



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO DE SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS DE BAJA  
TEMPERATURA CON COLECTORES PLANOS**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO**

**INGENIERO EN ENERGÍA**

**PRESENTADO POR:**

**21541279**

**IVIS ALEXIS RODRIGUEZ GONZÁLEZ**

**ASESOR: ING. HÉCTOR VILLATORO**

**CAMPUS SAN PEDRO SULA;**

**JULIO, 2019**

## **RESUMEN**

El siguiente proyecto consiste en la elaboración de un manual para el mantenimiento de sistemas solares térmicos de baja temperatura con colectores planos, con el objetivo de ayudar a todas aquellas empresas que desean planificar y realizar mantenimientos a estos sistemas para garantizar el funcionamiento adecuado de los equipos para de esa manera brindar un servicio confiable a los clientes.

El manual consiste en la descripción detallada de todas las actividades importantes a realizar en un mantenimiento. El manual se enfoca en la planificación de un mantenimiento, identificación de anomalías de funcionamiento del sistema, instructivos de cómo realizar mantenimientos preventivos y correctivos, pruebas de funcionamiento al equipo termosolar, preparación de informe de mantenimiento, y la seguridad industrial aplicada a este tipo de actividades.

Dentro de la planificación se consideran aspectos como la definición de objetivos, estimación de recursos humanos y económicos, definición de cronograma de trabajo, logística necesaria y un plan de contingencias para el mantenimiento.

Las actividades detalladas en los instructivos de mantenimiento preventivo se basan en los componentes principales de un sistema solar térmico de baja temperatura, dentro de ellos destacan los colectores, tanque acumulador, circuito hidráulico, sistema auxiliar y de control. Para el mantenimiento correctivo dependerá en cada caso el resultado de la inspección realizada para de esa manera saber qué componente se encuentra en mal estado y necesita ser arreglado o sustituido.

Una de las secciones más importantes es la de seguridad industrial ya que aquí se detallan las precauciones a tener en cuenta al momento de realizar un mantenimiento, así como el diferente equipo de seguridad industrial para proteger a todo el personal que realiza las actividades de mantenimiento.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer primeramente a Dios que me ha permitido culminar con éxitos mis estudios universitarios. También quiero agradecer a mis padres por todo el sacrificio que hicieron, sé que no fue nada fácil haber llegado hasta aquí, pero lo lograron. Les agradezco mucho por todo lo que me han dado, por el apoyo, por cada consejo y porque supieron animarme siempre a seguir adelante, gracias por todo el tiempo que dedicaron para mí, son un gran ejemplo para mi vida y lo que he logrado ser hasta hoy ha sido gracias a ustedes. A mi hermana Susan gracias por todo el apoyo y cariño que me has dado, sos muy especial para mí. Mis tías Nora y Norma que siempre estuvieron pendientes de mí y que me han criado como su propio hijo, les agradezco por su amor incondicional.

A mi asesor, Ing. Héctor Villatoro por su paciencia, valiosa dirección y apoyo para realizar este trabajo. A todos mis maestros que ayudaron a mi formación profesional y que aportaron un granito de conocimiento a lo largo de mi carrera universitaria: Ing. Vielka Barahona, Ing. Ada Pinel, Ing. Franklin Reyes, Ing. Alicia Reyes, Ing. Claudia Paz.

Mi más sincero agradecimiento a mis compañeros de clase y amigos, Indira, Iván, Marlon y Javier que me brindaron su ayuda y que me animaron a seguir adelante.

A la empresa Solaris y su equipo, gracias por brindarme la oportunidad de realizar mi práctica con ustedes.

A todos ustedes mi más sincero agradecimiento.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a mi abuela Reubdea Hernández que en paz descansa, su sueño siempre fue verme triunfar en la vida y su máximo deseo era estar presente el día de mi graduación. Abuelita, este triunfo se lo dedico con todo mi amor, sé que está orgullosa y que siempre me cuida, ¡un abrazo hasta el cielo!

# ÍNDICE

<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO.....</b>	<b>2</b>
1.1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.2. ANTECEDENTES .....	5
1.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.3.1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	6
1.3.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.4. OBJETIVOS .....	7
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	7
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	7
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	8
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
2.1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA .....	9
2.2. DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE TRABAJO .....	9
2.3. TEORÍAS DE SUSTENTO .....	10
2.4. CONCEPTOS CLAVES.....	11
2.4.1. MANTENIMIENTO DE SISTEMAS TERMOSOLARES.....	11
2.4.2. RADIACIÓN SOLAR .....	11
2.4.3. SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS DE BAJAS TEMPERATURAS .....	13
2.4.4. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS DE BAJA TEMPERATURA ..	13
2.4.5. DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES Y EQUIPOS.....	14
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>21</b>
3.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS.....	21
3.1.1. PINZAS DE PRESIÓN .....	21
3.1.2. MULTÍMETRO FLUKE 325 .....	22
3.1.3. CÁMARA TERMOGRÁFICA FLUKE TI400.....	22

3.1.4.	AISLANTE TÉRMICO .....	23
3.1.5.	DESTORNILLADORES Y LLAVES .....	24
3.2.	FUENTES DE INFORMACIÓN .....	24
3.2.1.	MANUAL DE INSTALACIÓN Y REPARACIONES DE CAPTADORES SOLARES CHROMAGEN.....	24
3.2.2.	APLICACIÓN DO FORMS.....	25
3.3.	CRONOLOGÍA DE TRABAJO .....	26
<b>IV.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DESARROLLADO.....</b>	<b>27</b>
4.1.	PLANEACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DE SISTEMAS TERMOSOLARES.....	34
4.2.	PASOS RECOMENDADOS PARA LA PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTOS PARA SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS DE BAJA TEMPERATURA. ....	35
4.3.	LECTURA E INTERPRETACIÓN DE LOS PLANOS DE UNA INSTALACIÓN .....	36
4.4.	OPERACIONES BÁSICAS DE UN MANTENIMIENTO PARA SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS DE BAJA TEMPERATURA.....	37
4.5.	VIGILANCIA DEL SISTEMA TERMOSOLAR.....	39
4.6.	IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES ANOMALÍAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN TERMOSOLAR.....	40
4.6.1.	AVERÍAS .....	40
4.6.2.	DEGRADACIONES.....	41
4.7.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	41
4.7.1.	REVISIÓN DE COLECTORES .....	43
4.7.2.	LIMPIEZA DE LOS COLECTORES .....	44
4.7.3.	INSPECCIÓN POR DEGRADACIÓN DE MATERIALES.....	45
4.7.4.	INSPECCIÓN DE CORROSIÓN EN TANQUE Y TUBERÍAS .....	46
4.7.5.	PROCESO DE LIMPIEZA ANTICORROSIVA.....	48
4.7.6.	LIMPIEZA DEL DEPÓSITO ACUMULADOR .....	48
4.7.7.	INSPECCIÓN ÁNODO DE SACRIFICIO.....	50
4.7.8.	COMPROBACIONES EN EL AISLANTE TÉRMICO.....	53
4.7.9.	REVISIÓN DE TUBERÍAS DEL SISTEMA TERMOSOLAR.....	54

4.7.10.	COMPROBACIONES EN LAS BOMBAS DE DISTRIBUCIÓN .....	58
4.7.11.	PURGADO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO.....	58
4.7.12.	COMPROBACIÓN DE PH .....	61
4.7.13.	CONTROL DE ESTANQUEIDAD.....	62
4.8.	MANTENIMIENTO CORRECTIVO .....	63
4.9.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE UN SISTEMA TERMOSOLAR.....	64
4.10.	REGISTRO DE LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO.....	64
4.11.	PRECAUCIONES A TENER EN CUENTA PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO .....	65
4.11.1.	APAGADO Y VACIADO DEL SISTEMA TERMOSOLAR.....	65
4.11.2.	PROTECCIÓN CONTRA QUEMADURAS POR AGUA CALIENTE .....	65
4.12.	RIESGOS GENERALES QUE SE PUEDEN DERIVAR DE REALIZAR EL MANTENIMIENTO A SISTEMAS TERMOSOLARES.....	66
4.13.	MEDIDAS ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN .....	67
4.13.1.	PROTECCIONES PARTICULARES.....	67
4.13.2.	EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.....	68
4.14.	GARANTÍA DEL MANTENIMIENTO REALIZADO .....	71
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>73</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>74</b>
<b>VII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>75</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>79</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Mapa Irradiación normal directa Honduras .....	12
Ilustración 2: Mapa Irradiación horizontal global Honduras .....	12
Ilustración 3: Sistema Solar Térmico de Baja Temperatura .....	13
Ilustración 4: Elementos Captador Solar Plano .....	15
Ilustración 5: Acumuladores Solares .....	16
Ilustración 6: Bomba de Circulación.....	17
Ilustración 7: Espuma Elastomérica .....	18
Ilustración 8: Pinzas de Presión.....	21
Ilustración 9: Multímetro Fluke .....	22
Ilustración 10: Cámara Termográfica .....	23
Ilustración 11: Aislante Térmico.....	23
Ilustración 12: Destornilladores .....	24
Ilustración 13: Mapa Conceptual Mantenimiento Sistema Termosolar.....	27
Ilustración 14: Planificación para mantenimiento de sistema termosolar.....	28
Ilustración 15: Vigilancia/Inspección del Sistema Termosolar .....	29
Ilustración 16: Mantenimiento Preventivo para sistema termosolar .....	30
Ilustración 17: Mantenimiento Correctivo para Sistemas Termosolares.....	31
Ilustración 18: Preparación del informe de mantenimiento .....	32
Ilustración 19: Seguridad industrial para realizar un mantenimiento .....	33
Ilustración 20: Vigilancia de sistemas termosolares.....	39
Ilustración 21: Problemas comunes encontrados en la revisión de colectores solares.....	44
Ilustración 22: Limpieza de Colectores.....	45
Ilustración 23: Métodos de limpieza anticorrosiva.....	48
Ilustración 24: Presencia de lodos en el fondo de un Acumulador .....	49
Ilustración 25: Corrosión en Acumulador .....	49
Ilustración 26: Serie Galvánica .....	51



Ilustración 27: Procedimiento para el mantenimiento del ánodo de sacrificio .....	52
Ilustración 28: Inspección Termográfica tubería con Aislamiento Térmico .....	54
Ilustración 29: Tubería con corrosión interna.....	55
Ilustración 30: Tubería obstruida con sucio .....	55
Ilustración 31: Tapón con abertura de purgado en colectores planos .....	59
Ilustración 32: Purgador rápido automático con llave de cierre .....	60
Ilustración 33: Funda para Colector Solar .....	66
Ilustración 34: Andamio para trabajo en alturas .....	68
Ilustración 35: Casco para Protección a la cabeza .....	68
Ilustración 36: Gafas para protección de ojos .....	69
Ilustración 37: Guantes para trabajos eléctricos.....	69
Ilustración 38: Calzado Dieléctrico.....	70
Ilustración 39: Arnés de Seguridad para trabajo en altura .....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Criterios de Selección de Válvulas .....	19
Tabla 2: Cronograma de Trabajo.....	26
Tabla 3: Operaciones Básicas de un Mantenimiento de Sistemas Termosolares .....	38
Tabla 4: Operaciones Mantenimiento preventivo Captadores Solares.....	42
Tabla 5: Operaciones Mantenimiento Preventivo Acumuladores .....	46
Tabla 6: Operaciones de Mantenimiento Circuito Hidráulico .....	57
Tabla 7: Selección del modo de purgar en función del llenado del circuito hidráulico.....	60
Tabla 8: Operaciones de mantenimiento Sistema Eléctrico y de Control.....	62

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Plano de Distribución Sistema Termosolar .....	79
Anexo 2: Modelado 3D Sistema Termosolar .....	80
Anexo 3: Condensación en el interior de un Colector Solar .....	80
Anexo 4: Aislamiento Térmico en mal estado .....	81
Anexo 5: Formato para Registro de Operación de Mantenimiento de Sistemas Termosolares .....	82

## GLOSARIO

**“Acumulador de calor:** Material utilizado en el sistema de almacenaje, en el que la mayor parte de la energía se mantiene bajo la forma de calor latente o sensible.” (The World Energy Conference, 1986, pág. 285)

**Aislamiento térmico:** Sustancia que reduce la interacción calorífica entre un sistema y su entorno. (Castells, Diccionario de términos ambientales, 2012, pág. 1159)

**“Captador Solar:** Dispositivo destinado a captar la radiación solar incidente para convertirla en general, en energía térmica y transferirla a un fluido portador de calor.” (The World Energy Conference, 1986)

**“Fluido caloportador:** aire, agua u otro fluido que pasa a través del captador solar o que está en contacto con él, extrayendo la energía térmica captada.” (Rivas, 2019)

**“Irradiancia:** Flujo de radiación solar que incide sobre la unidad de superficie por unidad de tiempo. Se trata de una densidad de potencia.” (Energía Solar, 2018)

**“Multímetro:** instrumento que permite medir directamente magnitudes eléctricas activas como corrientes y diferencia de potenciales o pasivas como resistencias, capacidades y otras. Las medidas pueden realizarse para corriente continua o alterna.” (Demaquinasyherramientas, 2011)

**“pH:** Expresa el grado de acidez o de alcalinidad total del agua. Si el pH es igual a 7 el agua es neutra, si es mayor de 7 es básica y si es menor de 7, ácida. Si es ácida da lugar a corrosión.” (Elo, 2016)

**Purgador:** dispositivo que permite evacuar fluidos o residuos de un recipiente.

**“Sistemas solares térmicos de baja temperatura:** Se consideran instalaciones de energía solar térmica de baja temperatura aquellas instalaciones de energía solar térmica que proveen un calor útil a temperaturas menores a 65°C mediante la energía solar. ” (Mendez & Cuervo, 2008)

**Termostato:** Dispositivo sensible a la temperatura que controla la parada y puesta en marcha del sistema de suministro de calor. (Castells, Sistemas de tratamiento térmico, 2012, pág. 1204)

# I. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

## 1.1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento constante del consumo de energía en un mundo de alto crecimiento poblacional obliga a una búsqueda de nuevos recursos energéticos que puedan satisfacer esa gran demanda energética. Aunque existen diferentes tipos de energía, algunas de ellas no han sido suficientemente utilizadas por inconvenientes técnicos o económicos y otras que no han tenido un desarrollo notable.

Según IEA (2004), entre los años 1971 y 2001, el consumo de energía a escala mundial aumentó de 5,500 Millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtoe) a más de 10,000 Mtoe, lo que representa un aumento al ochenta por ciento en treinta años. En este tiempo la energía consumida fue principalmente de origen fósil.

IEA en su World Energy, Technology and Climate Outlook (2004) afirma que:

Las previsiones de consumo energético no son mejores ya que se espera que el aumento de consumo de energía sea de un 70% en el periodo del 2000-2030. Lo que significa una tasa de crecimiento de 1.8% al año.

Debido a que el consumo masivo de hidrocarburos está produciendo grandes impactos ambientales a nivel mundial, las energías renovables están teniendo un gran desarrollo.

Izquierdo, & Rodríguez (2008) define a las energías renovables como:

"Aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana; se renuevan continuamente, a diferencia de los combustibles fósiles, de los que existen unas determinadas cantidades o reservas, agotables en un plazo más o menos determinado". (pg.45)

Las principales formas de energías renovables que existen son la biomasa, hidráulica, eólica, solar, geotérmica y mareomotriz.

El crecimiento de la implantación de energías renovables continúa gracias a varios factores, entre ellos: el aumento del acceso a la financiación; preocupaciones sobre la seguridad energética, el medio ambiente y la salud humana; creciente demanda de energía y la necesidad de acceso a la electricidad.

Ren21 (2018) menciona que:

“A partir de 2016, las energías renovables modernas (no incluyendo el uso tradicional de la biomasa) representaron aproximadamente el 10.4% del consumo mundial total de energía final, un ligero aumento en comparación con 2015. La mayoría se generó por la energía hidráulica (3.7%), seguido por la energía renovable térmica (4.1%), las energías solar, eólica y mareomotriz representaron el 1.7% y los biocombustibles de transporte (aproximadamente 0.9%). El uso tradicional de la biomasa, principalmente para cocinar y calefacción en los países en desarrollo, representó un 7.8% adicional.”

De entre las posibles energías alternativas se considerará en este proyecto a la obtenida directamente del Sol, específicamente en la energía solar térmica.

La energía solar acompaña a nuestro planeta desde el inicio de los tiempos y seguirá haciéndolo durante varios miles de años más, ya que se calcula que el sol todavía no ha llegado al 50% de su existencia. El sol se ha constituido como una fuente energética natural e irremplazable para la humanidad porque gracias a su abundante potencial energético, se pueden tener aplicaciones variadas tales como: producción energética, calentamiento de agua y climatización.

En la actualidad existen básicamente tres formas para aprovechar la energía solar:

- La energía solar pasiva: Conjunto de técnicas que se encargan de aprovechar la energía solar de forma directa sin transformarla en ningún otro tipo de energía. En el diseño de edificios solares pasivos, ventanas, paredes y pisos están hechos para recolectar, almacenar y distribuir energía solar en forma de calor en el invierno y rechazar el calor solar en el verano.
- La energía solar fotovoltaica: Consiste en la transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores mediante las células fotovoltaicas.
- La energía solar térmica: “La energía solar térmica o termosolar es aquella que aprovecha la energía de los rayos del sol para generar calor de forma limpia y respetuosa con el medio ambiente ” (Calvo, 2012). Algunos ejemplos son la producción de agua caliente sanitaria, calentamiento de agua de piscinas, calefacción de baja temperatura.

Según (Calvo, 2012), existen dos tipos de sistemas de energía solar térmica:

- **Sistema de baja temperatura:** Es aquel donde la temperatura de trabajo es menor a 100°C. Sus aplicaciones más comunes son en calentamiento de agua sanitaria para residencias, climatización de piscinas y agua caliente para procesos industriales.
- **Sistema de alta temperatura:** Sistema cuya temperatura de trabajo es superior a los 500°C utilizados para la generación de energía eléctrica.

El mantenimiento de un sistema es fundamental para mantenerlo funcionando sin problemas y para reducir el tiempo de inactividad de la producción. Para lograr un mantenimiento efectivo es necesario conocer la metodología a seguir, el listado de materiales y contar con una capacitación adecuada para realizarlo.

