estructura de soporte mecánica para los paneles solares.

**Figura 17: Estructura soporte**



**Fuente:** Propia

3. Dos baterías marca AOKLY de 150 Ah Tipo GEL, libre de mantenimiento de ciclo profundo de 12V nominales.

**Figura 18: Batería Renova 12V-150<sup>a</sup>**



**Fuente:** renova-energia

4. Un regulador de carga de MPPT 10A/ 12V marca Victron.

**Figura 19: Regulador de carga MPPT**



**Fuente:** victronenergy

5. Un inversor para transformar la corriente CC/AC de 12Vdc salida 120Vac /60Hz/  $\geq$  a 250VA que alimenta a las cargas

**Figura 20: Inversor Phoenix 12V/250VA**



**Fuente:** (victronenergy)

6. Protecciones en el lado de corriente continua DC
7. Instalaciones Internas de la casa de control (incluye cables, elementos de protección, interruptores, boquillas, accesorios y cajas de conexión).
- Tres luminarias tipo LED 20W.
  - Un ordenador con una potencia de 100 W.
8. Diagrama unifilar de conexiones (Ver Apéndice 5)

Para confirmar los datos obtenidos a través de las fórmulas aplicadas, se realizó una simulación de un sistema aislado en el software PVsyst 7.2. (Ver Apéndice 6)

### 5.5. Presupuesto referencial

El diseño de proyectos con componentes de la ingeniería civil y eléctrica, demanda de un análisis del presupuesto y su correspondiente análisis de precios unitarios de los rubros que implican la ejecución del mismo, situación que además genera cierta particularidad, puesto que para el cálculo deben analizarse las condiciones propias del proyecto, las cuales implican tener presentes consideraciones desde la ubicación, el tiempo y el lugar de implementación, y aspectos financieros que permitirán una aproximación del costo real entorno a la ejecución del proyecto.

Para la elaboración de los precios unitarios se consideran los siguientes criterios:

- Estado actual de los costos, referenciados a enero de 2022.
- Para el desarrollo del proyecto durante la etapa de construcción se considerará la contratación de un 30% de personal femenino.
- Los costos relacionados a la mano de obra calificada se encuentran sujetos a los salarios del sector de la construcción del 2022, emitidos por la Contraloría General del Estado.
- Todos los componentes de los precios unitarios no contemplan el 12% del Impuesto al valor agregado I.V.A
- Las cantidades o volúmenes de obra estimada son el resultado del diseño proyectado.

De lo elaborado se obtiene un presupuesto equivalente a \$ 141,208.81 (Ver Apéndice 7), el cual involucra los análisis referenciales de los costes directos: mano de obra, equipos y de materiales, así como los costos indirectos necesarios para la ejecución de los rubros de obras civiles y eléctricos necesarios para la implementación del sistema solar fotovoltaico.

## **5.6. Estudio de rentabilidad del sistema solar fotovoltaico**

El análisis económico brinda la información necesaria para emitir un juicio o una decisión, teniendo en cuenta los costos directos, indirectos, impuestos y rendimientos de la inversión, además de las externalidades, como los permisos y estudios ambientales. Sin embargo, es importante considerar el propósito y alcance de un análisis particular desde el principio porque esto definirá el rumbo a seguir. La perspectiva del análisis es importante, ya que a menudo define el enfoque que se utilizará.

En algunos casos, es posible utilizar atajos que reducen la cantidad de detalles necesarios y permiten el uso de datos medios en lugar de cálculos detallados año por año. Los abordajes muy gruesos pueden ser adecuados para casos en los que los resultados son claros o donde los estudios detallados no son necesarios.

Ningún análisis será válido si no se basa en datos sólidos y consistentes, tanto de recurso solar como de estimación de la producción de energía. Del mismo modo, el análisis debe realizarse sobre políticas macroeconómicas y microeconómicas relevantes y coherentes.

Este apartado será profundizado a mayor detalle en el capítulo 7 de este documento.

### **5.6.1. Cronograma de ejecución**

El cronograma valorado de trabajo se realiza en función de cada uno de los rubros incorporados en el presupuesto referencial.

Se establece mediante el Apéndice 8 un tiempo de ejecución requerido de 3 meses, contemplando trabajos de obra civil y eléctrico dentro del sistema solar fotovoltaico.

### **5.6.2. Cálculo de la reducción de emisiones de CO2**

Para determinar la disminución de CO2 emitidos al ambiente:

La utilización de los coeficientes del Anexo II de la Orden de la convocatoria de subvenciones de eficiencia energética y Energías Renovables de La Región de Murcia del año 2019 (ESlrenovable,2020).

Los valores se reflejan en la siguiente tabla:

**Tabla 10: Factores de conversión de energía eléctrica**

	ENERGÍA (FINAL)	ENERGÍA (PRIMARIA)	EMISIONES
<b>Energía Eléctrica General</b>	0.08 ( <i>tep/MWh</i> )	0.19 ( <i>tep/MWh</i> )	3.84 ( <i>tep/MWh</i> )
<b>Energía Eléctrica Baja Tensión</b>	0.08 ( <i>tep/MWh</i> )	0.20 ( <i>tep/MWh</i> )	4.05 ( <i>tep/MWh</i> )

Fuente: (Eslrenovables, 2020)

La producción eléctrica del sistema solar fotovoltaico se realiza en baja tensión, por lo que utilizaremos ese dato de referencia para tomar del Anexo II los valores correspondientes.

El factor de conversión de 0.20 (*tep/MWh*) de energía final y las emisiones de 4.05 (*TCO2/tep*).

A partir de estos datos, obtenemos las toneladas equivalentes de petróleo no consumidas y las (*TCO2*) que se ha evitado emitir.

En la Tabla 11, se presentan los resultados de las emisiones de CO2 evitadas por un sistema solar fotovoltaico de 110.24 kWp.

**Tabla 11: Resultados cálculo emisión de CO2**

TIEMPO	PRODUCCION (MWh)	Tep Ahorradas	TCO2 evitadas
Anual	159.22	31.84	644.82

Fuente: Propia

Como se puede apreciar, la producción anual de la instalación fotovoltaica a inyectar a la red de la empresa distribuidora es de 159.22 MWh al año y toneladas de CO2 evitadas son 664.82.

### 5.6.3. Manual de mantenimiento para el sistema solar fotovoltaico

El objeto del presente manual de mantenimiento dirigido para el personal encargado de monitorear el sistema solar fotovoltaico es establecer una serie de actividades que garanticen una mayor productividad del sistema solar fotovoltaico y que su vida útil cumpla los 30 años de funcionamiento.

Con los mantenimientos correctivos y preventivos considerados en este manual, se minimizan las suspensiones de operación y costos asociados a dichas fallas.

### **5.6.3.1 Definiciones**

#### a) Seguridad y equipo de trabajo

Los mantenimientos solo pueden realizarse por el personal capacitado, en ningún momento se debe permitir la manipulación de los equipos por parte del personal no autorizado. Además, se utilizarán herramientas y materiales adecuados para las tareas de mantenimiento.

Es necesario utilizar los equipos de protección y ropa de trabajo adecuada para realizar cualquier tipo de mantenimiento (casco, guantes, gafas, ropa adecuada, etc.). Se debe prestar atención a la señalética o las instrucciones indicadas en los equipos.

#### b) Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimientos tiene por objetivo evitar o reducir las consecuencias por fallo o averías en el sistema fotovoltaico, pudiendo prevenirlas antes de que ocurran. Con este plan de mantenimiento es posible identificar los tipos de fallas repetitivas, disminuir los puntos muertos por paradas, disminuir costos de reparaciones, etc.

En términos generales, el mantenimiento de tipo preventivo asegura las condiciones operativas, durabilidad y confiabilidad de un elemento o equipo. Un plan de mantenimiento que es correctamente estructurado y ejecutado reduce en gran medida el número de fallos presentes en una instalación y sus posibles consecuencias (Sánchez, 2020).

#### c) Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es el tipo de mantenimiento efectuado una vez que ha ocurrido una falla o avería de alguna de las partes del equipo, a fin de recuperar la operatividad del sistema. Es decir, su utilización ocurre cuando resulta imposible predecir o prevenir una falla (Florencio, Gayosso y Hernández, 2017, p. 04).

Cuando ocurre una falla, entra en funcionamiento el mantenimiento correctivo el cual inicia con un diagnóstico para determinar la causa del fallo y de ese modo tomar las acciones correctivas adecuadas que permitan evitar recurrencias.

### **5.6.3.2 Mantenimiento preventivo del sistema solar fotovoltaico**

El mantenimiento del sistema solar fotovoltaico se realiza en base a las recomendaciones descritas a continuación y siguiendo la cronología respectiva:

#### a) Mantenimiento de paneles solares

Los paneles fotovoltaicos requieren muy poco mantenimiento y rara vez presentan problemas.

La suciedad que se acumula puede reducir su rendimiento en un 5%, las capas de polvo, hojas, ramas, excremento de pájaros o insectos pueden ocasionar una reducción de potencia significativamente.

Las labores de limpieza se deben realizar bimensualmente. Esta limpieza se realizará con agua y equipos especializados para su limpieza, preferiblemente en días nublados con baja radiación solar, a fin de evitar cambios bruscos de temperatura entre el agua y el panel.

Adicionalmente, se debe supervisar que ninguna célula fotovoltaica se encuentre en mal estado, se puede utilizar una cámara termográfica para verificar los puntos calientes del panel que se encuentran fuera del rango de temperatura establecido por el fabricante.

De forma obligatoria, las siguientes tareas de mantenimiento ser realizadas parte del personal encargado del sistema solar fotovoltaico.

**Tabla 12: Actividades de mantenimiento**

Actividades	Tareas	Frecuencia	Recursos	Recomendación
Limpieza periódica	Retirar obstáculos que hagan sombra sobre los módulos	Bimensual	El que sea necesario según el obstáculo	No usar agentes abrasivos ni instrumentos metálicos que rayan el vidrio. Hacerlo cuando exista baja radiación solar. (días nublados)
	Limpiar la parte expuesta a los rayos solares	Bimensual	Agua, Trapo Húmedo	
Verificar Posibles Degradaciones o daños físicos	Controlar que ninguna célula se encuentre en mal estado	Bimensual	Inspección utilizando una cámara infrarroja	Debe haber ausencia de deformaciones o roturas
	Verificar que el marco de aluminio del panel solar se encuentra en buenas condiciones	Bimensual	Inspección visual	

**Fuente:** Propia

#### b) Mantenimiento de los inversores

El inversor al ser un equipo frágil de la instalación fotovoltaica requiere un mantenimiento más minucioso.

El polvo e insectos son los peores enemigos de los equipos electrónicos, por lo tanto, la suciedad que pueda acumularse en los equipos puede causar serias obstrucciones en la ventilación. Las labores de limpieza del inversor se deben realizar mensualmente usando una brocha.

A continuación, se resume la tarea que debe realizar el personal encargado del sistema solar fotovoltaico:

**Tabla 13: Mantenimiento de Inversores**

Actividades	Tareas	Frecuencia	Recursos	Recomendación
Limpieza periódica	Limpieza del inversor liberando el sistema de ventilación del polvo e insectos	Mensual	Brocha	Usar equipos de protección personal
Toma de datos	Mediciones parámetros eléctricos (Voltaje, corriente, frecuencia, potencia, energía)	Diaria	Voltímetro, Medidor calidad de la energía	Usar equipos de protección personal

Fuente: Propia

c) Control y limpieza de la estructura de soporte de los paneles fotovoltaicos

El mantenimiento se debe realizar semestralmente y consiste en:

- Comprobación de fisuras y deformaciones.
- Verificación del anclaje de la estructura. Para ello se comprobará que los tornillos se encuentren bien apretados; en caso de que no, se deberá ajustar con la herramienta designada a tal fin. Si uno de los elementos de fijación presenta defectos, se sustituirá por otro nuevo.
- Comprobar que en las bases de los soportes no exista acumulación de agua.
- Comprobar visualmente los cables y conexiones, estas deben estar como al inicio de la instalación.
- Limpieza con trapo húmedo y cepillo de cerdas suaves para desincrustar suciedad.

d) Registro de mantenimientos

Luego de realizar el proceso de mantenimiento, el personal sistema solar fotovoltaico deberá registrar las tareas realizadas en un libro de diario de mantenimiento.

**5.6.3.3 Mantenimiento correctivo del sistema solar fotovoltaico**

Este mantenimiento se aplicará únicamente cuando por eventos no planificados, debido a fallas en la instalación.

Los trabajos de mantenimiento correctivo serán realizados por personal calificado, o a su vez se debe contratar una empresa de mantenimiento, encargada de realizar todas las reparaciones necesarias para la puesta en operación del sistema solar fotovoltaico.

La empresa debe contar con certificaciones autorizadas por los fabricantes que suministran los equipos, caso contrario, puede dar lugar a la cancelación de la garantía técnica de los equipos, por negligencias en las labores de mantenimiento.

A fin de coordinar la apertura del interruptor principal ubicado en el punto de conexión con la red y siempre que se realice un mantenimiento correctivo, será necesario reportar a la empresa distribuidora que se procederá con la salida de operación del sistema solar fotovoltaico.

## 6. SISTEMA SOLAR TÉRMICO PARA ACS & CALEFACCIÓN

### 6.1. Dimensionamiento del sistema solar térmico para ACS & Calefacción

Para el dimensionamiento de este tipo de tecnología se consideró un grupo de 100 viviendas, las cuales requieren el suministro de ACS y Calefacción, considerando para el efecto una vivienda tipo de 2 habitantes, la cual dispone de 5m<sup>2</sup> de superficie.

El estudio requiere calcular la demanda de ACS y Calefacción para este tipo de viviendas, ubicadas en la Urbanización “el Manantial”.

### 6.2. Descripción de la zona de influencia

La urbanización “el Manantial”, cuenta con una población promedio de 360 habitantes distribuidos en 100 viviendas multifamiliares de 2, 3, 4 y 5 habitantes, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 14: Número de viviendas

Nº de hab. en la vivienda	Nº de viviendas
2	15
3	30
4	35
5	20
<b>TOTAL:</b>	<b>100</b>

Fuente: Propia

Las viviendas unifamiliares en su mayoría disponen de cubiertas con una inclinación de 10 grados, permitiendo proyectar en la ubicación captadores solares planos o con tubos de vacío.

La energía térmica requerida por la urbanización para los sistemas de ACS y calefacción según la cantidad de viviendas descritas en la Tabla 14 es de 587,397.60 kWh y 270,000.00 kWh respectivamente, las cuales se distribuyen de la siguiente manera:

Tabla 15: Determinación de la demanda de ACS y calefacción de la urbanización “el Manantial”

Número de habitantes	Cantidad de viviendas	Demanda ACS por Número de habitantes	Demanda ACS-Total (kWh)	Demanda calefacción por cantidad de habitantes	Demanda Calefacción-Total
2	15	3,263.32	48,949.80	1,500.00	22,500.00
3	30	4,894.88	146,849.40	2,250.00	67,500.00
4	35	6,526.64	228,432.40	3,000.00	105,000.00
5	20	8,158.30	163,166.00	3,750.00	75,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>22,843.24</b>	<b>587,397.60</b>	<b>10,500.00</b>	<b>270,000.00</b>

Fuente: Propia

### 6.3. Dimensionamiento de la demanda energética

Para determinar la demanda energética necesaria para producir ACS y calefacción, este proyecto se basó en la norma INEN: Sistemas de Calentamiento de Agua con Energía Solar para uso sanitario en el Ecuador y realizamos el dimensionamiento para una vivienda tipo de 2 habitantes en un área de 50m<sup>2</sup> de construcción y una superficie de cubierta de 5m<sup>2</sup>.

La demanda de litros ACS/día se calcula mes a mes, según la tabla de necesidades de ACS:

Tabla 16: Necesidades de ACS

DEMANDA DE CONSUMO	LITROS ACS/DÍA A 55°C	LITROS ACS/DÍA A 60°C	
VIVIENDAS UNIFAMILIARES	80	30	POR PERSONA
VIVIENDAS MULTIFAMILIARES	55	22	POR PERSONA
HOSPITALES Y CLÍNICAS	100	55	POR CAMA

NOTA: Sistema de calentamiento de agua con energía solar para uso sanitario en el Ecuador

Fuente: (INEN, 2009)

A través de la ecuación (12) se determina la demanda energética en KWh.

$$LTOT = C \left( \frac{\text{litros}}{\text{personas y día}} \right) NH \cdot NM \cdot \rho_{H2O} \cdot C_{\rho H2O} \cdot (TACS - Tred) \quad (12)$$

Donde:

$\rho_{H2O}$  = densidad Agua.

$C_{\rho H2O}$  = capacidad calorífica del agua (4,18 kJ/Kg · K).

NM = número de usuarios.

$(TACS - Tred)$  = salto térmico, temperatura del agua de la red y temperatura del ACS deseada.

Para fines del proyecto se establecerá un valor de 47°C.

A través de la ecuación (13) se calcula la radiación sobre la superficie inclinada, para el presente proyecto se consideró los valores estipulados en la norma INEN 2009, y utilizando los datos de la tabla 6, se determina la media mensual de radiación diaria sobre la superficie del captador solar.

$$\overline{HT} = k \cdot \overline{H} \quad (13)$$

Donde  $\overline{H}$  es la media mensual diaria de radiación sobre una superficie horizontal y el valor de k surge a partir de las tablas anexadas a continuación:

**Tabla 17: Valor k según latitud y meses del año**

LATITUD: 0°												
Incli.°	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.02	1.01	1	0.98	0.97	0.96	0.97	0.98	1	1.01	1.02	1.02
10	1.03	1.01	0.99	0.96	0.93	0.92	0.93	0.95	0.99	1.02	1.04	1.04
15	1.04	1.01	0.97	0.92	0.88	0.87	0.88	0.92	0.97	1.02	1.05	1.05

Fuente: (INEN, 2009)

Con los datos descritos en el apartado y considerando una inclinación del captador solar de **10 grados**, se procede a ingresar la información en la hoja de datos generales de la plantilla de Excel "Demanda energética de ACS y calefacción".

Los resultados de la demanda de ACS, Calefacción y corrección de la radiación solar requerida se observan en la Tabla 18.

**Tabla 18: Cálculo de la demanda de ACS para 2 habitantes**

MES	N (días/mes)	TAF (°C)	De mes ACS (kWh)	De mes CALEF. (kWh)	El día (kWh/m2)
Ene	31	11.6	278.74	127.90	4.13
Feb	28	11.9	250.21	114.81	3.80
Mar	31	11.8	277.59	127.37	3.60
Abr	30	11.8	268.63	123.26	3.65
May	31	11.9	277.01	127.11	3.50
Jun	30	12.1	266.96	122.50	3.49
Jul	31	11.8	277.59	127.37	3.71
Ago	31	12.2	275.29	126.32	4.04
Sep	30	11.8	268.63	123.26	4.25
Oct	31	11.6	275.29	127.90	4.29
Nov	30	11.5	268.63	124.03	4.33
Dic	31	11.5	278.74	128.17	4.04
<b>AÑO</b>	<b>365</b>	<b>11.8</b>	<b>3263.32</b>	<b>1500.00</b>	

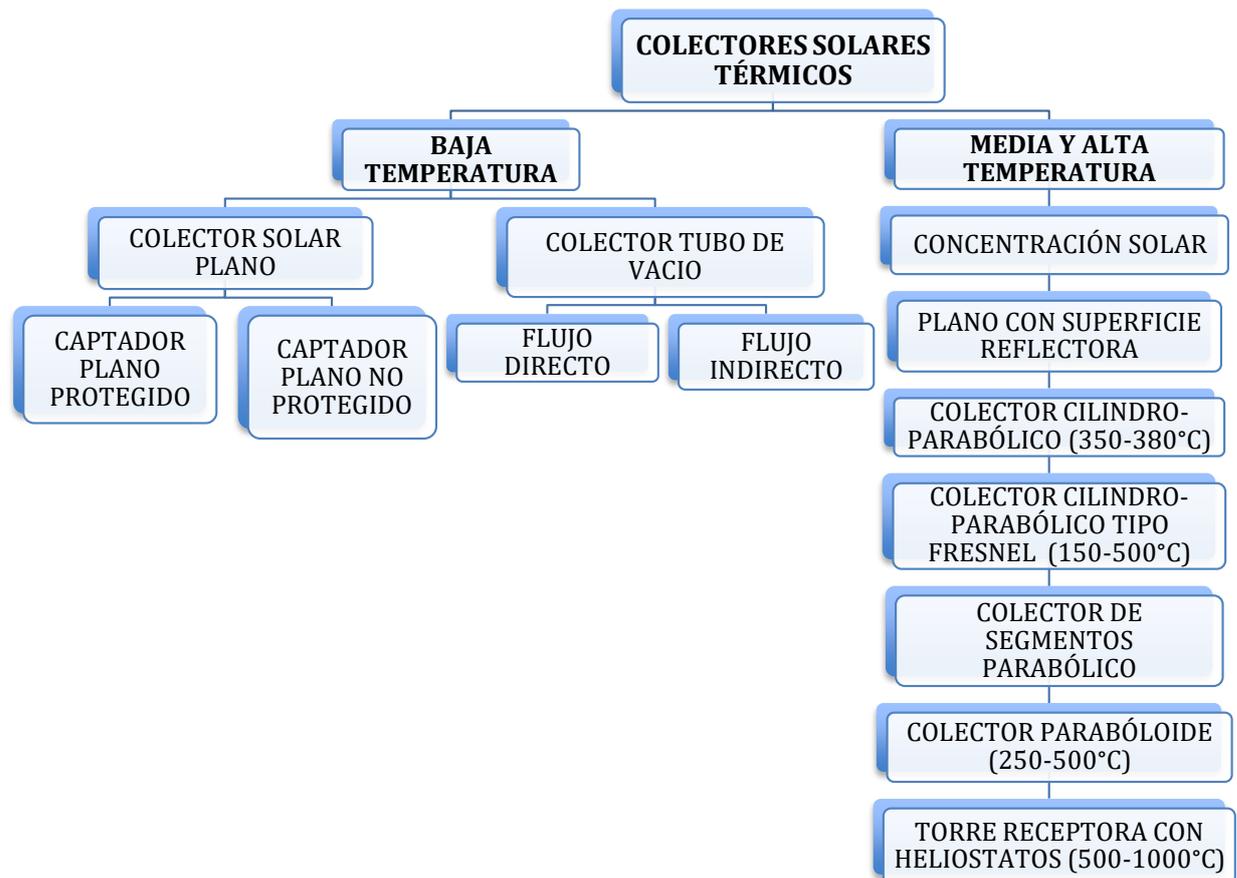
Fuente: Propia

#### 6.4. Selección del captador solar

Dentro del mercado nacional e internacional, se pueden encontrar múltiples captadores de tipo planos y de tubo de vacío, de acuerdo a su temperatura de uso.

En el mapa conceptual adjunto, se identifican los tipos de captadores solares existentes de acuerdo a su rango de temperatura: baja, mediana y alta temperatura.

**Figura 21: Tipos de captadores solares por rango de temperatura**



**Fuente:** Propia

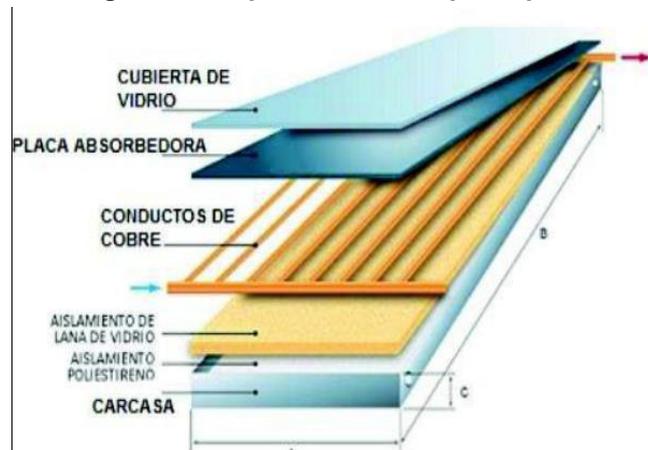
Para el presente proyecto consideraremos los captadores solares de baja temperatura del tipo plano y tubos de vacío.

Los captadores de tipo plano son los más utilizados y están compuestos de una placa plana metálica de cobre con la capacidad de absorber de mejor manera la radiación solar convirtiéndola en calor, y en cambio los tubos de vacío interactúan térmicamente bien con la placa, por los cuales fluye un líquido refrigerante ya sea agua o anticongelante. Este fluido transmite el calor captado por la placa hacia un sistema de producción de ACS y calefacción.

Para generar un aislamiento térmico el captador solar dispone en la parte posterior de la lámina un aislamiento de poliestireno, mientras que, en la parte superior está compuesta de una

cubierta de plástico la cual está diseñada para reducir las pérdidas de calor por radiación y convertir al captador en un tipo de invernadero (Cañar, 2014).

**Figura 22: Captador solar de placa plana**



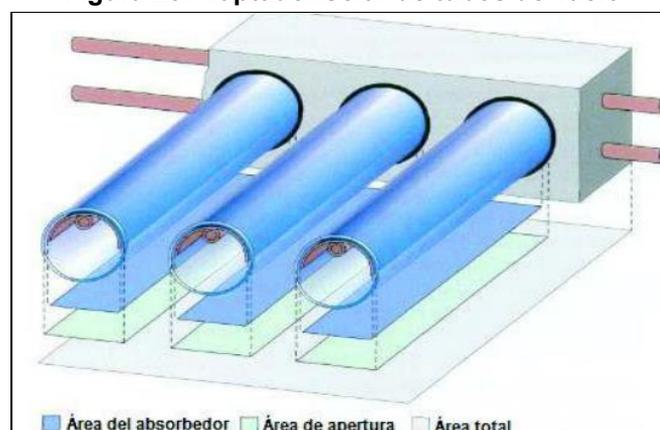
Fuente: (Méndez, 2017)

Por su parte, los captadores de tubo de vacío consisten de un conjunto de tubos cilíndricos formados por un absorbedor selectivo que se sitúa sobre un asentamiento reflector. Este tipo de captador aprovecha el vacío generado en su interior para eliminar las pérdidas termodinámicas por convección y conducción.

De este modo se puede aumentar la temperatura del fluido portador de calor más de 100°C, y disminuir la superficie de captación efectiva y permitiendo aprovechar mucho más la radiación solar.

Son utilizados de forma individual, en grupos, en haces o en sistemas de concentración lineal (Ballagan, 2018).

**Figura 23: Captador solar de tubos de vacío**



Fuente: (Méndez, 2017)

Para el presente proyecto se seleccionó el captador solar de placa plana VISSMANN VITISOL 200-FM (Ver Apéndice 9) cuyas características son descritas a continuación.

#### 6.4.1. Características técnicas del captador solar plano

Captador solar de placa plana marca VIESSMANN VITOSOL S 2.5.

**Tabla 19: Datos del captador solar plano**

DATOS CAPTADOR SOLAR PLANO	
ÁNGULO INCLINACIÓN	
Personalizada	10°
CAPTADOR	
Captador Comercial	Si
Marca Modelo	VIESSMANN VITOSOL S 2.5
Su	2,33 m <sup>2</sup>
Captadores Solares	2
Sc	4,66 m <sup>2</sup>
Factor Ef. óptica	0,816
Coefficiente de pérdidas	4,383
Factor Eficiencia Óptica Corregido	0,689
Coefficiente Pérdidas corregido	0,0041
ACUMULADOR	
Orientativo->	350 dm <sup>3</sup>
Volumen seleccionado	350 dm <sup>3</sup>
Relación V/Sc	80

**Fuente:** Propia

Es importante mencionar que dentro del mercado de captadores solares utilizados dentro del sistema solar térmico existen otros tipos, entre ellos, el captador solar de tubos de vacío de la marca ECOTOP VHMN 2.7.

**Tabla 20: Datos del captador solar de tubos de vacío**

DATOS CAPTADOR SOLAR VACÍO	
ÁNGULO INCLINACIÓN	
Personalizada	10°
CAPTADOR	
Captador Comercial	Si
Marca Modelo	ECOTOP VHMN 2,7 N
Su	2,36 m <sup>2</sup>
Captadores Solares	2
Sc	4,72 m <sup>2</sup>
Factor Ef. óptica	0,808
Coefficiente de pérdidas	3,334
Factor Eficiencia Óptica Corregido	0,737
Coefficiente Pérdidas corregido	0,0032
ACUMULADOR	
Orientativo->	354 dm <sup>3</sup>
Volumen seleccionado	400 dm <sup>3</sup>
Relación V/Sc	84,75

**Fuente:** Propia

### 6.5. Selección del sistema de acumulación

Debido a que la necesidad energética no es coincidente en tiempo con la captación obtenida por los captadores a partir del sol, se vuelve necesario contar con un sistema de acumulación que permita hacer frente a la demanda de energía en momentos de radiación solar baja y de igual forma a la producción solar en momentos de escaso consumo (EkiDOM, 2022).

Para el sistema solar térmico se utiliza un acumulador donde permite almacenar energía en forma de agua caliente.

Para el diseño del sistema de acumulación solar se considera lo siguiente:

- La utilización de acumuladores
- Los acumuladores para ACS que estén en contacto con agua potable deberán tomar como referencia la Normativa Española UNE EN 12897 “Abastecimiento de agua. Especificaciones para los calentadores de agua de acumulación por calentamiento

indirecto sin ventilación (cerrados)”, donde se recomienda utilizar preferentemente acumuladores verticales que tienden a favorecer la estratificación del agua (UNE,2017).

- Para aplicaciones combinadas con acumulación centralizada es de uso obligatoria la instalación vertical del acumulador, cumpliendo la relación altura-diámetro en relación mayor a dos.
- En caso de que el acumulador esté directamente conectado con la red de suministro de ACS, se deberá ubicar un termómetro en un lugar visible por el usuario. El sistema deberá tener la capacidad suficiente para elevar la temperatura del acumulador de 60°C a 70°C a fin de prevenir la legionelosis, tal como se dispone en el Real Decreto 865-2003 (Real decreto 865/2003, 2010).
- Para aplicaciones de ACS, es necesario elaborar una conexión puntual entre el sistema auxiliar y el solar de forma este último pueda ser calentado con el primero, y así cumplir con las medidas preventivas de flora bacteriana.

Debido a que el agua almacenada será de consumo diario y el acumulador deberá asegurar un grado alimentario, mediante un material que cumpla las siguientes condiciones:

Constituya un solo depósito por sistema.

El volumen del acumulador tendrá un valor en función del siguiente requisito:

$$50 \leq \frac{V}{Ac} \leq 180 \quad (14)$$

Donde:

$V =$  Volumen del acumulador

$Ac =$  Área de captación

Se recomienda la instalación de un equipo de medición de presión y temperatura en la parte más alta del acumulador con el fin monitorear estos parámetros.

### 6.5.1. Características técnicas del Acumulador

Tabla 21: Datos del acumulador Viessmann Vitosol

MODELO		VITOCCELL 100B-CVB-400L	
SERPENTÍN		SUPERIOR	INFERIOR
CAPACIDAD	M3	400	
N° REGISTRO DIN		9W242/11-13 MC/E	
PRODUCCIÓN CONTÍNUA	90°C kW	42	63
Producción ACS de 10 a 45°C	l/h	1032	1548
80°C kW		33	52
l/h		811	1278
70°C kW		25	39
l/h		614	958
PRODUCCIÓN CONTÍNUA	90°C kW	36	56
Producción ACS de 10 a 60°C	l/h	619	963
80°C kW		27	42
l/h		464	722
70°C kW		18	29
l/h		310	499
Caudal volumétrico del agua de calefacción para los valores de producción continua	m3/h	3,0	3,0
Potencia máx. conectable de una bomba de calor a 55°C de impulsión de agua de calefacción y 45°C de temperatura de ACS con el $Q_v$ de agua y calefacción especificado (ambos serpentines conectados en serie)	kW	8,0	8,0
Consumo por disposición Según EN 12897:2006 QST de 45 K de diferencia de temperatura	kWh/24 h	1,80	1,80
Volumen parte de disposición de servicio	Vaux	167	167
Volumen circuito solar	Vsol	233	233
$P_{TOT}$ (Incluye aislamiento térmico)	kg	167	167
Volumen (agua de calefacción)	l	6,5	10,5
Superficie de transmisión	m2	1,0	1,15
Conexiones			
Serpentines rosca exterior	R	1	1
Agua sanitaria ACS rosca exterior	R	1 ¼	1 ¼
Recirculación (rosca exterior)	R	1	1
Resistencia eléctrica de apoyo (rosca interior)	Rp	1 ½	1 ½
Clase de eficiencia energética		B	B

Fuente: (Viessmann, s.f.)

### 6.5.2. Montaje del Acumulador

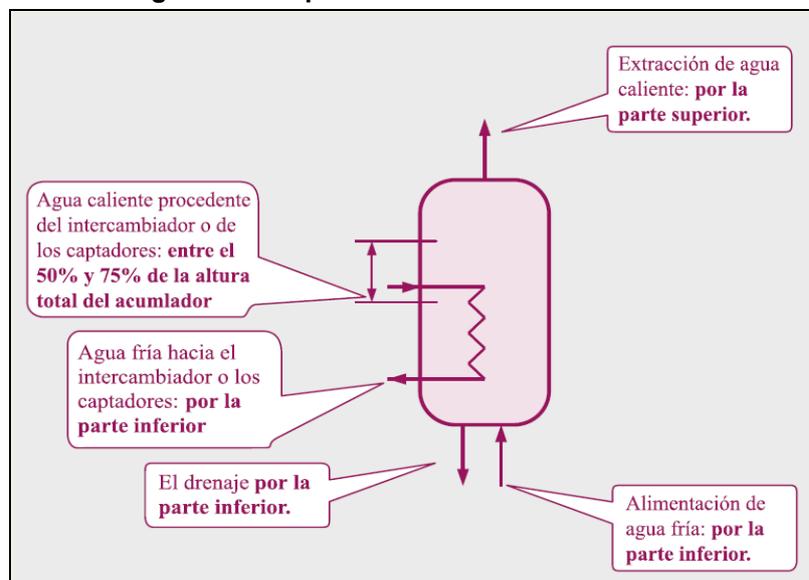
Para la selección del acumulador, se debe tener presente los siguientes parámetros:

- Llave de apertura y cierre.
- Posición del acumulador que permita fácilmente su vaciado sin necesidad de desmontarlo.
- Colocar el acumulador en posición vertical para favorecer la estratificación.
- Las características del acumulador deben quedar visibles.

