



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

“DESARROLLO DE UNA GUÍA METODOLOGÍA PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE LOS PARÁMETROS ENERGÉTICOS DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA DE MEDIA TEMPERATURA”

MAESTRÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES

AUTOR:

POAQUIZA YUMBOLEMA LUIS ALFREDO

DIRECTOR:

ING. TOBAR QUEVEDO JOHANNA BELEN, MSC

SANGOLQUÍ
2019

OBJETIVOS

GENERAL:

Desarrollar una propuesta de metodología para el control y monitoreo de los parámetros energéticos de un sistema térmico de media temperatura implementado en la Universidad de la Fuerzas Armadas - ESPE.

ESPECÍFICOS:

- Analizar las diferentes etapas del proceso para la implementación de un proyecto térmico solar.
- Desarrollar una propuesta de metodología enfocada en el control y monitoreo de un sistema térmico de media temperatura CCP.
- Determinar los parámetros mínimos para monitoreo y control del sistema CCP (Colector Concéntrico Parabólico).
- Realizar el análisis estadísticos de los parámetros energéticos del la central solar térmica instalada como prototipo.

ESTRUCTURA DEL PROYECTO

El presente trabajo se encuentra dividido en siete capítulos.

Capítulo 1: antecedentes, definición del problema, objetivos, alcance y justificación e importancia de la investigación.

Capítulo 2: marco teórico sobre los sistemas de concentración solar, sistemas de control y monitoreo, y metodología de proyectos.

Capítulo 3: estado del arte de centrales termosolares utilizando colectores cilindro parabólicos

Capítulo 4: metodología de control y monitoreo.

Capítulo 5: ensayo del sistema de control y monitoreo.

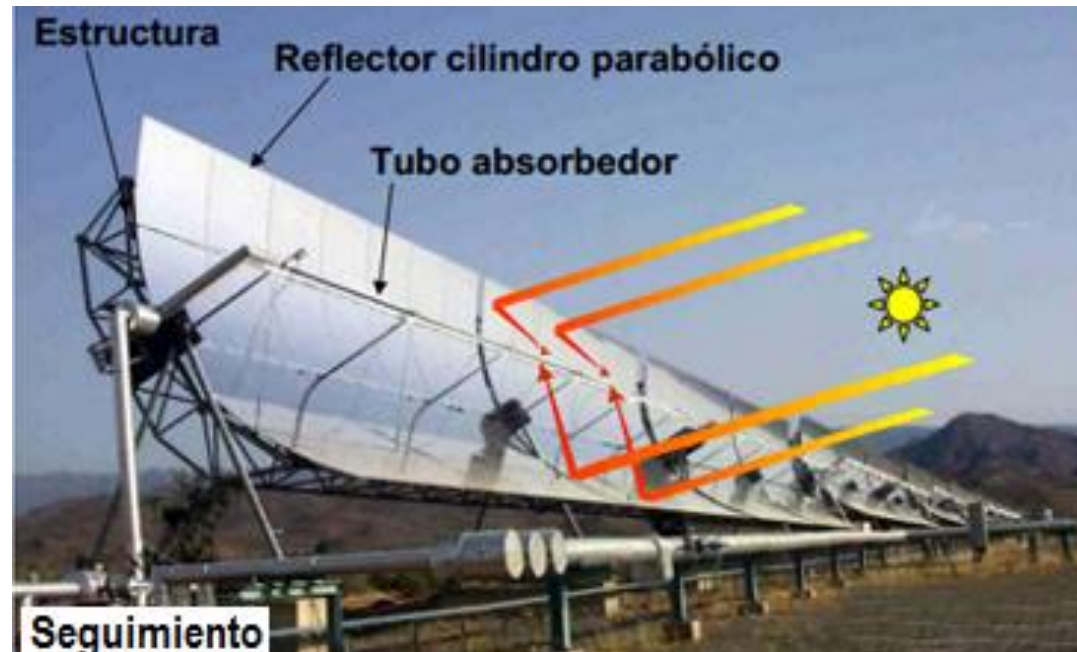
Capítulo 6: análisis de resultados, costos y finalmente

Capítulo 7: conclusiones y recomendaciones

COLECTORES CILINDRO PARABÓLICOS CCP

La radiación directa y reflejada solar incidente sobre una superficie reflectante en forma de parábola, denominada “concentrador”, hacia un tubo absorbente denominado “receptor”, ubicado en la línea focal de la parábola, permitiendo concentrar la radiación solar a lo largo de un eje.

La radiación concentrada sobre el tubo absorbente hace que el fluido (aceite) que circula por su interior se caliente, transformando la radiación solar en energía térmica.





Planta Solar Nevada Solar One. Nevada 64MWe
Fuente: (Energía, 2015)

ALCANCE DEL ESTUDIO

En el desarrollo de la guía metodología esta referida al prototipo implementado en la ESPE, y no se analizará a fondo las fases de factibilidad e inicio del proyecto pero si se hará un resumen de este desarrollo.

Se dará énfasis a las fases de diseño e implementación del sistema de control y monitoreo en el CCP_ESPE, incluyendo las de soporte técnico y mantenibilidad.

IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Necesidad de crear suministros energéticos independientes o renovables que reemplacen a la energía convencional, así como el aporte al medio ambiente (reducción de GEI).

La energía solar es considerada como renovable y poco explotada en el país debido a la falta de tecnología.

Recopilación de datos de la central térmica prototipo 16 KWe para el emplazamiento donde se encuentra ubicado y la mejora continua.