“Un mantenimiento planificado mejora la productividad hasta en 25%, reduce 30% los costos de mantenimiento y alarga la vida útil del equipo hasta en un 50%” (Londoño, 2016, pg.3).

El siguiente manual estará enfocado en los sistemas de baja temperatura y servirá de guía para todo el personal técnico y administrativo de una empresa que desee realizar la planeación y ejecución de mantenimientos preventivos y correctivos para sistemas termosolares, de esa manera preservar la vida útil de los equipos.

En el capítulo uno se da a conocer un poco sobre la empresa Solaris, los objetivos y la importancia de la redacción de este manual. El capítulo dos consta de todos los conceptos claves necesarios para el entendimiento del funcionamiento de un sistema termosolar de baja temperatura. En el capítulo tres se describen los diferentes instrumentos, conocimientos y fuentes de información necesarias para realizar los mantenimientos ofrecidos por la empresa. El capítulo cuatro siendo el más importante, describe a detalle todo el procedimiento a seguir para realizar el mantenimiento a sistemas termosolares de baja temperatura, involucrando la planeación, realización de mantenimientos preventivos y correctivos, pruebas de funcionamiento y registro de actividades de mantenimiento. El capítulo cinco contiene las conclusiones realizadas una vez redactado el manual y el capítulo seis contiene las recomendaciones para la empresa Solaris.

## **1.2. ANTECEDENTES**

La empresa Solaris desde el año 1994 hasta la actualidad se ha dedicado a realizar instalaciones de diferentes sistemas solares, siendo uno de los más importantes los sistemas termosolares para agua caliente tanto para el sector residencial como comercial. Debido al auge de la energía solar, la población hondureña es más consciente sobre los beneficios y se puede observar un interés en estos sistemas.

Al tener varios sistemas ya instalados, Solaris ofrece los servicios de mantenimiento tanto preventivos como correctivos para sus equipos instalados. La planeación de los mantenimientos suele ser algo confuso ya que se tienen que integrar tanto el departamento técnico como el administrativo. Debido a que se tiene que entender algunos conceptos técnicos y parte del procedimiento, a la parte administrativa le resulta un poco difícil realizar una planificación exitosa. Los diferentes mantenimientos se realizan a través de conocimiento y experiencia de los encargados técnicos, pero no existe una guía o manual para tomar de base y que pueda servir para capacitar a nuevos técnicos que se contraten. Por ello se considera la idea de contar con una guía didáctica para la planeación y realización de los diferentes mantenimientos ofrecidos por la compañía.

### **1.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.3.1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA**

La durabilidad de un sistema y el buen funcionamiento depende mucho del cuidado y de un buen mantenimiento. Para la empresa Solaris la rama de energía termosolar es una de las más importantes, por ello se desea prolongar la vida útil de los sistemas reduciendo los problemas que pueden presentar los diferentes equipos.

Se llevó a cabo la tarea de identificar los problemas más comunes durante el proceso a seguir para realizar los mantenimientos brindados por la empresa, con el fin de reducir el tiempo innecesario de paro en la producción, los costos y maximizar sus operaciones.

Uno de los problemas identificados fue la falta de una guía visual que se adapte a las actividades y necesidades del departamento para la capacitación del personal técnico de la empresa, como consecuencia tenemos el uso inadecuado de recursos, lo que a su vez provoca un aumento en el costo del mantenimiento haciéndolo poco atractivo para el cliente. Otro problema identificado es el tiempo en la planeación de los mantenimientos, ya que es difícil identificar los materiales requeridos, definir el cronograma de actividades y duración del mantenimiento por parte del área administrativa.

#### **1.3.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Se identificaron los siguientes problemas a la hora de planificar y realizar un mantenimiento en la empresa:

1. Falta de un manual que sirva de guía para la capacitación del personal técnico que realiza los mantenimientos
2. Requerimiento de largo tiempo para la planeación de mantenimientos de sistemas solares térmicos de baja temperatura.
3. Dificultad al momento identificar y reparar los problemas presentados por los equipos por parte del personal técnico.



Este trabajo busca desarrollar una guía que permita corregir estos problemas, brindar consejos y metodología para realizar un mantenimiento de la manera más eficiente y segura. Este informe detalla cómo se creó esta guía.

## **1.4. OBJETIVOS**

### 1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar un manual de mantenimiento para sistemas termosolares que sirva de guía en las actividades de planeación, inspección, prevención, y corrección en mantenimientos de los equipos instalados por la empresa.

### 1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Ordenar los procesos de mantenimientos preventivos y correctivos en la unidad técnica de la empresa.
- Definir la metodología a seguir para cada proceso del mantenimiento.
- Brindar medidas de seguridad para el procedimiento de mantenimiento de sistemas termosolares.

## **1.5. JUSTIFICACIÓN**

El propósito de desarrollar este manual de mantenimiento es la utilidad que tendría para todas aquellas empresas que desean planificar y realizar mantenimientos a los sistemas térmicos de baja temperatura y que les permita garantizar el funcionamiento adecuado de los equipos para de esa manera brindar un servicio confiable a los clientes en el desarrollo de las diferentes actividades realizadas por la empresa.

Con la redacción de una guía para este tipo de actividades se espera minimizar costos, maximizar la eficiencia de los equipos y prolongar la vida útil del sistema, desarrollar un manual dinámico, visual y entendible para el usuario que sirva para brindar un servicio de calidad para la continuidad del desarrollo de estos mantenimientos.

Este manual busca solucionar los diferentes problemas identificados anteriormente y de esta manera introducir un proyecto que ayude a las personas interesadas a realizar los mantenimientos de manera segura y confiable.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

SISTEMAS SOLARES DE HONDURAS S.A. DE C.V. mejor conocida como SOLARIS nace en el año de 1994 como respuesta a la creciente demanda energética del país, convirtiéndonos así en la primera empresa de energía solar en Honduras con capital 100% hondureño. SOLARIS es una empresa dedicada a ofrecer a los clientes un servicio en el marco de la energía solar completo e integral. (Solaris, s.f.)

Dispone de una larga experiencia de más de 20 años en el diseño, construcción, operación y mantenimiento de sistemas solares térmicos, sistemas fotovoltaicos aislados y de conexión a la red, sistemas híbridos de solar-mini eólica y sistemas de ahorro y eficiencia energética.

Entre los clientes más destacados se encuentran: GIZ, BID, Banco Mundial, FHIS, AID, Hermandad de Honduras, Unión Europea.

### **2.2. DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE TRABAJO**

El departamento de Ingeniería y Área Técnica está compuesto por distintos ingenieros y técnicos en el campo de electricidad. El departamento está subdividido en Sistemas Fotovoltaicos, Sistemas Termosolares, Sistemas Eólicos, y Desarrollo e Investigación, cada uno de ellos tiene su equipo especializado y cuadrilla de técnicos.

### 2.3. TEORÍAS DE SUSTENTO

Este manual se basa en la siguiente teoría:

Innovación y Cualificación, S.L (2017) menciona que:

La energía solar es una energía renovable obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol mediante instalaciones solares que pueden ser térmicas o fotovoltaicas. Un mantenimiento adecuado de estas instalaciones no solo asegura su correcto funcionamiento, sino que las hace energéticamente más eficientes además de prolongar su vida útil. (p.143).

De acuerdo con Riera (2012), los objetivos fundamentales de todo tipo de mantenimiento son:

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los sistemas.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Realizar detenciones o paros oportunos.
- Evitar accidentes que pueden resultar como efecto de un mantenimiento no adecuado.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Balancear el costo de mantenimiento.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

El mantenimiento adecuado tiende a prolongar la vida útil de los sistemas, ayuda a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas.

A través de esta teoría se descubre la importancia de un mantenimiento para este tipo de sistemas, ya que, a través de mantenimientos realizados por la empresa, se han observado las consecuencias de no brindar un mantenimiento a los equipos, tales como:

- Bajo rendimiento
- Agua da salida con temperatura fría
- Corrosión de los equipos
- Agua de salida con residuos o lodo
- Tuberías dañadas o tapadas

## 2.4. CONCEPTOS CLAVES

### 2.4.1. MANTENIMIENTO DE SISTEMAS TERMOSOLARES

“Conjunto de técnicas y sistemas que permiten prever las averías, efectuar revisiones y tareas eficaces para evitar paros imprevistos, dando a la vez normas de buen funcionamiento a los usuarios de las máquinas. Se busca alargar su vida de forma rentable manteniéndolas en su condición de diseño” (Aescuderor, 2015).

### 2.4.2. RADIACIÓN SOLAR

“Conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol” (Ruiz, 2018).

Ruiz (2018) menciona que:

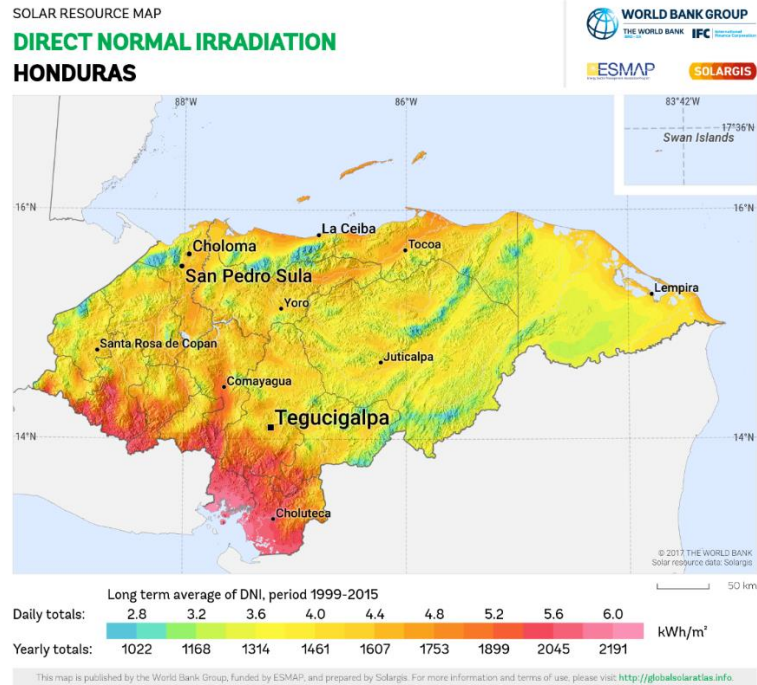
La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la Tierra, pues las ondas ultravioletas, más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la Tierra es la irradiancia, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la Tierra. Su unidad es el  $W/m^2$  (watt por metro cuadrado).

La irradiación solar es la magnitud que mide la energía por unidad de área de radiación solar incidente en una superficie colocada en un lugar y rango de tiempo específicos ( $Wh/m^2$ ).

Existen diferentes tipos de radiación solar

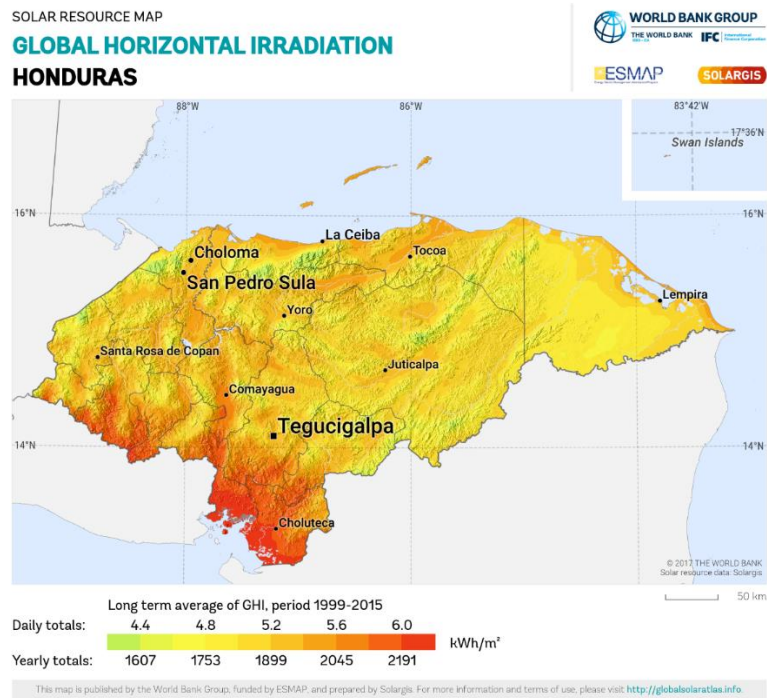
- **Normal Directa:** Proveniente directamente del sol sin haber sufrido ningún cambio de dirección.
- **Difusa:** es el componente de la radiación solar que llega al suelo, no directamente del Sol, sino por la atmósfera (gas y nubes).
- **Reflejada:** Es aquella reflejada por la superficie terrestre.
- **Horizontal Global:** Radiación total, suma de las tres radiaciones.

En las siguientes imágenes se puede observar el mapa de Honduras que muestra la radiación directa y la global en todo el territorio, que servirán como base para el diseño de cualquier tipo de instalación solar y de esa forma se logrará aumentar su eficiencia.



**Ilustración 1: Mapa Irradiación normal directa Honduras**

Fuente: (World Bank Group, 2019)



**Ilustración 2: Mapa Irradiación horizontal global Honduras**

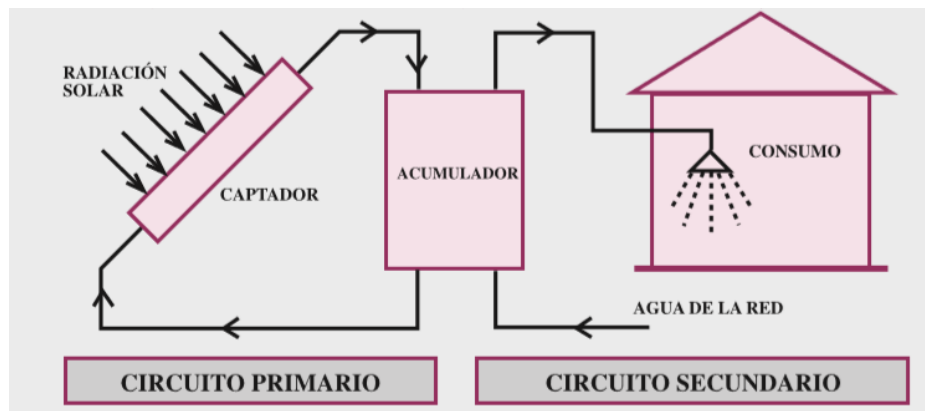
Fuente: (World Bank Group, 2019)

El aprovechamiento de la radiación solar depende del tipo de tecnología que se utilice, entre ellas se destacan: aprovechamiento como luz directa, como fuente de calor y en la generación de electricidad.

### 2.4.3. SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS DE BAJAS TEMPERATURAS

De acuerdo con Agencia Andaluza de la Energía (2011), una instalación solar térmica, es un sistema de aprovechamiento de energía solar para producción de agua caliente, consta de los siguientes subsistemas:

- Sistema de Captación: Transforma la radiación solar en energía del fluido que circula por el interior del captador.
- Sistema de acumulación: almacena la energía interna producida en la instalación.
- Sistema de consumo: Diferentes puntos de demanda de fluido caliente.



**Ilustración 3: Sistema Solar Térmico de Baja Temperatura**

Fuente: ( Junta de Castilla y Leon, 2004)

### 2.4.4. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS DE BAJA TEMPERATURA

El principio básico en el que se fundamenta una instalación solar térmica es el de aprovechar la energía del Sol mediante un conjunto de captadores y transferirla a un sistema de acumulación, que abastece el consumo cuando sea preciso. Este equipo resulta muy útil en diferentes aplicaciones, tanto en el área doméstica como industrial.

Una vez que el fluido que circula en el interior del captador se calienta, hay que evitar su enfriamiento a través de un aislamiento térmico lo más eficiente posible.

A manera de suplir la demanda energética en periodos donde no hay suficiente radiación la mayoría de los equipos cuentan con un sistema de respaldo adicional. Si se llegara a presentar un día nublado donde la radiación no sea suficiente para suplir la demanda del sistema se activará automáticamente un sistema de calentamiento eléctrico auxiliar que permite compensar el déficit.

#### 2.4.5. DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES Y EQUIPOS

Una instalación de energía solar térmica cuenta con diversos elementos que son indispensables para el buen funcionamiento de la instalación. A continuación, se detallarán los elementos esenciales de una instalación:

##### A) Captadores Solares

Es el elemento fundamental de cualquier sistema solar térmico. Tiene como función captar la energía solar incidente y transmitirla al fluido que circula por él. Según la compañía Energía Solar (2018) existen diferentes tipos de captadores de baja temperatura, entre ellos:

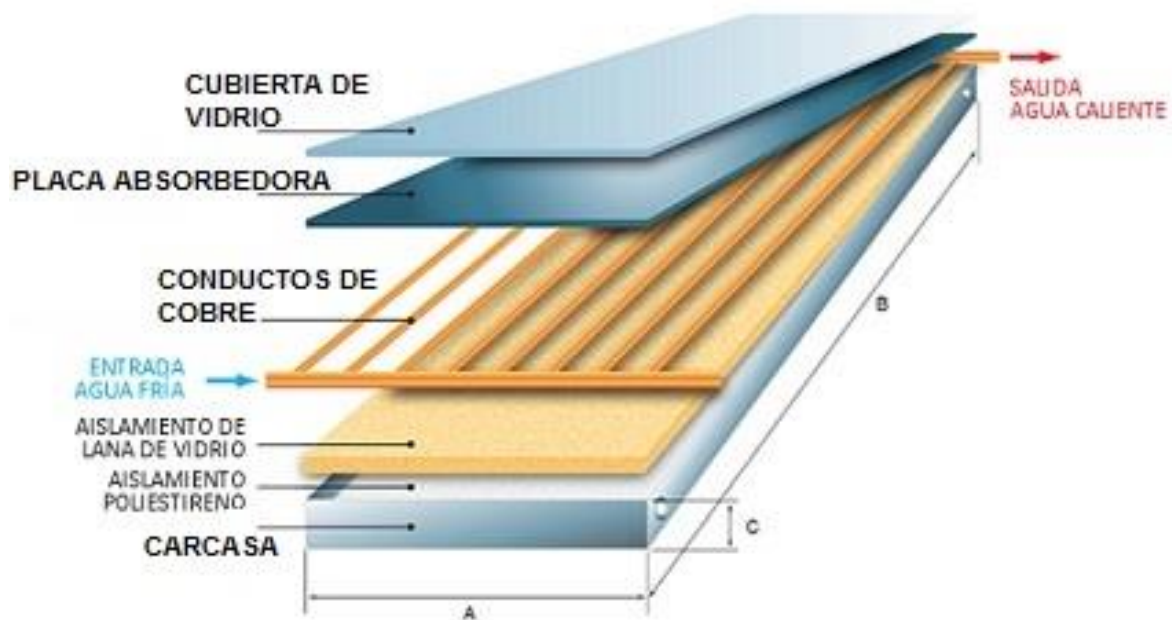
- **Los captadores solares térmicos planos:** Este tipo de panel solar capta la radiación solar recibida en una superficie para calentar un fluido. Se utiliza el efecto invernadero para capturar el calor.
- **Los captadores solares térmicos de concentración de la radiación solar:** Captan la radiación recibida en una superficie grande y la concentran mediante espejos en una superficie más pequeña.
- **Los colectores solares térmicos de tubo de vacío:** Consta de un conjunto de tubos cilíndricos, formados por un absorbedor selectivo, situado sobre un asentamiento reflector y rodeado de un cilindro de vidrio transparente.