De manera adicional es importante tomar en cuenta:

- El conexionado de entrada de agua caliente proveniente del intercambiador o de los captadores al acumulador se realizará a una altura entre el 50% y el 75% de su altura total.
- La toma de salida de agua del acumulador hacia el intercambiador o captadores, deberá realizarse por la parte inferior.
- Igualmente, la acometida de agua fría al acumulador se realizará por la parte inferior.
- La distribución de agua caliente del acumulador se realizará por la parte superior.
- Se debe incluir una válvula de descarga la cual debe estar ubicada en la parte inferior del acumulador.

**Figura 24: Esquema de conexión del acumulador**



**Fuente:** (Energía Solar Térmica: Manual del mantenedor, 2002)

El sensor de temperatura del sistema de control del acumulador deberá instalarse en la parte inferior del acumulador, preferentemente en la zona más fría de modo que no esté influenciada por el calentamiento solar.

Respecto a la entrada de agua fría, esta se equipará con una placa deflectora situada en la parte inferior para evitar la destrucción de la estratificación en el acumulador. Adicionalmente, las conexiones tanto de entrada como de salida deberán localizarse de tal forma que no existan caminos preferentes durante la circulación del fluido.

Para el caso de los depósitos horizontales, las tomas de agua caliente y fría se ubicarán a los extremos del acumulador.

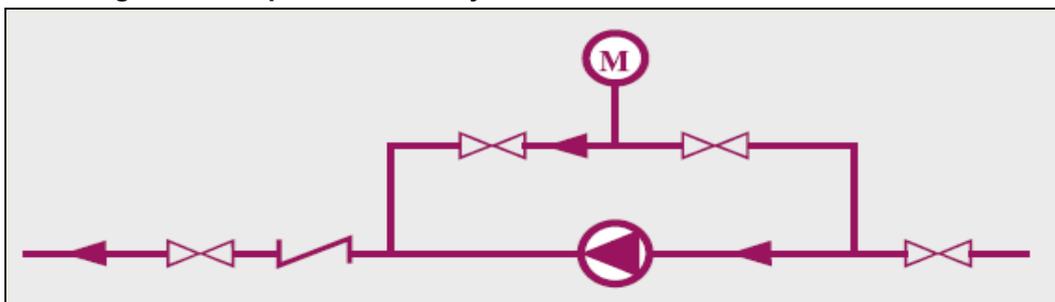
Para situaciones en que se requiera que el sistema de acumulación se forme por más de un depósito, estos deberán ser conectados en serie invertida si es con el circuito de consumo o en paralelo con los circuitos primarios y secundarios en equilibrio (Tomáseficiencia, 2015).

### 6.6. Selección de la bomba de circulación

De acuerdo al portal Tomáseficiencia (2015), una bomba de circulación es un elemento accionado por un motor eléctrico. Estos aparatos tienen la capacidad de suministrar al fluido la energía suficiente para transportarlo a través del circuito. Para su dimensionamiento se considera lo siguiente:

- $Q$  (caudal).
- Pérdida de carga en todos los elementos del circuito.
- Para el montaje de las bombas se considerará que la conexión de las tuberías a las bombas no debe provocar sobrepresiones. Para ello se requiere el uso de manguitos anti vibratorios siempre y cuando la potencia de accionamiento sobrepase los 700 W.
- Las bombas deberán estar dotadas de válvulas de control para facilitar la medición de presiones en aspiración e impulsión.

**Figura 25: Esquema de montaje de una bomba en una instalación de ACS**

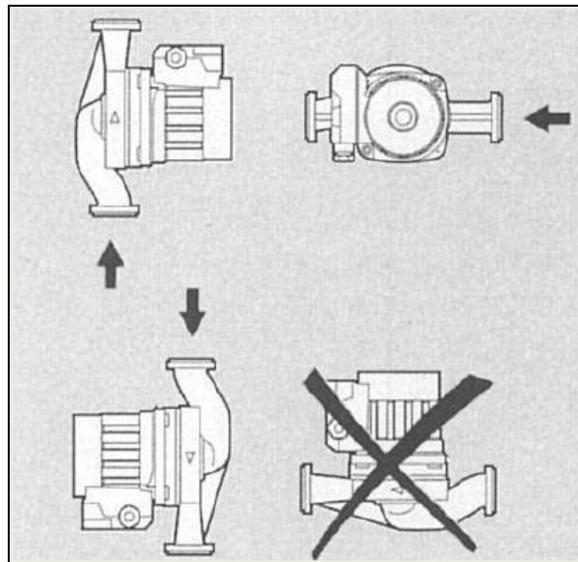


**Fuente:** (Energía Solar Térmica: Manual del mantenedor, 2002)

- Las características en la placa deben estar visibles. Adicionalmente, se debe tener acceso simple para la operación de liberación de aire o purga del sistema.

- Las bombas de circulación deben ser ubicadas en tramos más fríos del circuito y en tuberías de disposición verticales, evitando colocar en zonas del circuito más bajas.
- En instalaciones con una superficie total de captación mayor a  $100\text{ m}^2$  se colocarán dos bombas iguales en forma paralela donde una de ellas servirá como reserva tanto para el circuito primario como para en el secundario. El funcionamiento de ambas podrá ser alternativo y de forma manual o automática.
- Para poder desmontar fácilmente el conjunto motor-rodete sin que se tenga que desmontar tuberías adyacentes, las bombas deberán ser ubicadas con el eje de rotación horizontal y espaciado suficiente.
- Dotar de soportes a las tuberías conectadas en las cercanías de las bombas para evitar sobreesfuerzos de flexión o torsión. Para ello los diámetros deberán ser iguales en la tubería de acople y aspiración de las bombas, eliminando el efecto Venturi.
- Situar válvulas de retención entre la boca y el manguito anti vibratorio en las tuberías de impulsión.

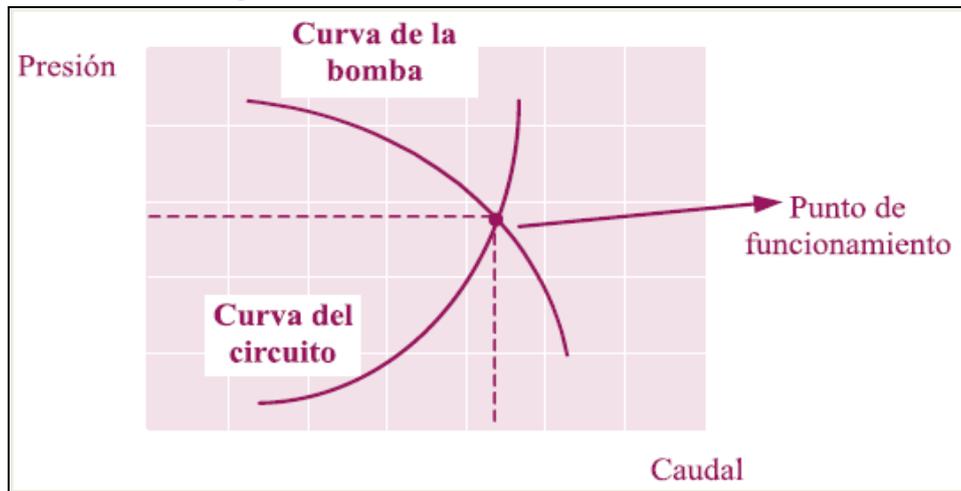
**Figura 26: Posición de instalación de una bomba**



**Fuente:** (Energía Solar Térmica: Manual del mantenedor, 2002)

Para seleccionar la bomba, se considerará el punto de funcionamiento del circuito hidráulico. La curva de la bomba debe estar lo más cerca posible y siempre por encima a este punto, ya que este se encuentra configurado de acuerdo a los parámetros de caudal y pérdida de carga de la instalación.

**Figura 27: Curva característica de una bomba**



Fuente: (Energía Solar Térmica: Manual del mantenedor, 2002)

### 6.7. Selección del sistema Auxiliar de ACS

El nivel de temperatura en algunos meses del año es inferior al deseado, razón por la cual es necesario un sistema de apoyo o auxiliar, de manera que el diseño favorezca el uso prioritario de la energía solar frente al apoyo auxiliar y nunca lo contrario.

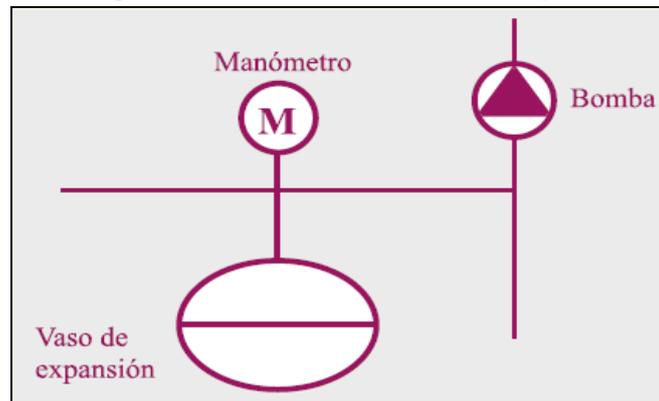
Para cubrir la demanda de ACS y calefacción en los meses del año que se dispone de una radiación baja, y que, el sistema solar térmico no abastece de agua caliente a las viviendas de la urbanización “el Manantial”, se incorporará un sistema auxiliar (calefón) que utilizará GLP para su funcionamiento (Ver Apéndice 10).

### 6.8. Selección de vaso de expansión

Según el EREN (2002), en una instalación de energía solar térmica, todo circuito debe tener un vaso de expansión que sea capaz de disipar la dilatación del fluido de trabajo. Durante el dimensionamiento, se debe considerar una capacidad suficiente del vaso a fin de permitir la expansión del fluido. Adicionalmente se considerará lo siguiente:

- Serán instalados en todos los circuitos cerrados de forma preferencial en la succión de la bomba.
- La tubería de conexión no debe estar aislada y dispondrá de una capacidad suficiente para enfriar el fluido antes de que este ingrese el vaso de expansión.
- No deberá existir dentro del sistema una válvula de corte que aisle hidráulicamente el vaso de expansión.
- Los vasos de expansión abiertos serán situados a una altura que evite el rebose del líquido y el ingreso del aire en el circuito primario.

**Figura 28: Ubicación del vaso de expansión**



**Fuente:** (Energía Solar Térmica: Manual del mantenedor, 2002)

Los datos a ser considerados para la selección del vaso expansión se toman como referencia de las recomendaciones de la Instrucción UNE 100.155, de acuerdo al siguiente detalle:

- Volumen total en litros de agua en la instalación.
- Temperatura mínima de funcionamiento ( $4^{\circ}\text{C}$ ).
- Máxima temperatura que podrá alcanzar el agua cuando esté en operación la instalación.
- En el caso de los vasos cerrados, es necesaria cuantificar las presiones (*bar*) mínimas y máximas del sistema.
- Volumen de expansión calculado (*litros*), para el caso de vasos de expansión cerrados, se debe considerar la presión nominal, los cuales definen las características de funcionamiento.
- Parámetros mínimos de volumen y temperatura:

El volumen de dilatación será igual al 4,3% del volumen total de fluido en el circuito primario.

La temperatura extrema será la del estancamiento del captador.

### **6.9. Selección de la estructura de montaje**

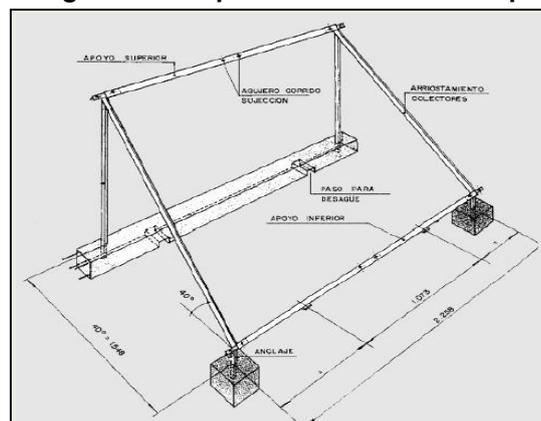
Para el proyecto se utilizará una estructura de hierro galvanizado. El anclaje de los captadores a la estructura de cada vivienda dependerá de cómo esté construida la cubierta o superficie disponible y de las fuerzas que actúan sobre él como consecuencia de las sobrecargas del viento a los que se encuentran sometidos (Tomáseficiencia, 2015).

El procedimiento de montaje de la estructura es recomendado por los fabricantes de captadores en sus especificaciones técnicas.

Se deben cumplir las siguientes directrices:

- No perforar la cubierta de la edificación con el anclaje, a fin de impedir futuras filtraciones de agua. Como solución se recomienda construir anclajes de hormigón armado con acero de refuerzo donde se garantice la fijación de la estructura.
- Para proteger la estructura soporte se debe pintar periódicamente para evitar la corrosión o instalar de estructuras galvanizadas.
- Los tornillos de sujeción deben ser de acero inoxidable o galvanizados.
- Colocar faldones y collarines que permitan la fijación de la estructura en el tejado. El método de fijación debe permitir a su vez el movimiento del captador, para de ese modo evitar la transmisión de esfuerzos de dilatación.
- Las estructuras conformadas por más de una batería de la misma línea serán montadas de forma alineada con una distancia que permita realizar la instalación de tuberías hacia los captadores y elementos que fueran necesarios.
- Realizar adecuadamente la nivelación de los elementos verticales de soporte para que los esfuerzos se distribuyan adecuadamente.

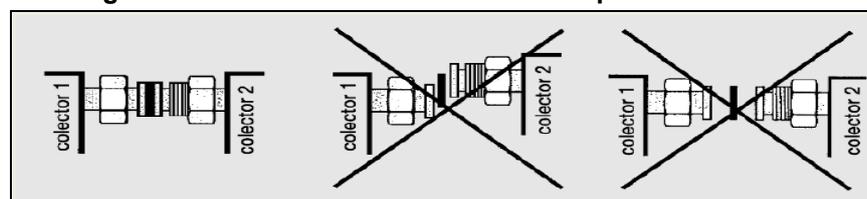
**Figura 29: Esquema de estructura soporte**



Fuente: (Energía Solar Térmica: Manual del mantenedor, 2002)

Por otro lado, el montaje de los captadores es una de las operaciones primordiales en la instalación de energía solar térmica; por ello, al ser instalados se debe considerar que los extremos de los tubos no tengan daños o averías, que estén alineados y acoplados correctamente sin esfuerzos (Junta de Castilla y León, 2013).

**Figura 30: Detalle del conexionado de captadores entre sí**

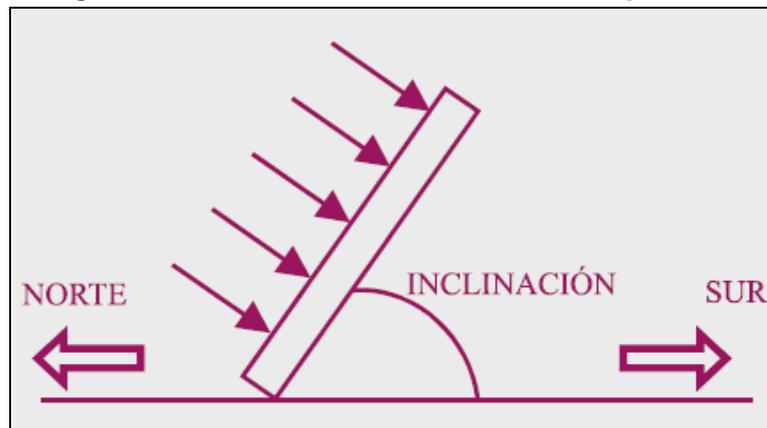


Fuente: (Energía Solar Térmica: Manual del mantenedor, 2002)

## 6.10. Emplazamiento y ubicación de equipos

El montaje de los captadores solares debe aprovechar al máximo la radiación solar, por lo que su orientación será siempre al sur geográfico si los mismos se ubican en el hemisferio norte con una inclinación 10° preferentemente.

**Figura 31: Orientación e inclinación de los captadores**



**Fuente:** (Energía Solar Térmica: Manual del mantenedor, 2002)

Se debe lograr que la radiación solar incida perpendicularmente sobre la superficie del captador al mediodía solar (EREN,2002).

**Tabla 22: Inclinación de los captadores según su aplicación**

Uso de la instalación	Inclinación
Periodo anual (uso regular)	$(\text{Latitud} \pm 20^\circ)$
Verano ACS (piscinas)	$(\text{Latitud} - 10^\circ) \pm 10^\circ$
Invierno ACS (calefacción)	$(\text{Latitud} + 10^\circ) \pm 10^\circ$

**Fuente:** (Energía Solar Térmica: Manual del mantenedor, 2002)

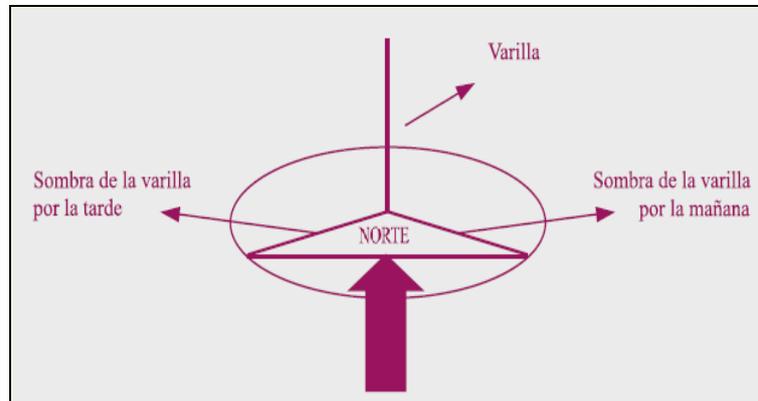
Se debe considerar que el norte geográfico no coincide con el magnético proporcionado por la brújula.

El norte geográfico se localiza de la siguiente manera:

- Colocar una varilla vertical en el suelo, dos o tres horas antes del mediodía, medir su sombra y determinar la referencia.
- Elaborar un círculo con la medida de la sombra proyectada en el suelo.
- Durante la tarde, cuando la sombra tenga nuevamente la medida del círculo, hacer otra referencia.

- La recta que une ambas referencias, mirando hacia la varilla, determina la orientación al norte geográfico.

**Figura 32: Ilustración para determinar el norte geográfico**



**Fuente:** (Energía Solar Térmica: Manual del mantenedor, 2002)

Para un mejor funcionamiento del captador seleccionado, es decir, alcanzar la máxima captación solar, estos deben estar libres de las sombras proyectadas por obstáculos alejados (montañas, edificios, árboles), y obstáculos próximos (chimeneas, aleros de tejado o vegetación estacional).

En el presente análisis de implementación de un sistema de ACS y calefacción, se consideró la ubicación geográfica en Latitud:  $0^{\circ}18'37.34''S$ , donde se encuentran las viviendas de la urbanización "el Manantial" con múltiples superficies de montaje con inclinaciones de 10 grados (Ver Apéndice 11).

Para la determinación de las sombras sobre captadores generadas por obstáculos, se debe visualizar el entorno. Haciendo una inspección visual de este a oeste con la finalidad de identificar posibles obstáculos en la zona que afecten la eficiencia de los captadores solares.

Para evitar las sombras que se puedan generar entre captadores solares, aplicaremos la ecuación (15), determinando de esta manera la distancia de separación entre captadores (EREN 2002).

$$d = h/tg(67^{\circ} - \text{latitud}) = h \cdot k \quad (15)$$

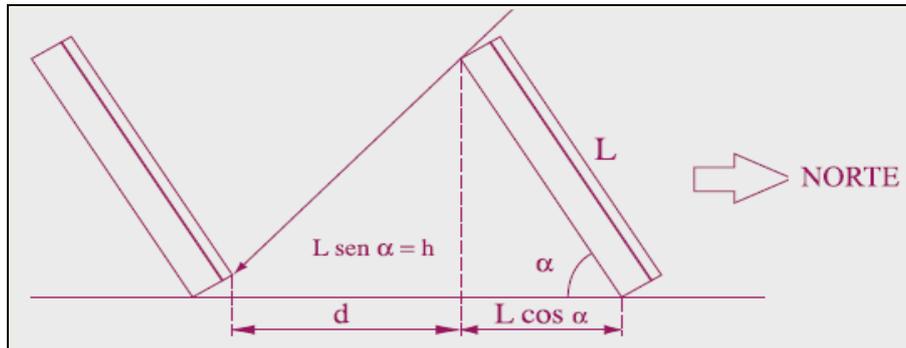
Donde:

$d$  = separación entre filas.

$h$   
= altura de obstáculo ( diferencia entre la parte alta de una fila de captadores y la parte baja).

$k = L/tg(67^{\circ} - \text{latitud})$  coeficiente adimensional

**Figura 33: Distancia mínima entre captadores**



**Fuente:** (Energía Solar Térmica: Manual del mantenedor, 2002)

De la gráfica anterior se establecen los siguientes parámetros o valores, donde:

$L$  = es la longitud

$\alpha$  = es el ángulo de inclinación del captador

$d$  = es la distancia mínima entre la parte posterior de una fila de captadores y la parte baja.

### **6.11. Esquema de conexión a la red de ACS**

En el Apéndice 11 se establece el diagrama de conexión de un sistema solar térmico con captadores para ACS.

### **6.12. Dimensionamiento de la instalación solar térmica**

Para el dimensionamiento del sistema solar térmico se consideran sistemas que utilizan captadores solares planos y captadores de tubo de vacío, con la finalidad de seleccionar el más idóneo para su implementación dentro de la urbanización “el Manantial”.

Estos tipos de sistemas que serán descritos a continuación:

#### **6.12.1. Sistema solar térmico con captadores de placa plana**

Para el dimensionamiento del sistema solar térmico mediante la aplicación de captadores solares planos se utilizaron los datos que se describen a continuación:

**Tabla 23: Valores seleccionados para el sistema con captador solar plano**

Dato	Parámetro seleccionado
Demanda diaria requerida	160 litros/día
Temperatura mínima de ACS	47°C
Temperatura ambiente del agua	descrito en Tabla 3 <b>Datos meteorológicos de la ciudad de Quito</b>
Temperatura de red de agua fría	descrito en Tabla 3 <b>Datos meteorológicos de la ciudad de Quito</b>
Radiación solar	descrito en Tabla 1 <b>Superficie horizontal de irradiancia y superficie óptima de irradiancia</b>
Radiación solar corregida	descrito en Tabla 18 <b>Cálculo de la demanda de ACS para 2 habitantes</b>
Factor de corrección k	descrito en Tabla 17 <b>Valor k según latitud y meses del año</b>
<b>Captador solar VIESSMAN VITOSOL 200-FN</b>	
Superficie de absorción	2.33 m <sup>2</sup>
Número de captadores	2
Área total de captación solar	4.66 m <sup>2</sup>
Factor de eficiencia óptica	0.81
Coefficiente de pérdidas	4.383
Factor de eficiencia óptica corregida	0.689
Coefficiente de pérdidas corregido	0.00416
<b>Acumulador</b>	
Volumen seleccionado	350 dm <sup>3</sup>
Relación V/Sc	75

**Fuente:** Propia

Luego del ingreso de los parámetros descritos en la tabla anterior, en el documento de análisis para determinación del sistema solar térmico considerando sistemas de placa plana, se obtienen los resultados que se describen en la siguiente tabla, dentro de los cuales se destacan la demanda del sistema de ACS y Calefacción, energía solar térmica útil, producción solar unitaria por captador, rendimiento y requerimiento del sistema auxiliar.

**Tabla 24: Consolidado de la demanda energética utilizando captador solar plano**

<b>RESUMEN RESULTADO SIMULACIÓN</b>	
Demanda (ACS + Calefacción)	4.763 kWh
Energía solar térmica útil	2.893 kWh
Producción Solar Unitaria por Captador	310,4 kWh/m <sup>2</sup>
η anual instalación	43,6%
Requerimiento Auxiliar	1,870.00 kWh

**Fuente:** Propia (Referencia Apéndice 12)

### 6.12.2. Sistema solar térmico con captadores de tubos de vacío

Para el dimensionamiento del sistema solar térmico con captadores de planos, se utilizaron los siguientes datos:

**Tabla 25: Valores seleccionados para el sistema con captador solar tubos de vacío**

<b>Dato</b>	<b>Parámetro seleccionado</b>
Demanda diaria requerida	160 litros/día
Temperatura mínima de ACS	47°C
Temperatura ambiente del agua	descrito en Tabla 3 <b>Datos meteorológicos de la ciudad de Quito</b>
Temperatura de red de agua fría	descrito en Tabla 3 <b>Datos meteorológicos de la ciudad de Quito</b>
Radiación solar	descrito en Tabla 1 <b>Superficie horizontal de irradiancia y superficie óptima de irradiancia</b>
Radiación solar corregida	descrito en Tabla 18 <b>Cálculo de la demanda de ACS para 2 habitantes</b>
Factor de corrección k	descrito en Tabla 17 <b>Valor k según latitud y meses del año</b>
<b>Captador solar ECOTOP 2.7N</b>	
Superficie de absorción	2.36 m <sup>2</sup>
Número de captadores	2
Área total de captación solar	4.720 m <sup>2</sup>
Factor de eficiencia óptica	0.808
Coeficiente de pérdidas	3.334
Factor de eficiencia óptica corregida	0.736
Coeficiente de pérdidas corregido	0.00316
<b>Acumulador</b>	
Volumen seleccionado	350 dm <sup>3</sup>
Relación V/Sc	75

**Fuente:** Propia

Una vez ingresados los parámetros descritos en la tabla anterior, donde se consideran los sistemas de tubo de vacío, se obtienen los resultados de la Tabla 26, dentro de los cuales se destacan la demanda del sistema de ACS y calefacción, energía solar térmica útil, producción solar unitaria por captador, rendimiento y requerimiento del sistema auxiliar.

**Tabla 26: Consolidado de la demanda energética utilizando tubos de vacío**

RESUMEN RESULTADO SIMULACIÓN	
Demanda (ACS + Calefacción)	4.763 kWh
Energía solar térmica útil	3.294 kWh
Producción Solar Unitaria por Captador	348,9 kWh/m <sup>2</sup>
η anual instalación	49,00%
Requerimiento Auxiliar	1,470.00 kWh

**Fuente:** Propia (Referencia Apéndice 13)

### 6.12.3. Análisis comparativo

Mediante la demanda requerida, se constató que, para un diseño de ACS y Calefacción se utilizarán captadores solares planos y captadores solares de tubos de vacío, motivo por el cual es necesario realizar una comparación de ambas tecnologías. En el conjunto habitacional “el Manantial” de 2 habitantes, la demanda diaria requerida es de 160 litros /día, con una temperatura mínima de 47°C.

Para el dimensionamiento de ambas tecnologías se utilizaron los siguientes datos:

- Temperatura ambiente del agua Tabla 2 Datos meteorológicos de la ciudad de Quito.
- Temperatura de red de agua fría Tabla 2 Datos meteorológicos de la ciudad de Quito.
- Radiación solar establecido en la Figura 4 (Datos de la Nasa).
- Radiación solar corregida Tabla 18 Cálculo de la demanda de ACS para 2 habitantes.
- Factor de corrección k Tabla 17 valor k según latitud y meses del año.

Como primer punto, se realizó la selección de un captador solar plano el cual se adapta a la necesidad del diseño. Considerando el área total de captación solar, que según datos de diseño no debe exceder los 5m<sup>2</sup>, el modelo seleccionado es un captador solar plano de la marca Viessmann Vitosol 200-FN con un área de absorción de 2.33m<sup>2</sup>, sin embargo, como el área total disponible de superficie es 5m<sup>2</sup>, necesitaremos 2 captadores de este modelo.

El captador solar plano tiene un factor de eficiencia óptica del 81% (ver Apéndice 9, catálogo del captador solar plano) y dispone de un coeficiente de pérdidas de 4.383, un factor de eficiencia óptica corregido 68.9% y un coeficiente de pérdidas corregido igual a 0.00416 (ver Tabla 23).

Realizando la simulación en la hoja de cálculo, se obtiene que se requiere un acumulador con intercambiador de 350 dm<sup>3</sup>; para este caso en particular, se utilizará un acumulador marca Viessmann Vitosol 100B-CVB-400L, cuyas características técnicas se adaptan al diseño requerido, entre ellas una capacidad de almacenamiento de 400dm<sup>3</sup> y serpentín superior e

inferior lo cual brinda la opción de compensar al sistema no solo mediante el recurso solar, sino también con GLP a través de un sistema auxiliar.

De igual forma, para el diseño del sistema solar térmico con tubos de vacío, el área total a considerar es de  $5\text{m}^2$ ; para este caso, el modelo seleccionado se trata de un captador de la marca ECOTOP 2.7N con un área de absorción de  $2.36\text{m}^2$ , por lo que se requieren 2 captadores de tubos de vacío para cubrir toda la superficie útil disponible.

Los datos técnicos del captador de tubos de vacío especifican que este tipo de captador dispone de un factor de eficiencia óptica del 80.8% (ver Apéndice 9: catálogo captador solar de tubo de vacío), un coeficiente de pérdidas de 3.334, un factor de eficiencia óptica corregido igual a 73.6% y un coeficiente de pérdidas corregido de 0.00316 (ver Tabla 25). Realizando la simulación en la hoja de cálculo, se obtiene que se requiere un acumulador con intercambiador de  $350\text{ dm}^3$ ; para este caso en particular, se utilizará el mismo modelo de acumulador descrito en el párrafo anterior.

Además, se instalará un sistema auxiliar para satisfacer la demanda de ACS y calefacción que utilizará GLP como combustible.

**Tabla 27: Comparación de la demanda según captador solar utilizado**

CAPTADOR SOLAR PLANO		CAPTADOR SOLAR TUBO DE VACÍO	
RESUMEN RESULTADO SIMULACIÓN		RESUMEN RESULTADO SIMULACIÓN	
Demanda (ACS + Calefacción)	4.763 kWh	Demanda (ACS + Calefacción)	4.763 kWh
Energía solar térmica útil	2.893 kWh	Energía solar térmica útil	3.294 kWh
Producción Solar Unitaria por Captador	310,4 kWh/m <sup>2</sup>	Producción Solar Unitaria por Captador	348,9 kWh/m <sup>2</sup>
$\eta$ anual instalación	43,6%	$\eta$ anual instalación	49,00%
Requerimiento Auxiliar	1,870.00 kWh	Requerimiento Auxiliar	1,470.00 kWh

**Fuente:** Propia

Según el cálculo realizado de la demanda, se puede observar en la Tabla 27 que la demanda de (ACS+Calefacción) tanto para el diseño con captadores solares planos como para captador de tubo de vacío es la mismo (4.763kWh), esto a razón que el emplazamiento ubicado en la urbanización “el Manantial” no cambia y el recurso solar es el mismo. Sin embargo, cuando analizamos el valor de energía solar térmica útil, para el diseño de captador solar plano se obtiene un valor de 2.893 kWh y 3.294 kWh para el captador solar de tubo de vacío; en base a esta información proporcionada, se puede apreciar que el rendimiento térmico con tubos de vacío es mejor que el diseñado con captadores solares planos.

El rendimiento anual de instalación con un diseño con captadores solares planos es del 43,6% mientras que con el de tubos de vacío es de 49,0%.

En conclusión, se puede indicar que el captador solar de tubos de vacío es el más idóneo para ser instalado en las viviendas de la urbanización “el Manantial”, en vista que permite tener una cobertura del 70% del total de la demanda requerida a diferencia del captador solar plano el cual alcanza un 60%.

Finalmente, el aporte auxiliar que se requiere para cubrir la demanda de ACS y calefacción para el captador solar plano es de 1,870.00kWh y para el de tubos de vacío es de 1,470.00kWh.

### 6.13. Presupuesto y retorno de la inversión

Una vez establecido los diferentes parámetros y elementos necesarios para la implementación de sistemas solares térmicos, se elabora un análisis económico, considerando valores proporcionados para el efecto, los cuales se describen a continuación.

#### 6.13.1. Sistema captador placa plana

Para el análisis económico de un sistema térmico mediante la implementación de captador solar de placa plana, se establecen los valores obtenidos de las demandas de ACS y Calefacción para una vivienda Tipo A de 2 habitantes ubicado en la urbanización “el Manantial”, así como también la producción energética del sistema antes descrito, obteniendo como resultado las tarifas que consideran la subvención y no subvención del GLP, es decir \$ 8.79 MWh y 103.4 MWh respectivamente.

Los valores se muestran en la Figura 34.