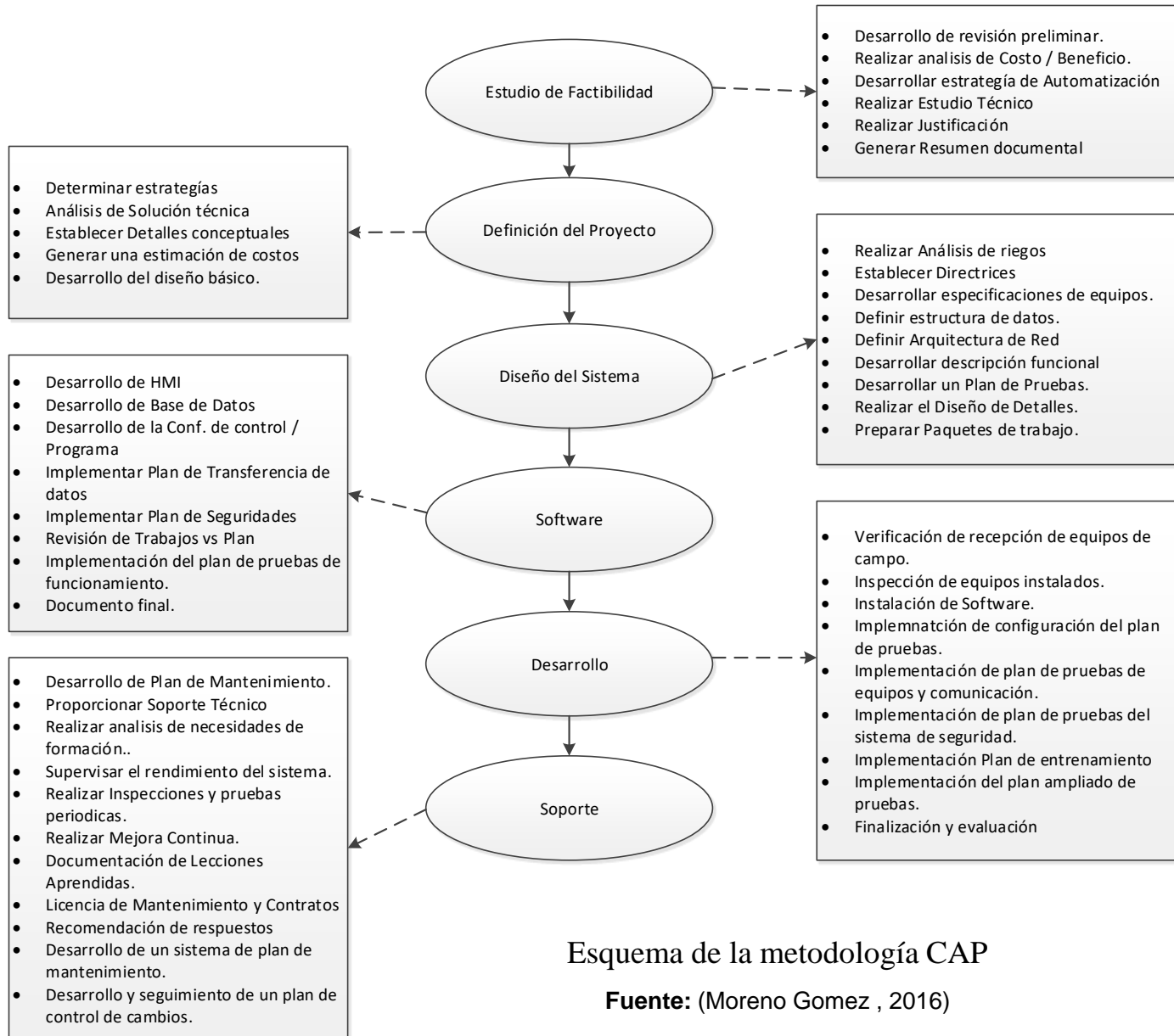
Desarrollo de una guía metodológica para futuros proyectos solares térmica de media temperatura que incluya sistemas automáticos.

METODOLOGÍAS PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS

La gestión de proyectos se enfoca en la aplicación de herramientas, conocimientos, habilidades, y técnicas para conseguir los objetivos del proyecto, lo cual ha generado múltiples metodologías de acuerdo al enfoque.

- Metodología Enfoque Tradicional (PMBOK)
- Metodología con PRINCE 2
- Metodología con Cadena crítica.
- Metodología AGILE (IT).
- Metodología Ingeniería de conceptual, básica y detalle.
- Metodología CAP (Certified Automation Professional)

Metodología CAP (Certified Automation Professional)



Esquema de la metodología CAP

Fuente: (Moreno Gomez , 2016)

METODOLOGÍAS APLICADAS A SISTEMAS TERMICOS

Metodología aplicada a Centrales de 50 MW

(Guillamón López, 2012, p. 14)

Primera fase: Análisis de la conveniencia del emplazamiento para la instalación de una planta.

Segunda fase: Selección de los principales equipos que van a ser utilizados en la central (tipo de colector, el fluido y el tubo absorvedor).

Tercera fase: Calculo de los principales parámetros de la central termosolar (solar y eléctrico).

Cuarta fase: Amplio estudio económico con el objetivo de confirmar la viabilidad del proyecto.

Quinta fase: La obtención de las conclusiones a partir de los resultados obtenidos en las fases anteriores.

METODOLOGÍAS APLICADAS A SISTEMAS TERMICOS

Diseño de una guía metodológica para implementación de centrales termo solares con fines de generación eléctrica en el Ecuador.

(Esquivel Baduy & Tixe Enriquez, 2014, p. 37)

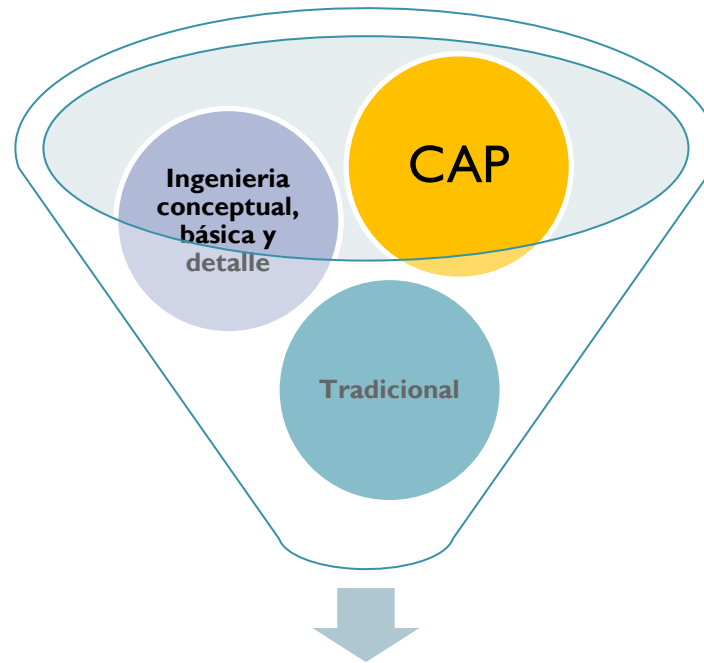
Aspectos técnicos.

- Elección del lugar óptimo.
- Elección del tamaño de la central.
- Colectores, Lazos, tubo absorvedor y fluido.
- Cálculo de potencia del lazo.
- Sistema de almacenamiento de energía.
- Ciclo térmico.
- Configuración del ciclo térmico.
- Eficiencia de la central.
- Producción bruta de la energía.

Aspectos económicos.

Aspectos normativos.