Sopelia (2017), afirma que el captador de placa plana está formado por cuatro elementos principales:

- **Cubierta transparente:** Sobre ella inciden los rayos del sol, provoca el efecto invernadero, reduce las pérdidas y asegura la estanqueidad del captador en unión con la carcasa y las juntas. Suelen ser de vidrio o plástico transparente.



- **Placa absorbente o absorbedor:** Su misión es recibir la radiación solar, transformarla en calor y transmitirla al fluido.
- **Aislante lateral y posterior:** Disminuye las pérdidas de calor del interior del captador. Se le debe exigir una serie de características como son: resistir temperaturas de hasta 150 °C, no desprender vapores bajo la acción del calor y no perder sus cualidades aislantes en caso de humedecerse.
- **Caja, bastidor o carcasa:** Contiene y soporta todos los elementos anteriores y los protege de la intemperie. Debe resistir las variaciones de temperatura, la corrosión y la degradación química.



**Ilustración 4: Elementos Captador Solar Plano**

Fuente: (SOPELIA, 2017)

## B) Acumulador

La necesidad de energía no siempre coincide en el tiempo con la captación que se obtiene del sol, por lo que es necesario tener un sistema de acumulación que haga frente a la demanda en momentos de poca radiación. Para los sistemas solares térmicos se utiliza un depósito-acumulador donde se almacena energía en forma de agua caliente.

Innovación y Cualificación, S.L (2017) afirma:

Por norma general, darán mejores resultados aquellos depósitos que tienen forma cilíndrica, en proporciones de uno de ancho por dos de alto. Esto se debe al fenómeno de estratificación por el que el agua caliente disminuye su densidad y tiende a ascender por encima del agua fría, que pesa más. Cuanto mayor sea la altura del depósito, mayor será también la diferencia de temperatura entre la parte superior e inferior del tanque de almacenamiento. (p.162).



**Ilustración 5: Acumuladores Solares**

Fuente: (Chromagen, 2019)

### C) Bombas de Circulación

También conocidas como electrocirculadores tienen como función suministrar presión al fluido, de manera en que se compensen las caídas de presión en los circuitos cerrados, pudiendo además desplazar caudal a alturas elevadas. (Díaz, 2015)



AulaFacil.com

**Ilustración 6: Bomba de Circulación**

Fuente: (Díaz, 2015)

### D) Purgadores y desaireadores

Se encargan de evacuar los gases y separarlos del fluido para su evacuación. Ambos se colocan preferiblemente en los puntos más altos de la instalación.

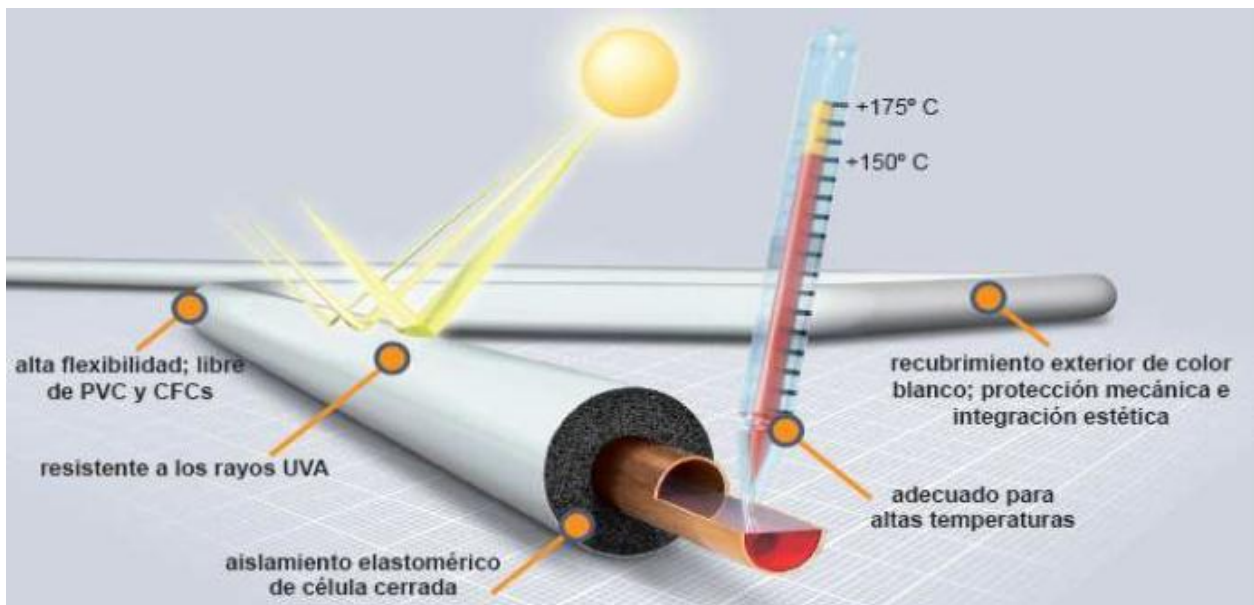
Méndez & Cuervo (2008) en su publicación sobre energía solar térmica confirman que la presencia de aire en los circuitos hidráulicos es perjudicial para las instalaciones, ya que como consecuencia tienen dificultad de circulación de fluido, cavitación de las bombas circuladoras, presencia de ruidos, disminución de rendimiento. Para evitar estos problemas se instalan purgadores que expulsan el aire acumulado. (p.153)

## E) Aislamiento Térmico

El aislamiento es fundamental en una instalación de energía solar térmica para evitar pérdidas térmicas en el sistema. Se emplea aislamiento en cuatro lugares:

- En el captador, parte posterior y lateral
- En el acumulador
- En las tuberías

La determinación de un buen aislamiento depende de la relación de calidad/precio, no ser corrosivos, alto rango de temperaturas. Uno de los materiales más comunes son las espumas elastoméricas.



**Ilustración 7: Espuma Elastomérica**

Fuente: (Armaflex, 2011)

Como se puede observar en la Ilustración 7 el material aislante debe ser uno de alta flexibilidad, resistente a altas temperaturas y rayos UVA para reducir al mínimo las pérdidas caloríficas del sistema.

#### F) Tuberías para Sistemas Termosolares

Las tuberías utilizadas en sistemas termosolares son muy similares a las de cualquier sistema convencional, por lo que se puede aplicar conocimientos de fontanería y calefacción, tomando en cuenta que las tuberías deben soportar temperaturas hasta de 120 °C, por ello se debe seleccionar un buen material para la tubería. Según las normas UNE -ISO 14001:2004, aunque el agua caliente sanitaria no se usa para beber, está en contacto con las personas y, por eso, debe considerarse agua de consumo humano.

Por lo tanto, los componentes de las tuberías para agua caliente sanitaria no deben alterar las características de potabilidad del agua. Los materiales más típicos para las tuberías de agua caliente son cobre, acero, hierro galvanizado y polipropileno reticulado debido a sus temperaturas de trabajo óptimas para este tipo de sistemas.

#### G) Válvulas y accesorios

Las válvulas son elementos capaces de regular e interrumpir el paso del agua por la instalación. La elección de las válvulas en una instalación solar se realiza de acuerdo con la función que desempeñan y las condiciones de funcionamiento (presión y temperatura) siguiendo los siguientes criterios:

**Tabla 1: Criterios de Selección de Válvulas**

Aplicación	Tipo de válvula	Razón
Para aislamiento	Válvulas de esfera	Permiten interrumpir total o parcialmente el fluido por las tuberías.
Para llenado		
Para vaciado		
Para equilibrado de circuitos	Válvulas de asiento	El cierre se produce por asentamiento de un pistón elástico sobre el asiento del paso de la válvula.

Para seguridad	Válvula de resorte	Permiten limitar la presión y proteger los componentes de la instalación.
Para retención	Válvulas de disco o de clapeta	Impiden el paso del fluido en el sentido contrario al normal de circulación, produciéndose el cierre de forma automática por la propia presión del agua sobre el elemento de cierre.

Fuente: (Elaboración Propia)

#### H) Termómetros

Son instrumentos que miden la temperatura de un objeto o fluido. Hay que colocarlos de forma que el punto sensible del termómetro esté todo lo que sea posible en contacto con el fluido, pero sin estar bañado por éste. Tipos: termómetros de contacto y de inmersión. En instalaciones de energía solar se utilizarán los termómetros de inmersión.

#### I) Termostatos

Los termostatos transforman una lectura de temperatura, previamente determinada en su escala, en una señal eléctrica que pone en marcha o detiene un determinado mecanismo, según la función que se le haya encomendado.

#### J) Manómetro e hidrómetro

Aparatos que miden el valor de la presión del fluido en un conducto o depósito. El manómetro mide la presión en  $\text{kgf/cm}^2$ , y el hidrómetro en metros de columna de agua (m.c.a.). El manómetro se utiliza cuando el circuito está presurizado y el hidrómetro cuando no lo está.

### III. METODOLOGÍA

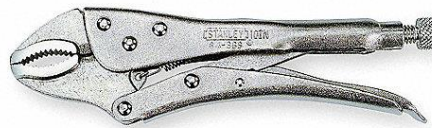
Para llevar a cabo este manual fue necesario utilizar ciertos instrumentos, técnicas y búsqueda de información. Este capítulo describe los diferentes materiales básicos necesarios para realizar un mantenimiento, así como también una lista de fuentes de información donde la empresa obtiene a través de la aplicación de Do forms, los datos obtenidos de las visitas técnicas. Dentro de las fuentes de información también se incluyen todos los manuales o referencias que brinda el proveedor del equipo. Se detallará también un cronograma de las actividades que se llevaron a cabo para la redacción de este manual.

#### 3.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

Algunos de los instrumentos utilizados para realizar un mantenimiento son los siguientes:

##### 3.1.1. PINZAS DE PRESIÓN

Con esa herramienta se pueden presionar objetos, ajustar tornillos o hasta cortar alambres. Elija las pinzas con puntas más finas y siempre tenga en mente, que se está maniobrando con piezas sensibles. Por tanto, es importante tener cuidado en la presión que se hace sobre los componentes.



**Ilustración 8: Pinzas de Presión**

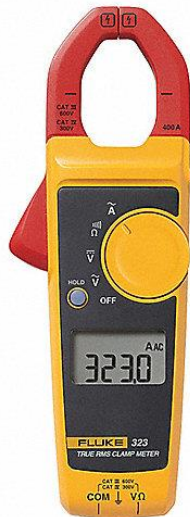
Fuente: (Grainger, 2019)

### 3.1.2. MULTÍMETRO FLUKE 325

Es un equipo utilizado para la medición de niveles eléctricos como tensión alterna y resistencia eléctrica.

Características principales

- Medida de corriente CA y CC de 400 A
- Medida de tensión de CA y CC de 600 V
- Voltaje y corriente de CA con verdadero valor eficaz para obtener mediciones exactas en señales no lineales
- Medida de resistencia de hasta 40 k $\Omega$  con detección de continuidad



**Ilustración 9: Multímetro Fluke**

### 3.1.3. CÁMARA TERMOGRÁFICA FLUKE TI400

Es un equipo que captura la luz infrarroja y la convierte en una franja visible al ojo humano, permitiendo que pueda ser observado el calor que generan los objetos.





**Ilustración 10: Cámara Termográfica**

Fuente: (FLUKE, 2019)

#### 3.1.4. AISLANTE TÉRMICO

Establece una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura, impidiendo que el calor traspase los separadores del sistema que interesa con el ambiente que lo rodea. Sistema flexible preaislado que permite conectar de forma fácil y profesional los paneles solares con el depósito de almacenamiento de agua caliente. El sistema está formado por dos tuberías de acero inoxidable (Armaflex Duosolar VA) o de cobre extrusionado (Armaflex DuoSolar CU) preaisladas con sistema para separarlas y volverlas a unir. El producto lleva un cable sensor de temperatura integrado.



**Ilustración 11: Aislante Térmico Armaflex Duo**

Fuente: (Armaflex, 2011)

### 3.1.5. DESTORNILLADORES Y LLAVES

Estas son las herramientas usuales para mantenimiento, debido a que los equipos poseen muchos tornillos, estas herramientas son fundamentales para cualquier reparación, pues es con estas que los dispositivos se abren.



**Ilustración 12: Destornilladores**

Tipos de Tornillos:

Punta plana: Es el tipo de tornillo más común y frecuente, con una ranura recta en el centro de su cabeza.

Estrella de 4 puntas tipo Phillips: Otro tipo de tornillos populares con ranura en forma de una cruz. Marcación de ranuras tipo Phillips es: 0000, 000, 00, 0, 1, 2, 3, y 4 (en el orden de aumento de tamaño).

## 3.2. FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes de información utilizadas para el desarrollo de los mantenimientos son proporcionadas por las empresas proveedoras de equipos.

### 3.2.1. MANUAL DE INSTALACIÓN Y REPARACIONES DE CAPTADORES SOLARES CHROMAGEN

Utilizado para aumentar la fiabilidad del mantenimiento y definir:

- Plan de vigilancia, plan de observación simple de los parámetros funcionales principales que permite verificar el correcto funcionamiento de la instalación.

- Plan de mantenimiento preventivo: inspecciones que deben permitir mantener entre límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.

### 3.2.2. APLICACIÓN DO FORMS

DoForms es una solución de flujo de trabajo y formularios móviles para empresas que permite capturar fácilmente información sobre el terreno en teléfonos inteligentes y otros dispositivos móviles, enviarla a la oficina a través de la nube e integrar estos datos en los sistemas operativos existentes. Debido a que reduce el flujo de papel y la necesidad de un costoso ingreso manual de datos, doForms ahorra dinero y tiempo, mejora la capacidad de respuesta, la experiencia del cliente y la precisión y la integridad de los datos. doForms es fácil de implementar, y no requiere grandes inversiones iniciales. Miles de usuarios en empresas de todos los tamaños utilizan doForms para agilizar la recopilación de datos de campo y aumentar el control operacional en tiempo real. (DoForms INC., 2019)

### 3.3. CRONOLOGÍA DE TRABAJO

**Tabla 2: Cronograma de Trabajo**

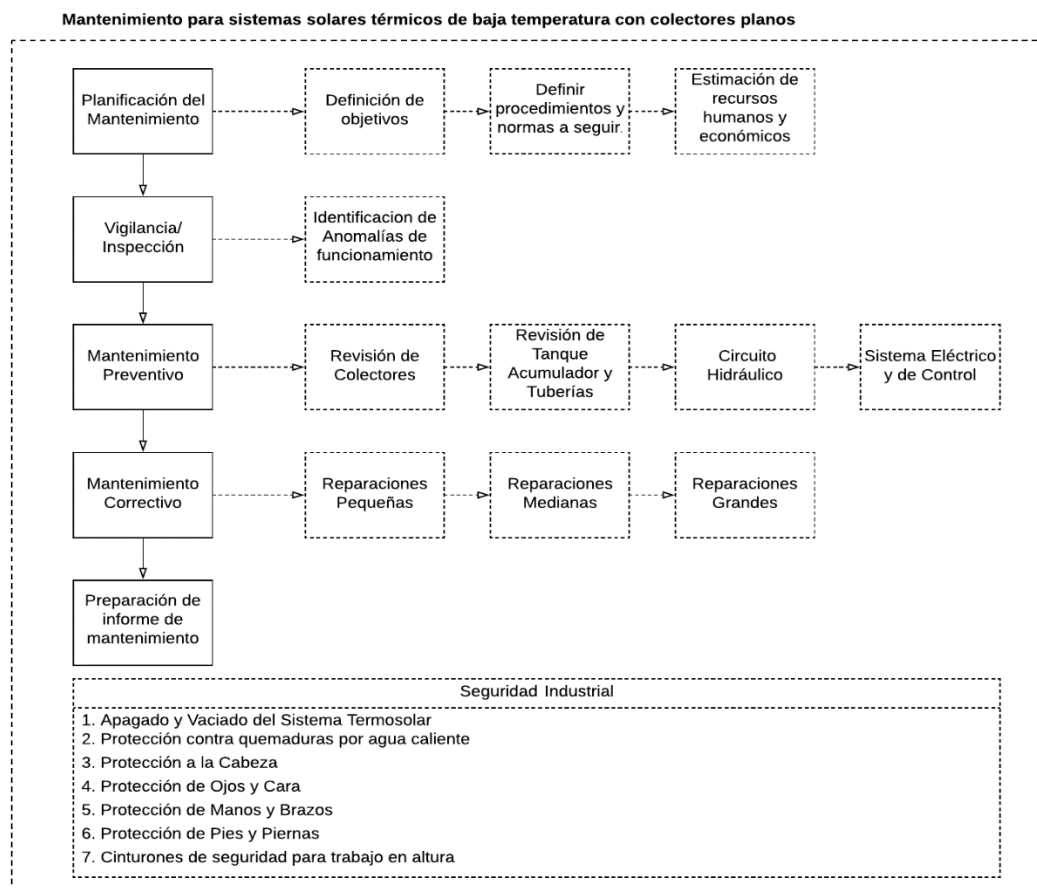
Actividad	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
<b>Definición de Proyecto</b>	■									
Inspección del sistema termosolar Hotel Casa Cordillera	■									
Planeación para realizar mantenimiento correctivo	■									
Formulación de idea de proyecto	■									
<b>Planteamiento de Problema a Resolver</b>		■								
Identificar y plantear el problema.		■								
Definición de Objetivos		■								
Inicio de Marco Teórico		■								
<b>Metodología</b>				■	■					
Técnicas e Instrumentos Aplicados				■	■					
Fuentes de Información				■	■					
<b>Descripción de Trabajo Desarrollado</b>			■							
Planeación Para el Mantenimiento de Sistemas Termosolares			■							
Operaciones Básicas de Un Mantenimiento para Sistemas Solares Térmicos de Baja Temperatura			■							
Plan de Vigilancia del Sistema Termosolar			■							
Identificación de Posibles anomalías de funcionamiento de la instalación Termosolar			■							
Plan para Mantenimiento preventivo			■							
Plan para mantenimiento correctivo			■							
Registro de operaciones de mantenimiento				■						
Medidas de seguridad para realizar un mantenimiento				■						
Planteamiento de garantía para mantenimientos de sistemas termosolares					■					
<b>Conclusiones</b>						■				
<b>Recomendaciones</b>							■			
<b>Predefensa</b>								■		

Fuente: (Elaboración Propia)

## IV. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DESARROLLADO

El trabajo principal consta de la realización de un manual para el mantenimiento de sistemas solares térmicos de baja temperatura con colectores planos. Este capítulo está enfocado en brindar toda la información necesaria para la planeación, realización y supervisión de mantenimientos preventivos y correctivos, así como también información sobre la seguridad industrial y garantías recomendadas para la empresa.