**Figura 34: Comparación de la demanda según captador solar utilizado**

CAPTADOR PLACA PLANA										
MES	N (días/mes)	Demes ACS (kWh)	Demes CALEF.(kWh)	Demanda total (kWh)	Energía Solar Util - Mes (kWh)	APORTE AUXILIAR (kWh)	Tarifa Subvención		Tarifa sin Subvención	
							Coste GLP (USD/KwH)	Coste total (USD)	Coste GLP (USD/KwH)	Coste total (USD)
Ene	31	278,74	128,12	406,87	261,24	145,62	0,00879	3,58	0,1034	42,07
Feb	28	250,21	115,01	365,21	216,37	148,84	0,00879	3,21	0,1034	37,76
Mar	31	277,59	127,60	405,18	227,69	177,49	0,00879	3,56	0,1034	41,9
Abr	30	268,63	123,48	392,11	223,10	169,01	0,00879	3,45	0,1034	40,54
May	31	277,01	127,33	404,34	220,35	184,00	0,00879	3,55	0,1034	41,81
Jun	30	266,96	122,71	389,67	211,79	177,88	0,00879	3,43	0,1034	40,29
Jul	31	277,59	127,60	405,18	234,53	170,66	0,00879	3,56	0,1034	41,9
Ago	31	275,29	126,54	401,82	252,90	148,92	0,00879	3,53	0,1034	41,55
Sept	30	268,63	123,48	392,11	258,59	133,53	0,00879	3,45	0,1034	40,54
Oct	31	275,29	126,54	401,82	268,04	133,78	0,00879	3,53	0,1034	41,55
Nov	30	268,63	123,48	392,11	263,05	129,06	0,00879	3,45	0,1034	40,54
Dic	31	278,74	128,12	406,87	255,52	151,34	0,00879	3,58	0,1034	42,07
AÑO	365	3263,32	1500,00	<b>4763,32</b>	2893,18	1870,14		41,88		492,52

Fuente: Propia

Posteriormente, se elabora el coste de inversión del sistema con captador de placa plana, de donde se obtiene un valor de \$ 3,250.00 y un retorno de la inversión con subvención de -132.28 años y sin subvención de 13.04 años.

**Figura 35: Presupuesto y retorno de inversión captador de placa plana**

INVERSIÓN			
Captador de placa plana pequeña escala (sobre tejado de viviendas)=	650,00 USD/m2		
Área a utilizar =	5 m2		
Costo total inversión=	<b>3250,00 USD</b>		
Costo mantenimiento=	50 USD		
Ahorro por energía solar con subvención=	2893,18	0,00879	25,43 USD
Costo del aporte auxiliar con subvención=	1870,14	0,00879	16,44 USD
Ahorro por energía solar sin subvención=	2893,18	0,10340	299,15 USD
Costo del aporte auxiliar sin subvención=	1870,14	0,10340	193,37 USD
Tiempo de retorno simple de la inversión			
Tiempo de retorno=	$\frac{\text{Inversión Total}}{\text{Ahorro energético-Costo Mantenimiento}}$		
Tiempo retorno con subvención=	-132,28	años	
Tiempo retorno sin subvención=	13,04	años	

Fuente: Propia

### 6.13.2. Sistema captador tubos de vacío

De igual forma, para el análisis económico de un sistema térmico mediante captador solar de tubos de vacío, se establecen los valores obtenidos de las demandas de ACS y Calefacción para una vivienda Tipo A de 2 habitantes, teniendo como resultado las tarifas que consideran la subvención y no subvención del GLP, es decir \$ 8.79 MWh y \$103.4 MWh respectivamente.

Estos valores se aprecian en la siguiente figura:

**Figura 36: Resumen de demanda y producción energética solar**

CAPTADOR TUBOS DE VACÍO										
MES	N (días/mes)	Demes ACS (kWh)	Demes CALEF.(kWh)	Demanda total (kWh)	Energía Solar Útil - Mes (kWh)	APORTE AUXILIAR (kWh)	Tarifa Subvención		Tarifa sin Subvención	
							Coste GLP (USD/Kwh)	Coste total (USD)	Coste GLP (USD/Kwh)	Coste total (USD)
Ene	31	278,74	128,12	406,87	295,64	111,23	0,00879	3,58	0,1034	42,07
Feb	28	250,21	115,01	365,21	246,95	118,27	0,00879	3,21	0,1034	37,76
Mar	31	277,59	127,60	405,18	261,08	144,11	0,00879	3,56	0,1034	41,9
Abr	30	268,63	123,48	392,11	255,51	136,60	0,00879	3,45	0,1034	40,54
May	31	277,01	127,33	404,34	253,51	150,84	0,00879	3,55	0,1034	41,81
Jun	30	266,96	122,71	389,67	243,93	145,75	0,00879	3,43	0,1034	40,29
Jul	31	277,59	127,60	405,18	268,16	137,03	0,00879	3,56	0,1034	41,9
Ago	31	275,29	126,54	401,82	287,31	114,51	0,00879	3,53	0,1034	41,55
Sep	30	268,63	123,48	392,11	292,12	100,00	0,00879	3,45	0,1034	40,54
Oct	31	275,29	126,54	401,82	302,86	98,96	0,00879	3,53	0,1034	41,55
Nov	30	268,63	123,48	392,11	296,70	95,41	0,00879	3,45	0,1034	40,54
Dic	31	278,74	128,12	406,87	289,75	117,11	0,00879	3,58	0,1034	42,07
AÑO	365	3263,32	1500,00	4763,32	3293,50	1469,81		41,88		492,52

Fuente: Propia

Al igual que en el primer caso, se elabora el coste de inversión del sistema con captador de tubos de vacío, donde se obtiene un valor de \$ 5,000.00 y un retorno de la inversión con subvención de -237,53 años y sin subvención de 17.21 años.

**Figura 37: Presupuesto y retorno de inversión captador de tubo de vacío**

<b>INVERSIÓN</b>			
Captador de tubo de vacío pequeña escala (sobre tejado de viviendas):		1000,00 USD/m <sup>2</sup>	
Área a utilizar =		5 m <sup>2</sup>	
Costo total inversión=		<b>5000,00 USD</b>	
Costo de mantenimiento=		50 USD	
Ahorro por energía solar con subvención=	3293,50	0,00879	28,95 USD
Costo del aporte auxiliar con subvención=	1469,81	0,00879	12,92 USD
Ahorro por energía solar sin subvención=	3293,50	0,10340	340,55 USD
Costo del aporte auxiliar sin subvención=	1469,81	0,10340	151,98 USD
<b>Tiempo de retorno simple de la inversión</b>			
<b>Tiempo de retorno=</b>	$\frac{\text{Inversión Total}}{\text{Ahorro energético-Costo Mantenimiento}}$		
Tiempo retorno con subvención=	-237,53	años	
Tiempo retorno sin subvención=	17,21	años	

Fuente: Propia

Mediante el análisis comparativo de ambas tecnologías: captador solar placa plana y captador de tubos de vacío, se puede apreciar en la Figura 34 que la energía solar útil anual con los captadores solares de placa plana de 2,893.18 kWh, mientras que en la tecnología de tubos de vacío es de 3,293.50 kWh, siendo esta más factible y de mejor rendimiento (ver Figura 36). Sin embargo, por su alto coste en el mercado local, es conveniente para los habitantes de la urbanización de este estudio la implementación de captadores solares de placa plana en la cubierta o terraza de sus viviendas.

#### 6.14. Sistema de generación termoeléctrica con captadores cilindro-parabólicos

A fin de obtener una rentabilidad económica adicional con energía solar térmica en la urbanización “el Manantial”, se analiza la posibilidad de implementar un sistema solar térmico con captadores cilindro-parabólicos.

Un sistema de generación termoeléctrica con captadores cilindro-parabólicos (CCP) es una instalación que mediante el calentamiento de un fluido y utilizando la radiación solar, permite obtener vapor de agua como fuente para generar el movimiento de una turbina de vapor conectada a un eje que a su vez acciona a un generador (González J y Pérez R., 2009).

Este tipo sistema de generación termoeléctrica consiste en un semi-cilindro de espejos que concentran los rayos solares sobre una tubería central por la cual circula un fluido que transporta el calor, frecuentemente aceite sintético (Cañar,2014).

Los principales elementos que conforman los sistemas de generación con CCP son:

1. El captador cilindro-parabólico: Su función es reflejar y concentrar sobre el tubo caloportador la radiación solar directa.
2. El tubo caloportador: Conformado por dos tubos concéntricos separados por una capa de vacío, en dónde su interior (espacio de circulación del fluido caliente) es de metal y el exterior de cristal.
3. Fluido de trabajo, para temperaturas bajas ( $< 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) se utiliza agua desmineralizada y para temperaturas altas ( $200^{\circ}\text{C} < T < 400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) se utiliza aceite sintético.
4. Sistema de seguimiento solar, consiste de un dispositivo el cual permite el giro de los reflectores cilindro parabólicos alrededor de su propio eje.
5. Estructura metálica, proporciona rigidez y soporte al conjunto de elementos que lo conforman.

##### 6.14.1. Criterio de selección de la central termoeléctrica con CCP

Partiendo de la condición de diseño (3MW), se realiza el estudio de un sistema de generación de energía eléctrica con tecnología solar termoeléctrica cilindro-parabólica sin almacenamiento.

Para ello, se consideró que en la urbanización “el Manantial”, dispone de un terreno de superficie de 10 hectáreas, plano y con disponibilidad de agua.

Utilizando la plataforma “National Renewable Energy Laboratory”, se procede a determinar la radiación solar directa (DNI) necesaria para calcular las horas solares equivalentes requeridas para la producción de energía.

Mediante el sitio web <https://maps.nrel.gov/nsrdb-viewer/>, accedemos al apartado NSRDB Data Download (Point), seleccionamos la ubicación de la urbanización “el Manantial” utilizando las coordenadas geográficas descritas en la Figura 6., obteniendo los valores diarios promedios de DNI.

Figura 38: Radiación solar directa

PROMEDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR DIRECTA (DNI) (W/m <sup>2</sup> )													
DÍA	MESES DE AÑO												TOTAL MES
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	222.00	331.00	5,049.00	963.00	1,577.00	3,633.00	3,448.00	9,219.00	1,304.00	4,710.00	7,569.00	4,408.00	42,433.00
2	1,074.00	5,597.00	2,455.00	1,067.00	4,114.00	3,373.00	584.00	9,761.00	4,955.00	6,351.00	9,785.00	815.00	49,931.00
3	1,394.00	4,610.00	5,086.00	5,174.00	1,998.00	1,255.00	3,566.00	8,039.00	1,855.00	1,735.00	9,996.00	4,217.00	48,925.00
4	6,180.00	3,733.00	7,147.00	3,325.00	419.00	8,629.00	484.00	8,810.00	6,257.00	581.00	10,069.00	2,571.00	58,205.00
5	5,272.00	9,571.00	3,046.00	5,801.00	1,796.00	896.00	1,773.00	5,716.00	4,266.00	5,375.00	4,624.00	2,582.00	50,718.00
6	3,523.00	8,633.00	380.00	4,249.00	4,845.00	7,485.00	2,845.00	3,213.00	1,748.00	6,778.00	6,989.00	2,510.00	53,198.00
7	4,508.00	5,202.00	780.00	1,451.00	1,418.00	5,555.00	1,405.00	8,197.00	5,170.00	5,021.00	3,100.00	5,449.00	47,256.00
8	8,725.00	3,588.00	3,158.00	5,267.00	4,414.00	6,207.00	3,249.00	8,258.00	3,065.00	2,591.00	6,480.00	723.00	55,725.00
9	9,399.00	4,502.00	5,734.00	1,203.00	4,763.00	3,169.00	3,927.00	6,692.00	2,526.00	5,819.00	5,237.00	1,681.00	54,652.00
10	7,420.00	3,835.00	2,987.00	1,676.00	4,650.00	3,904.00	3,511.00	8,306.00	1,589.00	10,287.00	5,178.00	5,182.00	58,525.00
11	6,500.00	9,812.00	4,442.00	395.00	3,361.00	6,690.00	1,997.00	7,786.00	4,175.00	6,897.00	5,517.00	4,437.00	62,009.00
12	7,284.00	2,610.00	4,101.00	1,170.00	882.00	3,068.00	5,021.00	6,859.00	5,454.00	8,302.00	4,773.00	3,000.00	52,524.00
13	6,939.00	5,191.00	4,437.00	1,826.00	642.00	4,746.00	3,206.00	8,670.00	5,196.00	4,258.00	4,807.00	3,656.00	53,574.00
14	7,508.00	5,323.00	720.00	3,425.00	912.00	2,213.00	3,550.00	4,787.00	5,557.00	4,850.00	1,518.00	3,250.00	43,613.00
15	7,500.00	5,350.00	3,810.00	963.00	7,751.00	4,743.00	4,067.00	4,212.00	555.00	4,537.00	839.00	4,998.00	49,325.00
16	9,707.00	4,583.00	1,806.00	715.00	3,735.00	5,036.00	7,529.00	4,356.00	4,008.00	4,206.00	941.00	7,024.00	53,646.00
17	10,200.00	7,576.00	1,073.00	3,095.00	5,912.00	3,913.00	2,556.00	7,220.00	5,509.00	3,048.00	4,220.00	738.00	55,060.00
18	7,195.00	6,645.00	7,647.00	842.00	1,937.00	2,348.00	7,217.00	1,813.00	3,106.00	2,287.00	1,969.00	2,754.00	45,760.00
19	9,045.00	2,278.00	8,108.00	4,023.00	4,603.00	2,309.00	3,396.00	4,108.00	810.00	2,578.00	1,787.00	3,953.00	46,998.00
20	1,501.00	2,985.00	1,750.00	4,896.00	5,086.00	833.00	2,162.00	1,616.00	4,749.00	5,411.00	934.00	5,762.00	37,685.00
21	842.00	1,837.00	5,808.00	3,394.00	3,957.00	2,653.00	2,577.00	695.00	5,296.00	2,298.00	1,978.00	4,300.00	35,635.00
22	675.00	768.00	5,000.00	4,222.00	3,916.00	6,070.00	401.00	2,551.00	7,664.00	5,980.00	4,192.00	2,065.00	43,504.00
23	4,617.00	1,667.00	4,049.00	3,276.00	7,304.00	1,069.00	3,006.00	8,322.00	941.00	3,296.00	1,864.00	3,570.00	42,981.00
24	3,899.00	349.00	4,624.00	4,127.00	4,986.00	6,396.00	4,284.00	9,656.00	1,237.00	2,598.00	3,683.00	1,701.00	47,540.00
25	3,805.00	2,729.00	2,385.00	987.00	6,856.00	2,080.00	4,777.00	6,590.00	4,939.00	5,433.00	5,796.00	1,702.00	48,079.00
26	2,351.00	400.00	2,966.00	4,716.00	4,973.00	3,356.00	5,922.00	7,878.00	4,752.00	7,016.00	5,780.00	107.00	50,217.00
27	1,692.00	850.00	1,587.00	1,695.00	5,771.00	5,806.00	2,902.00	4,232.00	6,238.00	1,368.00	610.00	2,134.00	34,885.00
28	4,637.00	2,599.00	2,167.00	1,073.00	5,555.00	2,112.00	8,004.00	1,602.00	5,361.00	3,002.00	4,224.00	1,273.00	41,609.00
29	1,199.00		1,386.00	3,557.00	1,420.00	2,886.00	1,028.00	896.00	5,921.00	3,955.00	6,440.00	3,698.00	32,386.00
30	1,707.00		922.00	3,701.00	692.00	4,636.00	3,059.00	5,478.00	2,201.00	2,815.00	7,387.00	2,285.00	34,883.00
31	1,626.00		475.00		3,506.00		6,220.00	5,226.00		3,687.00		2,821.00	23,561.00
<b>TOTAL</b>	<b>148,146.00</b>	<b>113,154.00</b>	<b>105,085.00</b>	<b>82,274.00</b>	<b>113,751.00</b>	<b>117,069.00</b>	<b>107,673.00</b>	<b>180,764.00</b>	<b>116,404.00</b>	<b>137,070.00</b>	<b>138,286.00</b>	<b>95,366.00</b>	<b>1,455,042.00</b>

Fuente: Propia

Posteriormente, se estima la radiación solar directa eléctrica [DNI-E], multiplicando los valores de DNI manifestados mensualmente durante todo el año, por el 30% correspondiente al rendimiento eléctrico del sistema. De este cálculo se obtiene el total de 436,512.60 Wh/m<sup>2</sup> eléctricos de generación.

Con esta primicia, se procede a calcular la producción eléctrica bruta del sistema de generación termoeléctrica cilindro-parabólica en las 10 hectáreas de terreno disponible. Para ello, adicionalmente se considerará el 25% de ratio de superficie colectora y se obtienen los kW de producción por hora. La producción bruta anual estimada para el sistema solar es de 10,912.82 MWh/año.

La producción final es de 6,788.55 MWh/año, con unas horas equivalentes de operación de 2,262.85 [h].

Debido que la planta industrial está conformada por elementos con alto consumo eléctrico, la energía vertida a la red se debe calcular considerando dichas fuentes de autoconsumo a partir de la siguiente fórmula:

$$E_{vertida} = 3MW \cdot \text{horas equivalentes} \cdot 0.85 \quad (16)$$

Dónde:

3 MW= corresponden a la máxima potencia producible

0.85= porcentaje correspondiente a energía que se puede vender considerando un 15% de autoconsumo.

Como resultado final, reemplazando los valores de horas equivalentes en la ecuación (16), se obtiene que la energía vertida a la red es de 5,770.27 MWh/año.

**Figura 39: Producción de energía para la red**

MESES DEL AÑO	TOTAL RADIACIÓN SOLAR DIRECTA (Wh/m2)	PRODUCCIÓN DE ENERGÍA CON RADIACIÓN SOLAR DIRECTA (Wh/m2)	PRODUCCIÓN DE ENERGÍA BRUTA (Wh/m2)	HORAS EQUIVALENTES DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA	PRODUCCIÓN FINAL (Wh/m2)	AUTO CONSUMO (MW)	VENTA DE ENERGÍA A LA RED (MWh/año)
1	148,146.00	44,443.80	1,111.10				
2	113,154.00	33,946.20	848.66				
3	105,085.00	31,525.50	788.14				
4	82,274.00	24,682.20	617.06				
5	113,751.00	34,125.30	853.13				
6	117,069.00	35,120.70	878.02				
7	107,673.00	32,301.90	807.55	2262.850	6,788.55	1,018.28	5,770.27
8	180,764.00	54,229.20	1,355.73				
9	116,404.00	34,921.20	873.03				
10	137,070.00	41,121.00	1,028.03				
11	138,286.00	41,485.80	1,037.15				
12	95,366.00	28,609.80	715.25				
TOTAL	1,455,042.00	436,512.60	10,912.82				

Fuente: Propia

#### 6.14.2. Costo de la energía producida con CCP

El costo total de inversión del sistema de generación termoeléctrica CCP considerando el costo por kW instalado de \$ 2,500.00 y una capacidad de generación de 3 MW se obtiene un valor de \$ 7 500,000.00.

**Figura 40: Precio de venta de energía a la red de un sistema CCP**

PRECIO DE VENTA ENERGÍA SOLAR /IGUAL RETORNO FOTOVOLTAICA	
PERIODO RETORNO - PROYECTO FOTOVOLTAICO=	9 AÑOS
$\text{Tiempo de retorno} = \frac{\text{Inversión Total}}{\text{Margen bruto}} = \frac{\text{Inversión Total}}{\text{Ingresos-Costos}}$	
<b>INVERSIÓN</b>	
Costo USD/kW=	2,500.00
Generación planta termosolar(kW)=	3,000.00
Costo total inversión	7,500,000.00 USD
<b>MARGEN BRUTO</b>	
MARGEN BRUTO = INGRESOS -COSTOS	
INGRESOS = 3000*2262,85*0,85*PRECIO USD/kWh-	5,770,267.50 kWh*precio USD/kWh
<b>COSTOS OPERACIÓN &amp; MANTENIMIENTO</b>	

Fuente: Propia

A continuación, se describen los costos correspondientes a operación y mantenimiento de un sistema con tecnología de captadores cilindros parabólicos, cuyo valor anual asciende a un total de \$ 159,000.00.

**Figura 41: Costos de operación y mantenimiento**

COSTOS OPERACIÓN & MANTENIMIENTO				
COSTOS (USD)=O&M+ALQUILER				
PUESTO	PERSONAL	SALARIO/MES	# MESES	COSTO AÑO
CENTRO DE CONTROL	5	800.00	12	48,000.00
PERSONAL DE CAMPO	6	500.00	12	36,000.00
VIGILANCIA	2	500.00	12	12,000.00
				96,000.00
ALQUILER DEL TERRENO				
ALQUILER TERRENO =				1,000.00 USD/Ha
ÁREA /ALQUILADA =				10 Ha
TOTAL ALQUILER TERRENO =				10,000.00 USD
COSTOS TOTAL PERSONAL(USD)=				<b>106,000.00 USD</b>
VARIOS (MATERIALES FUNGIBLES, CONSUMO DE AGUA, ADITIVOS, ETC)=				<b>50.00% ADICIONAL</b>
				<b>53,000.00 USD</b>
COSTO TOTAL(USD)=				<b>159,000.00 USD</b>

Fuente: Propia

El precio por venta de energía del sistema solar térmico con captadores cilindros parabólicos se establece en un periodo de retorno de la inversión de 9 años, dato que es tomado como referencia del sistema solar fotovoltaico, a fin de realizar un análisis comparativo entre estos dos tipos de tecnologías.

**Figura 42: Precio de venta energía solar / igual retorno fotovoltaica**

PRECIO DE VENTA ENERGÍA SOLAR /IGUAL RETORNO FOTOVOLTAICA		
PERIODO RETORNO - PROYECTO FOTOVOLTAICO=		<b>9 AÑOS</b>
$\text{Tiempo de retorno} = \frac{\text{Inversión Total}}{\text{Margen bruto}}$	=	$\frac{\text{Inversión Total}}{\text{Ingresos-Costos}}$
9	=	$\frac{7,500,000.00 \text{ USD}}{5,770,267.50 \text{ kWh} * \text{precio USD/kWh} - 159,000.00 \text{ USD}}$
Precio	=	$\frac{8,931,000.00 \text{ USD}}{51,932,407.50 \text{ kWh}}$
Precio =		<b>0.172 USD/kWh</b>

Fuente: Propia

### 6.14.3. Diagrama unifilar de instalación del CCP

Para entender de mejor manera los componentes que intervienen en una CCP, se elaboró un diagrama unifilar que puede ser observado en el Apéndice 14.

### 6.14.4. Resultados de la implementación

Con el análisis técnico-económico se concluye que, dentro de la implementación de una central solar termoeléctrica, es necesario establecer la cantidad del recurso solar requerido, el rango de potencia de operación, tecnológica, la vida útil, la experiencia comercial y los costos de inversión, operación y mantenimiento.

Tomando como premisa que existe un emplazamiento de 10 hectáreas donde se puede instalar una CCP de 3 MW, con un total de horas equivalentes de operación de 2,262.85 (equivalentes a un factor de planta del 25.81%), se determina que es posible verter a la red de la empresa distribuidora de la ciudad de Quito un total de 5,770.27 MWh/año.

Considerando un PRI de 9 años y una inversión total de \$ 7 500,000.00, el precio de venta de energía del sistema solar termoelectrico con captadores cilindro-parabólicos es de 0.172 \$/kWh.

Este tipo de sistemas de generación térmica son realmente rentables en sistemas de producción mayores a 50 MW, donde se justifica la inversión a mediano plazo. Por lo que un sistema de pequeña dimensión (3 MW), no es técnicamente factible ni rentable en términos de inversión.

## **7. ANÁLISIS FINANCIERO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO Y SOLAR TÉRMICO PARA ACS Y CALEFACCIÓN**

### **7.1. Sistema solar fotovoltaico**

Como se indica en el apartado 5.3.2: “Resumen ejecutivo”, de este documento, el diseño del sistema solar fotovoltaico nos permitirá cubrir el 20% de la demanda anual requerida por los habitantes de la urbanización (557,500 kWh/año), con una potencia instalada de 110.24 kWp, distribuida en un área de 1,452 m<sup>2</sup> libres de obstáculos, con una inversión total de \$ 141,208.81.

El sistema solar fotovoltaico consta de 4 estructuras de montaje galvanizadas, donde se instalarán grupos de 52 paneles solares con una potencia pico de 530W, obteniendo un total de 208 paneles.

En cada arreglo fotovoltaico se instalará un inversor, de 27 kWp (Fronius) con sus respectivas protecciones en corriente continua y alterna y los inversores se ubicarán en una caseta de control ubicada a un costado de los paneles solares.

Para evacuar la energía producida por el sistema solar fotovoltaico, es necesario realizar adecuaciones en el punto de conexión con red convencional proporcionado por la empresa distribuidora, mediante el tendido de cables soterrados.

Con estas consideraciones procedemos a determinar el CAPEX y DEVEX necesario para su implementación.

#### **7.1.1. CAPEX del sistema solar fotovoltaico**

El CAPEX del proyecto solar fotovoltaico asciende a un valor de \$ 135,383.81, el cual comprende costos directos e indirectos dentro de los cuales se describen los siguientes componentes: obra civil, paneles solares, inversores, cableado, conexión a red, sistema de monitoreo y un sistema fotovoltaico aislado.

Estos ítems se describen en la siguiente tabla:

**Tabla 28: CAPEX- Sistema Fotovoltaico**

<b>DESARROLLO FOTOVOLTAICO</b>	
<b>Obra Civil</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO</b>
Desbroce del terreno	\$983.33
Construcción de plataformas (Layout)	\$4,000.00
Excavación a máquina	\$2,500.00
Hormigón simple en plintos	\$6,000.00
Acero de refuerzo	\$4,500.00
Acero estructural (A572GR50)	\$15,000.00
Drenaje	\$1,000.00
Caseta de control	\$4,175.28
Instalación de cerramiento perimetral	\$7,915.14
Canalización subterránea	\$2,281.50
Pozos de revisión	\$349.90
<b>TOTAL</b>	<b>\$48,705.15</b>
<b>Montaje Paneles Solares</b>	
Instalación 208 paneles fotovoltaicos (Incluye importación)	\$53,803.32
Instalación de 4 gabinete de protección en CC.	\$1,454.84
<b>TOTAL</b>	<b>\$55,258.16</b>
<b>Montaje Inversores de red</b>	
Instalación de 4 Inversores de red	\$25,815.04
<b>TOTAL</b>	<b>\$25,815.04</b>
<b>Instalación cable subterráneo</b>	
Instalación de 54 metros de cable subterráneo	\$651.78
Instalación de 5 metros cable subterráneo-punto de conexión	\$114.50
<b>TOTAL</b>	<b>\$766.28</b>
<b>Instalación a la red existente</b>	
Conexión a la red existente de la EED	\$1,083.80
<b>TOTAL</b>	<b>\$1,083.80</b>
<b>Instalación sistema de monitoreo remoto</b>	
Instalación sistema de monitoreo remoto	\$582.76
<b>TOTAL</b>	<b>\$582.76</b>
<b>Instalación del sistema fotovoltaico individual</b>	
Instalación del sistema fotovoltaico individual para caseta guardia	\$1,772.62
<b>TOTAL</b>	<b>\$1,772.62</b>
<b>Seguros y Pólizas</b>	
Seguro y Pólizas para implementación del sistema solar fotovoltaico	\$1,380.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$1,380.00</b>
<b>CAPEX DEL PROYECTO</b>	<b>\$135,363.81</b>

Fuente: Propia

### 7.1.2. DEVEX del sistema solar fotovoltaico

El DEVEX del proyecto es de \$ 5,845.00, que comprende principalmente los costos a consecuencia del trabajo, trámites y servicios requeridos para la posterior construcción del proyecto. Este desglose puede ser apreciado a continuación:

**Tabla 29: DEVEX- Sistema Fotovoltaico**

<b>GASTOS DESARROLLO PROYECTO</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO</b>
Inspección al sector de implementación (técnico, asesor jurídico)	<b>\$300.00</b>
Levantamiento planimétrico y altimétrico	<b>\$600.00</b>
Estudio de suelos - Ensayo de Penetración Estándar (SPT)	<b>\$500.00</b>
Estudio de Impacto Ambiental (EIA)	<b>\$1,000.00</b>
Ingeniería de prediseño (Civil - Eléctrico)	<b>\$800.00</b>
Impuestos Municipales (Cambio de uso de suelo)	<b>\$300.00</b>
Alquiler de Terrenos (Primer año)	<b>\$145.00</b>
Trámite autorización punto de conexión (Ingeniero)	<b>\$200.00</b>
Mejora de la red para instalación del punto de conexión	<b>\$2,000.00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$5,845.00</b>

Fuente: Propia

### 7.1.3. Presupuesto para ejecución

A continuación, se muestra el presupuesto de ejecución del sistema solar fotovoltaico, de acuerdo a la capacidad de generación de energía eléctrica según los lineamientos dados a lo largo del desarrollo del proyecto para satisfacer las necesidades de la Urbanización “el Manantial”. Dicho presupuesto considera principalmente: obra civil, paneles solares, inversor, cableado, conexión a red, sistema de monitoreo y sistema fotovoltaico aislado.

**Tabla 30: Presupuesto para ejecución del sistema solar fotovoltaico**

<b>GASTOS DESARROLLO PROYECTO</b>	
<b>CAPEX:</b>	
<b>Obra Civil</b>	<b>\$48,705.15</b>
<b>Montaje Paneles Solares</b>	<b>\$55,258.16</b>
<b>Montaje Inversores de red</b>	<b>\$25,815.04</b>
<b>Instalación cable subterráneo</b>	<b>\$766.28</b>
<b>Instalación a la red existente</b>	<b>\$1,083.80</b>
<b>Instalación sistema de monitoreo remoto</b>	<b>\$582.76</b>
<b>Instalación del sistema fotovoltaico individual</b>	<b>\$1,772.62</b>
<b>Seguros y Pólizas</b>	<b>\$1,380.00</b>
<b>CAPEX DEL PROYECTO</b>	<b>\$135,363.81</b>
<b>DEVEX DEL PROYECTO</b>	<b>\$5,845.00</b>
<b>TOTAL INVERSIÓN</b>	<b>\$141,208.81</b>

Fuente: Propia

Tabla 31: Presupuesto del sistema solar fotovoltaico por kWp instalado

INVERSIÓN SISTEMASOLAR FOTOVOLTAICO DE 110.24 KWP				
ITEM	DESCRIPCIÓN	POTENCIA INSTALADA (kWp)	COSTO (\$/kW)	COSTO TOTAL SIN IVA
1	Montaje e instalación de un sistema solar fotovoltaico en la urbanización el Manantial modalidad EPC	110.24	\$1,280.92	<b>\$141,208.81</b>

Fuente: Propia

## 7.2. Sistema solar térmico para ACS & calefacción

La demanda de una vivienda para dos ocupantes para los sistemas de ACS & calefacción en la urbanización El Manantial, considera para el diseño del sistema solar térmico captadores solares planos, cuya implantación requiere de un área de 5m<sup>2</sup> sobre la parte superior de la terraza y cubierta de la vivienda.

Este sistema está conformado por una estructura metálica que soporta dos captadores solares planos de la marca VISSMANN VITOSOL S 2.5, un acumulador con intercambiador de la marca VITOCCELL 100B-CVB-400L, sistema de tuberías, bomba de circulación, vaso de expansión y un sistema auxiliar que requiere GLP para su funcionamiento, los cuales permiten cubrir la demanda de ACS (3,263.32 kWh) y calefacción (1500.00 kWh) para una vivienda tipo (2 habitantes).

Con los resultados obtenidos de este diseño, calculamos la demanda requerida para toda la urbanización de acuerdo al cuadro adjunto:

Tabla 32: Demanda de sistema solar térmico para ACS & calefacción

Número de habitantes	Cantidad de viviendas	Demanda ACS por Número de habitantes (kWh)	Demanda ACS-Total (kWh)	Demanda calefacción por cantidad de habitantes (kWh)	Demanda Calefacción-Total (kWh)
2	15	3,263.32	48,949.80	1,500.00	22,500.00
3	30	4,894.88	146,849.40	2,250.00	67,500.00
4	35	6,526.64	228,432.40	3,000.00	105,000.00
5	20	8,158.30	163,166.00	3,750.00	75,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>22,843.24</b>	<b>587,397.60</b>	<b>10,500.00</b>	<b>270,000.00</b>

Fuente: Propia

Con estos antecedentes, procedemos a determinar el CAPEX del sistema solar térmico, el cual debe cubrir la demanda de ACS & calefacción de la urbanización "El Manantial".

### 7.2.1. CAPEX del sistema solar térmico

El CAPEX del proyecto solar térmico para las 100 viviendas de la urbanización asciende a un valor de \$ 733.500,00, el cual comprende costos directos e indirectos, cuyos elementos se describen en la siguiente tabla:

**Tabla 33: CAPEX- sistema solar térmico para ACS & calefacción**

<b>DESARROLLO ACS Y CALEFACCIÓN</b>	
<b>Transporte de equipos y materiales a la urbanización</b>	
Tubería de distribución de cobre	\$50,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$50,000.00</b>
<b>Instalación solar panel placa plana</b>	
Paneles Viessman	\$320,000.00
Regulación	\$32,000.00
Contactador auxiliar	\$10,000.00
Vaso de expansión	\$7,000.00
Purgador Automático	\$10,000.00
Tubos de unión Vitosol	\$10,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$389,000.00</b>
<b>Almacenamiento de ACS</b>	
Acumulador de ACS VITOCCELL 500 Litros	\$224,000.00
Recirculación de ACS UPN 20/25	\$32,500.00
Bomba de circulación	\$38,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$294,500.00</b>
<b>CAPEX</b>	<b>\$733,500.00</b>
<b>POTENCIA INSTALADA DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO</b>	
Demanda ACS-Total para 100 viviendas (kWh)	588,423.60
Demanda de calefacción para 100 viviendas (kWh)	270,000.00
<b>COSTO DE LA INVERSIÓN EN \$/KW</b>	<b>\$0.85</b>

Fuente: Propia

El valor del DEVEX de sistema solar térmico para ACS & calefacción no será considerado en este apartado ya que no se cuenta con tecnología desarrollada en el Ecuador.