METODOLOGÍA PROPUESTA



Guía Metodológica propuesta

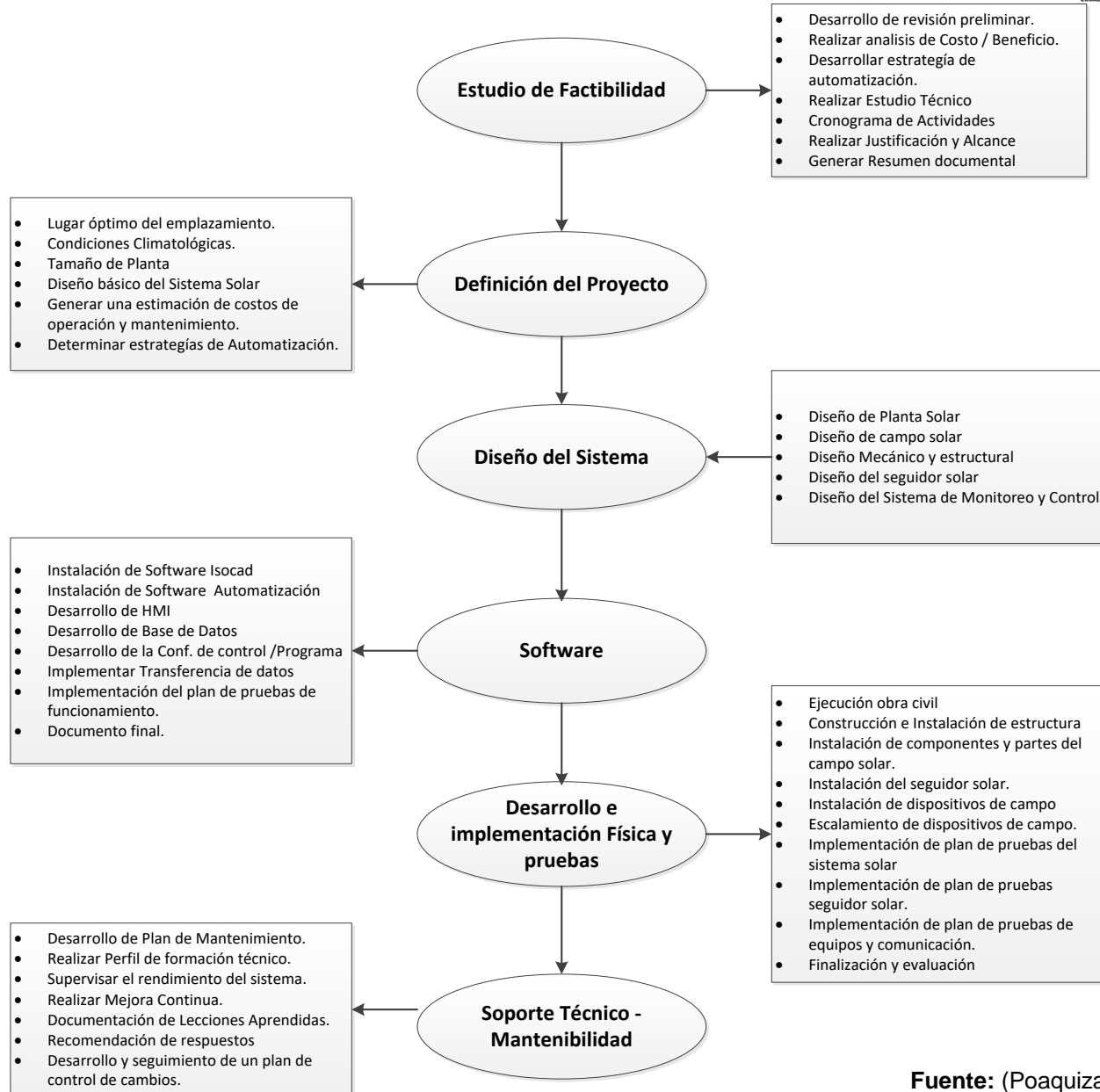
- **Tradicional:** Metodología para gestión de proyectos.
- **CAP:** Metodología para proyectos de automatización.
- **Ingeniería conceptual, básica y detalle:** Metodología aplicado a proyectos de ingeniería.

METODOLOGÍA PROPUESTA



Cada una de las fases de la metodología propuesta, se enfoca en los subsistemas que componen un proyecto integral para este tipo de tecnología: **Sistema Solar (campo, intercambiadores, entre otros), seguidor Solar y monitoreo y Control**

METODOLOGÍA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR CCP



METODOLOGIA PARA EL MONITOREO Y CONTROL

1. Factibilidad del Proyecto
2. Definición del Proyecto
3. Diseño del Sistema
4. Software
5. Desarrollo, implementación física y pruebas
6. Soporte Técnico y Mantenibilidad

COSTO Y BENEFICIO

- Sistema solar térmico: \$ 17.135,00 (Quintana & Yépez, 2015)
- Seguidor Solar: \$ 10.815,00 (Fabara, 2016)
- Monitoreo y Control: \$9.344,68 (Poaquiza Yumbolema, 2016)

Por lo tanto tenemos un costo total de proyecto: **\$ 37.294,68**

Inversión: \$ 2.331/KWe

Generación de energía termica.

16KWh (6 horas sol)= 96 KWh/día ; Anual: 35 Mwe

Generación Neta anual (35MWe * 65%)= **22,77MWe**

Costo de energía hidráulica: \$0,10/KW

Retorno de la Inversión:

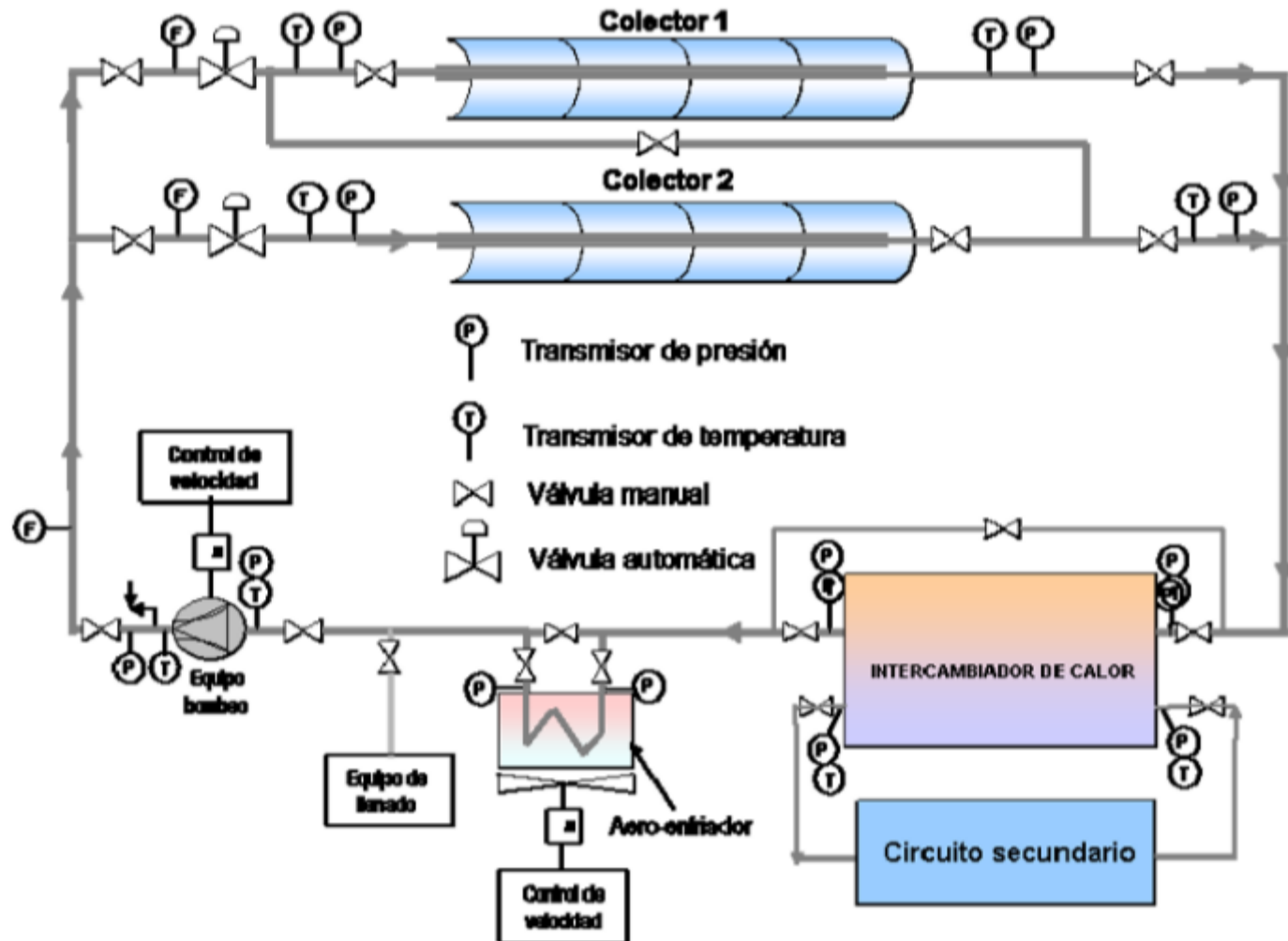
$\$37.294,68 / (22.770 \text{ KWe} * \$0,10) = \mathbf{16,4 \text{ años.}}$

CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS DEL SISTEMA CCP_ESPE

Parámetro	Rango	Unidad	Página	Referencia
Sistema Solar de media temperatura con tecnología CCP	100 a 390	°C	Diapositiva 27	Instalación de sistema térmico de media y alta temperatura (Msc. José Maria Barea)
Temperatura ambiente	12 a 23	°C		Nasa
Temperatura Tubo Absorbedor (Radiación concentrada)	0 a 400	°C	Catalogo 2012	Siemens UVAC 2010
Presión de ingreso campo solar	27	PSI	Diapositiva 30	"ESTUDIO Y SELECCIÓN DE UN FLUIDO TÉRMICO PARA APLICACIONES DE LA ENERGIA SOLAR DE MEDIA TEMPERATURA CON CONCENTRADORES"
Presión de salida campo solar	27	PSI		
Irradiación media	834	w/m ²	Diapositiva 02	FRANCISCO PÉREZ y MARCO SALGADO (Diciembre 2015) con el tema "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CALDERO CON CAPACIDAD DE 0,5 METROS CÚBICOS PARA VAPORIZACIÓN DE AGUA CON ENERGÍA SOLAR TÉRMICA DE MEDIA Y ALTA TEMPERATURA"
Temperatura de entrada del campo solar	55,72	°C		
Temperatura de salida del campo solar	60,16	°C		
Presión de Ingreso		PSI		
Temperatura de trabajo del Caldero	150	°C		
Temperatura del agua en el Caldero 6 horas	26,43 a 56,43	°C		
Presión Diseño Caldero	55	PSI	Pag. 141	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONCENTRACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR DE MEDIA TEMPERATURA CON CCP PARA GENERACIÓN DE UNA POTENCIA INSTALADA DE 16000 KCAL/HR
Diseño Temperatura del Aceite	15 a 73	°C	Pag. 57	
Temperatura Aceite térmico comercial Shell Térmico Oil B.	0 a 340	°C	Hoja Técnica Pag.1	
Eficiencia del sistema	65	%	Pag. 211	
Capacidad Reservoirio Aceite	0,26	m ³	Pag. 185	
Capacidad Reservoirio Aceite	8	gal/min	Pag. 201	

Fuente: (Poaquiza Yumbolema, 2016)

DETERMINAR PARÁMETROS ENERGÉTICOS A MONITOREAR



Esquema simplificado de la instalación experimental para fluidos innovadores.

Fuente: (Salgado Conrado, 2010, p. 55)

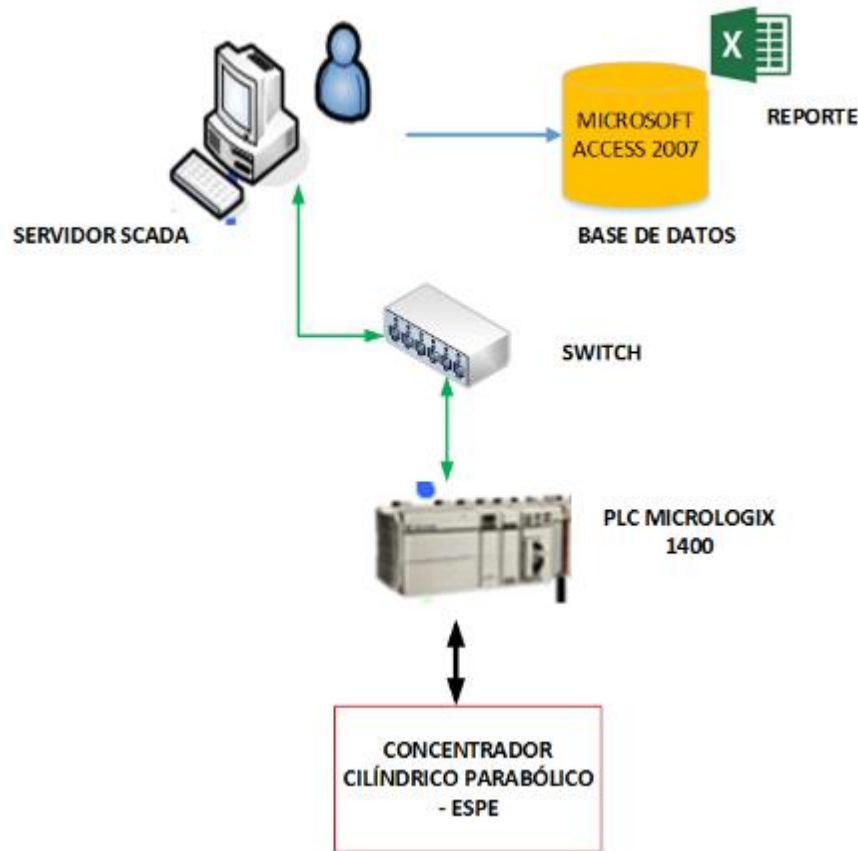
SELECCIÓN DE INSTRUMENTACIÓN Y AJUSTE DE RANGOS.