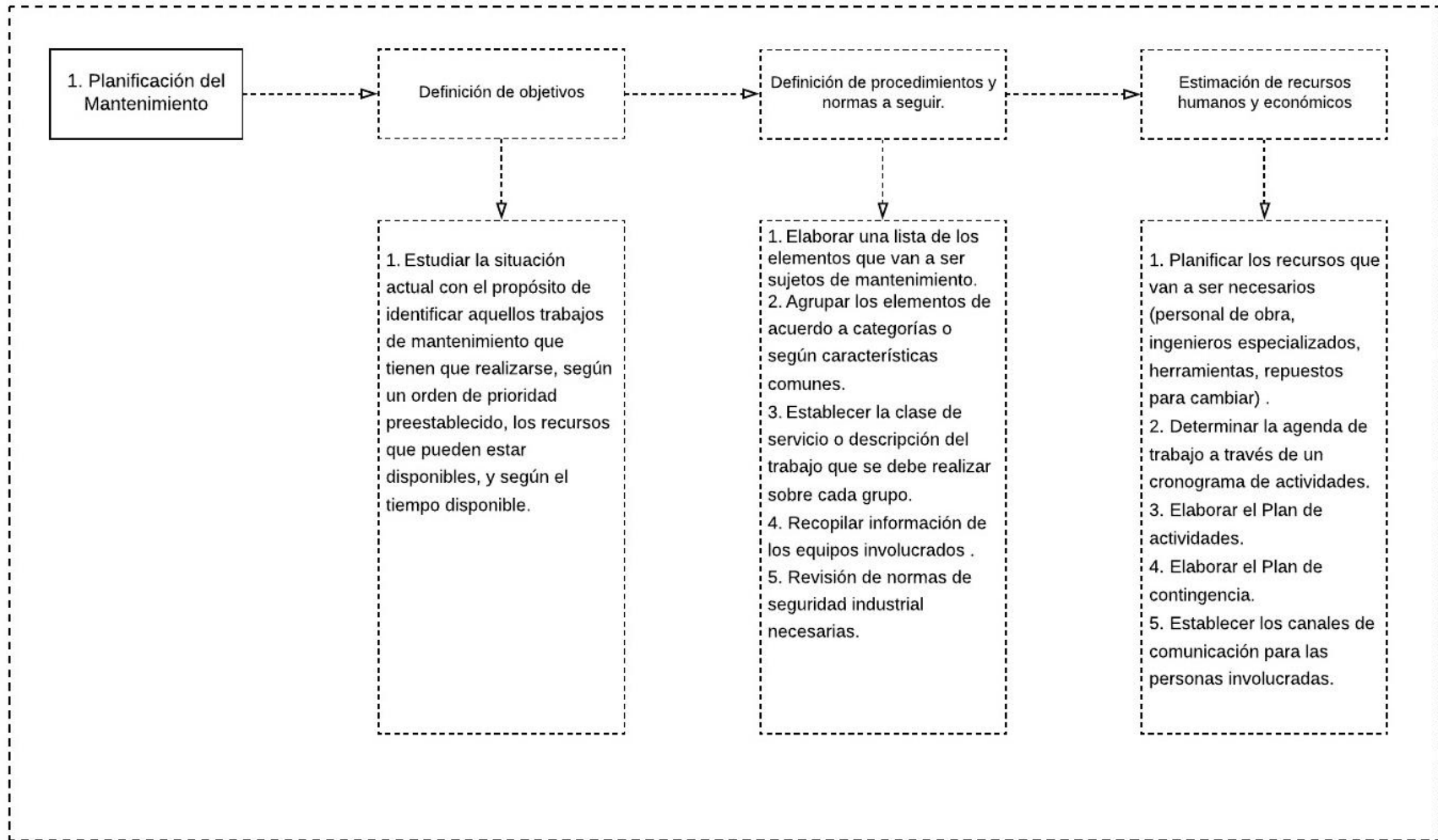
El capítulo consta de diferentes actividades a realizar en las diferentes etapas de un mantenimiento, donde se detallan cómo inspeccionar todo el sistema y cómo realizar actividades preventivas y correctivas en cada componente del sistema termosolar. En la ilustración 13 se detallan los pasos más importantes para realizar un mantenimiento a un sistema termosolar.



**Ilustración 13: Mapa Conceptual Mantenimiento Sistema Termosolar**

Fuente: (Elaboración Propia)

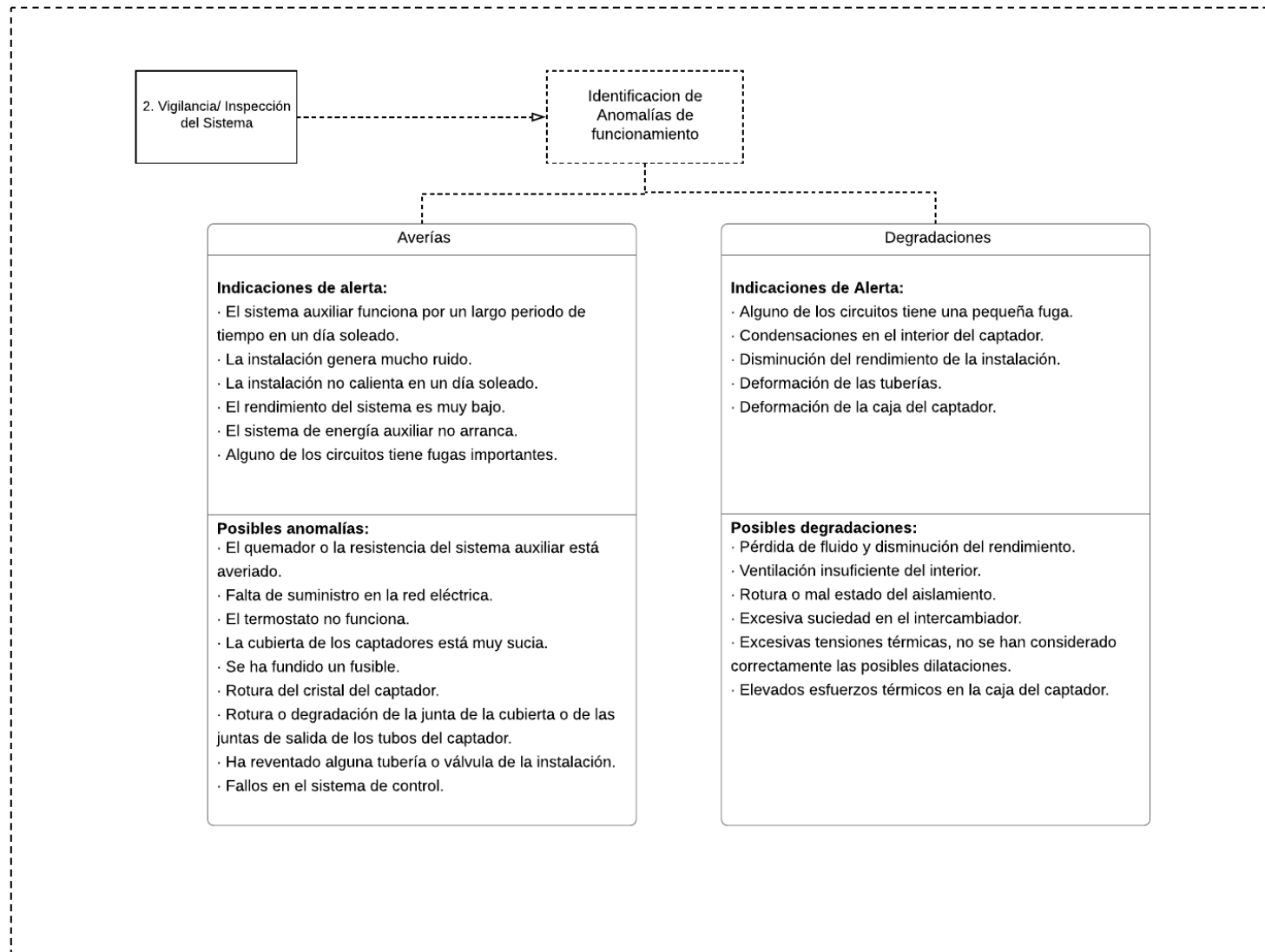
## Mantenimiento para sistemas solares térmicos de baja temperatura con colectores planos