### 7.3. Inversión y WACC (valoración del costo de capital)

Con el objeto de establecer el horizonte económico y financiero del proyecto de generación de energía eléctrica y sistemas de Agua Caliente Sanitaria (ACS) & Calefacción a fin de

abastecer los requerimientos de la urbanización El Manantial, se realiza el análisis de los parámetros económicos que se detallan a continuación.

### 7.3.1. Monto de la Inversión

Previo a la puesta en marcha y operación de un sistema solar fotovoltaico y sistema solar térmico para ACS & Calefacción se requiere una inversión de \$141,208.81 y \$733,500.00 respectivamente; valores económicos que corresponden a los activos fijos, preoperativos y capital de trabajo que corresponden a un total de \$874,708.81 entre ambas tecnologías.

### 7.3.2. Valoración del WACC

Para la presente valoración del proyecto consideraremos una WACC del 5% el cual nos permitirá obtener una rentabilidad en el menor tiempo posible.

### 7.4. Cuenta de resultados

Para la elaboración y posterior desarrollo exitoso de un proyecto de energías renovables, es necesario realizar un análisis de cada una de sus fases con el fin de determinar las variables económicas que se deben considerar a nivel de los ingresos y gastos, tanto operativos y preoperativos del sistema solar fotovoltaico y térmico.

### 7.5. TIR (Tasa interna de retorno) y VAN (valor actual neto) de los sistemas solares fotovoltaico y térmico

Para determinar la rentabilidad de los sistemas solar fotovoltaico y solar térmico se analizaron las variables económicas correspondientes al *TIR* (tasa interna de retorno), *VAN* (valor actual neto), *LCOE* (costo medio normalizado de energía) y *LROE* (precio de venta medio normalizado), cuyos resultados se muestran a continuación:

**Tabla 34: Rentabilidad sistema fotovoltaico y térmico**

Rentabilidad	SISTEMA FOTOVOLTAICA		SISTEMA SOLAR TÉRMICO	
	Inversión 100%	crédito 70% propio 30%	Inversión 100%	crédito 70% propio 30%
TIR PROYECTO (30 años)	12.03%	12.03%	1.96%	1.96%
VAN (30 años)	\$193,654.60	\$193,654.60	\$489,700.67	\$489,700.67
TIR EQUITY (30 años)	11.58%	15.98%	1.84%	-0.33%
VAN (30 años)	\$190,668.60	\$122,345.82	\$465,687.30	\$ -83,763.61
Payback:	8.57 Años	7.66 Años	30.94 Años	-17.97 Años
LCOE (\$/KWh) - 30 años	0.1045		0.2242	
LROE (\$/KWh) - 30 años	0.1582		0.1351	
Precio energía (\$/kWh)	\$0.105		\$0.1034	
WACC	5%		5%	

**Fuente:** Propia

La tabla antes expuesta muestra el resumen de los resultados obtenidos, valores que pueden ser visualizados en el Apéndice 15.

Las consideraciones para este análisis son las siguientes:

- Análisis de rentabilidad del sistema solar fotovoltaico y térmico, considerando el 100% de fondos propios.
- Análisis de rentabilidad del sistema solar fotovoltaico y térmico, considerando el 70% de financiamiento y el 30% con fondos propios.
- Vida útil de los sistemas solar fotovoltaico y térmico: 30 años.
- Financiamiento con un periodo de 18 años, con un interés del 8%.
- Precio de la energía de 0.105 \$/kWh.
- WACC seleccionado: 5%.

## 7.6. Análisis de los resultados

### 7.6.1. TIR y VAN

El valor actualizado neto del sistema solar fotovoltaico conectado a la red considerando una inversión total sobre el EBITDA menos impuestos del proyecto sin CAPEX de O&M es de \$193,654.60 y la tasa interna de retorno de 12.03%, considerando una financiación mediante fondos propios del 100%.

En cambio, si se considera una la inversión EQUITY sobre el Flujo de Caja Libre con CAPEX de O&M el valor actualizado neto es de \$190,668.60 con una tasa interna de retorno de 11.58%.

Haciendo el mismo ejercicio, cuando el proyecto es financiado con el 70% y el 30% es fondos propios, el valor actualizado neto resultante del sistema solar fotovoltaico con EBITDA es de \$193,654.60 y su tasa interna de retorno de 12.03%; mientras que con inversión EQUITY el valor actualizado neto es de \$122,345.82 y una tasa interna de retorno de 15.98%.

Para el caso del sistema solar térmico considerando una inversión total sobre el EBITDA menos impuestos del proyecto sin CAPEX de O&M es de \$489,700.67 y su la tasa interna de retorno es de 1.96%. Aplicando una inversión EQUITY el valor actualizado neto es de \$465,687.30 y una tasa interna de retorno negativa de 1.84%.

De igual manera haciendo el mismo ejercicio, cuando el proyecto es financiado con el 70% y el 30% es fondos propios, el valor actualizado neto resultante del sistema solar térmico con EBITDA es de \$489,700.67 y su tasa interna de retorno de 1.96%; mientras que con inversión EQUITY el valor actualizado neto es de \$ -83,763.61y una tasa interna de retorno de -0.33%.

### 7.6.2. LCOE y LROE

El LCOE y LROE del sistema solar fotovoltaico conectado a red considerando los escenarios: 100% de financiamiento mediante fondos propios y 70% de crédito con una entidad bancaria es de 0.1045 \$/kWh y 0.1582 \$/kWh respectivamente.

En cambio, el LCOE y LROE de sistema solar térmico considerando los escenarios: 100% de financiamiento mediante fondos propios y 70% de crédito con una entidad bancaria es de 0.2242 \$/kWh y 0.1354 \$/kWh respectivamente.

## 8. CONCLUSIONES

- En base al desarrollo y análisis técnico del sistema solar fotovoltaico y solar térmico en la urbanización “el Manantial”, se pudo determinar los parámetros a considerar previo a su implementación; sin embargo, su aplicación toma como base criterios y conocimientos técnicos, ambientales y económicos pero sobre todo la utilización de fuentes de energías renovables para atender las necesidades energéticas de la urbanización, evitando la dependencia de los combustibles fósiles y contribuyendo a la disminución de CO<sub>2</sub> al ambiente.
- Como resultado del diseño del sistema solar fotovoltaico conectado a la red para cubrir el 20% de la demanda energética de la urbanización “el Manantial”, se concluye que en el área de 1452 m<sup>2</sup> junto a la urbanización, es factible instalar una potencia fotovoltaica de 110.24 kWp constituidos por cuatro grupos de generación de 52 paneles solares, mediante un arreglo de 13 en serie y 4 en paralelo, con un presupuesto total de \$141,208.81, y un costo de kilovatio instalado de \$ 1,208.92, valores técnicos y económicos que permiten determinar que los componentes de obra civil, equipos, conexión y monitoreo son accesibles para atender los requerimientos de los habitantes de la urbanización.
- El sistema solar térmico para ACS & calefacción para 100 viviendas requiere una demanda de 587,397.60 y 270,000.00 kWh respectivamente, siendo más eficiente el captador solar tubos de vacío; sin embargo, debido a su costo de implementación se proyectó captadores solares de placa plana en cubiertas o terrazas con una inversión de \$733,500.00.
- El subsidio actual aplicado al Gas Licuado de Petróleo (GLP) de uso doméstico hace difícil implementar sistemas solares térmicos para ACS & Calefacción en las familias ecuatorianas y en especial a los habitantes de la urbanización “el Manantial”.
- Al realizar la factibilidad de implementar un sistema solar termoeléctrico con captadores cilindros parabólicos de una potencia de 3MW en un área de 10 hectáreas de terreno junto a la urbanización “el Manantial” e interconectarse a la red de la distribuidora de la zona, se concluye que por el alto coste (\$7 500,000.00) no es rentable su implantación, en vista que para este tipo de tecnología resulta atractivo para un inversionista un sistema mayor a 50 MW.
- De los resultados obtenidos del análisis económico y financiero realizados en la presente investigación, se determinó que el sistema solar fotovoltaico resulta más atractivo y rentable para los habitantes de la urbanización “el Manantial” en cuanto a su implementación. Para su análisis se contó con la condición de disponer con una subvención del 20% de su financiamiento. A diferencia del sistema solar térmico para ACS & calefacción, no es rentable su implementación por existir un subsidio de GPL para uso doméstico, ya que en el Ecuador es común el uso de este derivado para calentamiento de agua con calefón.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCERNNR. (2018). Normativa para implementar un Sistema de Generación Distribuida para el autoabastecimiento de consumidores regulados, En *Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables*, Recuperado de <https://n9.cl/gtpab>
- ARCERNNR. (2021). Resolución Nro. ARCERNNR-013/2021, En *Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables*, Recuperado de <https://www.energiaestrategica.com/wp-content/uploads/2021/05/Resolucion-Nro.-ARCERNNR-013-2021-signed-signed.pdf?msckid=8b0e1341cf2e11ecb6a9ef2e5a05d4fe>
- ARCONEL. (2018). RESOLUCIÓN No. ARCONEL – 003/18. En *Agencia de Regulación y Control de Electricidad*, Recuperado de <https://n9.cl/pr076>
- Avendaño, D., Lopez, A., y Moral, F. (2014). *Percepción del impacto social, ambiental y económico del uso de la energía renovable en zonas rurales de Ecuador. [Tesis de Maestría. Universidad de Málaga].* <http://hdl.handle.net/10630/7790>
- Ballagan, J. y Pico, J. (2018). Diseño y simulación de un sistema solar térmico forzado, acoplado a un sistema centralizado de agua caliente sanitaria de GLP en la ciudad de Quito: <https://n9.cl/fl30m>
- BOE. (2010). *Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.* <https://n9.cl/fisqx>
- Cañar, D. (2014). Universidad de Cuenca Facultad de Ingeniería Escuela de Eléctrica, Energía solar térmica para Generación de electricidad en el Ecuador: <https://n9.cl/x9wli>
- Carta, J., Calero, R., Colmenar, A. y Castro, M. (2009). *Centrales de energías renovables: generación eléctrica con energías renovables.* Pearson Educación S.A. [https://www.academia.edu/28888909/Centrales\\_de\\_energ%C3%ADas\\_renovables\\_Generaci%C3%B3n\\_el%C3%A9ctrica\\_con\\_energ%C3%ADas\\_renovables](https://www.academia.edu/28888909/Centrales_de_energ%C3%ADas_renovables_Generaci%C3%B3n_el%C3%A9ctrica_con_energ%C3%ADas_renovables)
- Ekidom. (2022). Energía solar térmica. <https://ekidom.com/empresa-de-energia-solar/energia-solar-termica/>
- EREN. (2022). *Energía Solar Térmica: Manual del Arquitecto.* Junta de Castilla y León.
- EREN. (2022). *Energía Solar Térmica: Manual del Projectista.* Junta de Castilla y León.
- ESrenovables. (2020). Cálculo de las emisiones de CO2 evitadas por una instalación de autoconsumo de energía solar fotovoltaica (IV). En *Instaladores de Energías Renovables.* Recuperado de <https://n9.cl/fxy7d>
- Fronius, (s,f). *FRONIUS SMART METER. Contador bidireccional para registrar el consumo de energía en su hogar.* <https://www.bing.com/search?q=El+Fronius+Smart+Meter+240V-3+UL+que+es+un+complemento+del+Datamanager%2C+es+un+contador+bidireccional+que+optimiza+el+autoconsumo+y+registra+la+curva+de+carga+de+la+instalaci%C3%ADa>

B3n&cvid=a82dbbcddc5948e7a6710795a7dec7c6&aqs=edge.69i57.2120j0j4&FORM=A  
NAB01&PC=U531

- García, G. y Abad, A. (2013). *La utilización de la energía fotovoltaica en el Ecuador*. [Trabajo de Titulación en Ciencias de la Educación. Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/12416>
- García, G. y Tandazo, J. (2013). *La utilización de la energía fotovoltaica en el Ecuador*. [Tesis de pregrado]. <https://www.coursehero.com/file/58257167/La-utilizaci%C3%B3n-de-la-energ%C3%ADa-fotovoltaica-en-el-Ecuadorpdf/?msckid=5aec2afcf2b11ecbceda0fcdf399c33>
- Gómez, D. y Jurado, J. (2001). *Financiación Global de Proyectos Project Finance*. ESIC Editorial. <https://n9.cl/1khje>
- González, R. (2019). *Análisis de evaluación de acciones comunes y costos de capital en la industria de calzado de la provincia de Tungurahua*. [Tesis de Postgrado]. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/29557>
- Horikoshi, I. (2009). *Análisis de las componentes armónicas de los inversores fotovoltaicos de conexión a red*. [Trabajo de fin de grado]. <http://hdl.handle.net/10016/6901>
- IDEA. (2009). Pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura: <https://n9.cl/403qc>
- IM2. (2014). Como es un panel solar fotovoltaico. En *IM2 energía solar*. Recuperado de <https://www.im2solar.com/en/03/2014/como-es-un-panel-solar/>
- INEN. (2009). Sistemas de calentamiento de agua con energía solar para uso sanitario en el Ecuador: <https://n9.cl/bi1bu>
- Lata García, J., Jurado Melguizo, F., Sánchez Sainz, H., Reyes López, C., & Fernández Ramírez, L. Optimal sizing hydrokinetic-photovoltaic system for electricity generation in a protected wildlife area of Ecuador. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*. 26, 1103-1104. doi:10.3906/elk-1706-23.
- López, E. (2017). *Evaluación del proyecto de inversión: viabilidad financiera de la generación de energía fotovoltaica por medio de un huerto solar en Pereira*. [Tesis de Postgrado]. [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/12303/Eliana\\_LopezMejia\\_2017.pdf?sequence=2](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/12303/Eliana_LopezMejia_2017.pdf?sequence=2)
- Mapa solar del Ecuador. (2019). Radiación solar horizontal anual: <https://n9.cl/dgd1r>
- Masabanda, V. (2015). *Modelo económico para la incorporación de generación con fuentes renovables no convencionales*. [Trabajo de fin de grado]. <https://n9.cl/e55zr>
- Méndez, J. (2017). *Estudio del comportamiento de los captadores solares planos. Análisis de mercado*. [Trabajo de fin de grado]. <https://n9.cl/ojme8>

- Mercedes, P. Diseño y cálculo de una instalación solar térmica para ACS en una empresa de 200 personas. Universidad Politécnica de Catalunya: <https://n9.cl/xpajj>
- MERNNR. (2020). Capítulo 4. Plan maestro de Electricidad. Quito: En *Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables*. Recuperado de <https://www.recursoyenergia.gob.ec/plan-maestro-de-electricidad/?msckid=3886b1a0cf9b11ec8405a78d3f7bd363>
- NASA. (s.f). Power Data Access Viewer. En *Prediction of Worldwide Energy Resources*. Recuperado de <https://n9.cl/0exdc>
- UNE Normalización Española. (2017). *Abastecimiento de agua. Especificaciones para los calentadores de agua de acumulación por calentamiento indirecto sin ventilación (cerrados)*. <https://n9.cl/ct386>
- NREL National Renewable Energy Laboratory. (2022). NSRDB Data Viewer: <https://n9.cl/i5ls1>
- Partridge, T. (2021). El proyecto solar El Aromo y el reto de las renovables en Ecuador, *OpenDemocracy*, Recuperado de <https://www.opendemocracy.net/es/proyecto-solar-el-aromo-puede-impulsar-energias-renovables-ecuador/>
- Perpiñán, O. (2020). *Energía Solar Fotovoltaica*. Creative Commons. <http://oscarperpinan.github.io/esf/>
- RENOVETEC. (2022). *Centrales de concentrador cilindro-parabólico*. Centrales Termosolares. <https://n9.cl/5ebfe>
- Solartik. (2020). Protecciones eléctricas para sistemas fotovoltaicos. En *Solartik tu solución renovable*. Recuperado de <https://solartik.ar/protecciones-electricas-para-sistemas-fotovoltaicos/?msckid=e6b6dbc4cfb811ecbe876ee60cd5f170>
- SOPELIA.(2016). Ecuador Solar PV. En *Solar Platform Latin America*. Recuperado de <https://www.energiasolar.lat/en/solar-fotovoltaica-ecuador/?msckid=e6b6dbc4cfb811ecbe876ee60cd5f170> el 05 de marzo de 2022
- Tomáseficiencia. (6 de marzo de 2015). *Instalación solar térmica: fases del proceso de montaje (II)*. [http://tomaseficiencia.blogspot.com/2015/03/instalacion-solar-termica-fases-del\\_6.html](http://tomaseficiencia.blogspot.com/2015/03/instalacion-solar-termica-fases-del_6.html)
- Vásquez F., Urdiales L., Espinoza J, y García M. (2015). Energías Renovables en el Ecuador. Situación Actual. Tendencias y Perspectivas. Universidad de Cuenca. Disponible en: <https://acortar.link/cnYkYn>

## **10. APÉNDICES**

**APÉNDICE 1. Planimetría de Implantación del sistema solar fotovoltaico.**

**APÉNDICE 2. Diseño preliminar del sistema solar fotovoltaico.**

**APÉNDICE 3. Simulación en PVsyst 7.2 del sistema solar fotovoltaico.**

**APÉNDICE 4. Diagrama unifilar de conexiones.**

**APÉNDICE 5. Diagrama unifilar de conexiones del sistema fotovoltaico aislado.**

**APÉNDICE 6. Simulación de un sistema aislado en el software PVsyst 7.2.**

**APÉNDICE 7. Tabla de rubros: Unidades, cantidades y precios.**

**APÉNDICE 8. Cronograma valorado.**

**APÉNDICE 9. Catálogos de captadores planos, de tubos de vacío y acumulador.**

**APÉNDICE 10. Diagrama unifilar del sistema de ACS y calefacción.**

**APÉNDICE 11. Implantación del sistema solar térmico con captadores.**

**APÉNDICE 12. Resultados cálculo de sistema solar térmico utilizando captadores planos.**

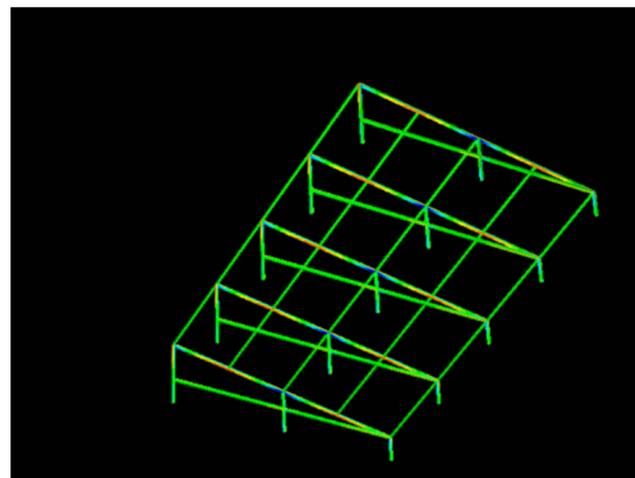
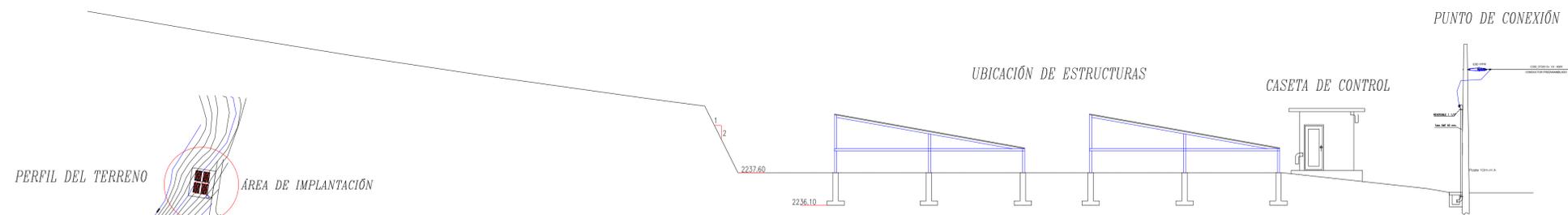
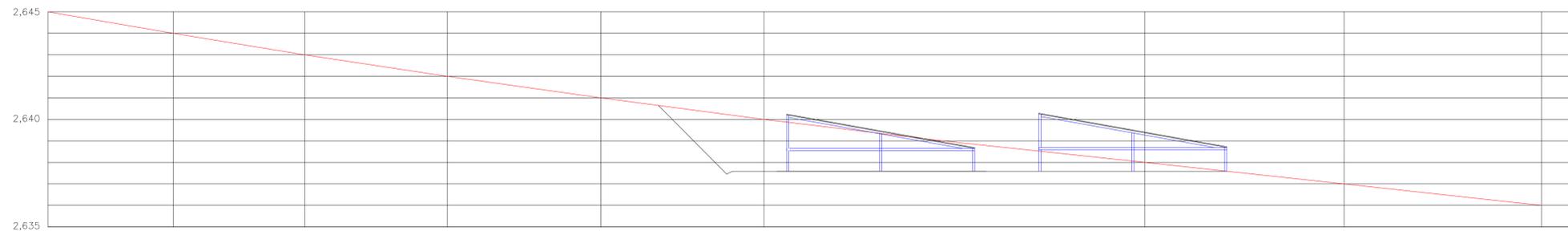
**APÉNDICE 13. Resultados cálculo de sistema solar térmico utilizando captadores de tubos de vacío.**

**APÉNDICE 14. Diagrama unifilar planta de generación termoeléctrica con captadores cilindro- parabólicos.**

**APÉNDICE 15. Ingresos y costos operacionales de un sistema solar fotovoltaico y térmico**

## **APÉNDICE 1. Planimetría de Implantación del sistema solar fotovoltaico.**

SECCIÓN TRANSVERSAL DEL TERRENO  
ESCALA 1:100



ESTRUCTURA GALVANIZADA POR GRUPO DE GENERACIÓN

 <p><b>IMPLEMENTACIÓN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO</b> <b>URBANIZACIÓN EL MANANTIAL</b></p>			
<p>CONTIENE:</p> <p><b>SECCIÓN TRASVERSAL DEL TERRENO</b> <b>PERFIL DEL TERRENO</b> <b>ESTRUCTURA GALVANIZADA</b></p>			
PARROQUIA: <b>CONOCOTO</b>	CODIGO PARROQUIA: <b>170802</b>	CANTON: <b>QUITO</b>	PROVINCIA: <b>PICHINCHA</b>
DISEÑO: <p>FABRICIO JAVIER VILLACRES KUSHPE JENY ELIZABETH CALVA JIMÉNEZ LUIS ALBERTO MONCAYO ESCOBAR MEDARDO TITO GABINO POLANCO YUL MICHAEL VÁSQUEZ ORDÓÑEZ</p>		ESCALA: INDICADAS	FECHA: JULIO 2022
APROBO: <p>PALOMA RODRÍGUEZ RUÍZ DOCENTE ENERGÍA FOTOVOLTAICA</p>			LAMINA: <b>1 de 2</b>



## **APÉNDICE 2. Diseño preliminar del sistema solar fotovoltaico.**

RESUMEN DIMENSIONAMIENTO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED PARA LA URBANIZACIÓN EL MANANTIAL										
GRUPO DE VIVIENDA	CONSUMO PROMEDIO ANUAL (KWh/año)	CONSUMO PROMEDIO MENSUAL (KWh/mes)	CONSUMO PROMEDIO DIARIO (KWh/día)	TOTAL COMSUMO DIARIO VIVIENDAS (20%) (KWh/día)	CANTIDAD PANELES	CONEXIÓN PANELES		VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA (KW)
						SERIE	PARALEL O			
1	139,375.00	11,614.58	387.15	77.43	52	13	4	640.38	53.6	27.56
2	139,375.00	11,614.58	387.15	77.43	52	13	4	640.38	53.6	27.56
3	139,375.00	11,614.58	387.15	77.43	52	13	4	640.38	53.6	27.56
4	139,375.00	11,614.58	387.15	77.43	52	13	4	640.38	53.6	27.56
	<b>557,500.00</b>	<b>46,458.32</b>	<b>1,548.60</b>	<b>309.72</b>	<b>208.00</b>					<b>110.24</b>

## DIMENSIONAMIENTO GRUPO 1

Energía demanda	77.43	kWh/día
% Pérdidas Red eléctrica	2%	[---]
E pérdidas Red	1.55	kWh/día
E total a distribuir	78.98	kWh/día
E total a distribuir	2369.36	kWh/mes
Factor de potencia global	0.94	
VAh/día Total	84.02	[kVAh/día]
VAh/mes Total	2520.59	[kVAh/mes]
Eficiencia Regulador	97.50%	
Eficiencia Inversor	95.00%	
Eficiencia Instalación	98.00%	
Eficiencia Global	90.77%	
F seguridad Energía	1.05	
E diaria Diseño	97.19	[kVAh/día]

<b>Energía Diseño Bus CC</b>	<b>97.19</b>	<b>[kVAh/día]</b>
------------------------------	--------------	-------------------

<b>Datos Paneles</b>		
Potencia máxima panel (Pmp)	530	[W]
Voltaje circuito Abierto (Voc)	49.26	[V]
Corriente de cortocircuito (Icc)	13.41	[A]
Voltaje máxima potencia (Vmp)	40.56	[V]
Corriente máxima potencia (Imp)	13.07	[A]
% Potencia Garantizada año 10	98%	
<b>P panel diseño</b>	<b>519.40</b>	<b>[W]</b>
<b>I panel diseño</b>	<b>12.94</b>	<b>A</b>

<b>Cantidad Paneles en Serie</b>	<b>13</b>
----------------------------------	-----------

9

E SOLAR DISEÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
kWh/m2-día Sup Horiz.	4.01	3.76	3.64	3.80	3.76	3.79	3.99	4.25	4.29	4.21	4.16	3.88
Factor de corrección por inclinación	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hseq = kWh/m2-día Sup Inclinada [h/día]	4.01	3.76	3.64	3.80	3.76	3.79	3.99	4.25	4.29	4.21	4.16	3.88
<b>E generación requerida Diaria [kWh/día]</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>
Cantidad de Paneles en serie (MPPT)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Cálculo de arreglo Paneles en Paralelo (MPPT)	3.59	3.83	3.95	3.79	3.83	3.80	3.61	3.39	3.36	3.42	3.46	3.71
Cantidad de arreglos Paneles en paralelo sugeridos (MPPT)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Cantidad de arreglos Paneles en paralelo elegidos (MPPT)	<b>4</b>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Total Paneles por sistema (MPPT)	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
Potencia Peak Total Paneles (MPPT) k[W]	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01
<b>Total Energía Generada con MPPT [kWh/día]</b>	<b>108.31</b>	<b>101.55</b>	<b>98.31</b>	<b>102.63</b>	<b>101.55</b>	<b>102.36</b>	<b>107.77</b>	<b>114.79</b>	<b>115.87</b>	<b>113.71</b>	<b>112.36</b>	<b>104.79</b>

RESUMEN CARACTERÍSTICAS SISTEMA	
<b>Paneles</b>	MPPT
Cantidad de Paneles en Serie	13
Cantidad de arreglos en paralelo	4
<b>Cantidad total de paneles por sistema</b>	<b>52</b>
<b>POTENCIA ARREGLO PANELES (KW)</b>	<b>27.56</b>

RESULTADO DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO	
V nominal (MPPT)	<b>640.38</b>
I entrada (MPPT)	<b>53.6</b>

## DIMENSIONAMIENTO GRUPO 2

Energía demanda	77.43	kWh/día
% Pérdidas Red eléctrica	2%	[---]
E pérdidas Red	1.55	kWh/día
E total a distribuir	78.98	kWh/día
E total a distribuir	2369.36	kWh/mes
Factor de potencia global	0.94	
VAh/día Total	84.02	[kVAh/día]
VAh/mes Total	2520.59	[kVAh/mes]
Eficiencia Regulador	97.50%	
Eficiencia Inversor	95.00%	
Eficiencia Instalación	98.00%	
Eficiencia Global	90.77%	
F seguridad Energía	1.05	
E diaria Diseño	97.19	[kVAh/día]

<b>Energía Diseño Bus CC</b>	<b>97.19</b>	<b>[kVAh/día]</b>
------------------------------	--------------	-------------------

<b>Datos Paneles</b>		
Potencia máxima panel (Pmp)	530	[W]
Voltaje circuito Abierto (Voc)	49.26	[V]
Corriente de cortocircuito (Icc)	13.41	[A]
Voltaje máxima potencia (Vmp)	40.56	[V]
Corriente máxima potencia (Imp)	13.07	[A]
% Potencia Garantizada año 10	98%	
<b>P panel diseño</b>	<b>519.40</b>	<b>[W]</b>
<b>I panel diseño</b>	<b>12.94</b>	<b>A</b>

<b>Cantidad Paneles en Serie</b>	<b>13</b>
----------------------------------	-----------

9

E SOLAR DISEÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
kWh/m2-día Sup Horiz.	4.01	3.76	3.64	3.80	3.76	3.79	3.99	4.25	4.29	4.21	4.16	3.88
Factor de corrección por inclinación	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hseq = kWh/m2-día Sup Inclinada [h/día]	4.01	3.76	3.64	3.80	3.76	3.79	3.99	4.25	4.29	4.21	4.16	3.88
<b>E generación requerida Diaria [kWh/día]</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>
Cantidad de Paneles en serie (MPPT)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Cálculo de arreglo Paneles en Paralelo (MPPT)	3.59	3.83	3.95	3.79	3.83	3.80	3.61	3.39	3.36	3.42	3.46	3.71
Cantidad de arreglos Paneles en paralelo sugeridos (MPPT)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Cantidad de arreglos Paneles en paralelo elegidos (MPPT)	<b>4</b>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Total Paneles por sistema (MPPT)	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
Potencia Peak Total Paneles (MPPT) k[W]	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01
<b>Total Energía Generada con MPPT [kWh/día]</b>	<b>108.31</b>	<b>101.55</b>	<b>98.31</b>	<b>102.63</b>	<b>101.55</b>	<b>102.36</b>	<b>107.77</b>	<b>114.79</b>	<b>115.87</b>	<b>113.71</b>	<b>112.36</b>	<b>104.79</b>

RESUMEN CARACTERÍSTICAS SISTEMA	
<b>Paneles</b>	MPPT
Cantidad de Paneles en Serie	13
Cantidad de arreglos en paralelo	4
<b>Cantidad total de paneles por sistema</b>	<b>52</b>
<b>POTENCIA ARREGLO PANELES (KW)</b>	<b>27.56</b>

RESULTADO DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO	
V nominal (MPPT)	<b>640.38</b>
I entrada (MPPT)	<b>53.6</b>

### DIMENSIONAMIENTO GRUPO 3

Energía demanda	77.43	kWh/día
% Pérdidas Red eléctrica	2%	[---]
E pérdidas Red	1.55	kWh/día
E total a distribuir	78.98	kWh/día
E total a distribuir	2369.36	kWh/mes
Factor de potencia global	0.94	
VAh/día Total	84.02	[kVAh/día]
VAh/mes Total	2520.59	[kVAh/mes]
Eficiencia Regulador	97.50%	
Eficiencia Inversor	95.00%	
Eficiencia Instalación	98.00%	
Eficiencia Global	90.77%	
F seguridad Energía	1.05	
E diaria Diseño	97.19	[kVAh/día]

<b>Energía Diseño Bus CC</b>	<b>97.19</b>	<b>[kVAh/día]</b>
------------------------------	--------------	-------------------

<b>Datos Paneles</b>		
Potencia máxima panel (Pmp)	530	[W]
Voltaje circuito Abierto (Voc)	49.26	[V]
Corriente de cortocircuito (Icc)	13.41	[A]
Voltaje máxima potencia (Vmp)	40.56	[V]
Corriente máxima potencia (Imp)	13.07	[A]
% Potencia Garantizada año 10	98%	
<b>P panel diseño</b>	<b>519.40</b>	<b>[W]</b>
<b>I panel diseño</b>	<b>12.94</b>	<b>A</b>

<b>Cantidad Paneles en Serie</b>	<b>13</b>
----------------------------------	-----------

9

E SOLAR DISEÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
kWh/m2-día Sup Horiz.	4.01	3.76	3.64	3.80	3.76	3.79	3.99	4.25	4.29	4.21	4.16	3.88
Factor de corrección por inclinación	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hseq = kWh/m2-día Sup Inclinada [h/día]	4.01	3.76	3.64	3.80	3.76	3.79	3.99	4.25	4.29	4.21	4.16	3.88
<b>E generación requerida Diaria [kWh/día]</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>
Cantidad de Paneles en serie (MPPT)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Cálculo de arreglo Paneles en Paralelo (MPPT)	3.59	3.83	3.95	3.79	3.83	3.80	3.61	3.39	3.36	3.42	3.46	3.71
Cantidad de arreglos Paneles en paralelo sugeridos (MPPT)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Cantidad de arreglos Paneles en paralelo elegidos (MPPT)	<b>4</b>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Total Paneles por sistema (MPPT)	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
Potencia Peak Total Paneles (MPPT) k[W]	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01
<b>Total Energía Generada con MPPT [kWh/día]</b>	<b>108.31</b>	<b>101.55</b>	<b>98.31</b>	<b>102.63</b>	<b>101.55</b>	<b>102.36</b>	<b>107.77</b>	<b>114.79</b>	<b>115.87</b>	<b>113.71</b>	<b>112.36</b>	<b>104.79</b>