Variable	Nomenc.	Min	Max	Ajuste	Unidad	Sensor	Tipo de señal	Rango
Temperatura ambiente	Tamb	12	23	25	°C	Termocupla	Tipo J	0-750 °C
Temperatura aceite térmico	Tac	0	340	340	°C	Termocupla	Tipo J	0-750 °C
Temperatura radiación concentrada	Trc	60	400	400	°C	Termocupla	Tipo J	0-750 °C
Temperatura de salida del campo solar	Tout	0	60,16	65	°C	Termocupla	Tipo J	0-750 °C
Temperatura de entrada del campo solar	Tin	0	55,72	60	°C	Termocupla	Tipo J	0-750 °C
Presión de salida del fluido térmico del campo solar	Pout	0	27	30	PSI	Transmisor de Presión	4-20 mA	0-10 bar
Presión de entrada del fluido térmico del campo solar	Pin	0	27	30	PSI	Transmisor de Presión	4-20 mA	0-10 bar
Presión de Caldero del agua	Pin_a	0	111,6	115	PSI	Transmisor de Presión	4-20 mA	0-10 bar
Temperatura del agua en el Caldero	Ta	0	56,43	60	°C	Termocupla	Tipo J	0-750 °C

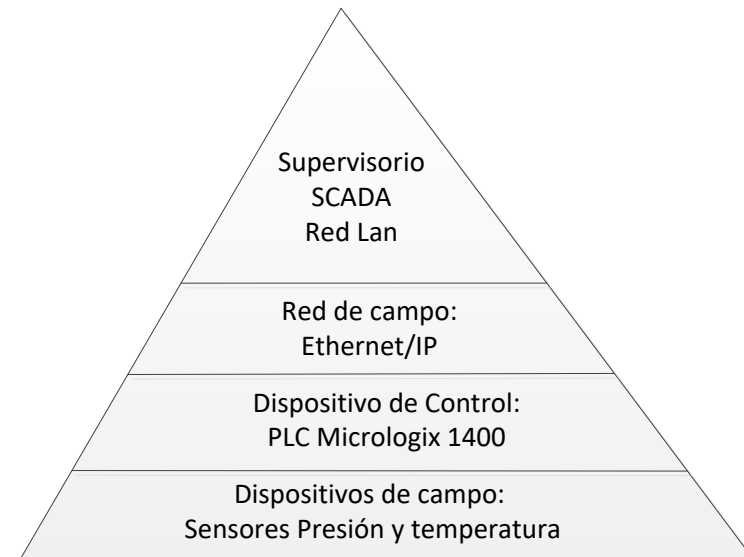
Fuente: (Poaquiza Yumbolema, 2016)

- PLC Micrologix 1400: **1766-L32BWA (AB)**
- Transmisor de presión: Turck **PT 010 -11- LI3 - H1131**
- Sensor de temperatura: **Tipo J marca IFM.**
- Módulo Analógico: **1762-iF4 (AB)**
- Módulo de termocuplas: **1762-iT4 (AB)**

ARQUITECTURA Y ESTRUCTURA DE DATOS.



Estructura base de datos CCP
Fuente: (Poaquiza Yumbolema, 2016)



Jerarquía de comunicación Scada
Fuente: (Poaquiza Yumbolema, 2016)

CRITERIOS DE SELECCIÓN SOFTWARE SCADA.

Detalle	Intouch	MC-Worx	Cimplicity	WinCC
Marca	Wonderware	Mitsubishi	General Electric	Siemens
Soporte Técnico	Si	No	No	Si
Fácil Programación	Si	Si	No	No
Integrado OPC Server	Si	No	No	No
Costo 150 pts	\$ 1.500	\$ 2.400	\$ 3.600	\$ 2.500
Acceso a Información	Si	No	No	Si

Fuente: (Poquiza Yumbolema, 2016)

Sin embargo, parte de la investigación consiste en el desarrollo de un software en Visual Basic para el monitoreo y control de los parámetros.