**Ilustración 14: Planificación para mantenimiento de sistema termosolar**

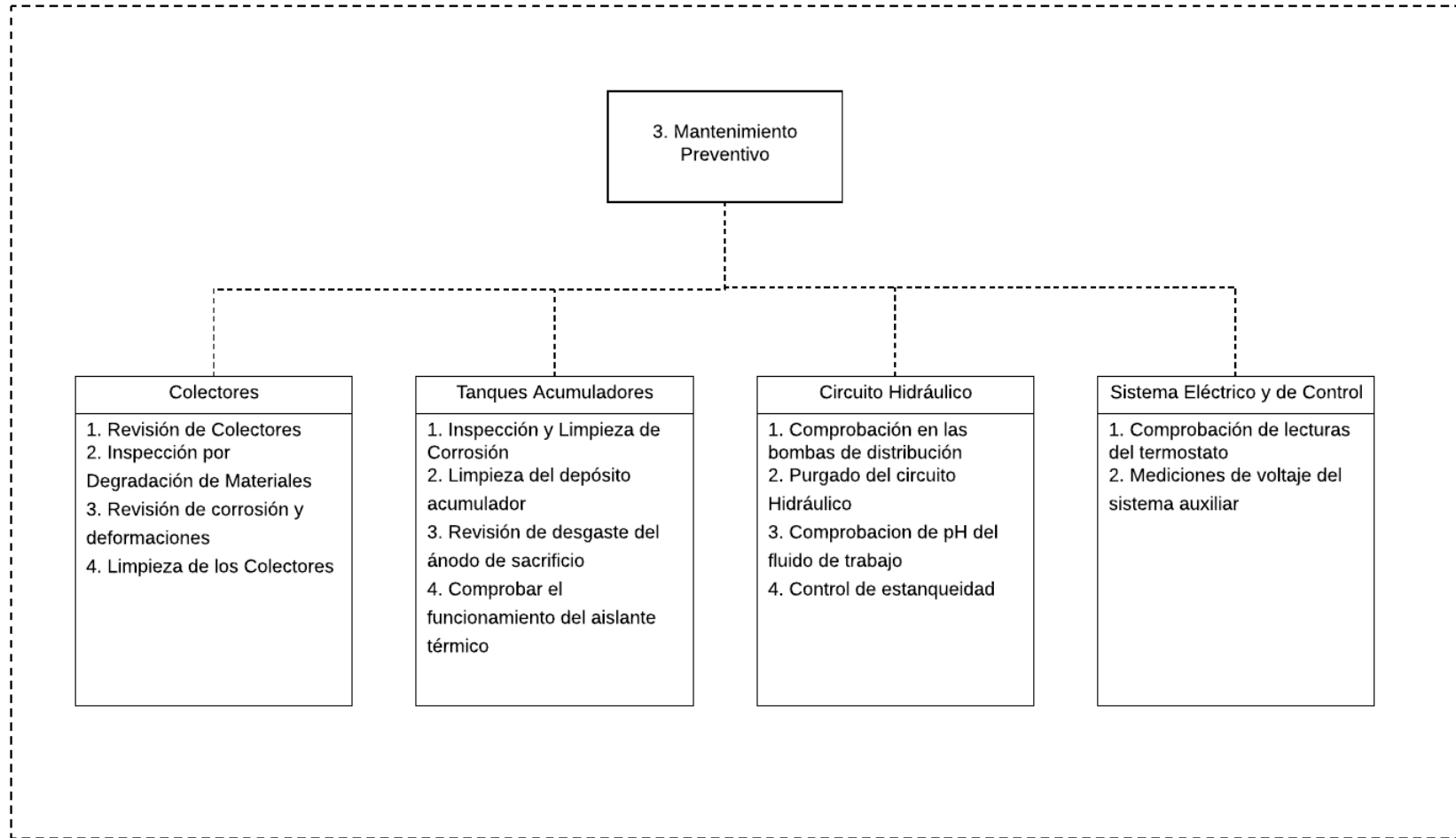
Fuente: Elaboración Propia

## Mantenimiento para sistemas solares térmicos de baja temperatura con colectores planos



**Ilustración 15: Vigilancia/Inspección del Sistema Termosolar**

## Mantenimiento para sistemas solares térmicos de baja temperatura con colectores planos

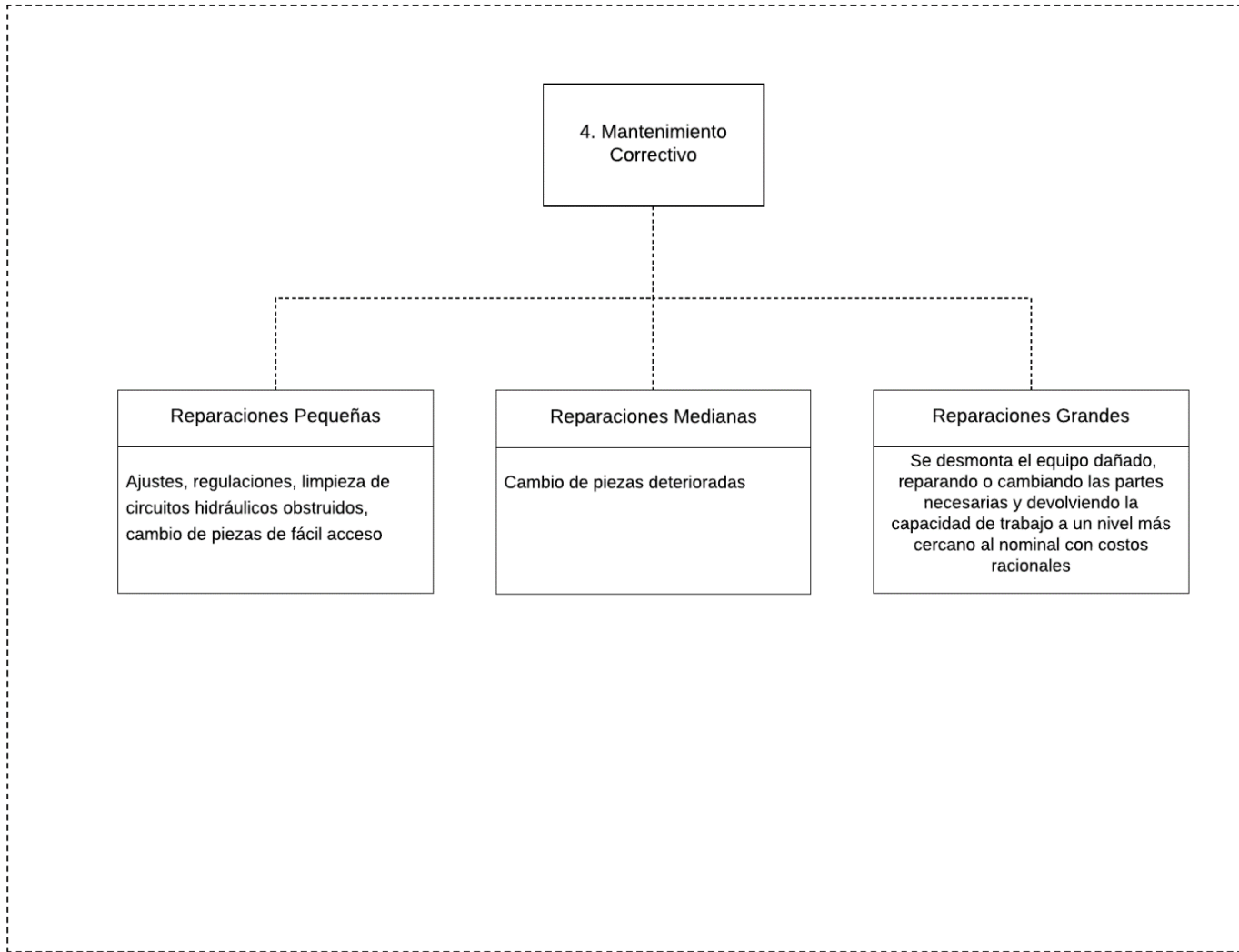


**Ilustración 16: Mantenimiento Preventivo para sistema termosolar**

Fuente: Elaboración Propia



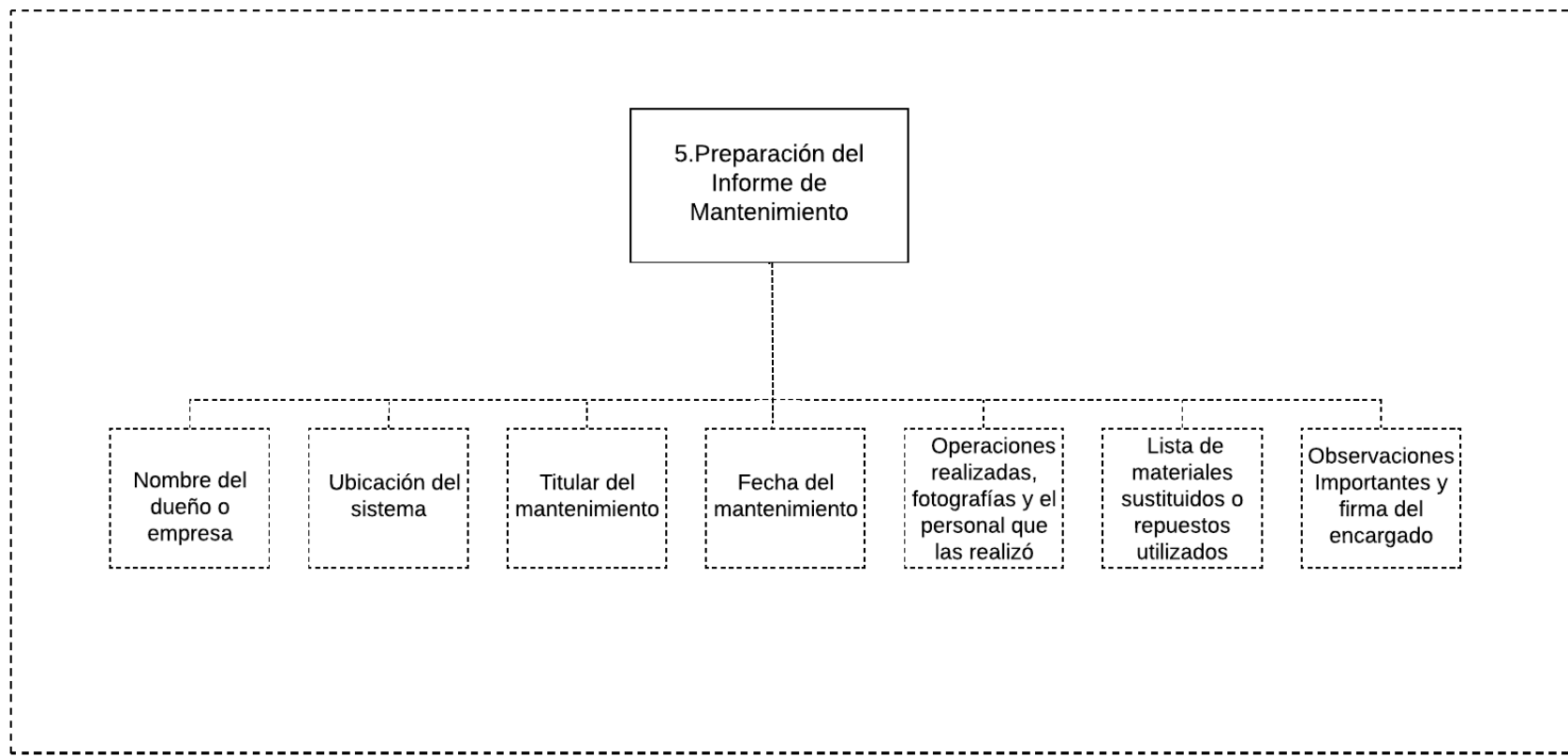
**Mantenimiento para sistemas solares térmicos de baja temperatura con colectores planos**



**Ilustración 17: Mantenimiento Correctivo para Sistemas Termosolares**

Fuente: Elaboración Propia

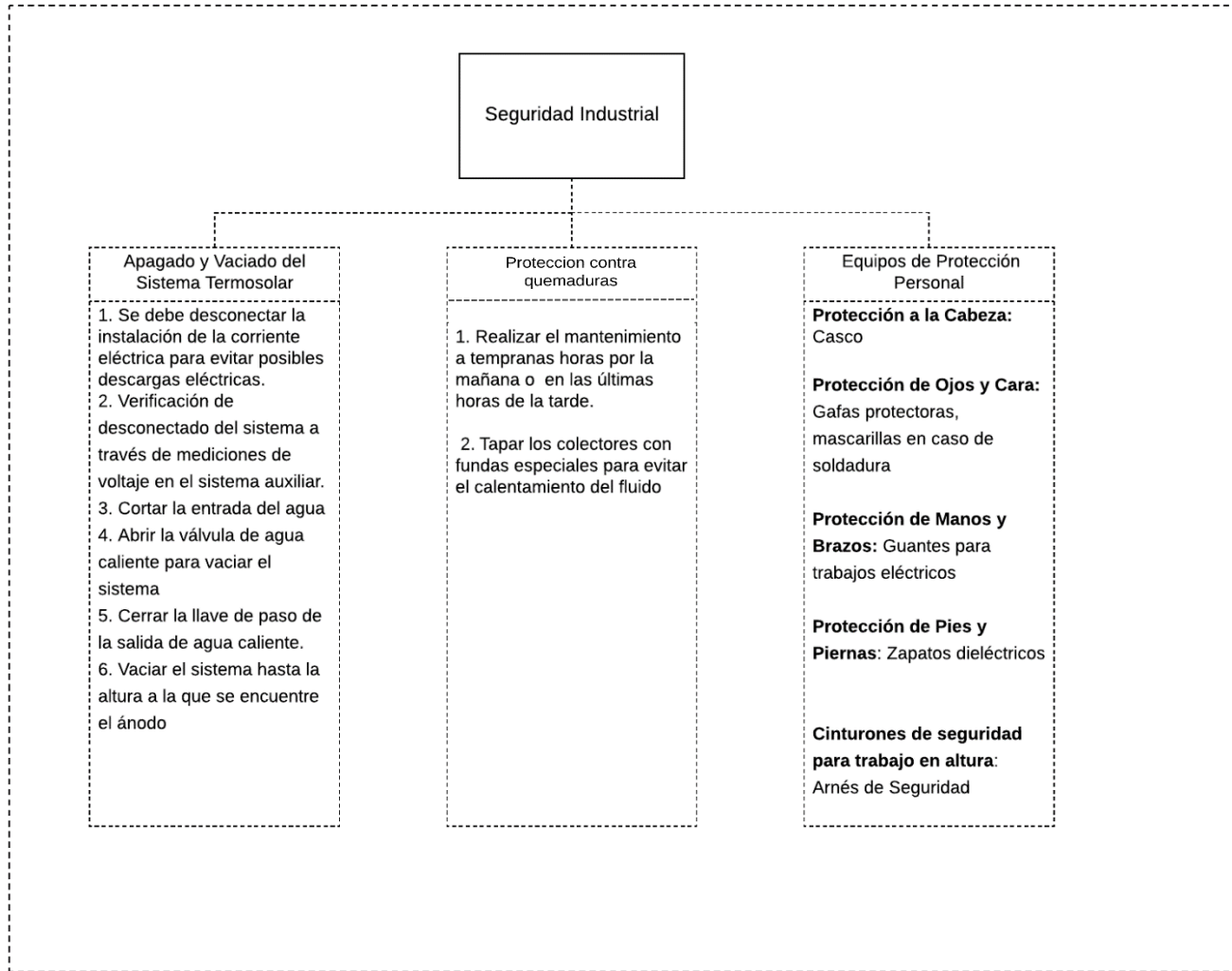
**Mantenimiento para sistemas solares térmicos de baja temperatura con colectores planos**



**Ilustración 18: Preparación del informe de mantenimiento**

Fuente: Elaboración Propia

### Mantenimiento para sistemas solares térmicos de baja temperatura con colectores planos



**Ilustración 19: Seguridad industrial para realizar un mantenimiento**

Fuente: Elaboración Propia

#### **4.1. PLANEACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DE SISTEMAS TERMOSOLARES**

La planeación del mantenimiento nos permite programar los proyectos a mediano y largo plazo de las acciones de mantenimiento que dan la dirección a la industria.

Algunos beneficios que se obtienen por llevar un programa establecido de modelos de mantenimiento, programación y control del área de técnica son los siguientes:

- Menor consumo de horas de trabajo
- Disminución de inventarios
- Menor tiempo de parada de equipos
- Mejora la productividad
- Ahorro en costos

La confiabilidad de la empresa dependerá de la planeación que se realice con un enfoque eficiente. La planeación del mantenimiento está centrada en la producción, limitar, evitar y corregir fallas. La planificación ayuda a evaluar y mejorar la ejecución del mantenimiento.

Según (Garrido, 2018) una planeación exitosa debe incluir los siguientes aspectos:

- Definición del alcance del trabajo a realizar.
- Definición del procedimiento, normas a seguir.
- Estimación de recursos humanos y económicos.
- Definición de la duración de tiempo del trabajo

## **4.2. PASOS RECOMENDADOS PARA LA PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTOS PARA SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS DE BAJA TEMPERATURA.**

Algunos pasos recomendados por Polo (2019) son:

1. Estudiar la situación actual con el propósito de identificar aquellos trabajos de mantenimiento que tienen que realizarse, según un orden de prioridad preestablecido, los recursos que pueden estar disponibles, y según el tiempo disponible.
2. Establecer los objetivos para la realización de determinado trabajo de mantenimiento.
3. Elaborar una lista de los elementos que van a ser sujetos de mantenimiento.
4. Agrupar los elementos de acuerdo a categorías o según características comunes.
5. Establecer la clase de servicio o descripción del trabajo que se debe realizar sobre cada grupo.
6. Recopilar información de los equipos involucrados (historial de mantenimiento, listado de repuestos disponibles, planos, documentación técnica, manual de operación, guía de instalación).
7. Planificar los recursos que van a ser necesarios (personal de obra, ingenieros especializados, herramientas, repuestos para cambiar).
8. Determinar la agenda de trabajo a través de un cronograma de actividades que involucre a los encargados del mantenimiento, ejecución de trabajos, supervisores de obra, personal de control.)
9. Elaborar el Plan de actividades, conformado por la secuencia de trabajo y la descripción del conjunto de acciones a realizar, relacionando cada una con los recursos, personal, y tiempos establecidos.
10. Elaborar el Plan de contingencia, donde se detallan las acciones a realizar en caso ocurra una eventualidad que impida cumplir con el Plan de actividades original.
11. Establecer los canales de comunicación, para luego comunicar el Plan de actividades Plan de contingencias a las personas involucradas.
12. Realización de actividades previas como realizar la compra de repuestos, coordinar acciones logísticas, programar acciones con subcontratistas en caso de ser necesario.
13. Ejecución y supervisión de las tareas de mantenimiento, según lo previamente planificado, hasta la puesta en marcha.

14. Elaborar un Informe sobre el trabajo realizado, conformando de esta forma parte del historial de los equipos, a fin de conversar la experiencia adquirida, sumando comentarios y recomendaciones. Este informe, entre otros puntos debe incluir:

- Los equipos que han sido objeto de mantenimiento.
- El resultado de la evaluación de dichos equipos.
- Tiempo real que duró la labor.
- Personal que estuvo a cargo.
- Presupuesto ejecutado (dinero gastado).
- Inventario de piezas y repuestos utilizados.
- Condiciones en que responde el equipo (reparado) luego del mantenimiento.
- Programación tentativa para el siguiente mantenimiento.
- Conclusiones y recomendaciones.

15. Evaluar el desempeño del trabajo, lo cual queda a cargo de los líderes de la compañía, para lo cual se basarán en el Informe de trabajo y en indicadores propios de su gestión.

### **4.3. LECTURA E INTERPRETACIÓN DE LOS PLANOS DE UNA INSTALACIÓN**

A la hora de realizar el mantenimiento de una instalación, el técnico debe saber leer e interpretar los planos de la instalación a fin de identificar cada uno de los equipos, comprobar su correcto funcionamiento y efectuar las reparaciones necesarias.

Así, el técnico dispondrá de los siguientes planos:

- Plano de distribución: Se parte del plano de planta del edificio, sobre el cual se emplazan los captadores y la red de distribución de tuberías. (Ver Anexo 1 para ejemplo)
- Estructura soporte para colectores y tanque acumulador.
- Modelado 3D instalación de sistema termosolar: Este esquema se utiliza para reflejar tramos verticales y detalles que difícilmente podrían verse con los esquemas anteriores. (Ver Anexo2 para ejemplo)

A la vista de los planos y esquemas disponibles de la instalación, el técnico podrá fácilmente identificar los recorridos de tubería de la instalación por el edificio.

#### **4.4. OPERACIONES BÁSICAS DE UN MANTENIMIENTO PARA SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS DE BAJA TEMPERATURA**

El mantenimiento de una instalación solar térmica está determinado por el mantenimiento de cada uno de los componentes y equipos que lo constituyen, así como también de diferentes factores como la humedad, contaminación y las características del fluido que circula por el sistema.

Debido a que los parámetros que influyen en el mantenimiento pueden variar dependiendo de cada instalación, se va a tratar el mantenimiento de sistemas solares térmicos de baja temperatura con colectores planos.

En todas estas instalaciones, es importante realizar tareas de vigilancia, mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo con el objetivo de:

- Asegurar su funcionamiento.
- Mantener su seguridad.
- Conseguir la máxima eficiencia de sus equipos.
- Prolongar la duración del sistema.

**Tabla 3: Operaciones Básicas de un Mantenimiento de Sistemas Termosolares**

<b>Tipo de Mantenimiento</b>	<b>Actividades</b>	<b>Encargado</b>	<b>Frecuencia</b>
Vigilancia	Observación de los valores correctos de operación en los diferentes componentes del sistema termosolar.	Cliente	Una vez al mes
Preventivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección Visual</li> <li>• Asegurar el funcionamiento del sistema termosolar</li> </ul>	Personal Técnico	Según (Chromagen, 2019), dependiendo de la superficie de captación se debe realizar lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficie menor de 20 m<sup>2</sup>: Revisar una vez al año.</li> <li>• Superficie mayor de 20 m<sup>2</sup>: Revisar cada 6 meses.</li> </ul>
Correctivo	Corregir problemas en el sistema	Personal Técnico	Cuando se produce una anomalía.

Fuente: (Elaboración Propia)



#### 4.5. VIGILANCIA DEL SISTEMA TERMOSOLAR

Consiste en verificar el correcto funcionamiento de la instalación observando algunos de los valores de operación.



**Ilustración 20: Vigilancia de sistemas termosolares**

Fuente: (Elaboración Propia)

En la ilustración 20 se pueden observar algunas actividades comunes en proceso de vigilancia de un sistema por parte del usuario. Si alguno de los valores observados está fuera del rango indicado por el instalador se recomienda que se le notifique a la compañía encargada para que lo corrija.

Si el usuario no conoce cómo realizar estas actividades de vigilancia, la empresa deberá instruirle cómo poder revisar los parámetros básicos.

## **4.6. IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES ANOMALÍAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN**

### **TERMOSOLAR**

Se pueden distinguir dos tipos de anomalías en las instalaciones, aquellas que impiden el funcionamiento del sistema conocidas como anomalías y aquellas que disminuyen su rendimiento conocidas como degradaciones. A continuación, se presentan las anomalías más comunes presentadas en sistemas termosolares:

#### **4.6.1. AVERÍAS**

##### **Indicaciones de alerta:**

- El sistema auxiliar funciona por un largo periodo de tiempo en un día soleado.
- La instalación genera mucho ruido, o algún ruido anormal.
- La instalación no calienta en un día soleado.
- El rendimiento del sistema es muy bajo.
- El sistema de energía auxiliar no arranca.
- Alguno de los circuitos tiene fugas importantes (detectar cambios en los niveles de presión).

##### **Posibles anomalías:**

- El quemador o la resistencia del sistema auxiliar está averiado.
- Falta de suministro en la red eléctrica.
- El termostato no funciona.
- La cubierta de los captadores está muy sucia.
- Se ha fundido un fusible.
- Rotura del cristal del captador.
- Rotura o degradación de la junta de la cubierta o de las juntas de salida de los tubos del captador.
- Ha reventado alguna tubería o válvula de la instalación.
- Fallos en el sistema de control.

#### 4.6.2. DEGRADACIONES

##### **Indicaciones de Alerta:**

- Alguno de los circuitos tiene una pequeña fuga.
- Condensaciones en el interior del captador. (Ver ejemplo en anexo 3)
- Disminución del rendimiento de la instalación.
- Deformación de las tuberías.
- Deformación de la caja del captador.

##### **Posibles degradaciones:**

- Pérdida de fluido y disminución del rendimiento.
- Ventilación insuficiente del interior.
- Rotura o mal estado del aislamiento. (Ver ejemplo en anexo 4)
- Excesiva suciedad en el intercambiador.
- Excesivas tensiones térmicas, no se han considerado correctamente las posibles dilataciones.
- Elevados esfuerzos térmicos en la caja del captador.

#### **4.7. MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

“Concibe la realización de inversiones con carácter preservador según una programación con el objetivo de disminuir la cantidad de fallos aleatorios” (Riera, 2012, pg.19).

Son actividades típicas de este sistema la limpieza de los equipos, los ajustes, los reaprietes, las regulaciones, los cambios de elementos utilizando el concepto de recurso asignado justificado conveniente y las reparaciones de cualquier tipo, siempre que sean planificadas previamente.

El mantenimiento preventivo no puede ser realizado por el usuario, tiene que ser personal técnico especializado quién lo efectúe.. Este mantenimiento logra una mayor vida útil de los equipos, incrementa su eficiencia y calidad de trabajo que realizan. También garantiza la planificación de recursos para la ejecución de las operaciones.

En las tablas 4,5,6 y 7 se definen las operaciones de mantenimiento preventivo que deben realizarse en las instalaciones de sistemas solares térmicos de baja temperatura, la frecuencia mínima establecida (en meses) y descripción de las observaciones y pruebas a realizar.