RESUMEN CARACTERÍSTICAS SISTEMA	
<b>Paneles</b>	MPPT
Cantidad de Paneles en Serie	13
Cantidad de arreglos en paralelo	4
<b>Cantidad total de paneles por sistema</b>	<b>52</b>
<b>POTENCIA ARREGLO PANELES (KW)</b>	<b>27.56</b>

RESULTADO DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO	
V nominal (MPPT)	<b>640.38</b>
I entrada (MPPT)	<b>53.6</b>

## DIMENSIONAMIENTO GRUPO 4

Energía demanda	77.43	kWh/día
% Pérdidas Red eléctrica	2%	[---]
E pérdidas Red	1.55	kWh/día
E total a distribuir	78.98	kWh/día
E total a distribuir	2369.36	kWh/mes
Factor de potencia global	0.94	
VAh/día Total	84.02	[kVAh/día]
VAh/mes Total	2520.59	[kVAh/mes]
Eficiencia Regulador	97.50%	
Eficiencia Inversor	95.00%	
Eficiencia Instalación	98.00%	
Eficiencia Global	90.77%	
F seguridad Energía	1.05	
E diaria Diseño	97.19	[kVAh/día]

<b>Energía Diseño Bus CC</b>	<b>97.19</b>	<b>[kVAh/día]</b>
------------------------------	--------------	-------------------

<b>Datos Paneles</b>		
Potencia máxima panel (Pmp)	530	[W]
Voltaje circuito Abierto (Voc)	49.26	[V]
Corriente de cortocircuito (Icc)	13.41	[A]
Voltaje máxima potencia (Vmp)	40.56	[V]
Corriente máxima potencia (Imp)	13.07	[A]
% Potencia Garantizada año 10	98%	
<b>P panel diseño</b>	<b>519.40</b>	<b>[W]</b>
<b>I panel diseño</b>	<b>12.94</b>	<b>A</b>

<b>Cantidad Paneles en Serie</b>	<b>13</b>
----------------------------------	-----------

9

E SOLAR DISEÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
kWh/m2-día Sup Horiz.	4.01	3.76	3.64	3.80	3.76	3.79	3.99	4.25	4.29	4.21	4.16	3.88
Factor de corrección por inclinación	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hseq = kWh/m2-día Sup Inclinada [h/día]	4.01	3.76	3.64	3.80	3.76	3.79	3.99	4.25	4.29	4.21	4.16	3.88
<b>E generación requerida Diaria [kWh/día]</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>	<b>97.19</b>
Cantidad de Paneles en serie (MPPT)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Cálculo de arreglo Paneles en Paralelo (MPPT)	3.59	3.83	3.95	3.79	3.83	3.80	3.61	3.39	3.36	3.42	3.46	3.71
Cantidad de arreglos Paneles en paralelo sugeridos (MPPT)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Cantidad de arreglos Paneles en paralelo elegidos (MPPT)	<b>4</b>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Total Paneles por sistema (MPPT)	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
Potencia Peak Total Paneles (MPPT) k[W]	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01	27.01
<b>Total Energía Generada con MPPT [kWh/día]</b>	<b>108.31</b>	<b>101.55</b>	<b>98.31</b>	<b>102.63</b>	<b>101.55</b>	<b>102.36</b>	<b>107.77</b>	<b>114.79</b>	<b>115.87</b>	<b>113.71</b>	<b>112.36</b>	<b>104.79</b>

RESUMEN CARACTERÍSTICAS SISTEMA	
<b>Paneles</b>	MPPT
Cantidad de Paneles en Serie	13
Cantidad de arreglos en paralelo	4
<b>Cantidad total de paneles por sistema</b>	<b>52</b>
<b>POTENCIA ARREGLO PANELES (KW)</b>	<b>27.56</b>

RESULTADO DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO	
V nominal (MPPT)	<b>640.38</b>
I entrada (MPPT)	<b>53.6</b>

## **APÉNDICE 3. Simulación en PVsyst 7.2 del sistema solar fotovoltaico.**

SIMULACIÓN SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED SOFTWARE PVsyst 7.2

Proyecto: Urbanización El Manantial - Conocoto - Quito\_Project.PRJ

Proyecto Sitio Variante

**Proyecto**

Nuevo Carga Guardar Configuración del proyecto Eliminar Cliente

Nombre del proyecto: Urbanización El Manantial - Conocoto - Quito Nombre del cliente: No definido

Archivo del sitio: El Manantial - Conocoto - Quito - Ecuador\_MN80.SIT Meteororm 8.0 (2010-2014), Sat=100% Ecuador

Archivo meteo: El Manantial - Conocoto - Quito - Ecuador\_MN80\_SYN.MET Meteororm 8.0 (2010-2014), Sat=100% Sintético 0 h

**Simulación realizada (versión 7.2.12, fecha 26/03/22)**

**Variante**

Variante n°: VCO : simulación proyecto el manantial

Parámetros principales:

- Orientación
- Sistema
- Pérdidas detalladas
- Autoconsumo
- Almacenamiento

Opcional:

- Horizonte
- Sombreados cercanos
- Diseño de módulo
- Gestión de la energía
- Evaluación económica

**Simulación**

Ejecutar simulación

Simulación avanzada

Informe

Resultados detallados

**Resumen de resultados**

Tipo de sistema: Sin escena 3D definida, sin sombras

Producción del sistema	45.3 MWh/año
Producción específica	1677 kWh/kWp/año
Proporción de rendimiento	0.867
Producción normalizada	4.60 kWh/kWp/día
Pérdidas del conjunto	0.60 kWh/kWp/día
Pérdidas del sistema	0.10 kWh/kWp/día

Resumen del sistema Salida

Definición del sistema de red, Variante VCO: Nueva variante de simulación

**Subconjunto**

Nombre y orientación del subconjunto:

Nombre: Conjunto FV - El Manantial Inclinación: 10° Azimut: 0°

Orientación: Plano inclinado fijo

Ayuda de pre-dimensionamiento:

Sin dimensionamiento  Ingrese potencia planeada: 27.6 kWp  ... o área disponible (módulos): 134 m²

Redimens.

Selecione el módulo FV:

Disponibles ahora: Filtro: Todos los módulos F

Módulo bifacial Sistema bifacial

Jinkosolar 530 Wp 34V Si-mono JKM-530M-72HL4-TV Desde 2021 Datasheets 2021

Usar optimizador

Voltajes de dimensionamiento: Vmpp (60°C) 35.5 V Voc (-10°C) 54.3 V

Selecione el inversor:

Disponibles ahora: Voltaje de salida 400 V Tri 50Hz  50 Hz  60 Hz

Fronius International 27 kW 580 - 850 V TL 50/60 Hz ECO 27.0-3-S Desde 2015

Núm. de inversores: 1 Voltaje de funcionamiento: 580-850 V Poder global inversor: 27.0 kWca

Voltaje máximo de entrada: 1000 V Inversor "String" con 6 entradas

Diseñe el conjunto:

Núm. de módulos y cadenas:

Mód. en serie: 17 entre 17 y 18

Núm. de cadenas: 3 Única posibilidad 3

Pérdida sobrecarga: 0.0 % Proporción Pnom: 1.00

Núm. de módulos: 51 Área: 132 m²

Condiciones de operación:

Vmpp (60°C) 604 V Vmpp (20°C) 706 V Voc (-10°C) 923 V

Irradia. plano: 1000 W/m²

Imp (STC) 39.1 A Isc (STC) 41.1 A

Potencia de funcionamiento máx. (en 1000 W/m² y 50°C): 24.7 kW

Potencia nom. conjunto (STC) 27.0 kWp

Lista de subconjuntos:

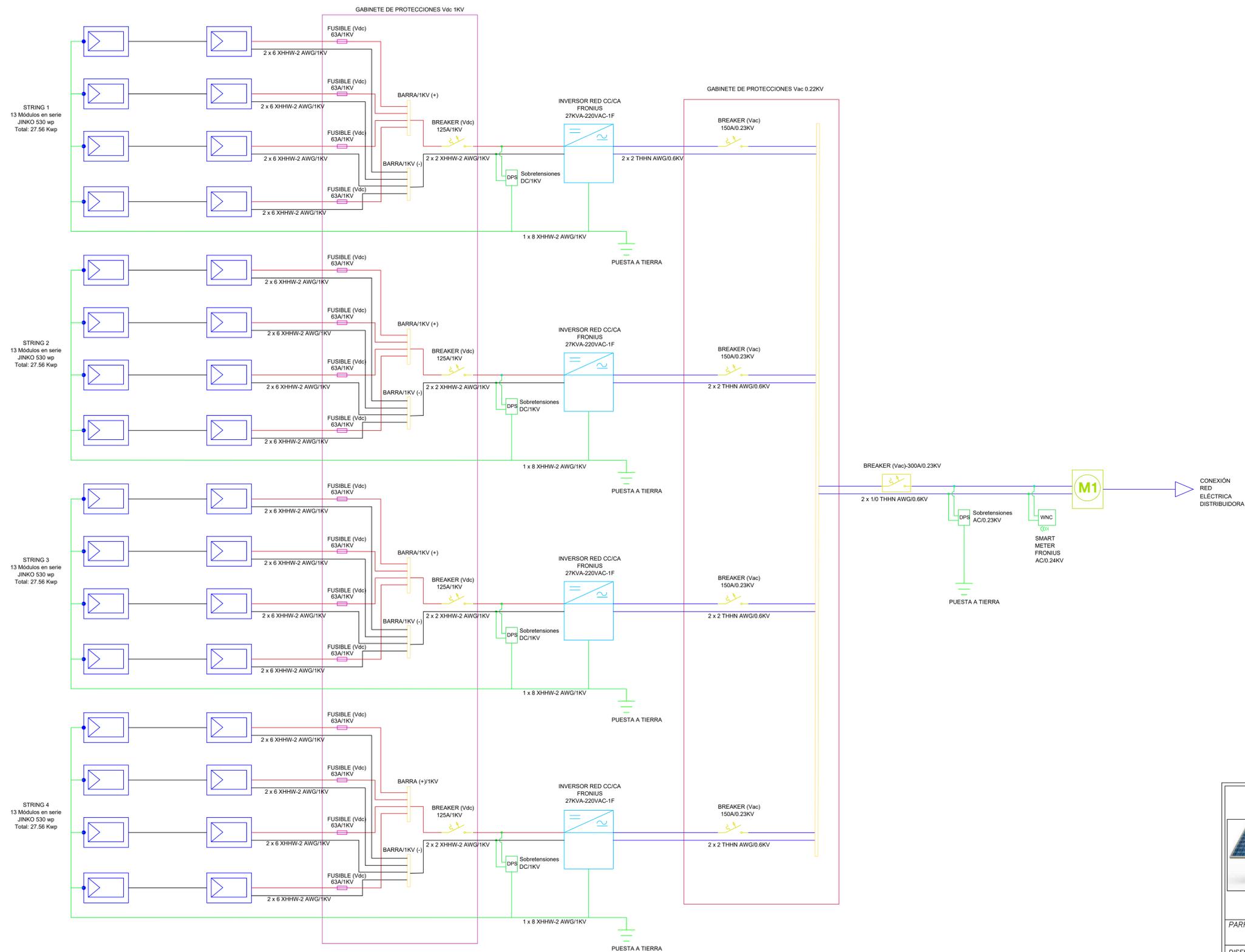
Nombre	#Mód #Inv.	#Cadena #MPPT
Conjunto FV - El Manantial		
Jinkosolar - JKM-530M-72HL4-TV	17	3
Fronius International - ECO 27...	1	1

Resumen sistema global:

Núm. de módulos	51
Área del módulo	132 m²
Núm. de inversores	1
Potencia FV nominal	27.0 kWp
Potencia FV máxima	27.6 kWCC
Potencia de CA nominal	27.0 kWCA
Proporción Pnom	1.001

Resumen del sistema Esquema Simplificado Cancelar OK

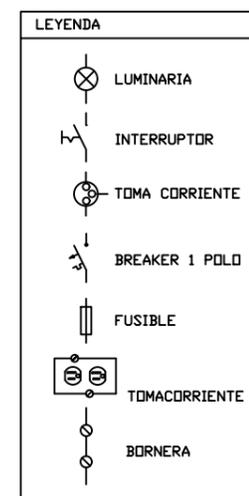
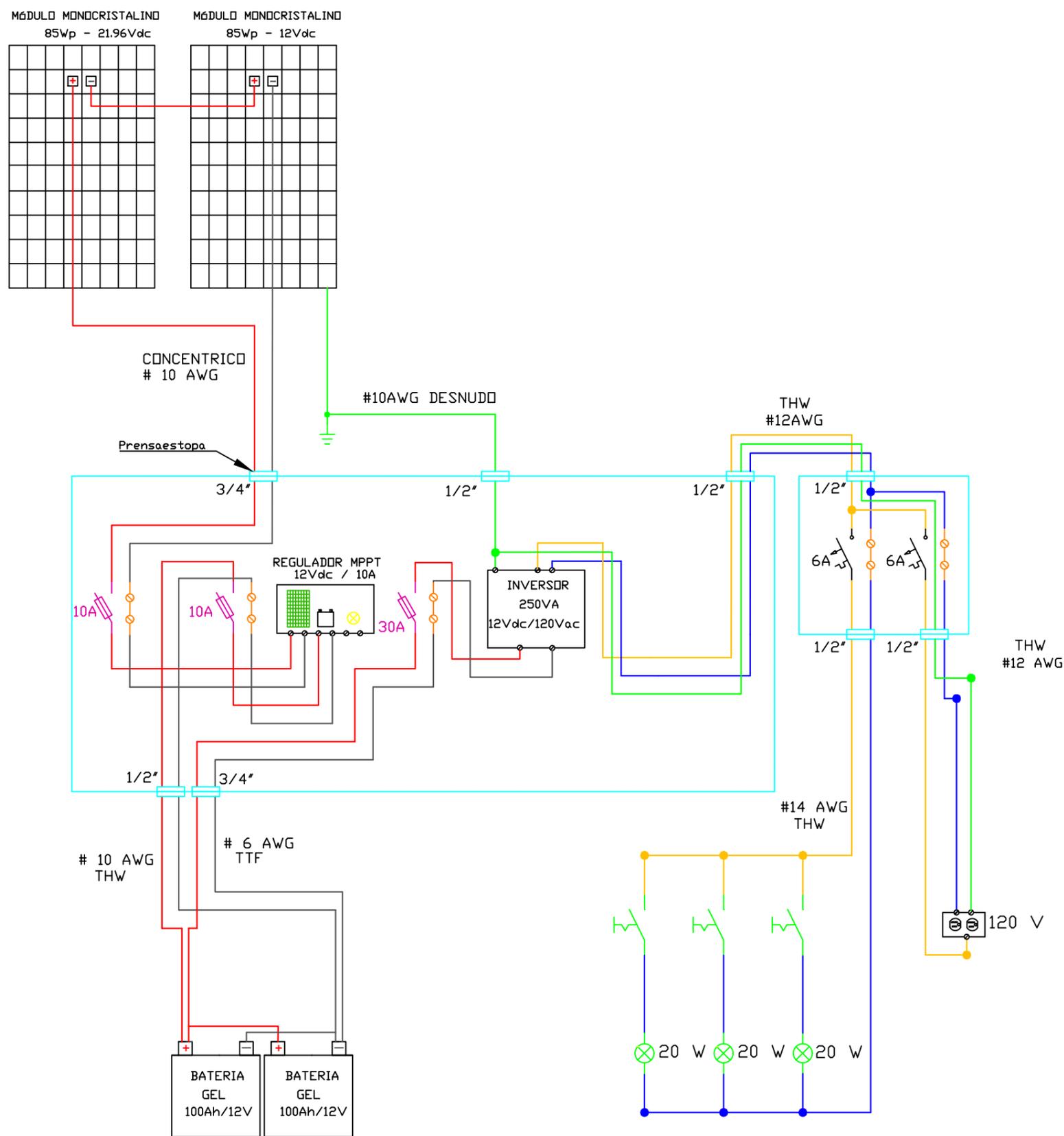
**APÉNDICE 4. Diagrama unifilar de conexiones.**



SIMBOLOGÍA	
PROY.	DESCRIPCIÓN
	CONDUCTOR 1 x 6 XHHW-2 AWG/1KV (POSITIVO)
	CONDUCTOR 1 x 6 XHHW-2 AWG/1KV (NEGATIVO)
	CONDUCTOR 2 x 2 THHN AWG/0.6KV (CONEXIÓN A RED)
	CONDUCTOR 1 x 8 XHHW-2 AWG/1KV (CABLE DE TIERRA)
	PANEL SOLAR 530 Wp
	FUSIBLE (Vdc) - 63A/1KV
	BARRA DE CONEXIONES (POSITIVO - NEGATIVO)
	BREAKER (Vdc) 125A/1KV
	BREAKER (Vac) 150A/0.23KV
	BREAKER (Vac) 300A/0.23KV
	SOBRETENSIONES DC/1KV - AC/0.23KV
	INVERSOR RED CC/CA FRONIUS 27 kW
	PUESTA A TIERRA
	SMART METER FRONIUS - AC/0.24KV
	CONTADOR DE ENERGÍA

<b>IMPLEMENTACIÓN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO</b>			
<b>URBANIZACIÓN EL MANANTIAL</b>			
CONTIENE:			
<b>DIAGRAMA UNIFILAR DE INSTALACIÓN</b>			
PARROQUIA: <b>CONOCOTO</b>	CODIGO PARROQUIA: <b>170802</b>	CANTON: <b>QUITO</b>	PROVINCIA: <b>PICHINCHA</b>
DISEÑO:		ESCALA: 1 _____ 10000	FECHA: JULIO 2022
<b>FABRICIO JAVIER VILLACRES QUSHPE</b> <b>JENY ELIZABETH CALVA JIMÉNEZ</b> <b>LUIS ALBERTO MONCAYO ESCOBAR</b> <b>MEDARDO TITO GABINO POLANCO</b> <b>YUL MICHAEL VÁSQUEZ ORDÓÑEZ</b>		<b>PALOMA RODRÍGUEZ RUIZ</b> <b>DOCENTE</b> <b>ENERGÍA FOTOVOLTAICA</b>	
			LAMINA: <b>1 de 1</b>

**APÉNDICE 5. Diagrama unifilar de conexiones del sistema fotovoltaico aislado.**



<b>IMPLEMENTACIÓN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO URBANIZACIÓN EL MANANTIAL</b>			
CONTIENE: DIAGRAMA UNIFILAR SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO			
PARROQUIA: CONOCOTO	CODIGO PARROQUIA: 170802	CANTON: QUITO	PROVINCIA: PICHINCHA
DISEÑO:  FABRICIO JAVIER VILLACRES QUISHPE JENY ELIZABETH CALVA JIMÉNEZ LUIS ALBERTO MONCAYO ESCOBAR MEDARDO TITO GABINO POLANCO YUL MICHAEL VÁSQUEZ ORDÓNEZ		ESCALA: 1 _____ 10000	FECHA: JULIO 2022
APROBO:  PALOMA RODRÍGUEZ RUÍZ DOCENTE ENERGÍA FOTOVOLTAICA			LAMINA: 1 de 1

## **APÉNDICE 6. Simulación de un sistema aislado en el software PVsyst 7.2.**

# SIMULACIÓN SISTEMA FOTOVOLTAICO ASIALDO SOFTWARE PVsyst 7.2

Proyecto: Urbanización El Manantial - Conocoto - Quito\_Project.PRJ

Proyecto Sitio Variante

**Proyecto**

Nuevo Carga Guardar Configuración del proyecto Eliminar Cliente

Nombre del proyecto: Urbanización El Manantial - Conocoto - Quito (aislado) Nombre del cliente: No definido

Archivo del sitio: Urbanización El Manantial - Conocoto - Quito- Ecuador, Meteororm 8.0 (2010-2014), Sat=100% Ecuador

Archivo meteo: Urbanización El Manantial - Conocoto - Quito- Ecuador\_MN80\_SYN.MET Meteororm 8.0 (2010-2014), Sat=100% Sintético 0 k

**Simulación realizada (versión 7.2.12, fecha 26/03/22)**

**Variante**

Nuevo Guardar Importar Eliminar Administrar

Variante n°: VCO : Urbanización El Manantial - Conocoto - Quito (Aislado)

**Parámetros principales**

- Orientación
- Necesidades usuario
- Sistema
- Pérdidas detalladas

**Opcional**

- Horizonte
- Sombreados cercanos
- Evaluación económica

**Simulación**

**Ejecutar simulación**

Simulación avanzada

Informe

Resultados detallados

**Resumen de resultados**

**Tipo de sistema: Sistema independiente con baterías**

Producción del sistema	<b>262</b> kWh/año
Producción específica	<b>1542</b> kWh/kWp/año
Proporción de rendimiento	<b>0.561</b>
Producción normalizada	<b>2.96</b> kWh/kWp/día
Pérdidas del conjunto	<b>2.03</b> kWh/kWp/día
Pérdidas del sistema	<b>0.29</b> kWh/kWp/día

**Salida**

Definición de sistema independiente, Variante: "Nueva variante de simulación", Variant: "Nueva variante de simulación"

Necesidades diarias prom. Ingrese P.L.O.L. aceptado: 5.0 % Voltaje de la batería (usuario): 12 V

0.5 kWh/día Ingrese autonomía solicitada: 4.1 día(s) Capacidad sugerida: 203 Ah

Pre-dimens. detallado Potencia FV sugerida: 149.3 Wp (nom.)

Almacenamiento: Conjunto FV - El Man Respaldo Esquema Simplificado

Nombre y orientación del subconjunto: Nombre: Conjunto FV - El Man Inclinación: 12° Oriente: Plano inclinado fijo Azimut: 0°

**Ayuda de pre-dimensionamiento**

Sin dimensionar  Ingrese potencia planeada: 0.1 kWp

Redimens. ... o área disponible: 0 m²

**Selección del módulo FV**

Todos los módulos Ordenar módulos:  Potencia  Tecnología

Tynsolar 85 Wp 15V Si-mono Tynsolar 85 Mono Hasta 2010 Photon Mac. 2005

Voltajes de dimensionamiento: Vmpp (60°C): 15.3 V Voc (-10°C): 24.5 V

**Selección del modo de control y el controlador**

Controlador universal: Victron Convertidor de potencia MPPT

Modo operativo:  Acoplamiento directo  Convertidor MPPT  Convertidor CC-CC

MPPT 145.0 W 12 V 10 A 15 A SmartSolar MPPT 75/10 12V

Número controladores: 1 Voltaje de operación MPP: 17-70 V Potencia controlador: 145 W

Voltage máximo de entrada: 75 V Batería asociada: 12 V

**Diseño del conjunto FV**

Número de módulos y cadenas: Mód. en serie: 2 (debe ser/estar entre 2 y 3) Núm. de cadenas: 1 (entre 1 y 2)

Pérdida sobrecarga: 0.6% Proporción Pnom: 1.17 Núm. de módulos: 2 Área: 1 m²

Condiciones de operación: Vmpp (60°C): 31 V Vmpp (20°C): 37 V Voc (-10°C): 49 V Irradia. plano: 1000 W/m² Imp (STC): 5.7 A Isc (STC): 5.1 A Isc (en STC): 5.1 A Potencia de funcionamiento máx.: 0.2 kW (en 1000 W/m² y 50°C) **Potencia nom. conjunto (STC): 170 Wp**

<b>Necesid. usuario</b>	Hogar	Potencia prom.	21 W
	Proporción nocturna 50.0%	Energía día	0.50 kWh
<b>Paquete de baterías</b>	2 en paralelo, 12 V	Capacidad	200 Ah
	Autonomía 3.8 día	Energía almacenada	1.92 kWh
<b>Conjunto FV</b>	1 cadena(s) de 2 módulos	Potencia nom.	170 Wp
	PV/PLoad 8.1	Energía prom. día	0.63 kWh
<b>Controlador</b>	Convertidor MPPT	Potencia nom.	145 W
	PV/PCConv 1.17	Umbral	según los vol

**Cancelar** **OK**

Necesidades diarias prom. Ingrese PLOL aceptado  % 

0.5 kWh/día Ingrese autonomía solicitada  día(s) 

Voltaje de la batería (usuario)  V 

Capacidad sugerida **203 Ah**

Potencia FV sugerida **149.3 Wp (nom.)**

Almacenamiento **Conjunto FV - El Man** Respaldo Esquema Simplificado

**Procedimiento**

Las sugerencias de pre-dimensionamiento se basan en el meteo mensual y la definición de necesidades del usuario

1. - Pre-dimensionamiento Defina las condiciones de pre-dimensionamiento deseadas (PLOL, autonomía, voltaje de la batería)
2. - Almacenamiento Defina la batería (las casillas de verificación predeterminadas se acercarán al pre-dimensionamiento)
3. - Diseño del conjunto FV Diseñe el conjunto FV (módulo FV) y el modo de control. Se recomienda comenzar con un controlador universal.
4. - Respaldo Defina un grupo electrógeno eventual

**Especifique el conjunto de batería**

Ordenar baterías por  voltaje  capacidad  fabricante

Narada     Desde 2018

Plomo-ácido

<input type="text" value="1"/>	<input checked="" type="checkbox"/> baterías en serie	Número de baterías	<b>2</b>	Voltaje paquete de baterías	<b>12 V</b>
<input type="text" value="2"/>	<input checked="" type="checkbox"/> baterías en paralelo	Número de elementos	<b>12</b>	Capacidad global	<b>200 Ah</b>
<input type="text" value="100.0"/>	% Estado inicial de desgaste (núm. de ciclos)	Núm. de ciclos a 80% DOD	<b>1000</b>	Energía almacenada (80% DOD)	<b>1.9 kWh</b>
<input type="text" value="100.0"/>	% Estado inicial de desgaste (estático)	Energía total almacenada durante la vida útil de la batería	<b>2196 MWh</b>	Peso total	<b>76 kg</b>

**Temperatura de funcionamiento de la bat**

Modo de temperatura

Temperatura fija  °C

La temperatura de la batería es importante para el envejecimiento de la batería. Un aumento de 10 °C divide la vida útil de la

<b>Necesid. usuario</b>	Hogar	Potencia prom.	21 W
	Proporción nocturna 50.0%	Energía día	0.50 kWh
<b>Paquete de baterías</b>	2 en paralelo, 12 V	Capacidad	200 Ah
	Autonomía 3.8 día	Energía almacenada	1.92 kWh
<b>Conjunto FV</b>	1 cadena(s) de 2 módulos	Potencia nom.	170 Wp
	PV/PLoad 8.1	Energía prom. día	0.63 kWh
<b>Controlador</b>	Convertidor MPPT	Potencia nom.	145 W
	PV/PCConv 1.17	Umbral	según los vol

**APÉNDICE 7. Tabla de rubros: Unidades, cantidades y precios.**

**TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS**

<b>PROYECTO:</b>	<b>SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED URBANIZACIÓN "EL MANANTIAL"</b>
<b>PROVINCIA:</b>	<b>PICHINCHA</b>
<b>CANTÓN:</b>	<b>QUITO</b>
<b>PARROQUIA:</b>	<b>CONOCOTO</b>

Nro	CODIFICACIÓN	RUBRO	UNIDAD	CANT.	COSTO UNITARIO DE MATERIAL	COSTO UNITARIO DE MANO DE OBRA	PRECIO UNITARIO	PRECIO GLOBAL
<b>TRANSPORTE DE EQUIPOS Y MATERIALES A LA URBANIZACIÓN</b>								
1	LOGÍSTICA DE TRANSPORTE	Transporte de los equipos para la implementación de la planta fotovoltaica desde las bodegas del Proveedor hasta el sitio final de instalación.	GLOBAL	1			\$ 1,000.04	\$ 1,000.04
<b>INSTALACIÓN DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO Y CASETA DE CONTROL</b>								
2	CASETA DE CONTROL	Provisión e instalación de cuarto de control (Incluye desbroce, limpieza, nivelación, relleno y compactación de terreno para instalación de la caseta de control)	UNIDAD	1	\$ 3,238.47	\$ 936.81	\$ 4,175.28	\$ 4,175.28
3	INSTALACIÓN DE CERRAMIENTO PERIMETRAL	Provisión e instalación de cerramiento perimetral (Incluye desbroce, limpieza, nivelación, fundición de tubos galvanizados de 3 metros de largo, 2pulgadas de diámetro, 3 mm de espesor y ubicación de la malla galvanizada de (50x10) ver detalle de construcción en planos)	METROS	152.92	\$ 38.45	\$ 13.31	\$ 51.76	\$ 7,915.14
4	CANALIZACIÓN SUBTERRANEA	Provisión de canalización con zanja tipo 1X3A (Incluye tubos PVC pared estructurada interior lisa y exterior corrugada de 110 mm, separador de tubo, cinta de seguridad)	METROS	54	\$ 32.50	\$ 9.75	\$ 42.25	\$ 2,281.50
5	POZOS DE REVISIÓN	Provisión de revisión dimensiones 0.60x0.60x0.60m	UNIDAD	7	\$ 40.00	\$ 9.98	\$ 49.98	\$ 349.86
6	INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA SOPORTE EN PISO	Provisión e instalación de estructura de soporte galvanizada para el arreglo fotovoltaico sobre el suelo (incluyen sistema de alcaje con cimentación de acuerdo a plano de detalle instalación)	UNIDAD	1	\$ 30,702.97	\$ 2,280.36	\$ 32,983.33	\$ 32,983.33
7	INSTALACIÓN DE ARREGLO FOTOVOLTAICO	Montaje y conexionado de arreglo de paneles solares fotovoltaicos de 530 Wp en estructura de soporte sobre el suelo (incluye instalación de cajas de conexiones, conexionado y cableado hasta caseta de control)	UNIDAD	4	\$ 11,898.13	\$ 1,552.70	\$ 13,450.83	\$ 53,803.32
8	GABINETE DE PROTECCIONES EN CC	Instalación de gabinete de protecciones en corriente continua (Incluye fusibles, termomagnético, riel DIN)	UNIDAD	4	\$ 326.00	\$ 37.71	\$ 363.71	\$ 1,454.84
<b>INSTALACIÓN CABLEADO SUBTERRANEO ARREGLO FOTOVOLTAICO - MÓDULO DE POTENCIA</b>								
9	INSTALACIÓN CABLE SUBTERRANEO	Provisión de conductor XHHW2 # 6AWG/ 1000V para conexión de arreglo fotovoltaico - módulo de potencia	METROS	54	\$ 1.50	\$ 10.57	\$ 12.07	\$ 651.78
<b>INSTALACIÓN DE EQUIPOS EN LA CASETA DE CONTROL (INCLUYE, MÓDULOS DE POTENCIA Y PROTECCIONES ELÉCTRICAS)</b>								
10	MÓDULO DE POTENCIA	Montaje y conexionado de módulo de potencia (Incluye Inversor FRONIUS 27KW, equipos de monitoreo y control, protecciones, puesta a tierra, conductores y accesorios de interconexión)	UNIDAD	4	\$ 6,200.00	\$ 253.76	\$ 6,453.76	\$ 25,815.04
<b>INSTALACIÓN CABLEADO SUBTERRANEO MÓDULO DE POTENCIA - PUNTO DE CONEXIÓN</b>								
11	INSTALACIÓN CABLE SUBTERRANEO	Provisión de conductor de cobre tipo TTU 1/0 para conexión módulos de potencia - punto de conexión	METROS	5	\$ 10.00	\$ 12.90	\$ 22.90	\$ 114.50
<b>INSTALACIÓN DEL PUNTO DE CONEXIÓN A LA RED EXISTENTE</b>								
12	INSTALACIÓN PUNTO DE CONEXIÓN	Montaje del punto de conexión (Incluye, caja para medidor, conductor de cobre tipo TTU 1/0, tubo EMT, reversible, conectores de sujeción)	UNIDAD	1	\$ 1,040.00	\$ 43.80	\$ 1,083.80	\$ 1,083.80
<b>INSTALACIÓN SISTEMA DE MONITOREO REMOTO</b>								
13	INSTALACIÓN DE MONITOREO REMOTO	Instalación de sistema de monitoreo remoto (Incluye equipo SMART METER y accesorios de montaje)	UNIDAD	1	\$ 500.00	\$ 82.76	\$ 582.76	\$ 582.76
<b>INSTALACIÓN SISTEMA INDIVIDUAL FOTOVOLTAICO</b>								
14	INSTALACIÓN SISTEMA INDIVIDUAL FOTOVOLTAICO	Instalación de estructura para generador fotovoltaico, sistema fotovoltaico, tomacorrientes e iluminación en caseta	UNIDAD	1	\$ 1,623.58	\$ 149.04	\$ 1,772.62	\$ 1,772.62
15	<b>COSTES DE DESARROLLO DEL PROYECTO (DEVEX)</b>		GLOBAL	1	\$ 0.00	\$ 5,845.00	\$ 5,845.00	\$ 5,845.00
16	<b>SEGUROS</b>		GLOBAL	1	\$ 0.00	\$ 1,380.00	\$ 1,380.00	\$ 1,380.00
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO (SIN IVA):</b>							<b>\$</b>	<b>141,208.81</b>

## **APÉNDICE 8. Cronograma valorado.**

**SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED URBANIZACIÓN "EL MANANTIAL"**  
CRONOGRAMA VALORADO DE TRABAJOS