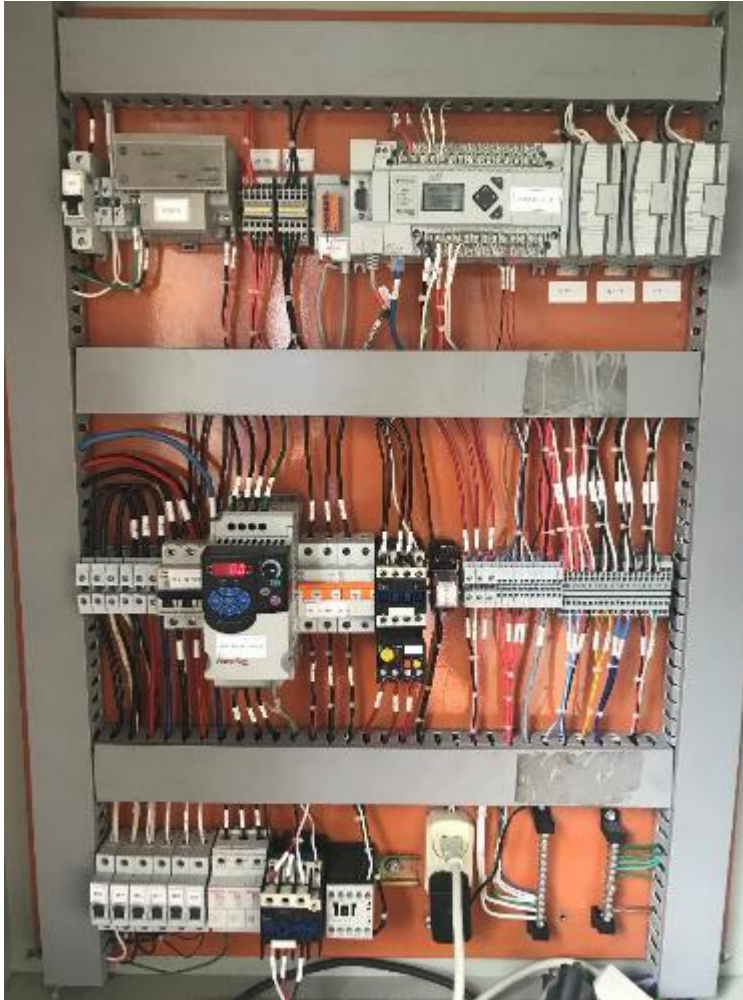
Selección software Base de Datos



Detalle	SQL Server	Oracle	MySQL	Microsoft Access
Memoria mínima	512 MB	256 MB	512 MB	256 MB
versión	Gratuita	Gratuita	Gratuita	ESPE-licencia
Compatibilidad con scada	Si	Si	No	Si
Acceso a información	Si	No	No	Si
Programación Fácil	Si	No	Si	Si

Fuente: (Poquiza Yumbolema, 2016)

INSTALACIÓN Y PROGRAMACIÓN



Tablero eléctrico CCP-ESPE
Fuente: (Poquiza Yumbolema, 2016)



Indicadores Tablero Eléctrico CPP-ESPE
Fuente: (Poquiza Yumbolema, 2016)

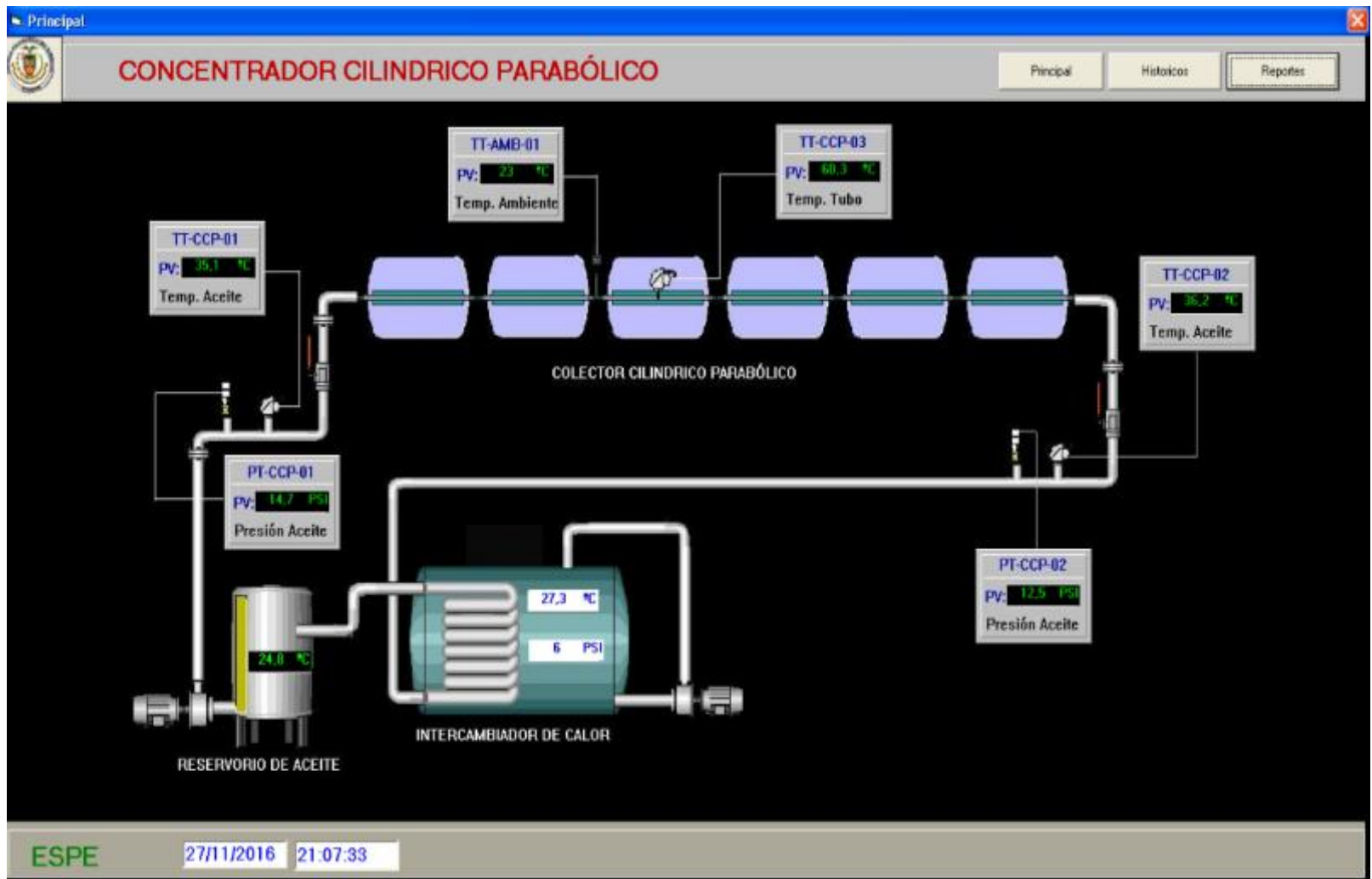
INSTALACIÓN Y PROGRAMACIÓN



Calibración Temperatura CCP-ESPE
Fuente: (Poaquiza Yumbolema, 2016)



Instalación Transmisores CPP-ESPE
Fuente: (Poaquiza Yumbolema, 2016)



Pantalla principal de Soft_CCP.