**Tabla 4: Operaciones Mantenimiento preventivo Captadores Solares**

<b>Componente</b>	<b>Frecuencia [meses]</b>	<b>Operaciones de mantenimiento</b>
Colectores	6	Inspección visual de diferencias sobre el original
Cubierta Transparente	6	Inspección de suciedad
Absorbedor	6	Revisión de corrosión y deformaciones
Carcasa	6	Revisión de deformación, estado de los orificios de respiración.
Conexiones	6	Revisión de aparición de fugas
Estructura	6	Inspección de degradación, indicios de corrosión.

Fuentes: (Castelo, 2012)

#### 4.7.1. REVISIÓN DE COLECTORES

Los principales problemas que nos podemos encontrar por no hacer el mantenimiento adecuado de los colectores solares son los siguientes:

- Baja temperatura del agua debido a la pérdida de Glicol (anticongelante), que además evitará rotura de los cristales de las placas solares ante temperaturas frías en países de bajas temperaturas
- Fugas en los colectores debido a la falta de revisión de la válvula de seguridad, ya que con el tiempo puede deteriorarse y no realizar bien su función, sometiendo al sistema a sobre presión y sobrecalentamiento.
- Menor rendimiento del sistema debido a la suciedad acumulada en los paneles solares.

Se debe realizar una inspección visual para conocer el estado de los captadores.

##### A) Cubierta transparente

- No deben existir condensados en su interior.
- Debe estar libre de polvo.

##### B) Juntas

- Deben mantener la estanqueidad de la cubierta.
- Deben mantener sus propiedades con el paso del tiempo.

A continuación, se presentan ejemplos de los problemas más comunes en un colector solar:



**Ilustración 21: Problemas comunes encontrados en la revisión de colectores solares**

Fuente: Elaboración Propia

**4.7.2. LIMPIEZA DE LOS COLECTORES**

La suciedad acumulada puede reducir su rendimiento. Las labores de limpieza de los colectores se realizarán cada tres meses y se realizará mensualmente en zonas con extrema suciedad (ciudades mineras, lugares cercanos a fábricas que produzcan polvo). (VIPClean, s.f.)

La limpieza se realizará con agua (sin agentes abrasivos ni instrumentos metálicos). Preferiblemente se hará fuera de las horas centrales del día, para evitar cambios bruscos de temperatura entre el agua y el colector.



**Ilustración 22: Limpieza de Colectores**

Fuente: (VIPClean, s.f.)

#### 4.7.3. INSPECCIÓN POR DEGRADACIÓN DE MATERIALES

Las acciones físicas degradantes causan deterioros y acortan la vida útil del equipo, entre las más comunes se encuentran:

**A) Agua:**

- Agente destructivo por efectos de Absorción de la lluvia por los materiales expuestos a la intemperie. Filtraciones en cubiertas.

**B) Sol:**

- Motiva acciones químicas causantes de fisuras o quiebres.
- Afecta las tinturas y pigmentos, causando decoloración y desperfectos.
- Pueden sufrir efectos de desecamiento como los plásticos, masillas o mantos de impermeabilización, que al fisurarse permiten el paso del agua en forma de humedad, gotas o chorros.

**C) Temperatura:**

- Los cambios de temperatura generan deterioros físicos como las fisuras o cambios químicos en su estructura.

- “En la localidad donde se dan muy bajas temperaturas, el ciclo de congelación-deshielo produce efectos destructivos al expandirse el agua dentro de las fisuras o poros de los materiales donde se haya depositado” (Quintero & Solano, 2013, pg.23).

**Tabla 5: Operaciones Mantenimiento Preventivo Acumuladores**

<b>Componente</b>	<b>Frecuencia [meses]</b>	<b>Operaciones de mantenimiento</b>
Tanque acumulador	24	Inspección de presencia de lodos en el fondo y corrosión en el tanque.
Ánodos	12	Revisión de desgaste
Aislamiento Térmico	12	Inspección visual y evaluación del material aislante

Fuente: (Elaboración Propia)

#### 4.7.4. INSPECCIÓN DE CORROSIÓN EN TANQUE Y TUBERÍAS

Según (INPRA, 2013), si a la identificación del tipo de corrosión adicionalmente se le reporta el nivel de afectación al material en el lugar donde se presenta, se puede visualizar la corrosividad referente a la relación entre la resistencia del material y la agresividad del ambiente que origina la reacción para la formación corrosiva que se pretende reportar .

El ambiente puede cuantificarse de acuerdo con las variables que lo conforman: la temperatura, la humedad y la presión que se presenta en las estructuras o superficies afectadas.

INPRA (2013) identifica los ambientes propensos a la producción de corrosión de la siguiente manera:






- **Temperatura:** La temperatura es el catalizador de toda reacción química, motivo por el cual es vital determinar su comportamiento y participación en la generación del producto de corrosión. Las temperaturas de servicio, de seguridad, de almacenamiento, las velocidades de calentamiento o de enfriamiento, los ciclos de temperatura o incluso los choques térmicos pueden ayudar a establecer el origen de la corrosión e incluso encontrar el remedio o la recomendación para que el fenómeno no se vuelva a presentar en mucho tiempo.
- **Humedad:** el electrolito que da lugar al circuito electroquímico responsable de la mayoría de los tipos de corrosión, motivo por el que se debe conocer su concentración e identificación. El valor estimado de la humedad comprende tanto el sistema de vapor como el sistema líquido, al igual que las concentraciones de soluciones acuosas y su comportamiento con respecto a la variación de concentración, como la evaporación.
- **Presión:** involucra tanto lo relacionado con la presión barométrica del ambiente como el comportamiento de los fluidos con respecto a la presión y cómo se manejan tanto al interior de elementos de transporte (tuberías) como de recipientes (tanques), también se consideran dentro de esta variable el movimiento de los fluidos y su variación.

Después de analizar cada una de las variables en cada reporte de corrosión, se podrá considerar la evaluación del sistema de control de corrosión que se tenga aplicado, lo que determinará el porqué de la falla, bien sea por razones cualitativas, de especificación o cumplimiento de norma (tipo de material, resistencia química del recubrimiento, efectividad del inhibidor).

#### 4.7.5. PROCESO DE LIMPIEZA ANTICORROSIVA

En la Ilustración 23 se detallan algunos de los procedimientos más comunes para limpieza anticorrosiva:

<b>Método de limpieza manual</b>	<b>Método de limpieza de eliminación</b>	<b>Aplicación de productos anticorrosivos</b>
		
<p>El método de limpieza manual utiliza un equipo neumático, cepillos de alambre y desengrasantes. Generalmente este método es realizado por personal humano, siempre y cuando la ubicación de la superficie a tratar permita su libre y segura limpieza.</p>	<p>Se utilizan en este método compresores de aire y/o chorro de agua a presión para casos con grandes cantidades de corrosión.</p>	<p>Para que las superficies queden completamente limpias y protegidas, es indispensable aplicar cierto tipo de productos anticorrosivos.</p>

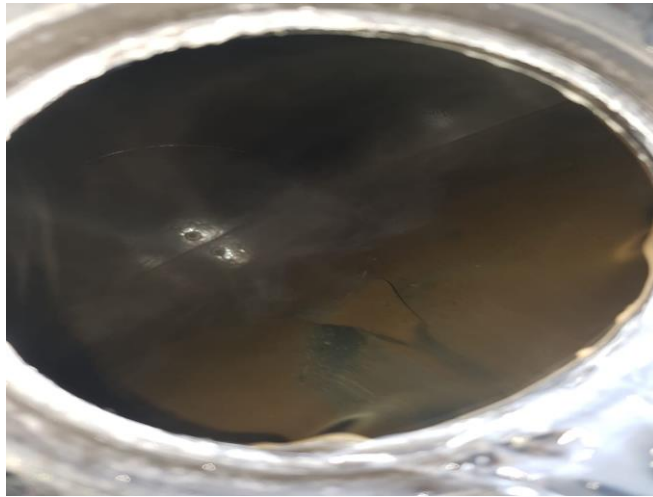
#### **Ilustración 23: Métodos de limpieza anticorrosiva**

Fuente: (Elaboración Propia)

#### 4.7.6. LIMPIEZA DEL DEPÓSITO ACUMULADOR

Los depósitos acumuladores se limpiarán de la presencia de lodos de acuerdo con la frecuencia establecida en el programa de mantenimiento preventivo, procediendo a su desconexión de la instalación auxiliar o convencional, así como del circuito primario de los colectores, mediante las llaves de corte correspondientes. Una vez aislado hidráulicamente el depósito, se procederá a su vaciado en el desagüe, abriendo el purgador de la parte superior. Una vez vaciado y manteniendo

la llave abierta, se limpiará mediante el uso de agua a presión a través de las tomas o tapas previstas para tal fin.



**Ilustración 24: Presencia de lodos en el fondo de un Acumulador**

Fuente: (Propia)

En la ilustración 24 se puede observar la presencia de lodos en el fondo de un acumulador como consecuencia de no realizar un mantenimiento preventivo, causando que el agua de salida fuera de color oscuro y con mucha suciedad.



**Ilustración 25: Corrosión en Acumulador**

Fuente: (Propia)

En la ilustración 25 se muestra el efecto de la corrosión en el acumulador de un sistema solar térmico de baja temperatura. El área dañada se encuentra cerca del cableado del sistema auxiliar, convirtiéndolo en un riesgo para la protección de este sistema.

#### 4.7.7. INSPECCIÓN ÁNODO DE SACRIFICIO

Los ánodos son elementos utilizados para evitar el desgaste por corrosión de los acumuladores de los sistemas termosolares, siendo estos elementos los que sufren esta corrosión.

Cuando un tanque se llena de agua, una reacción electrolítica empieza, por lo que el ánodo se sacrifica para proteger una pequeña cantidad de acero expuesto. "Electrólisis: proceso químico por medio del cual una sustancia o un cuerpo inmersos en una disolución se descomponen por la acción de la una corriente eléctrica continua" (Real Academia Española, 2001).

En presencia de una solución conductora, entre dos metales con suficiente diferencia de potencial se produce un flujo de corriente, uno de ellos actúa como ánodo (-) y el otro como cátodo (+), produciéndose una migración de iones del primero al segundo. El flujo de corriente es mayor cuanto más diferencia haya entre los metales.

De acuerdo con (RMMCIA, 2015), el índice o serie galvánica nos indica el grado de nobleza de cada metal: cuanto más alejados en el índice, mayor corrosión, que se producirá sólo sobre uno de los dos metales, el menos noble, situado en posición inferior en el siguiente gráfico:



### Ilustración 26: Serie Galvánica

Fuente: (RMMCIA, 2015)

Cuando dos metales están juntos en el agua, el metal que es menos reactivo se quedará entero mientras el otro corroe. Cuando el acero y el cobre están juntos, el acero corroe protegiendo el cobre. El magnesio y el aluminio son más reactivos que el acero y esta es la razón porque se emplean como ánodos.

La vida del ánodo depende de la calidad de agua, cuánto tiempo el tanque se usa, y la calidad del calentador. Los ánodos desgastados deben ser eliminados, y en este caso, una mala gestión de estos puede generar problemas de contaminación concentrada. (CPRA, s.f.)

Se colocan:

- En instalaciones en las que se combinan distintos materiales, como puede ser hierro y cobre. En estos casos se tendrá la precaución de colocar el hierro antes que el cobre, de manera que el agua pase primero por el hierro y luego por el cobre.
- En depósitos, introduciendo una barra de magnesio, aluminio o zinc. El ánodo de sacrificio hay que sustituirlo periódicamente puesto que se desgasta con el tiempo. Si el ánodo de sacrificio es de magnesio se recomienda cambiarlo antes de 2 años, aunque existen

indicadores exteriores que muestran el grado de deterioro del ánodo de sacrificio sin necesidad de desmontarlo. Si el ánodo de sacrificio es de protección catódica permanente se comprobará el funcionamiento a través de las pantallas digitales dispuestas para tal fin.

Algunos pasos a seguir para revisión y mantenimiento del ánodo de sacrificio son los siguientes:

1. Una vez vaciado y desconectado de la red eléctrica el sistema, se procede a desmontar el ánodo de sacrificio junto con la resistencia eléctrica.
2. Inspeccionar la situación actual del ánodo y evaluar su estado de corrosión.
3. Aplicar un lavado normal y luego una limpieza anticorrosiva
4. En caso de estar en mal estado se recomienda el reemplazo del ánodo.

#### **Paso 1**



#### **Paso 2**



#### **Paso3**



**Ilustración 27: Procedimiento para el mantenimiento del ánodo de sacrificio**

Fuente: (Propia)

Según (CPRA, s.f.), las buenas prácticas para sustitución de ánodo de sacrificio son:

- Comprobar el estado de los ánodos de sacrificio, sustituyéndolos si están a menos del 50% de su tamaño original.
- Gestionar correctamente los ánodos desgastados, almacenándolos en su contenedor específico y homologado en el área de recogida de residuos para entregarlos finalmente a un gestor de residuos autorizado como RECACEL, Honduras.

#### 4.7.8. COMPROBACIONES EN EL AISLANTE TÉRMICO

Se deberá comprobar y revisar el estado del aislante según los siguientes criterios:

A) Aislante al aire libre:

- Degradación.
- Protecciones.
- Uniones.
- Ausencia de humedad.

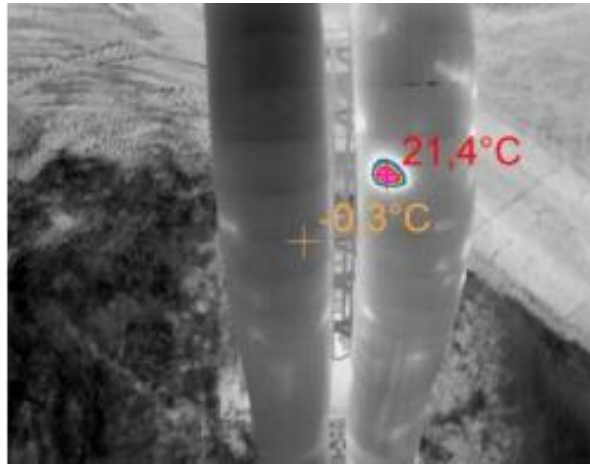
B) Aislante interior:

- Uniones.
- Ausencia de humedad

Algunas consideraciones importantes:

- El aislamiento no podrá quedar interrumpido al atravesar elementos estructurales del edificio. Tampoco se debe interrumpir el aislamiento térmico en los soportes de las conducciones, que podrán estar o no completamente envueltos por el material aislante.
- Después de la instalación del aislamiento térmico, los instrumentos de medida y de control, así como válvulas de desagües deberán quedar visibles y accesibles.
- Las franjas y flechas que distinguen el tipo de fluido transportado en el interior de las conducciones se pintarán o se pegarán sobre la superficie exterior del aislamiento o de su protección.

Se debe inspeccionar los puntos donde el aislamiento ha perdido grosor o donde el revestimiento del tubo está dañado. Un método eficiente para la revisión del aislamiento es a través de una cámara térmica. Con este método, es fácil identificar los puntos en los que el aislamiento está dañado y se producen pérdidas de calor comparando las temperaturas de trabajo del sistema. (Vaillant, 2018)



**Ilustración 28: Inspección Termográfica tubería con Aislamiento Térmico**

Fuente: (Apliter, 2018)

#### 4.7.9. REVISIÓN DE TUBERÍAS DEL SISTEMA TERMOSOLAR

La integridad de la tubería puede verse afectada por culpa de una selección incorrecta del material aislante. Estos daños pueden verse reflejados en un debilitamiento del revestimiento aislante externo, fugas de energía, al igual que degradación de las mismas tuberías. Al mismo tiempo, hay el riesgo de que las tuberías se vayan desgastando en su interior debido a la corrosión interna.





**Ilustración 29: Tubería con corrosión interna**

Fuente: Propia

Generalmente las tuberías pueden sufrir obstrucciones por suciedad interna que perjudican el funcionamiento del sistema. Estas obstrucciones suelen ser lodos que provienen del tanque, se puede resolver mediante una limpieza exhaustiva y lavado de la tubería. El procedimiento consiste en introducir agua caliente a través de la acometida principal con una serie de productos de limpieza no nocivos, pero que pueden acabar con todas las partículas y sustancias que están adheridas en las paredes de las tuberías, y dejar que esta agua recorra toda la instalación.



**Ilustración 30: Tubería obstruida con sucio**

Fuente: Propia

La Junta de Castilla y León (2004) indica que se deben respetar las siguientes condiciones para garantizar un funcionamiento sin problemas con el máximo aprovechamiento de energía:

- Purgar el sistema durante la puesta en marcha y el mantenimiento, ya que el aire influye en gran manera en el rendimiento del sistema.
- Asegurarse de que la protección térmica para las tuberías sea suficiente, de manera que no se pierda demasiada energía calorífica ya antes de entrar en el consumidor. Seleccione un aislamiento resistente a la intemperie, a los rayos ultravioleta y "a prueba de picotazos de pájaros", especialmente para los conductos tendidos al aire libre.
- Comprobar que las tuberías no estén rotas, fisuradas, dobladas, aplastadas, oxidadas o de cualquier manera dañadas.
- Utilizar únicamente tuberías con soldadura fuerte.
- No insertar tuberías de plástico.
- Fijar las abrazaderas de toma a tierra a las tuberías.
- Para las tuberías del circuito solar se deben utilizar preferiblemente tuberías de cobre.
- No utilizar en ningún caso tuberías de plástico.
- Las uniones entre tubos de acero galvanizado y cobre se harán por medio de juntas dieléctricas. En circuitos abiertos el sentido de flujo del agua deberá ser siempre del acero al cobre.
- Las tuberías de descarga se colocarán de forma que no se puedan helar, y que no se produzca acumulación de agua.
- Las dilataciones que sufren las tuberías al variar la temperatura del fluido deben compensarse a fin de evitar roturas en los puntos más débiles, que suelen ser las uniones entre tuberías y aparatos, donde suelen concentrarse los esfuerzos de dilatación y contracción.