N°.	CODIFICACIÓN	RUBRO	U	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TIEMPO EN MESES			
							M1	M2	M3	
TRANSPORTE DE EQUIPOS Y MATERIALES A LA URBANIZACIÓN										
1	LOGÍSTICA DE TRANSPORTE	Transporte de los equipos para la implementación de la planta fotovoltaica desde las bodegas del Proveedor hasta el sitio final de instalación.	global	1.00	1,000.04	1,000.04	1.00			
							\$ 1,000.04			
INSTALACIÓN DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO Y CASETA DE CONTROL										
2	CASETA DE CONTROL	Provisión e instalación de cuarto de control (Incluye desbroce, limpieza, nivelación, relleno y compactación de terreno para instalación de la caseta de control)	unidad	1.00	4,175.28	4,175.28	1.00			
							\$ 4,175.28			
3	INSTALACIÓN DE CERRAMIENTO PERIMETRAL	Provisión e instalación de cerramiento perimetral (Incluye desbroce, limpieza, nivelación, fundición de tubos galvanizados de 3 metros de largo, 2pulgadas de diámetro, 3 mm de espesor y ubicación de la malla galvanizada de (50x10) ver detalle de construcción en planos)	m	152.92	51.76	7,915.14	152.92			
							\$ 7,915.14			
4	CANALIZACIÓN SUBTERRANEA	Provisión de canalización con zanja tipo 1X3A (Incluye tubos PVC pared estructurada interior lisa y exterior corrugada de 110 mm, separador de tubo, cinta de seguridad)	m	54.00	42.25	2,281.50		10.80		43.2
								\$ 456.30		\$ 1,825.20
5	POZOS DE REVISIÓN	Provisión de revisión dimensiones 0.60x0.60x0.60m	u	7.00	49.98	349.86		3.50		3.50
								\$ 174.93		\$ 174.93
6	INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA SOPORTE EN PISO	Provisión e instalación de estructura de soporte galvanizada para el arreglo fotovoltaico sobre el suelo (incluyen sistema de alcaje con cimentación de acuerdo a plano de detalle instalación)	u	1.00	32,983.33	32,983.33	0.50	0.50		
							\$ 16,491.67	\$ 16,491.67		
7	INSTALACIÓN DE ARREGLO FOVOLTAICO	Montaje y conexionado de arreglo de paneles solares fotovoltaicos de 530 Wp en estructura de soporte sobre el suelo (incluye instalación de cajas de conexiones, conexionado y cableado hasta caseta de control)	u	4.00	13,450.83	53,803.32		0.80		3.20
								\$ 10,760.66		\$ 43,042.66
8	GABINETE DE PROTECCIONES EN CC	Instalación de gabinete de protecciones en corriente continua (Incluye fusibles, termomagnético, riel DIN)	u	4.00	363.71	1,454.84		0.40		3.60
								\$ 145.48		\$ 1,309.36
INSTALACIÓN CABLEADO SUBTERRAMEO ARREGLO FOTOVOLTAICO - MÓDULO DE POTENCIA										
9	INSTALACIÓN CABLE SUBTERRANEO	Provisión de conductor XHHW2 # 6AWG/ 1000V para conexión de arreglo fotovoltaico - módulo de potencia	m	54.00	12.07	651.78				54.00
										\$ 651.78
INSTALACIÓN DE EQUIPOS EN LA CASETA DE CONTROL (INCLUYE, MÓDULOS DE POTENCIA Y PROTECCIONES ELÉCTRICAS)										
10	MÓDULO DE POTENCIA	Montaje y conexionado de módulo de potencia (Incluye Inversor FRONIUS 27KW, equipos de monitoreo y control, protecciones, puesta a tierra, conductores y accesorios de interconexión)	u	4.00	6,453.76	25,815.04				4.00
										\$ 25,815.04
INSTALACIÓN CABLEADO SUBTERRAMEO MÓDULO DE POTENCIA - PUNTO DE CONEXIÓN										
11	INSTALACIÓN CABLE SUBTERRANEO	Provisión de conductor de cobre tipo TTU 1/0 para conexión módulos de potencia - punto de conexión	m	5.00	22.90	114.50				5.00
										\$ 114.50
INSTALACIÓN DEL PUNTO DE CONEXIÓN A LA RED EXISTENTE										
12	INSTALACIÓN PUNTO DE CONEXIÓN	Montaje del punto de conexión (Incluye, caja para medidor, conductor de cobre tipo TTU 1/0, tubo EMT, reversible, conectores de sujeción)	u	1.00	1,083.80	1,083.80				1.00
										\$ 1,083.80
INSTALACIÓN SISTEMA DE MONITOREO REMOTO										
13	INSTALACIÓN DE MONITOREO REMOTO	Instalación de sistema de monitoreo remoto (Incluye equipo SMART METER y accesorios de montaje)	u	1.00	582.76	582.76				1.00
										\$ 582.76
INSTALACIÓN SISTEMA INDIVIDUAL FOTOVOLTAICO										
14	INSTALACIÓN SISTEMA INDIVIDUAL FOTOVOLTAICO	Instalación de estructura para generador fotovoltaico, sistema fotovoltaico, tomacorrientes e iluminación en caseta	u	1.00	1,772.62	1,772.62				1.00
										\$ 1,772.62
15	COSTES DE DESARROLLO DEL PROYECTO (DEVEX)		global	1.00	5,845.00	5,845.00	1.00			
							\$ 5,845.00			
16	SEGUROS		global	1.00	1,380.00	1,380.00	1.00			
							\$ 1,380.00			

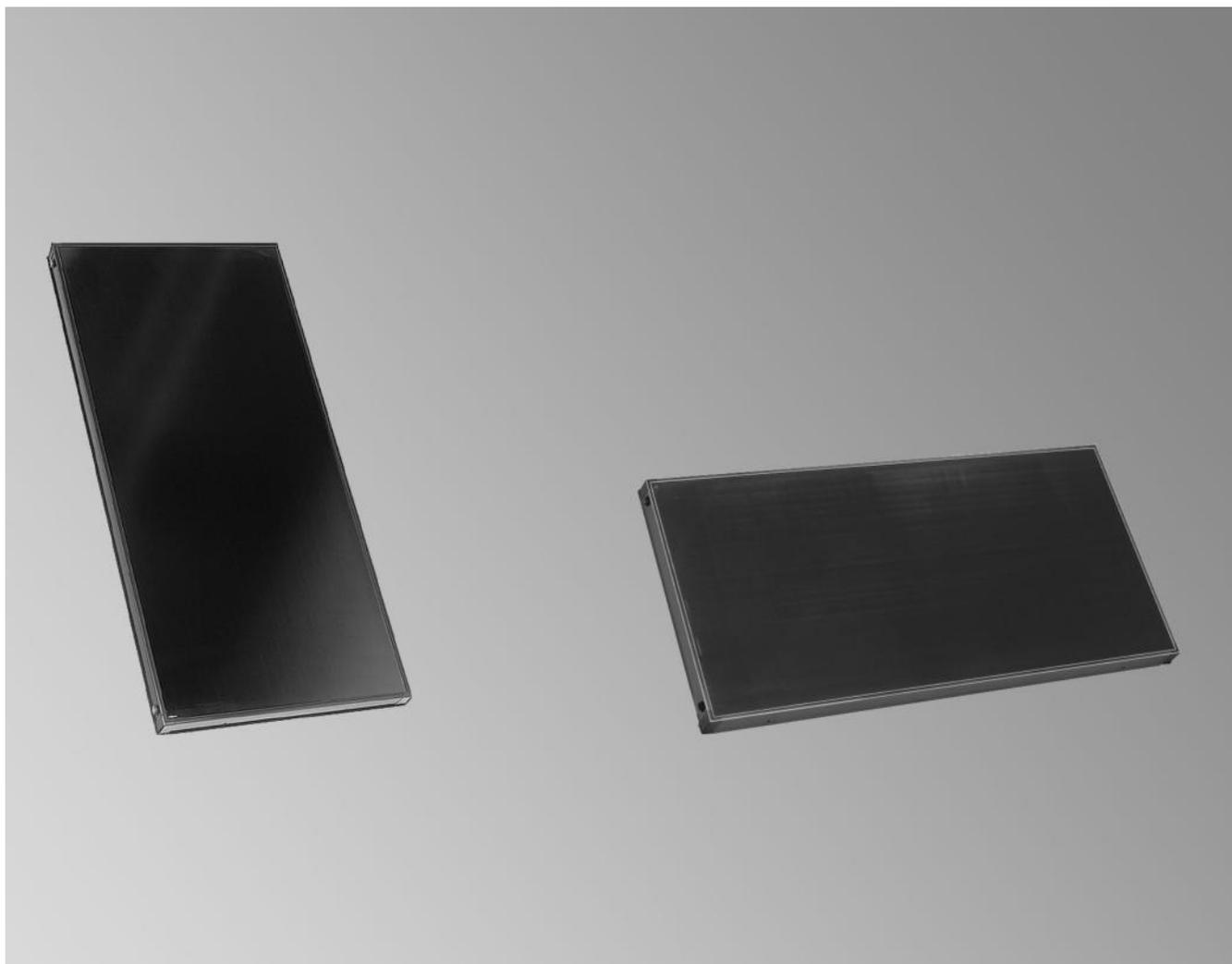
Valores Parciales	36809.13	28029.04	76372.65
Valores Acumulados	36809.13	64838.17	141210.81
Porcentajes Parciales	27.84%	21.20%	57.77%
Porcentajes Acumulados	27.84%	49.04%	106.81%

**APÉNDICE 9. Catálogos de captadores planos, de tubos de vacío y acumulador.**

# CATÁLOGO CAPTADOR SOLAR PLANO

## Datos técnicos

N.º de pedido y precios: consultar Lista de precios



### **VITOSOL 200-FM** Modelo SV2F/SH2F

Colector plano para montaje vertical u horizontal,  
para montaje sobre cubiertas planas e inclinadas, así como  
para montaje sobre estructura de apoyo.  
Modelo SH también en fachadas

## Descripción del producto Vitosol 200-FM, modelos SV2F/SH2F

El componente principal de los colectores Vitosol 200-FM es el absorbedor con recubrimiento altamente selectivo, que garantiza una gran absorción de la radiación solar. El absorbedor cuenta con un tubo de cobre en forma de serpentín por el que circula el medio portador de calor.

El medio portador de calor recibe el calor del absorbedor a través del tubo de cobre. El absorbedor está envuelto en una carcasa altamente aislante, gracias a la cual se minimizan las pérdidas de calor del colector.

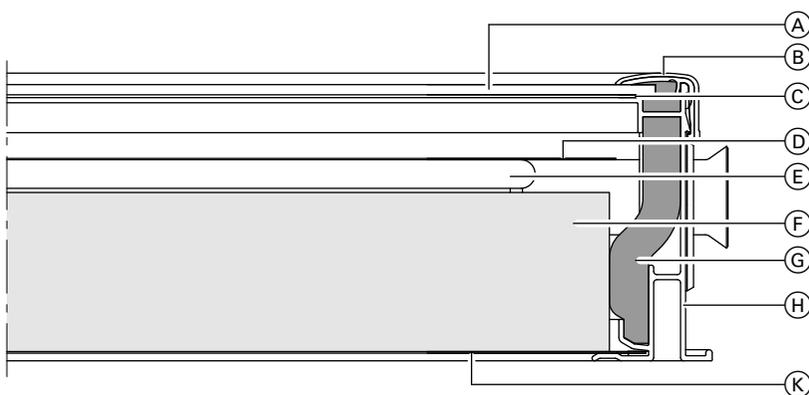
El excelente aislamiento térmico resiste elevadas temperaturas y evita la desgasificación. El colector está cubierto por una lámina de vidrio solar que se caracteriza por su bajo contenido de hierro, lo que incrementa la transmisión de la radiación solar.

Se pueden montar baterías de hasta 12 colectores interconectados. Para este fin se suministran tubos de unión flexibles hermetizados con juntas tóricas.

Un juego de conexión con uniones por anillos de presión permite conectar de forma sencilla la batería de colectores a las tuberías del circuito de energía solar. En la impulsión del circuito de energía solar se instala, con ayuda de un juego de vainas de inmersión, la sonda de temperatura del colector.

El colector está disponible en dos versiones

- Vitosol 200-FM, modelo SV2F/SH2F con absorbedor ThermProtect de autolimitación de temperatura para evitar la sobrettemperatura del circuito solar sin necesidad de aerotermo u otros sistemas de disipación y sin formación de vapor\*.



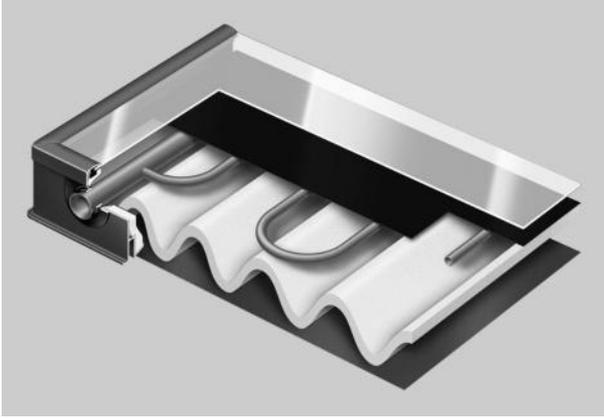
- (A) Cubierta de vidrio solar, de 3,2 mm
- (B) Listón embellecedor de aluminio en azul oscuro
- (C) Junta continua de la plancha de vidrio
- (D) Absorbedor
- (E) Tubo de cobre en forma de serpentín

- (F) Aislamiento térmico de material celular de resina de melamina
- (G) Aislamiento térmico de material celular de resina de melamina
- (H) Perfil de marco de aluminio en azul oscuro
- (K) Chapa de fondo de acero con recubrimiento de aluminio-zinc

## Ventajas

- Potentes colectores planos para montaje integrado en cubiertas inclinadas y en cubiertas planas. Modelo Vitosol-FM con desconexión de temperatura ThermProtect para una instalación de energía solar de seguridad intrínseca frente a la sobrettemperatura y sin formación de vapor.
- Absorbedor en forma de serpentín con colectores integrados. Se pueden conectar en paralelo hasta 12 colectores (entrando y saliendo por lados opuestos y trabajando a alto caudal) o hasta 8 colectores (entrando y saliendo por el mismo lado y a caudal bajo) (consultar instrucciones de planificación).
- Atractivo diseño del colector, marco en azul oscuro. Si se solicita, el marco está disponible en toda la gama de colores RAL.
- Gran rendimiento gracias al absorbedor con recubrimiento selectivo ThermProtect, cubierta estable completamente transparente de vidrio especial y aislamiento térmico de alta eficacia
- El marco de aluminio moldeado en una pieza y la junta continua del vidrio solar proporcionan una hermeticidad permanente y una gran estabilidad.
- Pared posterior resistente a los golpes y a la corrosión, fabricada en chapa de acero galvanizada
- Sistema de fijación de Viessmann de fácil montaje con piezas de acero inoxidable y aluminio comprobadas estáticamente y resistentes a la corrosión— estándar para todos los colectores Viessmann
- Conexión rápida y segura de los colectores mediante un conector flexible de tubos ondulados de acero inoxidable

## Ventajas (continuación)



La tecnología ThermProtect está patentada por Viessmann, basada en el cambio de emisividad del tratamiento selectivo del absorbedor, cuyo componente principal es el dióxido de vanadio.

## Datos técnicos

Los colectores solares Vitosol 200-FM, protegen las instalaciones solares por si mismas, sin necesidad de accesorios adicionales ni vaciados, gracias a las propiedades ópticas del exclusivo recubrimiento selectivo ThermProtect, patentado por Viessmann.

### Datos técnicos

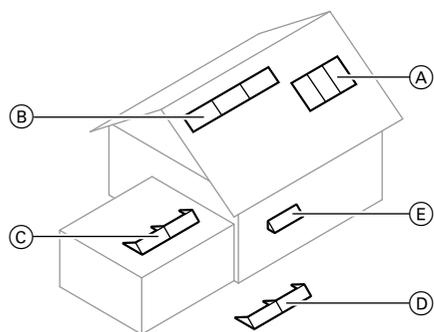
Modelo		SV2F	SH2F
<b>Superficie bruta</b> (dato necesario a la hora de solicitar subvenciones)	m <sup>2</sup>	2,51	2,51
<b>Superficie de absorción</b>	m <sup>2</sup>	2,32	2,32
<b>Superficie de apertura</b>	m <sup>2</sup>	2,33	2,33
<b>Distancia entre colectores</b>	mm	21	21
<b>Dimensiones</b>			
Anchura	mm	1056	2380
Altura	mm	2380	1056
Profundidad	mm	90	90
Los siguientes valores hacen referencia a la superficie de apertura:			
– Rendimiento óptico	%	81,6	81,9
– Coeficiente de pérdida de calor k <sub>1</sub>	W/(m <sup>2</sup> · K)	4,383	4,342
– Coeficiente de pérdida de calor k <sub>2</sub>	W/(m <sup>2</sup> · K <sup>2</sup> )	0,022	0,036
<b>Capacidad térmica</b>	kJ/(m <sup>2</sup> · K)	4,9	5,9
<b>Peso</b>	kg	41	41
<b>Volumen de fluido</b> (medio portador de calor)	Litros	1,83	2,40
<b>Presión de servicio adm.</b> (consultar el capítulo "Depósito de expansión solar")	bar/MPa	6/0,6	6/0,6
<b>Máx. temperatura de inactividad del colector</b>	°C	145	145
<b>Capacidad de producción de vapor</b>			
– Posición de montaje favorable	W/m <sup>2</sup>	0	0
– Posición de montaje desfavorable	W/m <sup>2</sup>	0	0
<b>Conexión</b>	Ø mm	22	22

### Datos técnicos para determinar la clase de eficiencia energética (etiqueta ErP)

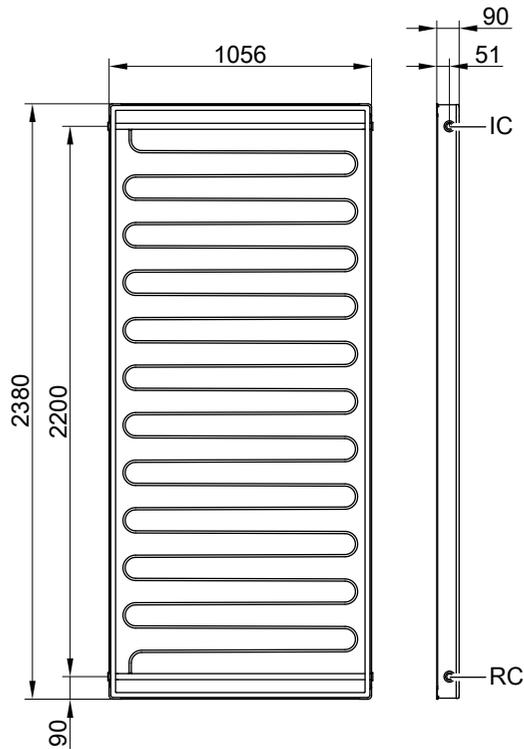
Modelo		SV2F	SH2F
<b>Superficie total</b>	m <sup>2</sup>	2,33	2,33
Los siguientes valores hacen referencia a la superficie total:			
– Rendimiento del colector $\eta_{col}$ , con una diferencia de temperatura de 40 K	%	54	54
– Rendimiento óptico	%	75,7	76,0
– Coeficiente de pérdida de calor k <sub>1</sub>	W/(m <sup>2</sup> · K)	4,069	4,031
– Coeficiente de pérdida de calor k <sub>2</sub>	W/(m <sup>2</sup> · K <sup>2</sup> )	0,020	0,034
<b>Factor de corrección de ángulo IAM</b>		0,89	0,92

¡Importante! gracias al tratamiento selectivo ThermProtect, con autolimitación de temperatura, no es necesario instalar aerotermos o cualquier otro tipo de disipación de temperatura.

Modelo	SV2F	SH2F
<b>Posición de montaje</b> (consultar la siguiente figura)	(A), (C), (D)	(B), (C), (D), (E)

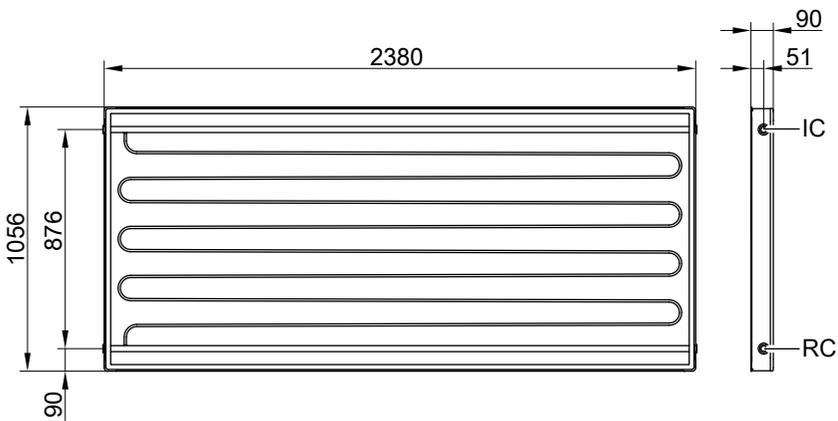


## Datos técnicos (continuación)



Modelo SV2F

RCOL Retorno del colector (entrada)  
ICOL Impulsión del colector (salida)



Modelo SH2F

RCOL Retorno del colector (entrada)  
ICOL Impulsión del colector (salida)

## Calidad probada

### Calidad probada

Los colectores cumplen los requisitos de la insignia de protección del medio ambiente "Ángel Azul" según RAL UZ 73.

Comprobado de acuerdo con Solar-KEYMARK según EN 12975 o ISO 9806.

5458 626 ES

## Calidad probada (continuación)

 Homologación CE conforme a las Directivas de la CE vigentes.

Sujeto a modificaciones técnicas sin previo aviso.

Viessmann, S.L.  
Sociedad Unipersonal  
C/ Sierra Nevada, 13  
Área Empresarial Andalucía  
28320 Pinto (Madrid)  
Teléfono: 902 399 299  
Fax: 916497399  
www.viessmann.es

5458 626 ES

# CAPTADOR SOLAR TUBOS DE VACÍO



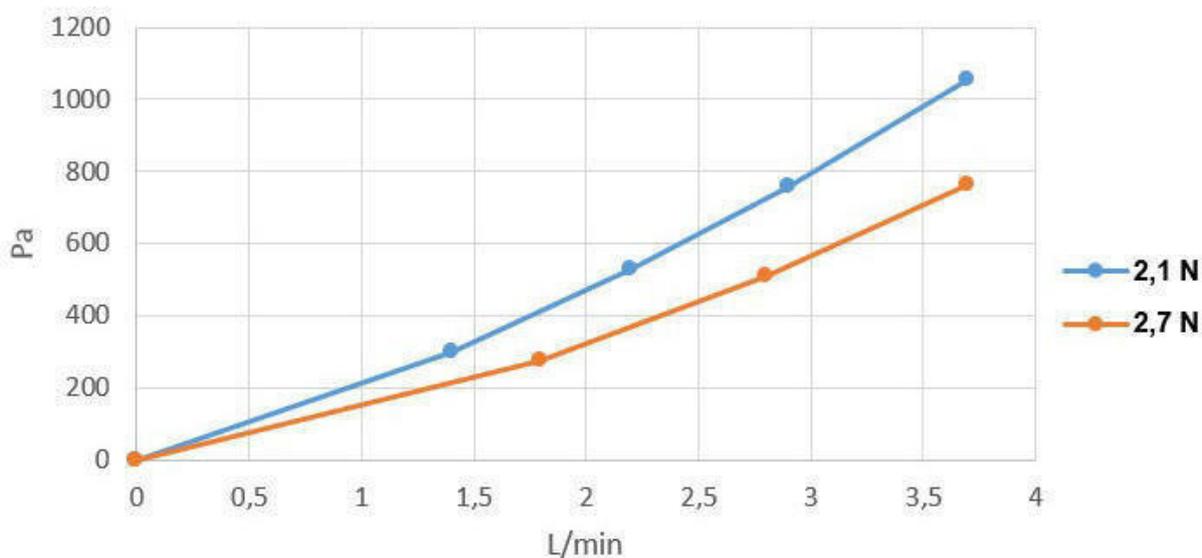
## DATOS TÉCNICOS

### Tabla de datos técnicos

Modelo		2.1N	2.7N	Medidas del colector
Área bruta	m <sup>2</sup>	2.09	2.65	
Área de la abertura	m <sup>2</sup>	1.82	2.36	
Ancho	mm	1037	1314	
Altura (H)	mm	2018	2018	
Profundidad	mm	89	89	
Número de conexiones	nº	4	4	
Medida de la conexiones	Ø	3/4"	3/4"	
Rendimiento óptico (ref. abertura)	%	80.8	80.8	
Coefficiente transmisión térmica a <sub>1</sub> (ref. abertura)	W/m <sup>2</sup> K	3.334	3.334	
Coefficiente transmisión térmica a <sub>2</sub> (ref. abertura)	W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup>	0.02	0.02	
Peso	kg	34.4	42.4	
Contenido de agua	l	0.85	1.09	
Presión máxima funcionamiento	bar	10	10	
Temperatura de estancamiento	°C	204.9	204.9	
Capacidad térmica (ref. abertura)	kJ/m <sup>2</sup> K	4.93	4.93	
Factor de corrección ángulo de irradiación K <sub>θ</sub> (50°)		0.95	0.95	
Caudal fluido caloportador	l/h	100	130	
Caudal máx. fluido caloportador	l/h	150	180	
Número máximo de colectores en batería	nº	8	8	
<b>Absorbedor tratado con óxidos de titanio</b>				
Grado de absorción	%	95	95	
Emisividad	%	5	5	
Aislamiento con lana de roca de alta densidad, espesor:	mm	40	40	
Cristal prismático templado extra claro, espesor:	mm	3.2	3.2	
Transmitancia	%	>90	>90	

## Pérdidas de carga

Pérdida de carga de un colector por la solución de anticongelante con fluido caloportador a 50 °C



Dimensionamiento del tubo para la conexión de los colectores al acumulador:

Área de colectores - m <sup>2</sup>	~ 4	~ 8	~ 12	~ 24
Diámetro del tubo / cobre	10 - 12	15	18	22
Diámetro del tubo / tubo ondulado de acero inox.	DN 15		DN 20	

**Advertencia:** La tabla es solo orientativa. En presencia de resistencias adicionales (codos, etc.) o de tubos con longitud superior a 20 - 30 m, puede ser necesario utilizar un tamaño superior.

# CATÁLOGO ACUMULADOR

## Datos técnicos

Nº de pedido y precios: consultar Lista de precios



### **VITOCCELL 100-B** Modelo CVB/CVBB

Interacumulador **vertical** de A.C.S. de acero, con **esmalado de dos capas Ceraprotect**

Con **2 serpentines**, con el intercambiador de calor inferior se realiza el calentamiento mediante colectores de energía solar; con el superior, el calentamiento posterior mediante el generador de calor según la demanda.

Opcionalmente con resistencia eléctrica de apoyo.

## Información sobre el producto

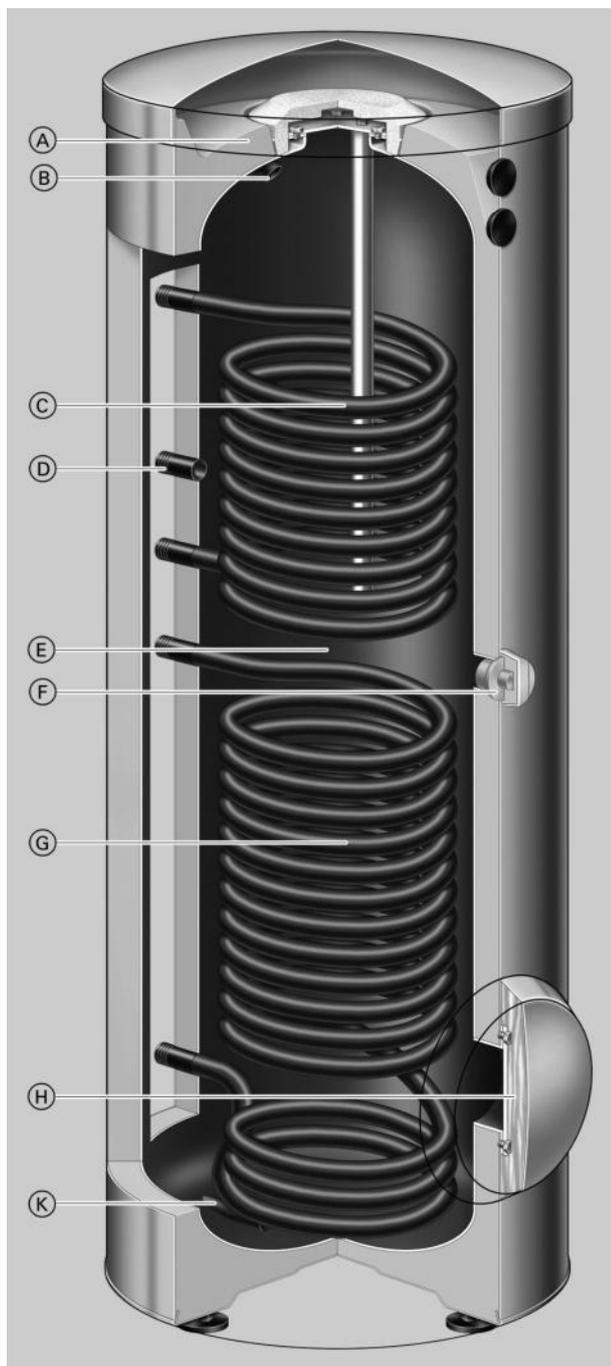
La solución para la producción económica de A.C.S. en combinación con colectores de energía solar y caldera. El Vitozell100-B está disponible en modelos de 300, 400 y 500 l de capacidad.

## Vista general de las ventajas

- Depósito de acumulación de acero resistente a la corrosión con esmaltado de dos capas Ceraprotect
- Protección catódica adicional mediante ánodo de magnesio; ánodo de corriente inducida suministrable como accesorio
- Calentamiento de todo el volumen de agua a través de serpentines que llegan hasta el fondo del interacumulador
- Máximo confort de A.C.S. gracias al calentamiento rápido y uniforme mediante serpentines de grandes dimensiones
- Pérdidas de calor reducidas gracias a un aislamiento térmico completo de alta eficacia.
- Para la producción bivalente de A.C.S. en combinación con colectores de energía solar y generador de calor. El calor de los colectores de energía solar se transmite al agua sanitaria mediante el serpentín inferior. Para la producción de A.C.S. monovalente con una bomba de calor, los dos serpentines se conectan en serie.
- Para facilitar la introducción, el Vitozell 100-B con 400 y 500 l de capacidad dispone de un aislamiento térmico desmontable.
- Opcionalmente se puede suministrar o reequipar una resistencia eléctrica de apoyo.

## Vista general de las ventajas (continuación)

Vitocell 100-B, modelo CVBB (300 litros)



- Ⓐ Aislamiento térmico completo de alta eficacia
- Ⓑ Agua caliente sanitaria
- Ⓒ Serpentin superior – el agua sanitaria se recalienta a través del serpin
- Ⓓ Recirculación
- Ⓔ Depósito de acumulación de acero con esmaltado de dos capas Ceraprotect
- Ⓕ Conexión de la resistencia eléctrica de apoyo EHE
- Ⓖ Serpentin inferior – conexión para colectores de energía solar
- Ⓗ Registro de inspección y limpieza (también para el montaje de la resistencia eléctrica de apoyo EHE)
- Ⓚ Agua fría y vaciado

## Datos técnicos

Para la producción de A.C.S. en combinación con calderas y colectores de energía solar para funcionamiento bivalente.

Adecuado para las siguientes instalaciones:

- Temperatura de A.C.S. hasta 95 °C
- Temperatura de impulsión del agua de calefacción hasta 160 °C

- Temperatura de impulsión solar hasta 160 °C.
- Presión de servicio del **circuito primario de caldera hasta 10 bar (1,0 MPa)**
- Presión de servicio del **circuito solar hasta 10 bar (1,0 MPa)**
- Presión de servicio del **circuito secundario de A.C.S. hasta 10 bar (1,0 MPa)**

Modelo			CVBB		CVB		CVB	
Capacidad del interacumulador	I		300		400		500	
Serpentín			Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
<b>N.º registro DIN</b>	9W242/11-13 MC/E							
<b>Producción continua</b>								
con una producción de A.C.S. de <b>10 a 45 °C</b> y una temperatura de impulsión del <b>agua de calefacción</b> de ... para los caudales volumétricos de agua de calefacción que se indican abajo	90 °C	kW l/h	31 761	53 1302	42 1032	63 1548	47 1154	70 1720
	80 °C	kW l/h	26 638	44 1081	33 811	52 1278	40 982	58 1425
	70 °C	kW l/h	20 491	33 811	25 614	39 958	30 737	45 1106
	60 °C	kW l/h	15 368	23 565	17 418	27 663	22 540	32 786
	50 °C	kW l/h	11 270	18 442	10 246	13 319	16 393	24 589
<b>Producción continua</b>								
con una producción de A.C.S. de <b>10 a 60 °C</b> y una temperatura de impulsión del <b>agua de calefacción</b> de ... para los caudales volumétricos de agua de calefacción que se indican abajo	90 °C	kW l/h	23 395	45 774	36 619	56 963	36 619	53 911
	80 °C	kW l/h	20 344	34 584	27 464	42 722	30 516	44 756
	70 °C	kW l/h	15 258	23 395	18 310	29 499	22 378	33 567
<b>Caudal volumétrico de agua de calefacción</b> para los valores de producción continua indicados	m³/h		3,0		3,0		3,0	
<b>Potencia máx. conectable de una bomba de calor</b> con 55 °C de impulsión del agua de calefacción y 45 °C de temperatura de A.C.S. con el caudal volumétrico de agua de calefacción especificado (ambos serpentines conectados en serie)	kW		8		8		10	
<b>Consumo por disposición</b> según EN 12897:2006 Q <sub>ST</sub> de 45 K de diferencia de temperatura	kWh/24 h		1,65		1,80		1,95	
<b>Volumen: parte de disposición de servicio V<sub>aux</sub></b>	l		127		167		231	
<b>Volumen: circuito solar V<sub>sol</sub></b>	l		173		233		269	
<b>Dimensiones</b>								
Longitud a (∅)	– con aislamiento térmico	mm	667		859		859	
	– sin aislamiento térmico	mm	–		650		650	
Anchura total b	– con aislamiento térmico	mm	744		923		923	
	– sin aislamiento térmico	mm	–		881		881	
Altura c	– con aislamiento térmico	mm	1734		1624		1948	
	– sin aislamiento térmico	mm	–		1518		1844	
Medida de inclinación	– con aislamiento térmico	mm	1825		–		–	
	– sin aislamiento térmico	mm	–		1550		1860	
<b>Peso total con aislamiento térmico</b>	kg		160		167		205	
<b>Peso total de servicio</b> con resistencia eléctrica de apoyo	kg		468		569		707	
<b>Volumen de agua de calefacción</b>	l		6	10	6,5	10,5	9	12,5
<b>Superficie de transmisión</b>	m²		0,9	1,5	1,0	1,5	1,4	1,9
<b>Conexiones</b>								
Serpentines (rosca exterior)	R		1		1		1	
Agua sanitaria, A.C.S. (rosca exterior)	R		1		1¼		1¼	
Recirculación (rosca exterior)	R		1		1		1	
Resistencia eléctrica de apoyo (rosca interior)	Rp		1½		1½		1½	
<b>Clase de eficiencia energética</b>			B		B		B	

### Indicaciones sobre el serpentín superior

El serpentín superior ha sido diseñado para la conexión a un generador de calor.