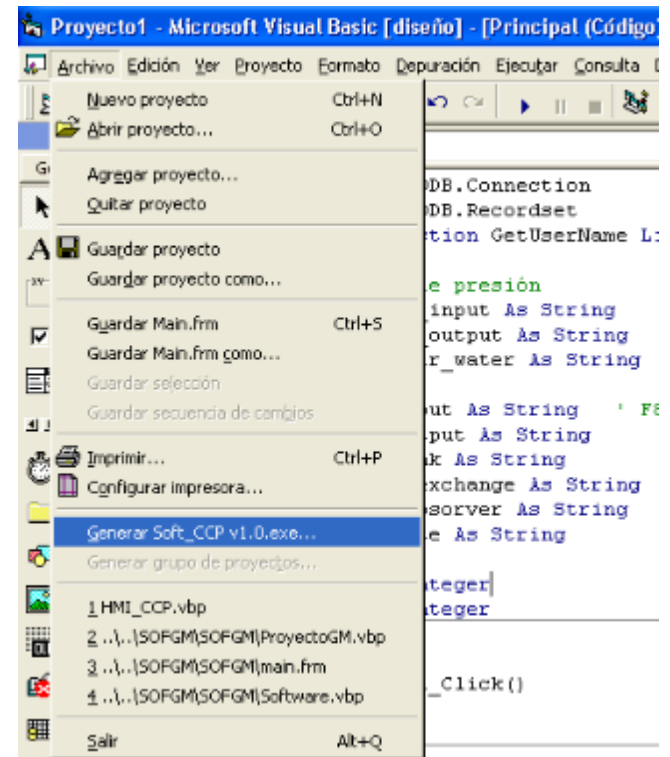
Fuente: (Poaquiza Yumbolema, 2016)

LÍNEAS DE CÓDIGO FUENTE

```
Private Sub Form_Load()  
presion_oil_input.Locked = True  
  
presion_oil_input.LinkTopic = "RSLinx|Data_1"  
presion_oil_input.LinkItem = "F8:10"  
presion_oil_input.LinkMode = 1  
presion_oil_input.LinkRequest  
  
presion_oil_output.LinkTopic = "RSLinx|Data_1"  
presion_oil_output.LinkItem = "F8:11"  
presion_oil_output.LinkMode = 1  
presion_oil_output.LinkRequest
```

Enlace de Visual Basic con Rslinx

Fuente: (Poaquiza Yumbolema, 2016)

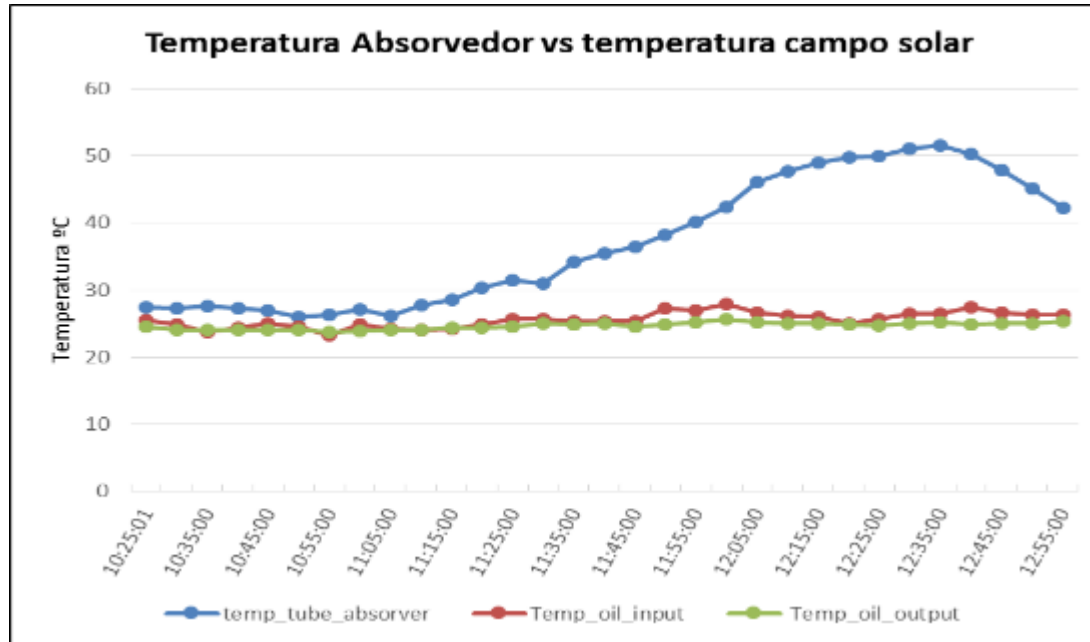


Generar archivo ejecutable.

Fuente: (Poaquiza Yumbolema, 2016)

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Sistema Solar en reposo (sin seguidor solar).

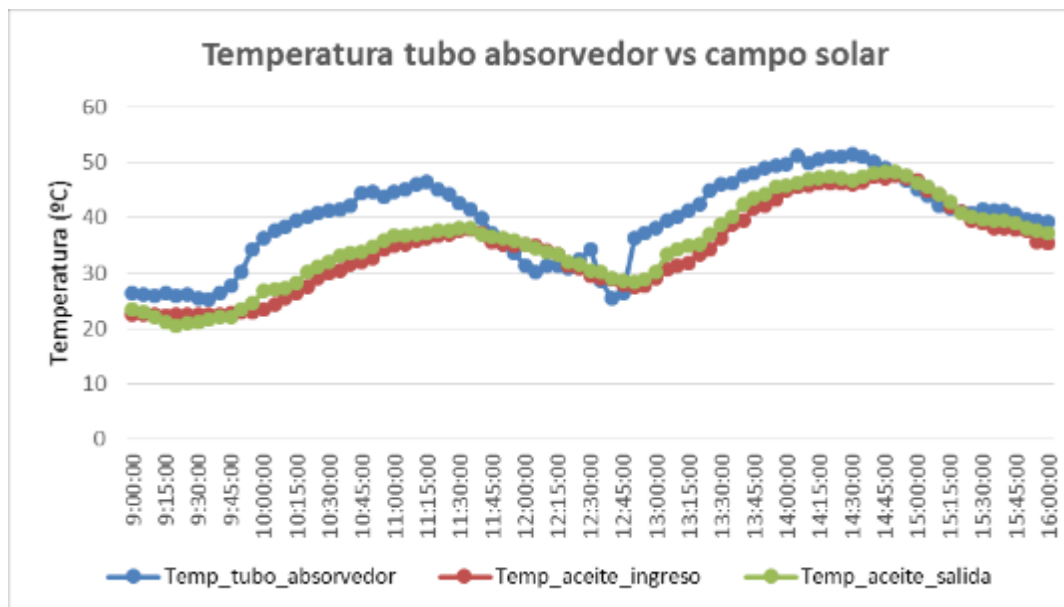
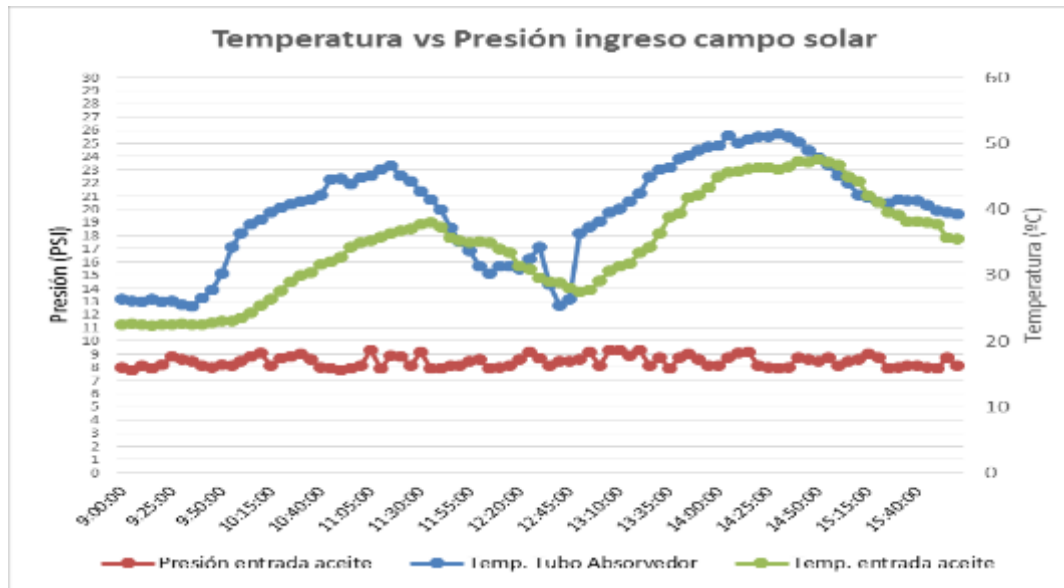