**Tabla 6: Operaciones de Mantenimiento Circuito Hidráulico**

<b>Componente</b>	<b>Frecuencia [meses]</b>	<b>Operaciones de Mantenimiento</b>
Fluido Caloportador	12	Comprobación de PH
Estanqueidad	24	Realización de prueba de presión
Aislamiento exterior	6	Inspección de degradación, protecciones, uniones y ausencia de humedad.
Aislamiento interior	12	Inspección de uniones y ausencia de humedad
Purgador	6	Vaciado del aire del botellín
Bomba	12	Comprobación de estanqueidad
Válvula de corte	12	Comprobación de funcionamiento de apertura y cierre para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	12	Comprobación de funcionamiento de apertura y cierre

Fuente: **(Castelo, 2012)**

#### 4.7.10.COMPROBACIONES EN LAS BOMBAS DE DISTRIBUCIÓN

##### **Desbloqueo de bombas:**

1. Desatornillar el tapón que hay en la parte posterior del cuerpo de la bomba.
2. Introducir un destornillador en la ranura que el eje tiene en su extremo, hasta que se suelte y gire.
3. Colocar el tapón.

##### **Cebado y purgado de bombas:**

Con la bomba en funcionamiento:

1. Desatornillar el tapón que hay en la parte posterior del cuerpo de la bomba.
2. Dejar salir el aire presionando el eje.
3. La bomba está cebada cuando la indicación del manómetro de la bomba es correcta y la aguja no vibra.
4. Colocar el tapón.

#### 4.7.11.PURGADO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

Frecuencia: Una vez al año para purgadores automáticos y cada seis meses para purgadores manuales.

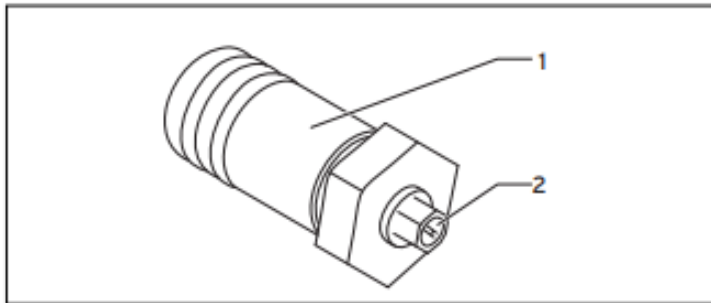
Operaciones:

1. Vaciado del aire de los purgadores
2. Comprobar que sólo sale agua por el purgador.
3. Cebado de las bombas

El aire en el sistema influye considerablemente sobre el rendimiento de la instalación solar. Por este motivo se deben crear las suficientes posibilidades de purgado. Seleccione siguiendo la tabla 7 uno de los siguientes modos de purgado en función del tipo de llenado del circuito solar:

- Solamente en colectores planos: Purga a través de la abertura de purgado
- Purga a través de un purgador rápido automático con llave de cierre
- Purga a través de un sistema desaireador

### **Abertura de purgado**



Leyenda:

1. Tapón
2. Abertura de purgado

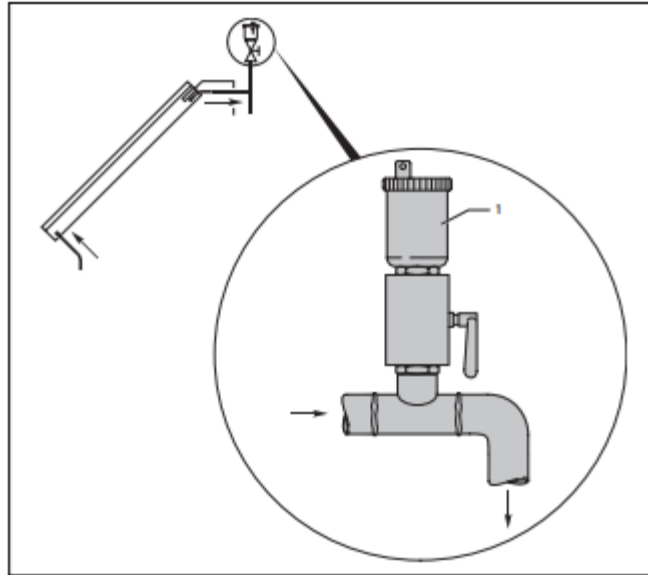
### **Ilustración 31: Tapón con abertura de purgado en colectores planos**

Fuente: (Vaillant, 2018)

En los colectores planos se monta en la parte superior un tapón con abertura de purgado. La abertura de purgado sirve para purgar el sistema al llenar y lavar durante la puesta en marcha o el mantenimiento. Durante el funcionamiento del sistema solar la abertura de purgado debe permanecer cerrada para evitar la pérdida de líquido en caso de estancación.

### **Purgador rápido automático con llave de cierre**

Un Purgador rápido automático con llave de cierre sirve para purgar el circuito solar al llenar y lavar durante la puesta en marcha o el mantenimiento. Durante el funcionamiento del sistema solar la llave de paso del purgador debe permanecer cerrada para evitar la pérdida de líquido en caso de estancación.



**Ilustración 32: Purgador rápido automático con llave de cierre**

Fuente: (Vaillant, 2018)

**Tabla 7: Selección del modo de purgar en función del llenado del circuito hidráulico**

Método de llenado del circuito solar	Método de purga	
		Abertura de purgado en colectores planos o Purgador automático con llave de cierre
Bomba Manual	Necesario	Alternativamente Recomendada
Bomba de llenado a motor recomendada (flujo volumétrico máx. < 10 l/min)		
Bomba de llenado a motor (flujo volumétrico máx. > 10 l/min)	No es necesario	Recomendada

Fuente: (Vaillant, 2018)

#### 4.7.12.COMPROBACIÓN DE PH

“El pH es una unidad de medida usada para indicar la concentración de iones hidrógeno libres ( $H^+$ ) < en una disolución, lo que nos indica la acidez o alcalinidad de esta. Se mide usando una escala numérica de 0 a 14, donde 0 indica un ácido y el 14 una base” (Elo, 2016).

El agua corriente debería tener un pH de 7,0 aunque la mayoría de las aguas del grifo varían bastante debido al contenido en minerales, y en muchos casos, con valores por encima del pH 8,0 Hay varias formas de medir el pH del agua, los métodos más comunes son con un medidor digital o una cinta indicadora de pH:

- Medidor de pH en gotas-La cinta indicadora de pH consta de un colorante reactivo que al mezclarlo con una muestra del agua indica un color, que comparándolo en la escala cromática que incorporan, nos indicará su valor de pH. Es el medidor de pH de agua más barato y económico, pero el valor de pH que obtenemos es aproximado.
- Medidor de pH digital; es un medidor electrónico que funciona mediante una sonda que mide la actividad de los iones hidrógeno en el agua y brinda un valor en la escala de pH a través de la pantalla digital.

La importancia de la medición de pH del fluido caloportador radica en que los cambios de pH provocan daños importantes al metal del equipo, provocando efectos de corrosión y disminuyendo así la vida útil del metal.

Según (Carbotecnia, 2016), un agua con un pH bajo < 6.5 podría ser ácida y corrosiva. Por lo tanto, el agua podría disolver iones metálicos, tales como: hierro, manganeso, cobre, plomo y zinc, accesorios de plomería y tuberías. Por lo tanto, un agua con un pH bajo corrosiva podría causar un daño prematuro de tuberías de metal, y asociado a problemas estéticos tales como coloración azul-verde en tuberías y desagües.

La forma primaria para tratar el problema del agua bajo pH es con el uso de un neutralizador. El neutralizador alimenta una solución en el agua para evitar que el agua reaccione con la fontanería casa o contribuir a la corrosión electrolítica; un producto químico típico de neutralización es el carbonato de calcio.

Un agua con un pH > 8.5 podría indicar que el agua alcalina. Puede presentar problemas de incrustaciones por dureza. Estos problemas incluyen:

- La formación de sarro que precipita en tuberías y accesorios que causan baja presión del agua y disminuye el diámetro interior de la tubería.
- Disminuye la eficiencia del sistema.

#### 4.7.13. CONTROL DE ESTANQUEIDAD

Durante el proceso de llenado permanentemente se verifica la estanqueidad del tanque detectando fugas que se presenten, en cuyo caso se efectuará la reparación según las siguientes alternativas.

- Poros o grietas menores que ocasionen goteo: Cuando se detecte este tipo de falla se marcará debidamente localizando su posición exacta y se continuará la prueba hasta su finalización. Una vez vaciado el tanque se efectuará la reparación del caso.
- "Poros o grietas mayores: Cuando se detecte este tipo de defecto se vacía el tanque hasta un pie por debajo de la falla localizada; se procede a la reparación y una vez terminada esta, se continúa con la prueba normalmente" (Lozano,2012, pg.7).

Terminada la prueba, se baja el nivel de agua durante el tiempo que el inspector requiera para confirmar la estanqueidad.

**Tabla 8: Operaciones de mantenimiento Sistema Eléctrico y de Control**

<b>Componente</b>	<b>Frecuencia [meses]</b>	<b>Operaciones de mantenimiento</b>
Termostato	12	Comprobación de exactitud de lecturas
Sistema de energía auxiliar	12	Comprobación de funcionamiento mediante mediciones de voltaje.

Fuente: (Elaboración Propia)



#### **4.8. MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

Son operaciones realizadas como consecuencia de la detección de cualquier anomalía en el funcionamiento de la instalación, el plan de vigilancia o el mantenimiento preventivo. Generalmente el fallo es descubierto por el usuario durante las operaciones de vigilancia. Normalmente el fallo se detecta cuando la avería ya está muy avanzada y el deterioro puede ser muy importante. Las acciones de reparación se pueden clasificar en pequeñas, medianas y generales.

Las reparaciones pequeñas corresponden con trabajos que se realizan sin desmontar todo el sistema, pudiendo ser ajustes, regulaciones, limpieza de circuitos hidráulicos obstruidos, cambio de piezas de fácil acceso.

Las reparaciones medianas consisten en reparar o cambiar piezas deterioradas, ejecutando otras acciones de las mencionadas para las reparaciones pequeñas, pero con una laboriosidad mayor.

Durante las reparaciones generales se desmonta el equipo dañado, reparando o cambiando las partes necesarias y devolviendo la capacidad de trabajo a un nivel más cercano al nominal con costos racionales. El sistema correctivo no requiere estudios e investigaciones que justifiquen su accionar ya que éste no es programado, sino eventual en correspondencia con la aparición de los fallos o deterioros.

#### **4.9. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE UN SISTEMA TERMOSOLAR**

Se debe comprobar lo siguiente:

- El sistema de control actúa correctamente.
- Las bombas, válvulas motorizadas y resistencias eléctricas entran en funcionamiento cuando se accionan y cuando el sistema de regulación y control lo demanda.
- Las válvulas de llenado, vaciado y corte actúan correctamente.
- Los purgadores, tanto manuales como automáticos, funcionan.
- Se comprobará la actuación del sistema de control y el comportamiento global de la instalación realizando una prueba de funcionamiento diario, consistente en verificar. En un día claro, las bombas arrancan por la mañana y paran al atardecer, detectándose en el depósito saltos de temperatura significativos.

#### **4.10. REGISTRO DE LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO**

El técnico deberá llevar un registro de las operaciones de mantenimiento, en el que se reflejen los resultados de las tareas realizadas.

Deben numerarse correlativamente las operaciones de mantenimiento de la instalación, incluyendo como mínimo la siguiente información:

- Nombre del dueño o empresa
- Ubicación del sistema
- El titular de mantenimiento.
- La fecha de ejecución.
- Las operaciones realizadas y el personal que las realizó.
- La lista de materiales sustituidos o repuestos cuando se hayan efectuado operaciones de este tipo.
- Las observaciones que se consideren oportunas.

En Anexo 5 se presenta un ejemplo de un formato para el registro de mantenimientos de sistemas termosolares de baja temperatura con colectores planos que servirá para dar un resumen de las actividades realizadas y las observaciones más importantes.

#### **4.11. PRECAUCIONES A TENER EN CUENTA PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO**

La seguridad del personal es uno de los aspectos más importantes de la actividad laboral. El trabajo sin las medidas de seguridad apropiadas puede ocasionar riesgos contra la vida de una persona. Muchas veces la seguridad no se trata tan en serio como se debería; lo que puede acarrear serios problemas no sólo para los empleados sino también para los empresarios.

La realización de determinadas tareas en los puestos de trabajo puede llevar consigo aparejados algunos riesgos que desemboquen en un accidente de trabajo. En función de las características personales y profesionales del trabajador, de la naturaleza de las instalaciones, equipos y características del lugar de trabajo. Se deben tomar medidas para de prevención de accidentes al momento de realizar un mantenimiento a un sistema termosolar.

##### **4.11.1. APAGADO Y VACIADO DEL SISTEMA TERMOSOLAR**

Antes de realizar cualquier mantenimiento se tiene que realizar los siguientes pasos:

1. Se debe desconectar la instalación de la corriente eléctrica para evitar posibles descargas eléctricas.
2. Verificación de desconectado del sistema a través de mediciones de voltaje en el sistema auxiliar.
3. Cortar la entrada del agua.
4. Abrir la válvula de agua caliente para vaciar el sistema.
5. Cerrar la llave de paso de la salida de agua caliente.
6. Vaciar el sistema hasta la altura a la que se encuentre el ánodo.

##### **4.11.2. PROTECCIÓN CONTRA QUEMADURAS POR AGUA CALIENTE**

Un aspecto importante por considerar al momento de realizar un mantenimiento a un sistema termosolar son las horas de trabajo. Se recomienda que los trabajos que se tengan realizar para un mantenimiento se deben llevar a cabo en horas tempranas de la mañana o en últimas horas de la tarde, debido a las altas temperaturas de ebullición que alcanza el agua en los colectores durante el medio día.

Si el trabajo a realizar se hace en horas del día se recomienda que se tapen los colectores con fundas especiales para evitar el calentamiento del fluido y de esa manera proteger al personal técnico que realiza el mantenimiento de quemaduras por agua caliente.



**Ilustración 33: Funda para Colector Solar**

Fuente: (Solmapu, 2019)

#### **4.12. RIESGOS GENERALES QUE SE PUEDEN DERIVAR DE REALIZAR EL MANTENIMIENTO A SISTEMAS TERMOSOLARES**

Los riesgos generales derivados de realizar el mantenimiento

- A) Riesgos debidos al entorno
- Caídas de operarios del techo donde se realice el mantenimiento.
  - Caída de herramientas, operarios y materiales transportados a nivel y niveles inferiores.
  - Caída de andamios.
  - Desplome y hundimiento de forjados.
  - Electrocutaciones o contactos eléctricos, directos e indirectos, con instalaciones eléctricas de la obra.
  - Lesiones, pinchazos y cortes en manos y pies.

B) Riesgos debidos a la instalación de Energía Solar Térmica

- Caídas de escaleras o andamios de borriquetas.
- Proyección de partículas al cortar materiales.
- Electrocuiones o contactos eléctricos, directos e indirectos, con pequeña herramienta.
- Golpes o cortes con herramientas.

#### 4.13. MEDIDAS ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra podrá determinar medidas de prevención y protección complementarias cuando aparezcan elementos o situaciones atípicas, que así lo requieran.

##### 4.13.1. PROTECCIONES PARTICULARES

El material específico para realizar el mantenimiento, con independencia de que sea aportado por la obra general deberán satisfacer las siguientes condiciones:

1. **Plataformas de trabajo:** tendrán como mínimo 60 cm de ancho, y las situadas a más de 200 cm del suelo estarán dotadas de barandillas a 90 cm de altura, listón intermedio y rodapié.

2. **Escaleras de mano:**

- Deberán ir provistas de zapatas antideslizantes, estarán sujetas para evitar su caída.
- Deberán sobrepasar en un metro la altura a salvar y no superar los tres metros de altura.
- La separación entre la pared y la base debe ser igual a  $\frac{1}{4}$  de la altura total.
- En caso de ser de tijera deben tener zapatas antideslizantes y tirantes.

3. **Andamios:** tendrán una altura máxima de 1.5 metros y la plataforma de trabajo estará compuesta por tres tablones perfectamente unidos entre sí, habiéndose comprobado previo a su ensamblaje, que no contengan clavos y se hallen en buenas condiciones. La distancia entre los apoyos no debe sobrepasar los 3.5 metros.



**Ilustración 34: Andamio para trabajo en alturas**

Fuente: (LeroyMerlin, 2019)

#### 4.13.2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Comprenden todos aquellos dispositivos, accesorios y vestimentas de diversos diseños que emplea el trabajador para protegerse contra posibles lesiones. Montanares (2018) recomienda lo siguiente:

1 **Protección a la Cabeza:** Los elementos de protección a la cabeza, básicamente se reducen a los cascos de seguridad. Los cascos de seguridad proveen protección contra casos de impactos y penetración de objetos que caen sobre la cabeza.



**Ilustración 35: Casco para Protección a la cabeza**

Fuente: (Lube Seguridad Industrial, 2019)

2. **Protección de Ojos y Cara:** Todos los trabajadores que ejecuten cualquier operación que pueda poner en peligro sus ojos, dispondrán de protección apropiada para estos órganos.



**Ilustración 36: Gafas para protección de ojos**

Fuente: (Vetraval, 2019)

3. **Protección de Manos y Brazos:** Los guantes que se doten a los trabajadores, serán seleccionados de acuerdo a los riesgos a los cuales el usuario este expuesto y a la necesidad de movimiento libre de los dedos. Los guantes deben ser de la talla apropiada y mantenerse en buenas condiciones.

Tipos de guantes

- Para la manipulación de materiales ásperos o con bordes filosos se recomienda el uso de guantes de cuero o lona.
- Para revisar trabajos de soldadura o fundición donde haya el riesgo de quemaduras con material incandescente se recomienda el uso de guantes y mangas resistentes al calor.
- Para trabajos eléctricos se deben usar guantes de material aislante.



**Ilustración 37: Guantes para trabajos eléctricos**

Fuente: (Innovacero, 2019)

4. **Protección de Pies y Piernas:** El calzado de seguridad debe proteger el pie de los trabajadores contra humedad y sustancias calientes, contra superficies ásperas, contra pisadas sobre objetos filosos y agudos y contra caída de objetos, así mismo debe proteger contra el riesgo eléctrico.