### Indicaciones sobre el serpentín inferior

El serpentín inferior ha sido diseñado para la conexión a colectores de energía solar.

Para el montaje de la sonda de temperatura del interacumulador debe utilizarse el codo roscado con vaina de inmersión que viene incluido en el volumen de suministro.

## Datos técnicos (continuación)

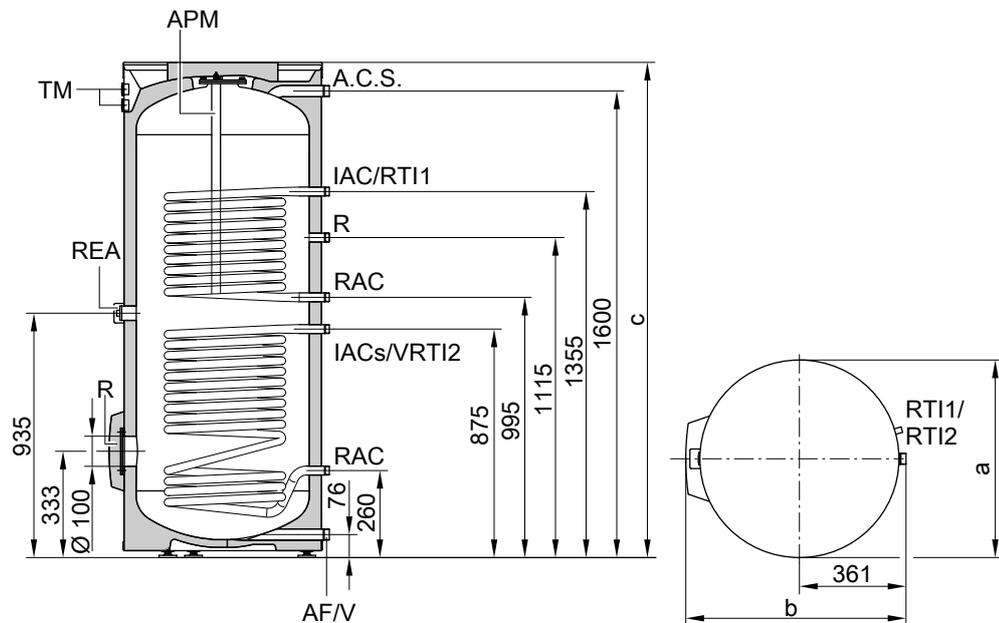
### Indicación sobre la producción continua

En la planificación con la producción continua indicada o calculada debe incluirse la bomba de circulación correspondiente. La producción continua indicada solo se alcanzará si la potencia térmica nominal de la caldera es  $\geq$  que la de la producción continua.

### Indicación

Vitocell 100-W con 300 y 400 l de capacidad también puede suministrarse en color blanco.

Vitocell 100-B, modelo CVBB, 300 l de capacidad,



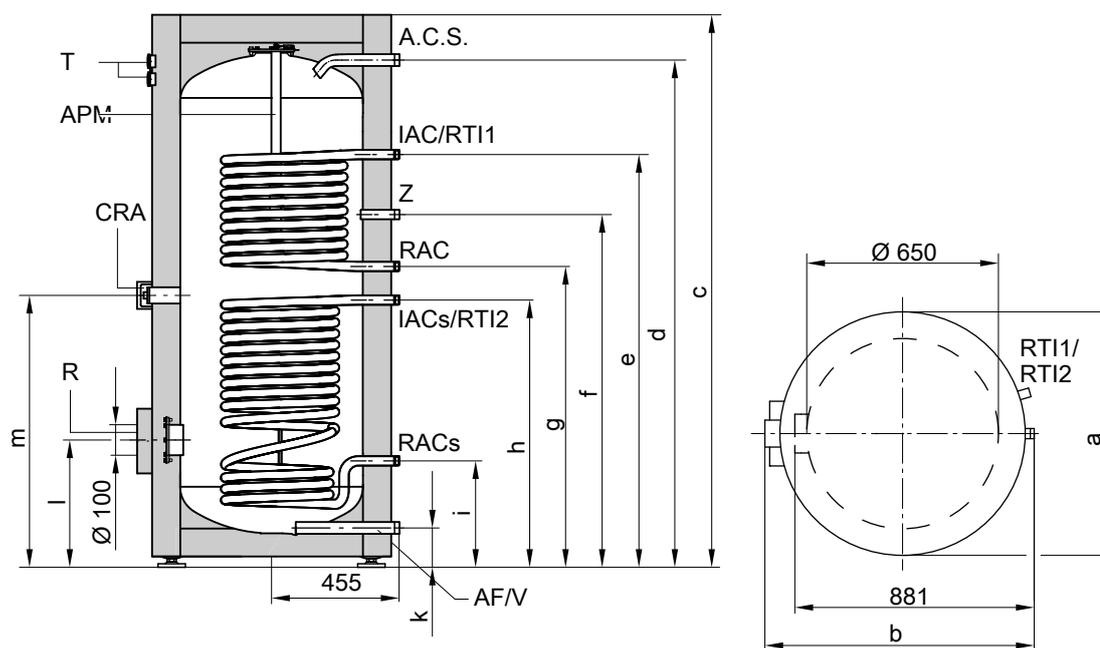
E	Vaciado
REA	Resistencia eléctrica de apoyo
RAC	Retorno del agua de calefacción
RAC <sub>s</sub>	Retorno del agua de calefacción instalación de energía solar
IAC	Impulsión del agua de calefacción
IAC <sub>s</sub>	Impulsión del agua de calefacción de la instalación de energía solar
AF	Agua fría
R	Registro de inspección y limpieza con tapa de brida (también para montar una resistencia eléctrica de apoyo)

RTI1	Sonda de temperatura del interacumulador de la regulación de la temperatura del acumulador (diámetro interior 16 mm)
RTI2	Sondas de temperatura/termómetro (diámetro interior 16 mm)
TM	Termómetro (accesorio)
APM	Ánodo de protección de magnesio
A.C.S.	Agua caliente sanitaria
R	Recirculación

Capacidad del inter-acumulador	l	300
a	mm	667
b	mm	744
c	mm	1734

## Datos técnicos (continuación)

Vitocell 100-B, modelo CVB, 400 y 500 l de capacidad,



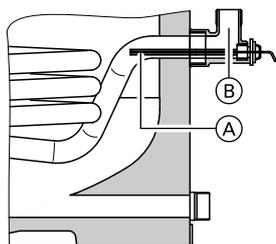
E Vaciado  
 REA Resistencia eléctrica de apoyo  
 RAC Retorno del agua de calefacción  
 RAC<sub>s</sub> Retorno del agua de calefacción instalación de energía solar  
 IAC Impulsión del agua de calefacción  
 IAC<sub>s</sub> Impulsión del agua de calefacción de la instalación de energía solar  
 AF Agua fría  
 R Registro de inspección y limpieza con tapa de brida (también para montar una resistencia eléctrica de apoyo)

RTI1 Sonda de temperatura del interacumulador de la regulación de la temperatura del acumulador (diámetro interior 16 mm)  
 RTI2 Sondeas de temperatura/termómetro (diámetro interior 16 mm)  
 TM Termómetro (accesorio)  
 APM Ánodo de protección de magnesio  
 A.C.S. Agua caliente sanitaria  
 R Recirculación

Capacidad del interacumulador	l	400	500
a	mm	859	859
b	mm	923	923
c	mm	1624	1948
d	mm	1458	1784
e	mm	1204	1444
f	mm	1044	1230
g	mm	924	1044
h	mm	804	924
i	mm	349	349
k	mm	107	107
l	mm	422	422
m	mm	864	984

## Datos técnicos (continuación)

### Sonda de temperatura del interacumulador con funcionamiento con energía solar



Disposición de la sonda de temperatura del interacumulador en el retorno del agua de calefacción RAC<sub>s</sub>

- (A) Sonda de temperatura del interacumulador (volumen de suministro de la regulación de energía solar)
- (B) Codo roscado con vaina de inmersión (volumen de suministro, diámetro interior 6,5 mm)

#### Índice de rendimiento $N_L$

Según DIN 4708.

Serpentín superior.

Temperatura de acumulación  $T_{ac}$  = temperatura de entrada del agua fría + 50 K <sup>+5 K/-0 K</sup>

Capacidad del interacumulador	I	300	400	500
<b>Índice de rendimiento <math>N_L</math> con una temperatura de impulsión del agua de calefacción de</b>				
90 °C		1,6	3,0	6,0
80 °C		1,5	3,0	6,0
70 °C		1,4	2,5	5,0

#### Indicaciones sobre el índice de rendimiento $N_L$

El índice de rendimiento  $N_L$  varía en función de la temperatura de acumulación  $T_{ac}$ .

Valores orientativos

- $T_{ac} = 60\text{ °C} \rightarrow 1,0 \times N_L$
- $T_{ac} = 55\text{ °C} \rightarrow 0,75 \times N_L$
- $T_{ac} = 50\text{ °C} \rightarrow 0,55 \times N_L$
- $T_{ac} = 45\text{ °C} \rightarrow 0,3 \times N_L$

#### Rendimiento instantáneo (durante 10 minutos)

Referido al índice de rendimiento  $N_L$ .

Producción de A.C.S. de 10 a 45 °C.

Capacidad del interacumulador	I	300	400	500
<b>Rendimiento instantáneo (l/10 min) con una temperatura de impulsión del agua de calefacción de</b>				
90 °C		173	230	319
80 °C		168	230	319
70 °C		164	210	299

#### Caudal máx. de consumo (durante 10 minutos)

Referido al índice de rendimiento  $N_L$ .

Con calentamiento posterior.

Producción de A.C.S. de 10 a 45 °C.

Capacidad del interacumulador	I	300	400	500
<b>Caudal máx. de consumo (l/min) con una temperatura de impulsión del agua de calefacción de</b>				
90 °C		17	23	32
80 °C		17	23	32
70 °C		16	21	30

## Datos técnicos (continuación)

### Volumen de agua consumible

Volumen del interacumulador calentado a 60 °C.  
Sin calentamiento posterior.

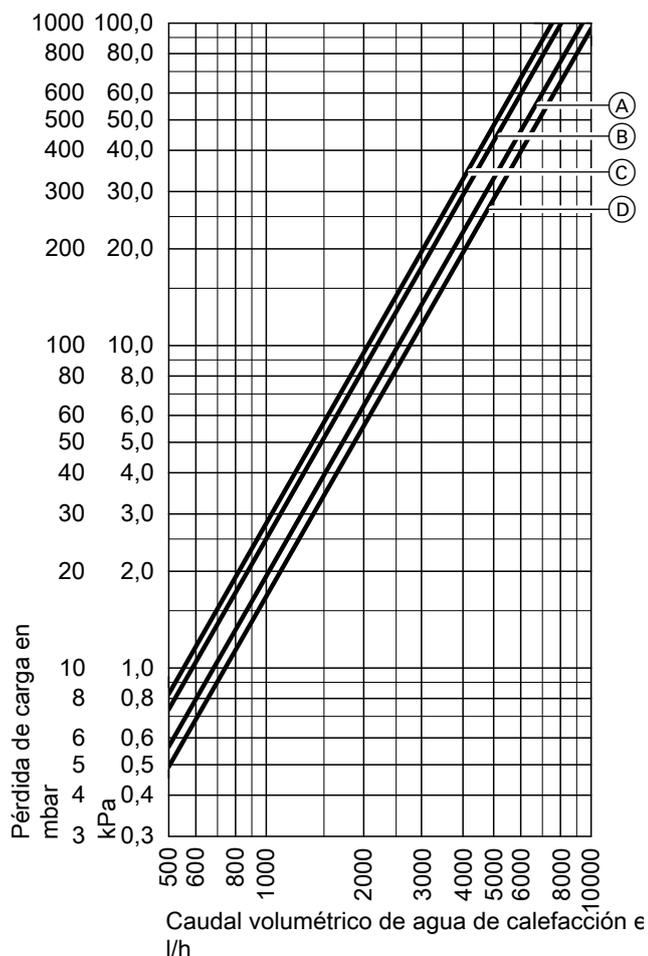
Capacidad del interacumulador	l	300	400	500
Consumo por unidad de tiempo	l/min	15	15	15
Volumen de agua consumible	l	110	120	220
Agua a t = 60 °C (constante)				

### Tiempo de calentamiento

Los tiempos de calentamiento indicados se alcanzan cuando se dispone de la potencia constante máxima del interacumulador de A.C.S. a la temperatura de impulsión correspondiente del agua de calefacción y de un calentamiento de A.C.S. de 10 a 60 °C.

Capacidad del interacumulador	l	300	400	500
<b>Tiempo de calentamiento (min) con una temperatura de impulsión del agua de calefacción de</b>				
90 °C		16	17	19
80 °C		22	23	24
70 °C		30	36	37

### Pérdidas de carga

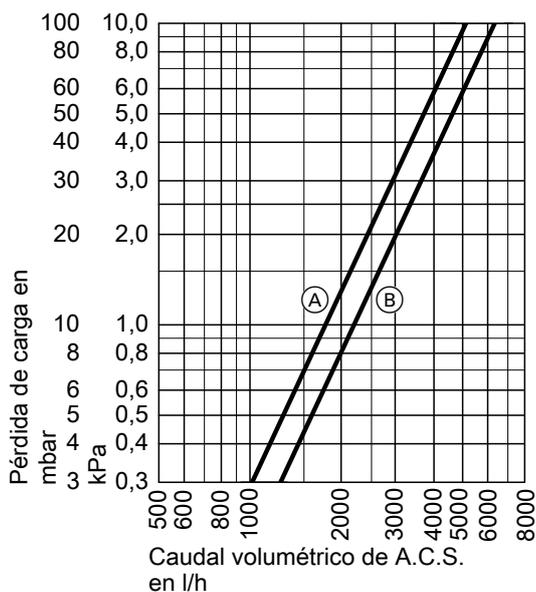


Pérdida de carga del circuito primario de caldera

- (A) Capacidad del interacumulador: 300 l (serpentín superior)
- (B) Capacidad del interacumulador: 300 l (serpentín inferior),  
Capacidad del interacumulador: 400 y 500 l (serpentín superior)

- (C) Capacidad del interacumulador: 500 l (serpentín inferior)
- (D) Capacidad del interacumulador: 400 l (serpentín inferior)

## Datos técnicos (continuación)



Pérdida de carga del circuito secundario de A.C.S.

- (A) Capacidad del interacumulador de 300 l
- (B) Capacidad del interacumulador de 400 y 500 l

## Estado de suministro

### Vitocell 100-B, modelo CVBB, 300 litros

Interacumulador de A.C.S. de acero, con esmaltado de dos capas Ceraprotect

- 2 vainas de inmersión soldadas para sonda de temperatura del interacumulador o regulador de temperatura (diámetro interior 16 mm)
- Codo roscado con vaina de inmersión (diámetro interior 6,5 mm)
- Patas regulables.
- Ánodo de protección de magnesio
- Aislamiento térmico montado.

Color de la chapa revestida de resina epoxi: plateado.

Interacumulador de A.C.S. suministrable también en color blanco.

### Vitocell 100-B, modelo CVB, 400 y 500 litros

Interacumulador de A.C.S. de acero con esmaltado de dos capas Ceraprotect.

- 2 vainas de inmersión soldadas para sonda de temperatura del interacumulador o regulador de temperatura (diámetro interior 16 mm)
- Codo roscado con vaina de inmersión (diámetro interior 6,5 mm)

- Patas regulables.

- Ánodo de protección de magnesio

Embalado aparte:

- Aislamiento térmico desmontable.

Color del aislamiento térmico plastificado plateado.

Interacumulador de A.C.S. de 400 litros suministrable también en color blanco.

## Indicaciones para la planificación

### Garantía

Nuestra garantía para interacumuladores de A.C.S. requiere que el agua que se vaya a calentar (circuito secundario) tenga calidad de agua sanitaria de acuerdo con las disposiciones vigentes en materia de agua sanitaria y que las instalaciones de tratamiento de aguas utilizadas funcionen correctamente.

## Indicaciones para la planificación (continuación)

### Superficie de transmisión térmica

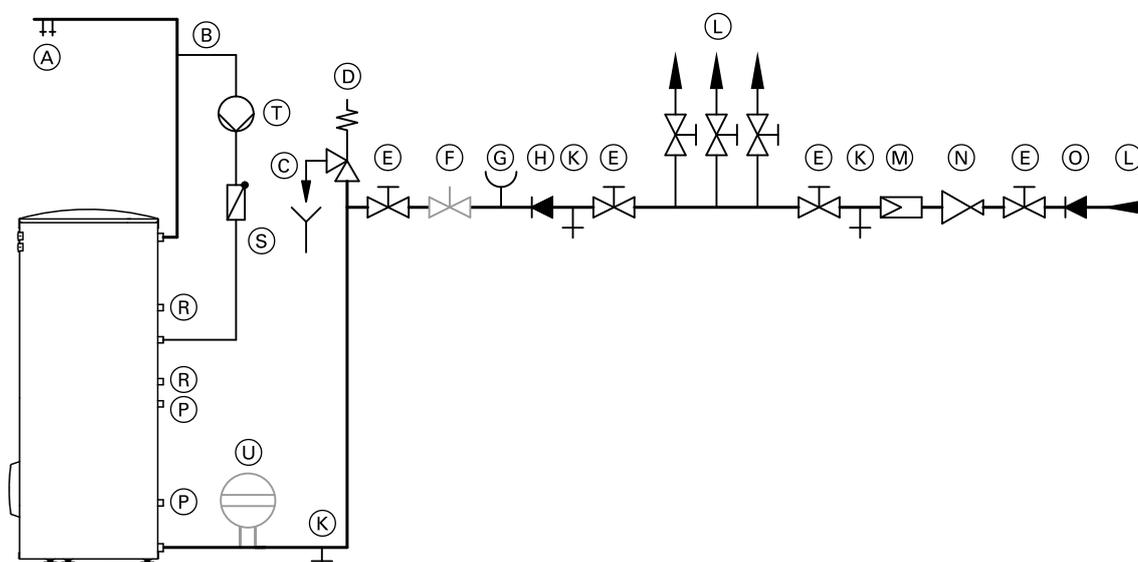
Las superficies de transmisión térmica (agua sanitaria/portador de calor), resistentes a la corrosión y protegidas, son del tipo C según la norma DIN 1988-200.

### Resistencia eléctrica de apoyo

Si se emplean otras marcas, la longitud libre de calentamiento de la resistencia de apoyo roscable ha de ser de 100 mm como mínimo. La resistencia eléctrica de apoyo debe ser apropiada para interacumuladores de A.C.S. esmaltados.

### Conexión del circuito secundario de A.C.S.

Conexión según la norma DIN 1988. Consultar otras normativas de referencia, RITE, CTE, etc.



- |  |   |
|--|---|
| (A) Agua caliente sanitaria                          | (M) Filtro de agua sanitaria  |
| (B) Recirculación                                    | (N) Válvula reductora de presión  |
| (C) Boca visible del conducto de descarga            | (O) Válvula de retención de clapeta   |
| (D) Válvula de seguridad                             | (P) Serpentes inferiores previstos para la conexión a los colectores de energía solar |
| (E) Válvula de cierre                                | (R) Serpentes superiores previstos para la conexión a una caldera                     |
| (F) Válvula reguladora de paso (montaje recomendado) | (S) Válvula de retención, accionada por resorte                                       |
| (G) Conexión del manómetro                           | (T) Bomba de recirculación de A.C.S.  |
| (H) Válvula de retención de clapeta                  | (U) Depósito de expansión a presión, adecuado para A.C.S.                             |
| (K) Vaciado  |   |
| (L) Agua fría  |   |

#### Se debe montar la válvula de seguridad.

Recomendación: montar la válvula de seguridad por encima del borde superior del interacumulador. De este modo quedará protegida de la suciedad, la calcificación y las altas temperaturas. Además, para efectuar trabajos en la válvula de seguridad no hará falta vaciar el interacumulador de A.C.S.

## Indicaciones para la planificación (continuación)

### Uso previsto

Conforme al uso previsto, el equipo debe instalarse y utilizarse exclusivamente en sistemas cerrados según la norma EN 12828 en instalaciones de energía solar de acuerdo con la norma EN 12977 teniendo en cuenta las instrucciones de montaje, para mantenedor y S.A.T. y las instrucciones de servicio correspondientes. El interacumulador de A.C.S. está previsto exclusivamente para la reserva y el calentamiento de agua con calidad de agua sanitaria y el depósito de compensación de agua de calefacción únicamente para el agua de llenado con calidad de agua sanitaria. Los colectores de energía solar solo deben funcionar con los medios portadores de calor autorizados por el fabricante.

El uso previsto establece que se haya efectuado una instalación estacionaria en combinación con componentes homologados específicos de la instalación.

La utilización industrial o comercial con fines diferentes a la calefacción de edificios o la producción de A.C.S. se considera no admisible.

Cualquier otra utilización deberá ser autorizada por el fabricante, según las circunstancias.

Está prohibido el uso incorrecto o un manejo inadecuado del equipo (p. ej., la apertura del mismo por parte de la empresa instaladora de calefacción) y supone la exoneración de la responsabilidad.

También se considera un uso incorrecto la modificación de la función apropiada de componentes del sistema (p. ej., mediante producción directa de A.C.S. en el colector).

Se deben respetar las disposiciones legales, en especial acerca de la limpieza del agua.

## Accesorios

### Grupo de seguridad según DIN 1988

- 10 bar (1 MPa): N.º de pedido 7180 662
- **A** 6 bar (0,6 MPa): N.º de pedido 7179 666
- DN 20/R 1
- Potencia térmica máx.: 150 kW

Componentes:

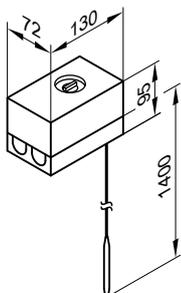
- Válvula de cierre
- Válvula de retención de clapeta y conexión de prueba
- Conexión del manómetro
- Válvula de seguridad de membrana



### Regulador de temperatura

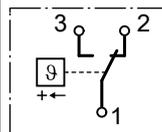
#### N.º de pedido 7151 989

- Con un sistema termostático
- Con selector de ajuste en la parte exterior de la caja
- Sin vaina de inmersión.  
En el volumen de suministro de los interacumuladores de A.C.S. de Viessmann se incluye la vaina de inmersión.
- Con riel de perfil para montar en el interacumulador de A.C.S. o en la pared



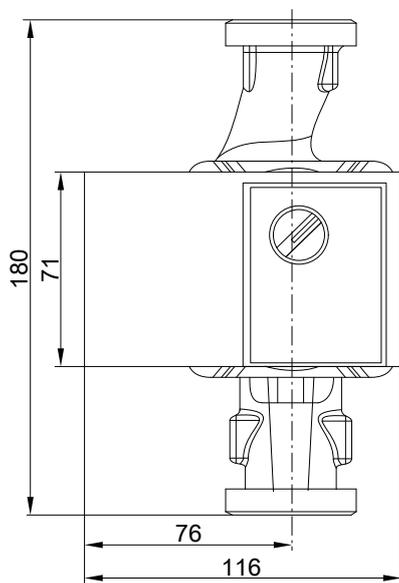
#### Datos técnicos

Conexión	Cable de 3 hilos con una sección de hilo de 1,5 mm <sup>2</sup>
Tipo de protección	IP 41 según EN 60529
Margen de ajuste	de 30 a 60 °C, puede reajustarse hasta 110 °C
Diferencial de conexión	Máx. 11 K
Potencia de conexión:	6(1,5) A 250 V~
Función de mando	cuando la temperatura sube cambia de 2 a 3
N.º de reg. DIN	DIN RT 1168

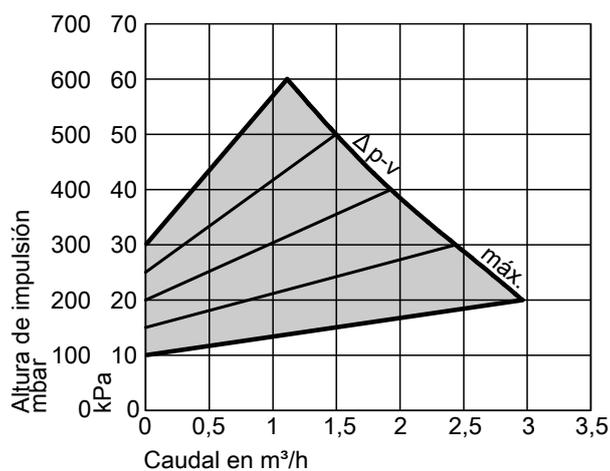


**Bomba del circuito primario de caldera**

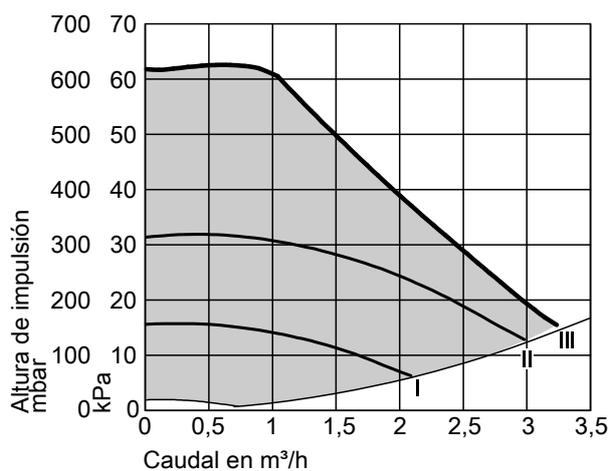
Nº de pedido 7172 611 y 7172 612



N.º de pedido	7172 611	7172 612
Modelo de bomba	Yonos PARA 25/6	Yonos PARA 30/6
Tensión	V~ 230	230
Potencia consumida	O 3-45	3-45
Conexión	L 1½	2
Cable de conexión	m 5,0	5,0
Para calderas	hasta 40 kW.	De 40 a 70 kW



Δp-v (variable)

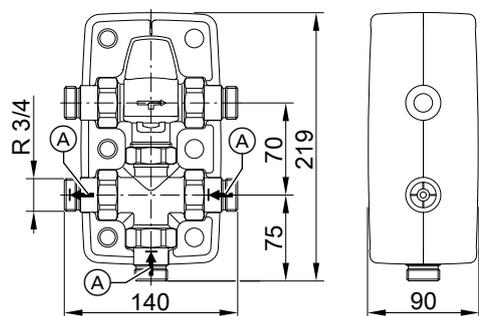


Δp-c (constante)

## Accesorios (continuación)

### Juego de recirculación termostático

N.º de pedido ZK01 284



(A) Válvula de retención de clapeta

Para la limitación de la temperatura de salida del A.C.S. en instalaciones de A.C.S. con conducto de recirculación.

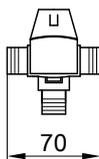
- Dispositivo automático termostático de mezcla con conducto de by-pass
- Válvula de retención de clapeta integrada
- Envolturas termoaislantes desmontables

#### Datos técnicos

Conexiones	R	¾
Peso	kg	1,45
Margen de temperatura	°C	De 35 a 60
Temperatura máx. del medio	°C	95
Presión de servicio	bar MPa	10 1

### Dispositivo automático termostático de mezcla

N.º de pedido 7438 940



Para la limitación de la temperatura de salida del A.C.S. en instalaciones de A.C.S. sin conducto de recirculación.

#### Datos técnicos

Conexiones	L	1
Margen de temperatura	°C	de 35 a 60 °C
Temperatura máx. del medio	°C	95
Presión de servicio	bar/MPa	10/1,0

### Resistencia eléctrica de apoyo EHE

Potencia de calefacción seleccionable 2, 4 o 6 kW.

Para la instalación en la parte inferior del interacumulador de A.C.S.

- 300 l. N.º de pedido Z012 676
- 400 y 500 l. N.º de pedido Z012 677

Para la instalación en la parte superior del interacumulador de A.C.S.

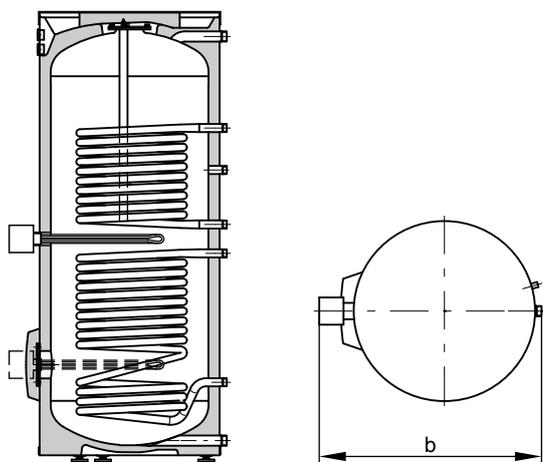
■ N.º de pedido Z012 684

- Con termostato de seguridad y regulador de temperatura.
- Solo puede utilizarse con agua sanitaria blanda o semidura, hasta 14 dH (grado de dureza 2/2,5mol/m³).

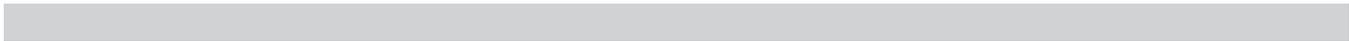
Tipo de corriente y tensión nominal 3/N/PE 400 V/50 Hz			Tipo de protección: IP 44					
Consumo nominal	kW		2		4		6	
en funcionamiento confort/calentamiento rápido								
Intensidad nominal	A		8,7		8,7		8,7	
Tiempo de calentamiento de 10 a 60 °C en caso de montaje de una resistencia eléctrica de apoyo								
			superior	inferior	superior	inferior	superior	inferior
	300 l	h	3,8	7,2	1,9	3,6	1,3	2,4
	400 l	h	5,2	9,0	2,6	4,5	1,7	3,0
	500 l	h	6,9	11,8	3,5	5,9	2,3	3,9

## Accesorios (continuación)

<b>Capacidad del interacumulador</b>	l	300	400	500
<b>Volumen que se puede calentar con una resistencia de apoyo</b>				
– Montaje arriba	l	130	179	238
– Montaje abajo	l	246	309	407
<b>Dimensiones</b>				
<b>Anchura b</b>	mm	850	1040	1040
con resistencia eléctrica de apoyo				
<b>Distancia mínima a la pared</b>	mm			
para el montaje de la resistencia eléctrica de apoyo EHE				
– Montaje arriba		650	650	650
– Montaje abajo		685	650	650
<b>Peso</b>				
Resistencia eléctrica de apoyo EHE	kg	2	2	2



Ejemplo: 300 l de capacidad

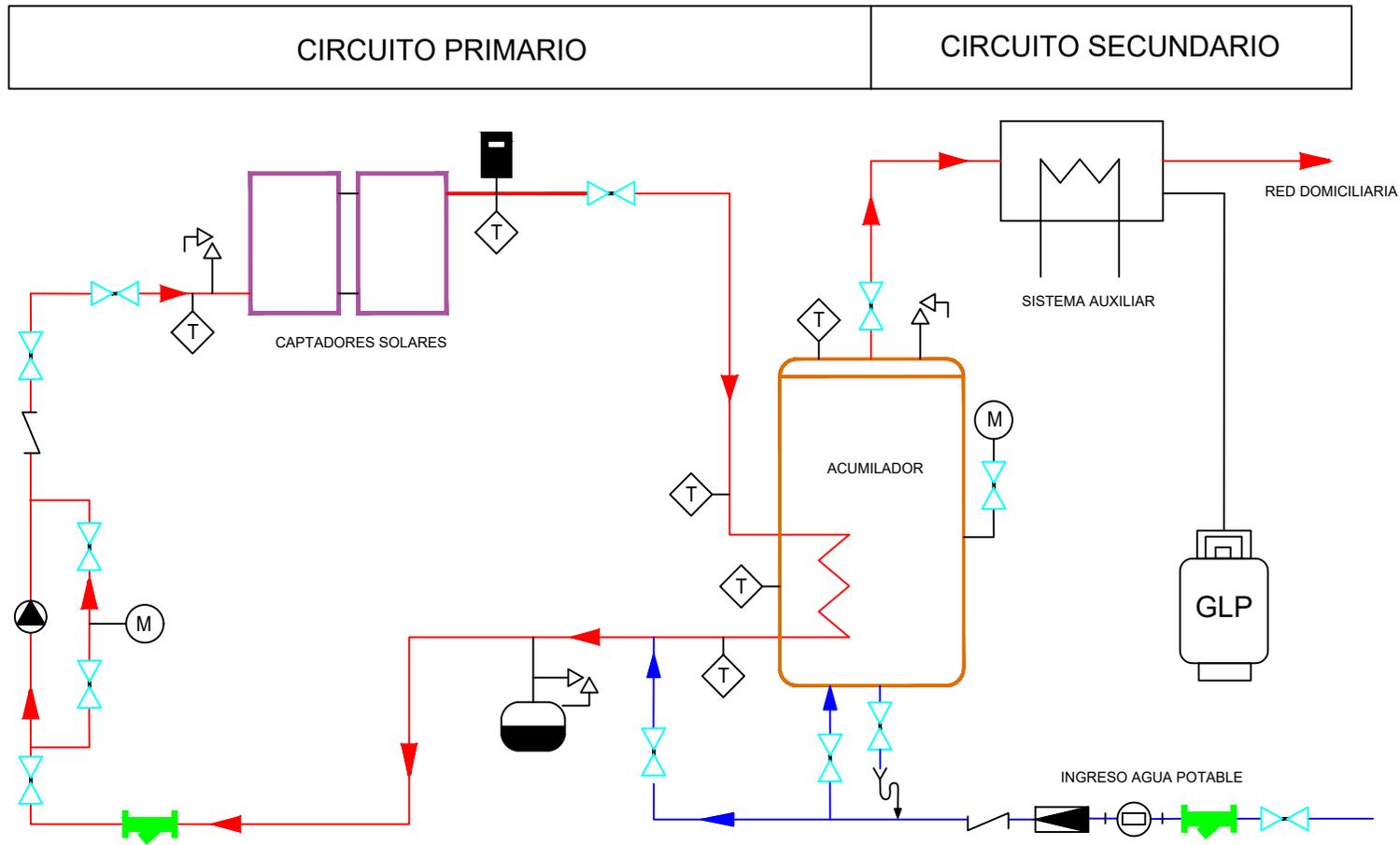


Sujeto a modificaciones técnicas sin previo aviso.