Tipos de calzado

- Para trabajos donde haya riesgo de caída de objetos contundentes tales como lingotes de metal, planchas, etc., debe dotarse de calzado de cuero con puntera de metal.
- Para trabajos eléctricos el calzado debe ser de cuero sin ninguna parte metálica, la suela debe ser de un material aislante.
- Para trabajos en medios húmedos se usarán botas de goma con suela antideslizante.



**Ilustración 38: Calzado Dieléctrico**

Fuente: (Vetral, 2019)

5. **Cinturones de seguridad para trabajo en altura:** Son elementos de protección que se utilizan en trabajos efectuados en altura, para evitar caídas del trabajador.

Para efectuar trabajos a más de 1.8 metros de altura del nivel del piso se debe dotar al trabajador de cinturón o Arnés de Seguridad enganchados a una línea de vida.





**Ilustración 39: Arnés de Seguridad para trabajo en altura**

Fuente: (Granvertical, 2018)

#### **4.14. GARANTÍA DEL MANTENIMIENTO REALIZADO**

Se recomienda a la empresa que realiza el mantenimiento, ofrecer una garantía para sus mantenimientos de sistemas termosolares. A continuación, se presenta un formato basado en el modelo de Lozano (2014) de su libro para instalaciones de sistemas solares térmicos:

Sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el recibo de compra y certificado de garantía.

La garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía.

Quedan expresamente incluidos todos los demás gastos, tales como tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Así mismo se deben incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes del funcionamiento de la instalación.

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación, lo comunicará al suministrador. Cuando la empresa encargada del mantenimiento considere que es un defecto de fabricación de algún componente lo comunicará de la misma forma al fabricante.

El suministrador atenderá el aviso si se interrumpe el suministro de agua caliente, procurando establecer un servicio mínimo hasta el correcto funcionamiento de ambos sistemas (solar y de apoyo).

- 48 horas, si la instalación solar no funciona.
- Una semana, si el fallo no afecta al funcionamiento.

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante, por cuenta y a cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas en la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 15 días naturales.

## V. CONCLUSIONES

- Se elaboró un manual de mantenimiento de sistema solares térmicos de baja temperatura con colectores planos que detalla las actividades de planeación, inspección, prevención y corrección en los mantenimientos de estos sistemas
- Con la descripción de las actividades necesarias para realizar los diferentes tipos de mantenimientos se logró ordenar los procesos de mantenimiento de la empresa, a través de la creación de formatos para la revisión de sistemas, registro de actividades y metodología de planificación de mantenimientos.
- Con la ayuda de esta guía, la empresa se encargará de hacer las gestiones necesarias para que todo su personal técnico cumpla los requisitos de seguridad de la empresa y proveerá el equipo necesario para la protección de sus empleados.
- Se elaboró una metodología para la identificación de anomalías que será utilizada para explicar al usuario que hacer en caso de alerta del sistema y a su vez, servirá de ayuda al personal técnico para la identificación rápida de fallas en el sistema.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Para la empresa:

- El mejor secreto para una correcta reparación es un buen conocimiento de cómo funciona el sistema en condiciones normales. Por ello es de suma importancia que se capacite a todo el personal involucrado en la planificación y realización de un mantenimiento a sistemas termosolares.
- Identificar el problema. No hacer suposiciones de lo que no funciona y verificar el correcto funcionamiento de todos los componentes del sistema.
- Considerar esta guía como ejemplo para la planeación de los diversos mantenimientos a sistemas termosolares.
- Realizar todas las actividades de mantenimiento indicadas en este manual para el cumplimiento de mantenimientos preventivos o correctivos realizados por la empresa.
- Comprar el equipo necesario para cumplir con normas de seguridad industrial

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Española de Normalización. (2004). *UNE-EN ISO 15874-2:2004*.
- Junta de Castilla y León. (2004). *Manual del Mantenedor Energía Solar*.
- Aescuderor. (8 de Septiembre de 2015). *TEORÍA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL*. Obtenido de <https://mantenimientofacil.wordpress.com/2015/09/08/teoria-del-mantenimiento-industrial/>
- Apliter. (2018). *Inspección termográfica de tuberías*.
- Armaflex. (2011). *Catalogo Digital*. Obtenido de <https://www.conmasa.cat/bookflip/bf6/files/assets/seo/page46.html>
- Calvo, M. (07 de 09 de 2012). *Twenergy*. Obtenido de <https://twenergy.com/a/que-es-la-energia-solar-termica-599>
- Carbotecnia. (2016). *Carbotecnia Encyclopedia*. Obtenido de <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/que-es-el-ph-del-agua/>
- Castells, X. (2012). *Diccionario de términos ambientales*.
- Castells, X. (2012). *Sistemas de tratamiento térmico*.
- Castelo, J. L. (2012). *Proyecto de instalación de Energía Solar Térmica para producción de agua caliente sanitaria*.
- Chromagen. (2019). *Hot Water Solutions*. Obtenido de <https://chromagen.es/>
- Coordinadores Académicos y Docentes Asesores. (2012). *Guía de Estructura y Estilo para Informes de Práctica Profesional y Proyecto de Graduación*. Tegucigalpa: Facultad de Ingeniería UNITEC.
- CPRA. (s.f.). *Ánodos de sacrificio*. Obtenido de [http://www.cprac.org/various/cprac\\_manual\\_nautic/es/content.php-id=157.htm](http://www.cprac.org/various/cprac_manual_nautic/es/content.php-id=157.htm)
- Demaquinasyherramientas. (2011). *Introducción al Multímetro*. Obtenido de <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/multimetro>

Diaz, J. P. (2015). *Sistemas de energias renovables*. Madrid: Ediciones Paraninfo.

DoForms INC. (2019). *DoForms*. Obtenido de <https://www.doforms.com/>

Elo, R. (1 de Septiembre de 2016). *pH del agua*. Obtenido de <https://www.florprohibida.com/blog/que-es-el-ph-del-agua-como-medirlo-controlarlo/>

Energia Solar. (29 de Mayo de 2018). *Captadores solares térmicos*. Obtenido de <https://solar-energia.net/energia-solar-termica/captadores-solares-termicos>

Garrido, S. G. (2018). *Renovetec*. Obtenido de <http://mantenimiento.renovetec.com/plan-de-mantenimiento>

Grainger. (2019). *Grainger Mexico* . Obtenido de <https://www.grainger.com.mx/producto/STANLEY-Pinza-d-Presi%C3%B3n%2CMor-Curvas%2C10Lpulg-/p/2HN10>

Granvertical. (2018). *Arneses para trabajos en altura: clasificación y usos*.

IEA. (2004). *World Energy Outlook*.

IEA. (2004). *World Energy Outlook*.

Innovacero. (2019). *Catalogo de Productos* .

Innovacion y Cualificacion, S.L. (2017). *Mantenimiento de instalaciones solares térmicas*. ENAE0208. Málaga: IC Editorial.

INPRA. (2013). *INPRA LATINA*. Obtenido de <https://www.inpralatina.com/201311282932/articulos/proteccion-de-superficies-y-control-de-corrosion/criterios-de-inspeccion-de-corrosion.html>

LeroyMerlin. (2019). *Andamios de obra tradicionales*. Obtenido de [http://www.leroymerlin.es/productos/construccion/escaleras\\_y\\_andamios/andamios\\_de\\_obra\\_tradicionales.html](http://www.leroymerlin.es/productos/construccion/escaleras_y_andamios/andamios_de_obra_tradicionales.html)

Londoño, J. (2016). *Mantenimiento preventivo*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/jesusyivonne/mantenimiento-preventivo>

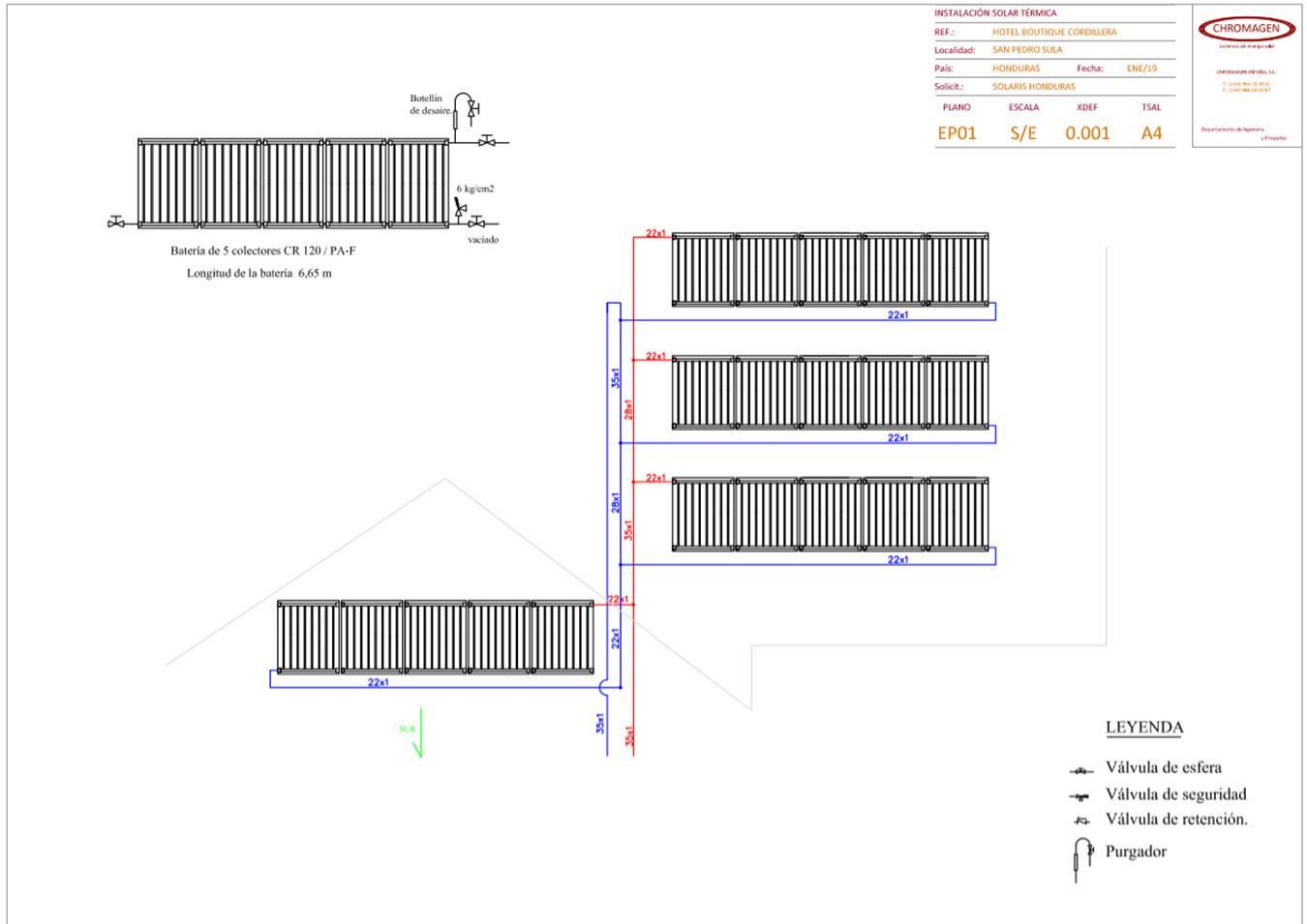
- Lozano, J. (2012). *PROCEDIMIENTO PARA PRUEBA HIDROSTÁTICA DEESTANQUEIDAD EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO*.
- Lozano, L. R. (2014). *Organizacion y Control del montaje de instalaciones solares termicas*. Paraninfo.
- Lube Seguridad Industrial. (2019). *Seguridad Industrial*.
- Mendez, J., & Cuervo, R. (2008). *Energia Solar Termica* . Madrid: FC Editorial.
- Montanares, J. (2018). *Equipos de Proteccion Personal*. Obtenido de [http://www.paritarios.cl/especial\\_epp.htm](http://www.paritarios.cl/especial_epp.htm)
- Polo, D. (2019). *Plan de mantenimiento en 10 pasos*. Obtenido de <https://www.emprender-facil.com/es/10-pasos-plan-de-mantenimiento/>
- Quintero, M. I., & Solano, C. (2013). *La degradacion y Mantenimiento en obras de edificacion*. Medellín.
- Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la Lengua Española, XXII Edición*. Madrid, España: RAE.
- REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st century). (2018). *Global Status Report*.
- Riera, J. (2012). *Diseño e Implementacion de un Sistema de Mantenimiento Industrial*.
- Rivas, P. (2019). *ENERGÍA SOLAR TÉRMICA DE BAJA TEMPERATURA*.
- RMMCIA. (2015). *Compatibilidad de metales: la corrosión galvánica*. Obtenido de <http://www.rmmcia.es/blog/laton-y-cobre/compatibilidad-de-metales-la-corrosion-galvanica>
- Rodríguez, J. C., Izquierdo, G. P., & Rodríguez, C. H. (2008). *Energías renovables y eficiencia energetica* . Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.
- Ruiz, G. (18 de 06 de 2018). *Erenovable*. Obtenido de <https://erenovable.com/radiacion-solar/>
- Salguero, V. (2010). *Modelo y simulación de una máquina de absorción de doble efecto*.
- Solaris. (s.f.). *Solaris HN*. Obtenido de <http://solarishn.com/sobre-nosotros/>

- Solmapu. (2019). *Catalogo de Productos Solmapu*. Obtenido de <http://www.solmapu.es/#1>
- SOPELIA. (2017). *Energia Solar Termica*. Obtenido de <http://www.energiasolar.lat/colector-solar-plano/>
- The World Energy Conference. (1986). *Energy Terminology*. Londres.
- Vaillant. (2018). *Calentamiento de agua solar*.
- Vetraval. (2019). *Catalogo de Productos Seguridad Industrial*.
- VIPClean. (s.f.). *Sistemas de limpieza de placas solares*. Obtenido de <http://www.vipclean.it/ES/limpieza-paneles-fotovoltaicos/limpieza-paneles-solares.php>
- World Bank Group. (2019). *Global Solar Atlas*. Obtenido de <https://globalsolaratlas.info/downloads/honduras?c=14.711135,-86.264648,7>
- Zelaya Oviedo, C. A., & Paredes Heller, J. (2012). *Manual para la redacción de Tesis de Posgrado*. Tegucigalpa: Facultad de Posgrado UNITEC.



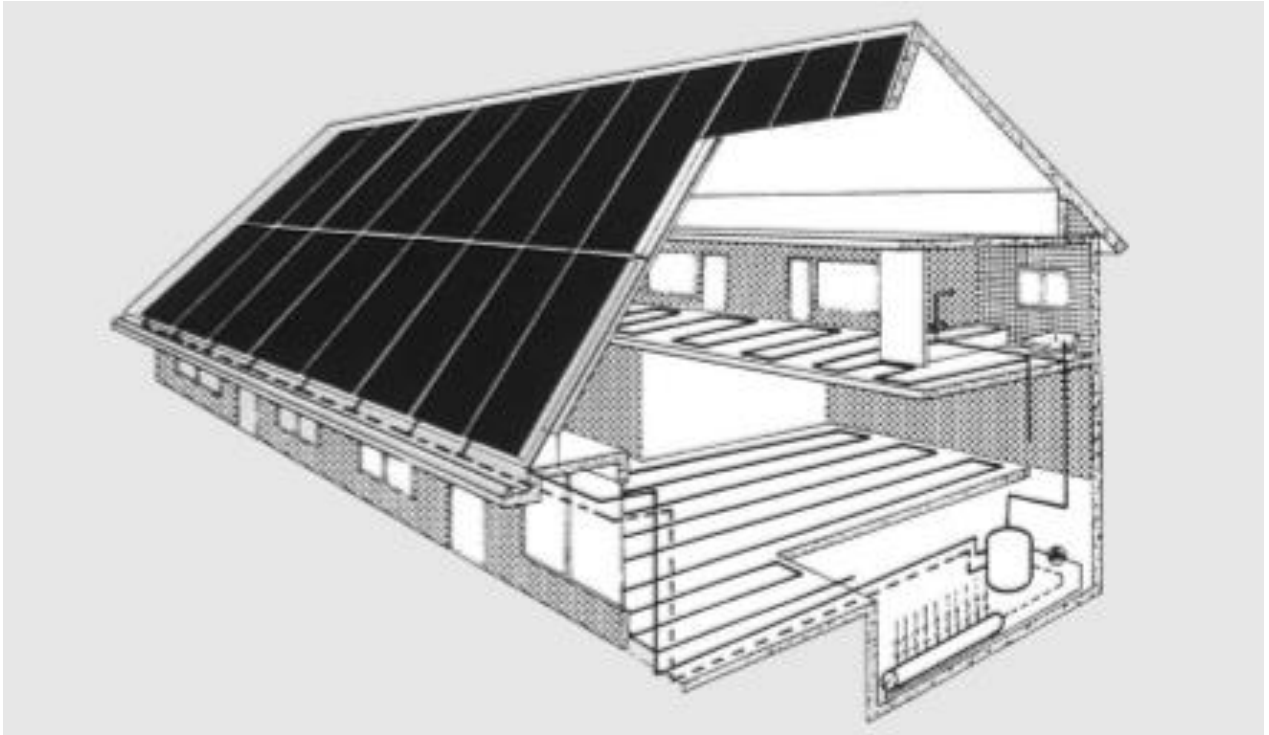
## VIII. ANEXOS

### Anexo 1: Plano de Distribución Sistema Termosolar



Fuente: (Chromagen, 2019)

## Anexo 2: Modelado 3D Sistema Termosolar



Fuente: (Chromagen, 2019)

## Anexo 3: Condensación en el interior de un Colector Solar



Fuente: Propia

#### Anexo 4: Aislamiento Térmico en mal estado



Fuente: (Propia)

**Anexo 5: Formato para Registro de Operación de Mantenimiento de Sistemas  
Termosolares**

<b>Registro de Operación de Mantenimiento Sistemas Termosolares</b>			
<b>Nombre del Titular o Dueño</b>		<b>Fecha</b>	
<b>Nombre de la Empresa</b>		<b>Ubicación</b>	
<b>Descripción del Mantenimiento</b>			
<b>Operación Realizada</b>	<b>Operario</b>	<b>Observaciones</b>	

Firma Encargado:

\_\_\_\_\_