Viessmann, S.L.  
Sociedad Unipersonal  
C/ Sierra Nevada, 13  
Área Empresarial Andalucía  
28320 Pinto (Madrid)  
Teléfono: 902 399 299  
Fax: 916497399  
[www.viessmann.es](http://www.viessmann.es)

5828 513 ES

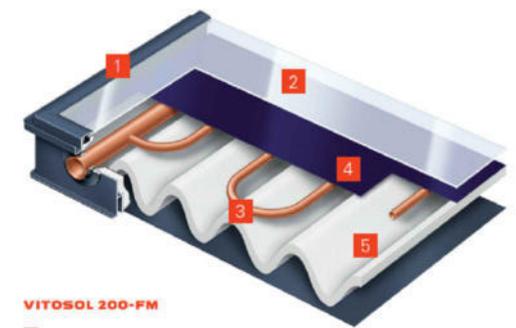
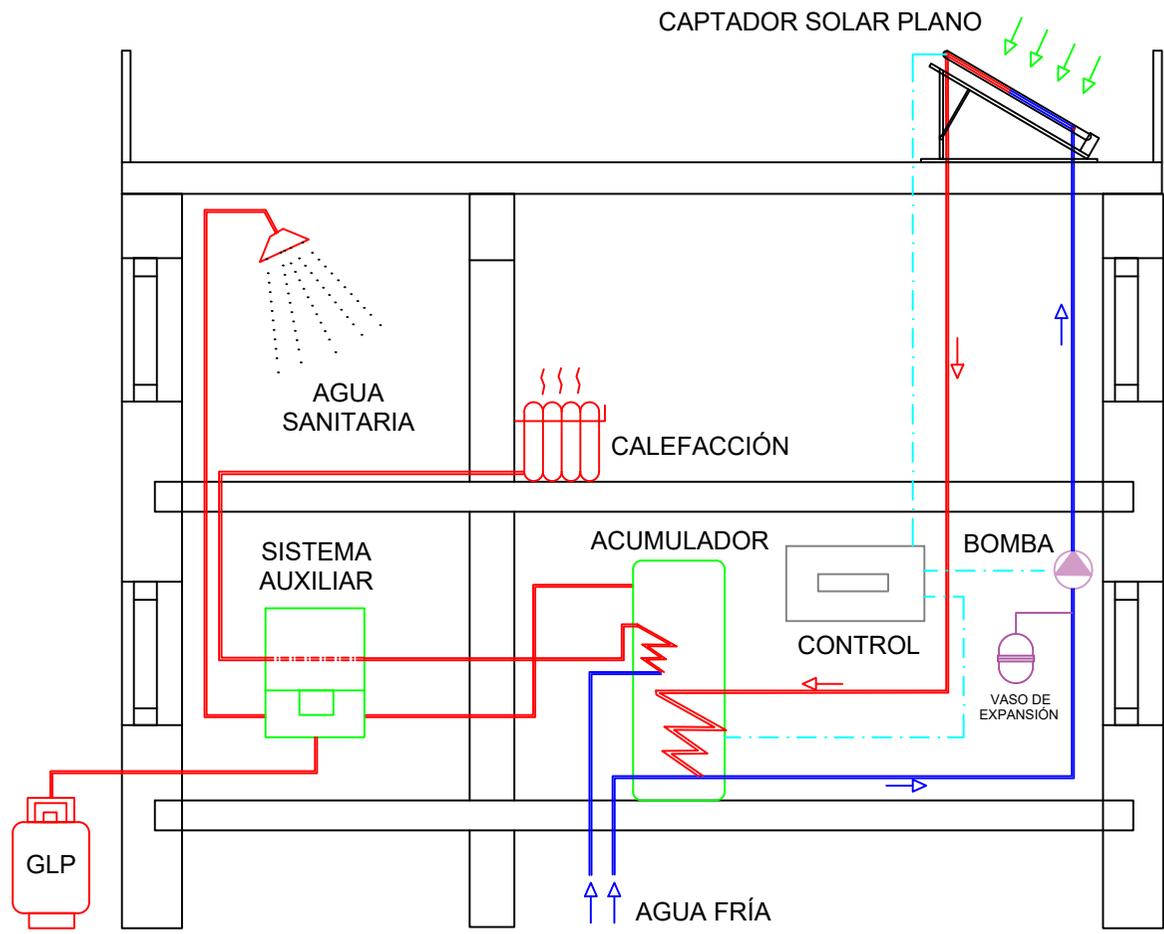
**APÉNDICE 10. Diagrama unifilar del sistema de ACS y calefacción.**



SIMBOLOGÍA					
	LLAVE DE PASO		SISTEMA DE MEDICIÓN		VÁLVULA DE VACIADO
	VÁLVULA ANTIRETORNO		FLUJO DE CIRCULACIÓN		REGULADOR DE CAUDAL
	FILTRO ASPITACIÓN		VASO DE EXPANSIÓN		VÁLVULA DE SEGURIDAD
	MANÓMETRO		PURGADOR DE AIRE		
	BOMBA CIRCULACIÓN		TERMÓMETRO		

SISTEMA DE ACS & CALEFACCIÓN URBANIZACIÓN EL MANANTIAL			
	CONTIENE: <b>DIAGRAMA UNIFILAR</b> Instalación solar de A.C.S. con intercambiador de calor interno		
PARROQUIA: <b>CONOCOTO</b>	CODIGO PARROQUIA: <b>170802</b>	CANTON: <b>QUITO</b>	PROVINCIA: <b>PICHINCHA</b>
DISEÑO:		ESCALA: 1:10000	FECHA: JULIO 2022
<b>FABRICIO JAVIER VILLACRES QUISEPPE</b> <b>JENY ELIZABETH CALVA JIMÉNEZ</b> <b>LUIS ALBERTO MONCAYO ESCOBAR</b> <b>MEDARDO TITO GABINO POLANCO</b> <b>YUL MICHAEL VÁSQUEZ ORDÓÑEZ</b>		APROBO:  <b>FRANCISCO GONZÁLEZ</b> DOCENTE <b>ENERGÍA SOLAR TÉRMICA</b>	
			LÁMINA: <b>1 de 1</b>

## **APÉNDICE 11. Implantación del sistema solar térmico con captadores.**



**VITOSOL 200-FM**

- 1 Marco de aluminio moldeado en una pieza y junta continua en la unión vidrio-metal
- 2 Vidrio solar especial, altamente transparente a la radiación solar y resistente a los agentes meteorológicos y al choque térmico
- 3 Diseño del absorbidor en forma de serpiente
- 4 Tratamiento selectivo ThermProtect del absorbidor, único para la protección frente al sobrecalentamiento
- 5 Aislamiento térmico extremadamente eficaz

SISTEMA DE ACS & CALEFACCIÓN URBANIZACIÓN EL MANANTIAL			
		CONTIENE: <b>IMPLANTACIÓN SISTEMA DE ACS &amp; CALEFACCIÓN</b>	
PARROQUIA: <b>CONOCOTO</b>	CODIGO PARROQUIA: <b>170802</b>	CANTON: <b>QUITO</b>	PROVINCIA: <b>PICHINCHA</b>
DISEÑO: <b>FABRICIO JAVIER VILLACRES QUISHPE JENY ELIZABETH CALVA JIMÉNEZ LUIS ALBERTO MONCAYO ESCOBAR MEDARDO TITO GABINO POLANCO YUL MICHAEL VÁSQUEZ ORDÓÑEZ</b>		ESCALA: 1 _____ 10000	FECHA: <b>JULIO 2022</b>
		APROBO: <b>FRANCISCO GONZÁLEZ DOCENTE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA</b>	
		LAMINA: <b>1 de 1</b>	

**APÉNDICE 12. Resultados cálculo de sistema solar térmico utilizando captadores planos.**

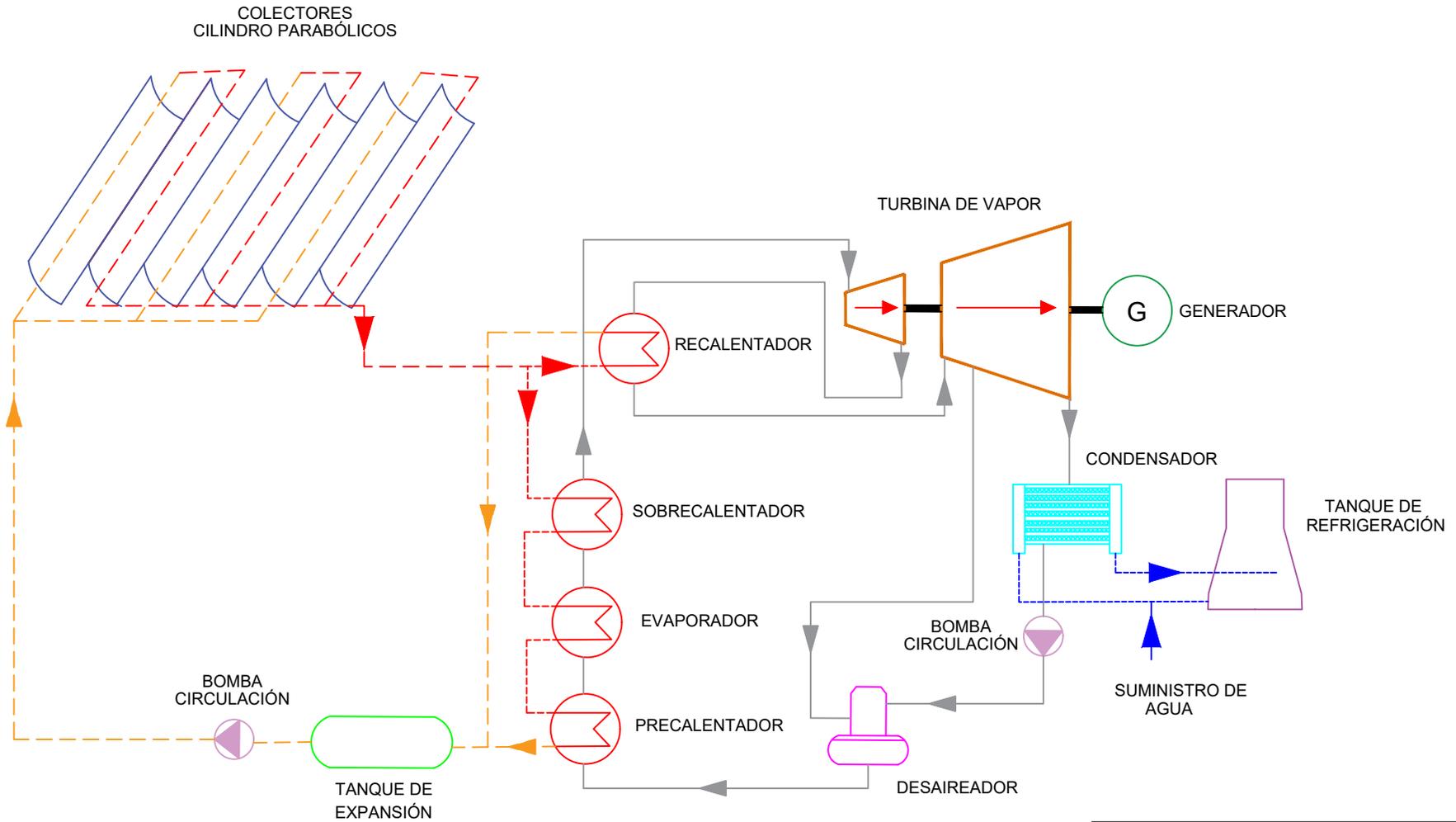
### RESULTADO SIMULACIÓN CON CAPTADOR PLANO MARCA VIESSMAN

MES	N (días/ mes)	TAF	Demes ACS	Demes CALEF.	Eldia (kWh/m2)	Elmes (kWh/m2)	EAmes (kWh)	D1	TAMB	Δt	K1	K2	EPmes (kWh)	D2	f (teórica)	f (real)	EUmes	η mensual instalación	Producción Solar Unitaria (kWh/m2)	Producción Solar Unitaria por Captador (kWh/m2)	APORTE AUXILIAR
Ene	31	11.6 °C	278.74 kWh	128 kWh	4.13	128.0	411.65	1.01	13.6 °C	744 h	1.000	0.929	1,159	2.85	64.2%	64.2%	261 kWh	43.8%	56.1	28.0	146 kWh
Feb	28	11.9 °C	250.21 kWh	115 kWh	3.80	106.3	341.87	0.94	13.6 °C	672 h	1.000	0.943	1,062	2.91	59.2%	59.2%	216 kWh	43.7%	46.4	23.2	149 kWh
Mar	31	11.8 °C	277.59 kWh	128 kWh	3.60	111.7	359.16	0.89	13.6 °C	744 h	1.000	0.938	1,170	2.89	56.2%	56.2%	228 kWh	43.7%	48.9	24.4	177 kWh
Abr	30	11.8 °C	268.63 kWh	123 kWh	3.65	109.4	351.86	0.90	13.6 °C	720 h	1.000	0.938	1,132	2.89	56.9%	56.9%	223 kWh	43.7%	47.9	23.9	169 kWh
May	31	11.9 °C	277.01 kWh	127 kWh	3.50	108.4	348.52	0.86	13.6 °C	744 h	1.000	0.943	1,175	2.91	54.5%	54.5%	220 kWh	43.6%	47.3	23.6	184 kWh
Jun	30	12.1 °C	266.96 kWh	123 kWh	3.49	104.6	336.31	0.86	13.6 °C	720 h	1.000	0.952	1,148	2.95	54.4%	54.4%	212 kWh	43.4%	45.4	22.7	178 kWh
Jul	31	11.8 °C	277.59 kWh	128 kWh	3.71	115.0	369.83	0.91	13.6 °C	744 h	1.000	0.938	1,170	2.89	57.9%	57.9%	235 kWh	43.8%	50.3	25.2	171 kWh
Ago	31	12.2 °C	275.29 kWh	127 kWh	4.04	125.2	402.41	1.00	13.6 °C	744 h	1.000	0.956	1,192	2.97	62.9%	62.9%	253 kWh	43.4%	54.3	27.1	149 kWh
Sep	30	11.8 °C	268.63 kWh	123 kWh	4.25	127.4	409.64	1.04	13.6 °C	720 h	1.000	0.938	1,132	2.89	65.9%	65.9%	259 kWh	43.6%	55.5	27.7	134 kWh
Oct	31	12.2 °C	275.29 kWh	127 kWh	4.29	133.1	427.99	1.07	13.6 °C	744 h	1.000	0.956	1,192	2.97	66.7%	66.7%	268 kWh	43.2%	57.5	28.8	134 kWh
Nov	30	11.8 °C	268.63 kWh	123 kWh	4.33	129.8	417.29	1.06	13.6 °C	720 h	1.000	0.938	1,132	2.89	67.1%	67.1%	263 kWh	43.5%	56.4	28.2	129 kWh
Dic	31	11.6 °C	278.74 kWh	128 kWh	4.04	125.1	402.18	0.99	13.6 °C	744 h	1.000	0.929	1,159	2.85	62.8%	62.8%	256 kWh	43.8%	54.8	27.4	151 kWh
<b>AÑO</b>	<b>365</b>	<b>11.9 °C</b>	<b>3,263.32 kWh</b>	<b>1,500 kWh</b>	<b>3.90</b>	<b>1,424.1</b>	<b>4,579</b>	<b>1.40</b>	<b>13.6 °C</b>	<b>8,760 h</b>			<b>13,822</b>	<b>2.90</b>			<b>2,893 kWh</b>	<b>43.6%</b>	<b>621</b>	<b>310.43</b>	<b>1,870 kWh</b>
															<b>F</b>	<b>60.74%</b>					<b>1,470 kWh</b>

**APÉNDICE 13. Resultados cálculo de sistema solar térmico utilizando captadores de tubos de vacío.**



**APÉNDICE 14. Diagrama unifilar planta de generación termoeléctrica con captadores cilindro- parabólicos.**



PLANTA DE GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA URBANIZACIÓN EL MANANTIAL			
CONTIENE: <b>DIAGRAMA UNIFILAR</b> Planta de generación termoeléctrica con colectores cilindro parabólicos			
 PARROQUIA: <b>CONOCOTO</b>	CODIGO PARROQUIA: <b>170802</b>	CANTON: <b>QUITO</b>	PROVINCIA: <b>PICHINCHA</b>
DISEÑO: <b>FABRICIO JAVIER VILLACRES QUIESPE JENY ELIZABETH CALVA JIMÉNEZ LUIS ALBERTO MONCAYO ESCOBAR MEDARDO TITO GABINO POLANCO YUL MICHAEL VÁSQUEZ ORDÓÑEZ</b>		ESCALA: 1:10000	FECHA: JULIO 2022
APROBO: <b>FRANCISCO GONZÁLEZ</b> DOCENTE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA			LÁMINA: <b>1 de 1</b>

**APÉNDICE 15. Ingresos y costos operacionales de un sistema solar fotovoltaico y térmico.**



## INGRESOS Y COSTOS OPERACIONALES DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CRÉDITO 70% - PROPIOS 30%

Cuenta de Pérdidas y Ganancias																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
EVOLUCIÓN DE INGRESOS DE PRECIOS			EN ESTADÍSTICA DE UTILIDAD - EJEMPLO DE EJEMPLO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
			DESARROLLO		CONSTRUCCIÓN		OPERACIÓN		OPERACIÓN		OPERACIÓN		OPERACIÓN		OPERACIÓN		OPERACIÓN		OPERACIÓN		OPERACIÓN		OPERACIÓN		OPERACIÓN		OPERACIÓN		OPERACIÓN		OPERACIÓN		OPERACIÓN		OPERACIÓN		OPERACIÓN		OPERACIÓN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120	1121	1122	1123	1124	1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131	1132	1133	1134	1135	1136	1137	1138	1139	1140	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149	1150	1151	1152	1153	1154	1155	1156	1157	1158	1159	1160	1161	1162	1163	1164	1165	1166	1167	1168	1169	1170	1171	1172	1173	1174	1175	1176	1177	1178	1179	1180	1181	1182	1183	1184	1185	1186	1187	1188	1189	1190	1191	1192	1193	1194	1195	1196	1197	1198	1199	1200	1201	1202	1203	1204	1205	1206	1207	1208	1209	1210	1211	1212	1213	1214	1215	1216	1217	1218	1219	1220	1221	1222	1223	1224	1225	1226	1227	1228	1229	1230	1231	1232	1233	1234	1235	1236	1237	1238	1239	1240	1241	1242	1243	1244	1245	1246	1247	1248	1249	1250	1251	1252	1253	1254	1255	1256	1257	1258	1259	1260	1261	1262	1263	1264	1265	1266	1267	1268	1269	1270	1271	1272	1273	1274	1275	1276	1277	1278	1279	1280	1281	1282	1283	1284	1285	1286	1287	1288	1289	1290	1291	1292	1293	1294	1295	1296	1297	1298	1299	1300	1301	1302	1303	1304	1305	1306	1307	1308	1309	1310	1311	1312	1313	1314	1315	1316	1317	1318	1319	1320	1321	1322	1323	1324	1325	1326	1327	1328	1329	1330	1331	1332	1333	1334	1335	1336	1337	1338	1339	1340	1341	1342	1343	1344	1345	1346	1347	1348	1349	1350	1351	1352	1353	1354	1355	1356	1357	1358	1359	1360	1361	1362	1363	1364	1365	1366	1367	1368	1369	1370	1371	1372	1373	1374	1375	1376	1377	1378	1379	1380	1381	1382	1383	1384	1385	1386	1387	1388	1389	1390	1391	1392	1393	1394	1395	1396	1397	1398	1399	1400	1401	1402	1403	1404	1405	1406	1407	1408	1409	1410	1411	1412	1413	1414	1415	1416	1417	1418	1419	1420	1421	1422	1423	1424	1425	1426	1427	1428	1429	1430	1431	1432	1433	1434	1435	1436	1437	14

## INGRESOS Y COSTOS OPERACIONALES DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO RECURSOS PROPIOS

Cuenta de Pérdidas y Ganancias			DESARROLLO CONSTRUCCION OPERACION																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
EVALUACION E INDICES DE PRECIOS EN ESTA HOJA SE UTILIZA: ES A NIVEL DE EJEMPLO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Precio de la Energía - Corriente de tendencia			2.0%	200	1750	150	120	100	148.897123	106.864098	108.125784	111.307612	113.537394	115.804699	118.120593	120.486707	122.892390	125.338005	127.823910	130.350462	132.918005	135.526984	138.177744	141.870628	145.606072	149.384520	153.206416	157.072194	160.982390	164.937540	168.938190	172.984880	177.078050	181.218230																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
IPC energía			1	1.02	1.0464	1.061208	1.0643276	1.10408363	1.12615419	1.14888568	1.17205965	1.19567633	1.21973488	1.24424441	1.26920402	1.29461271	1.32047048	1.34677733	1.37353236	1.40073458	1.42838299	1.45647668	1.48491565	1.51370000	1.54283082	1.57230812	1.60213199	1.63230252	1.66281981	1.69369396	1.72493507	1.75654334	1.78851888	1.82086180	1.85357220	1.88665008	1.92009552	1.95390872	1.98808982	2.02263792	2.05755312	2.09283552	2.12848522	2.16450232	2.20088692	2.23863902	2.27675872	2.31524502	2.35409792	2.39331742	2.43290352	2.47285522	2.51317252	2.55385562	2.59490452	2.63631822	2.67809672	2.72024002	2.76274812	2.80562102	2.84885872	2.89246122	2.93642852	2.98076062	3.02545752	3.07051922	3.11594572	3.16173702	3.20789312	3.25441402	3.30130072	3.34855322	3.39617152	3.44415562	3.49250552	3.54122122	3.59030272	3.63975002	3.68956312	3.73974202	3.79028672	3.84119722	3.89247352	3.94411562	3.99612352	4.04849722	4.10123672	4.15434102	4.20781012	4.26164402	4.31584272	4.37040622	4.42533452	4.48062762	4.53628552	4.59230822	4.64869572	4.70544802	4.76256502	4.82004672	4.87789312	4.93610422	4.99468002	5.05362152	5.11292872	5.17250162	5.23234022	5.29244452	5.35281462	5.41345552	5.47436722	5.53554972	5.59699302	5.65870712	5.72069182	5.78294712	5.84547302	5.90827052	5.97133962	6.03468032	6.09829262	6.16216652	6.22630202	6.29070912	6.35538782	6.42033812	6.48556002	6.55105352	6.61681862	6.68285532	6.74916362	6.81574352	6.88259502	6.94971812	7.01711282	7.08477912	7.15271702	7.22092712	7.28940942	7.35816392	7.42719062	7.49648952	7.56606062	7.63590392	7.70601942	7.77640712	7.84706702	7.91799912	7.98920342	8.06068002	8.13242892	8.20445002	8.27674332	8.34930882	8.42214652	8.49525642	8.56863852	8.64229282	8.71621932	8.79041802	8.86488892	8.93963202	9.01464732	9.08993482	9.16549352	9.24132362	9.31742512	9.39379802	9.47044332	9.54736102	9.62455112	9.70191362	9.77954852	9.85745582	9.93563552	10.01408762	10.09281212	10.17181002	10.25107132	10.33059602	10.41038412	10.49043562	10.57075052	10.65132882	10.73217052	10.81327562	10.89464412	10.97627602	11.05817132	11.14033002	11.22275212	11.30543762	11.38838552	11.47159582	11.55506832	11.63880302	11.72280002	11.80705932	11.89158082	11.97636352	12.06140742	12.14671252	12.23227882	12.31810632	12.40419502	12.49054492	12.57715602	12.66402832	12.75116182	12.83855652	12.92621242	13.01412952	13.10230782	13.19074732	13.27944802	13.36840992	13.45763302	13.54711732	13.63686282	13.72686952	13.81713742	13.90766652	14.00845682	14.10950832	14.21082102	14.31239492	14.41422902	14.51632332	14.61867782	14.72129252	14.82416742	14.92730252	15.03069782	15.13435332	15.23826902	15.34244492	15.44688102	15.55157732	15.65653382	15.76175052	15.86722742	15.97296452	16.07896182	16.18521932	16.29173702	16.39851492	16.50555302	16.61285132	16.72041002	16.82822912	16.93630862	17.04464852	17.15324882	17.26210952	17.37123062	17.48061212	17.59025402	17.70015632	17.81031902	17.92074212	18.03142562	18.14236952	18.25357382	18.36503852	18.47676362	18.58874912	18.70099502	18.81350232	18.92627102	19.03930132	19.15259322	19.26614672	19.38096182	19.49603852	19.61137682	19.72697672	19.84284822	19.95898132	20.07537602	20.19203252	20.30895082	20.42613092	20.54357282	20.66127652	20.77924202	20.89746932	21.01594852	21.13467962	21.25366252	21.37289722	21.49238372	21.61212202	21.73211212	21.85235402	21.97284772	22.09359322	22.21459052	22.33583962	22.45734052	22.57909322	22.70109772	22.82335402	22.94586212	23.06862202	23.19163372	23.31489722	23.43841252	23.56217962	23.68619852	23.81046922	23.93499172	24.05976602	24.18479312	24.30997302	24.43530572	24.56079122	24.68643052	24.81222362	24.93817052	25.06427132	25.19052602	25.31693452	25.44349682	25.57021292	25.69708282	25.82410652	25.95128402	26.07861532	26.20610042	26.33374032	26.46153502	26.58948432	26.71758822	26.84584652	26.97425942	27.10282692	27.23154902	27.36042572	27.48945702	27.61864292	27.74798342	27.87747852	28.00712822	28.13693252	28.26689142	28.39690492	28.52707302	28.65739572	28.78787302	28.91850492	29.04929142	29.18023252	29.31132822	29.44247852	29.57368342	29.70494282	29.83635672	29.96792512	30.09964802	30.23152542	30.36355732	30.49574372	30.62808412	30.76057852	30.89322692	31.02602932	31.15898572	31.29209712	31.42536352	31.55878492	31.69236132	31.82609272	31.96097912	32.09602052	32.23121692	32.36656832	32.50207472	32.63773612	32.77355252	32.90952392	33.04565032	33.18193172	33.31836812	33.45495952	33.59170592	33.72860732	33.86566372	34.00287512	34.14024152	34.27776292	34.41543932	34.55327072	34.69125712	34.82939852	34.96769492	35.10614632	35.24475272	35.38351412	35.52243052	35.66150192	35.80072832	35.94010972	36.07964612	36.21933752	36.35918392	36.49918532	36.63934172	36.77965312	36.92011952	37.06074092	37.20151732	37.34244872	37.48353512	37.62477652	37.76617292	37.90772432	38.04943072	38.19129212	38.33330852	38.47548092	38.61780932	38.76029372	38.90293412	39.04573052	39.18868292	39.33179132	39.47505572	39.61847612	39.76205252	39.90578492	40.04967332	40.19371772	40.33791812	40.48227452	40.62678692	40.77145532	40.91627972	41.06126012	41.20639652	41.35168892	41.49713732	41.64274172	41.78850212	41.93441852	42.08049092	42.22671932	42.37310372	42.51964412	42.66634052	42.81319292	42.96020132	43.10736572	43.25468612	43.40216252	43.54979492	43.69758332	43.84552772	43.99362812	44.14188452	44.29029692	44.43886532	44.58758972	44.73646912	44.88550352	45.03469292	45.18403732	45.33353672	45.48319112	45.63299052	45.78293492	45.93302432	46.08325872	46.23363812	46.38416252	46.53483192	46.68564632	46.83660572	46.98771012	47.13896052	47.29035692	47.44189932	47.59358772	47.74542212	47.89740252	48.04952892	48.20180132	48.35421972	48.50678412	48.65949452	48.81235092	48.96535332	49.11850172	49.27179612	49.42523652	49.57882292	49.73255532	49.88643372	50.04045812	50.19462852	50.34894492	50.50340732	50.65791572	50.81256912	50.96736752	51.12231192	51.27740232	51.43263872	51.58802112	51.74355052	51.89922692	52.05505032	52.21102072	52.36713812	52.52340252	52.67981392	52.83637232	52.99307772	53.14993012	53.30693052	53.46407892	53.62137532	53.77881972	53.93641212	54.09415252	54.25204092	54.41007732	54.56826172	54.72659312	54.88507152	55.04369792	55.20247232	55.36139472	55.52046512	55.67968352	55.83905092	56.00856732	56.16823272	56.32804712	56.48801052	56.64812292	56.80838432	56.96879472	57.12935412	57.29006252	57.45091992	57.61192632	57.77308172	57.93438612	58.09583952	58.25744192	58.41919332	58.58109372	58.74314312	58.90534152	59.06768892	59.23018532	59.39283072	59.55562512	59.71856852	59.88166092	60.04490232	60.20829372	60.37183512	60.53552652	60.69936792	60.86335932	61.02750072	61.19179212	61.35623352	61.52082492	61.68556632	61.85045772	62.01549912	62.18069052	62.34593192	62.51127332	62.67671472	62.84225612	63.00789752	63.17363892	63.33948032	63.50542172	63.67146312	63.83760452	64.00384592	64.17018732	64.33662872	64.50317012	64.66981152	64.83655292	65.00339432	65.17033572	65.33737712	65.50451852	65.67175992	65.83910132	66.00654272	66.17408412	66.34172552	66.50946692	66.67730832	66.84524972	67.01329112	67.18143252	67.34967392	67.51801532	67.68645672	67.85509812	68.02393952	68.19298092	68.36212232	68.53136372	68.70070512	68.87014652	69.03968792	69.20932932	69.37907072	69.54891212	69.71885352	69.88889492	70.05903632	70.22927772	70.40961912	70.58006052	70.75060192	70.92124332	71.09198472	71.26282612	71.43376752	71.60480892	71.77595032	71.94719172	72.11853312	72.28997452	72.46151592	72.63315732	72.80489872	72.97674012	73.14868152	73.32072292	73.49286432	73.66500572	73.83724712	74.00958852	74.18202992	74.35457132	74.52721272	74.69995412	74.87279552	75.04573692	75.21877832	75.39191972	75.56516112	75.73850252	75.91194392	76.08548532	76.25912672	76.43286812	76.60670952	76.78065092	76.95469232	77.12883372	77.30297512	77.47721652	77.65155792	77.82599932	78.00054072	78.17518212	78.34992352	78.52476492	78.70970632	78.88474772	79.05988912	79.23513052	79.41047192	79.58591332	79.76145472	79.93709612	80.11283752	80.28867892	80.46462032	80.64076172	80.81700312	80.99334452	81.16978592	81.34632732	81.52296872	81.70071012	81.87855152	82.05649292	82.23453432	82.41267572	82.59091712	82.76925852	82.94770092	83.12624232	83.30488372	83.48362512	83.66246652	83.84140792	84.02054932	84.20079072	84.38113212	84.56157352	84.74211492	84.92275632	85.10349772	85.28433912	85.46528052	85.64632192	85.82746332	86.00870472	86.18994612	86.37128752	86.55272892	86.73427032	86.91591172	87.09765312	87.27949452	87.46143592	87.64347732