Descripción Estadística	Aceite entrada campo solar	Aceite salida campo solar	Tanque de aceite	Tanque de agua	Tubo Absorvedor	Ambiente
Media	25,6	24,7	26,7	27,1	37,0	26,3
Error típico	0,2	0,1	0,3	0,4	1,7	0,2
Moda	24,9	24,0	27,9	28,9	27,2	26,4
Desviación estándar	1,1	0,5	1,5	2,3	9,5	1,1
Rango	4,7	1,8	4,7	7,9	25,5	4,5
Mínimo	23,3	23,8	24,3	22,6	26,0	23,6
Máximo	28,0	25,6	29,0	30,5	51,5	28,1
Cuenta	31	31	31	31	31	31

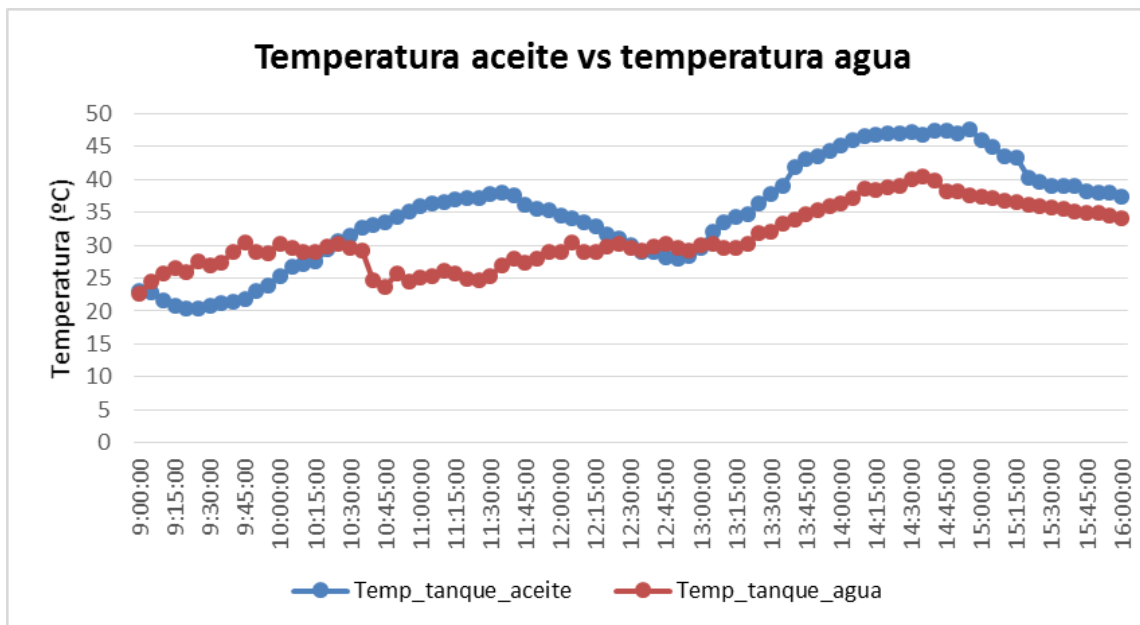
Temperatura Absorvedor vs Campo solar en reposo.

•Fuente: (Poaquiza Yumbolema, 2016)

Sistema Solar con orientación manual



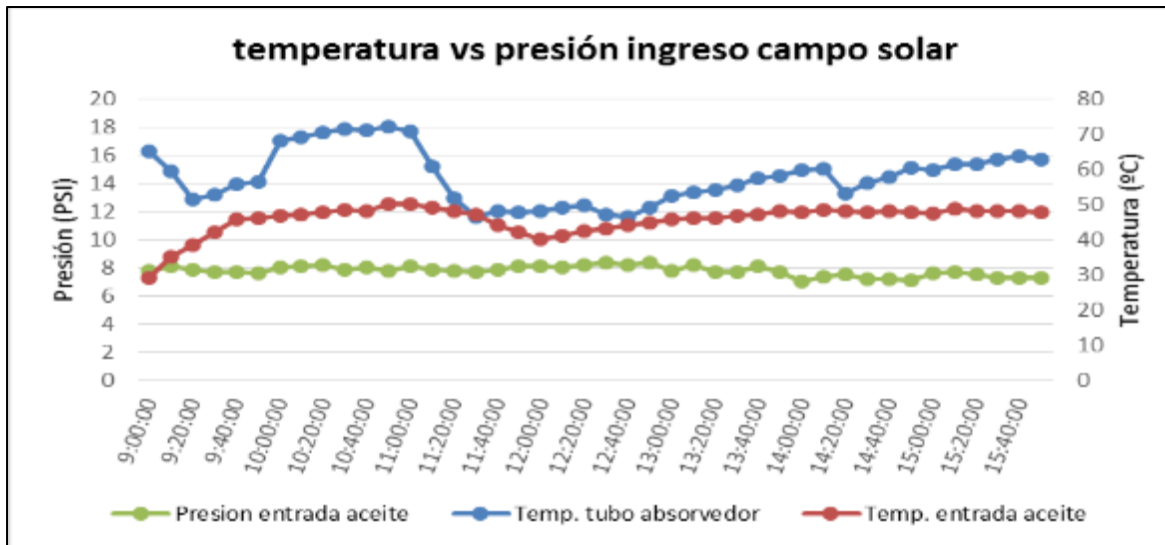
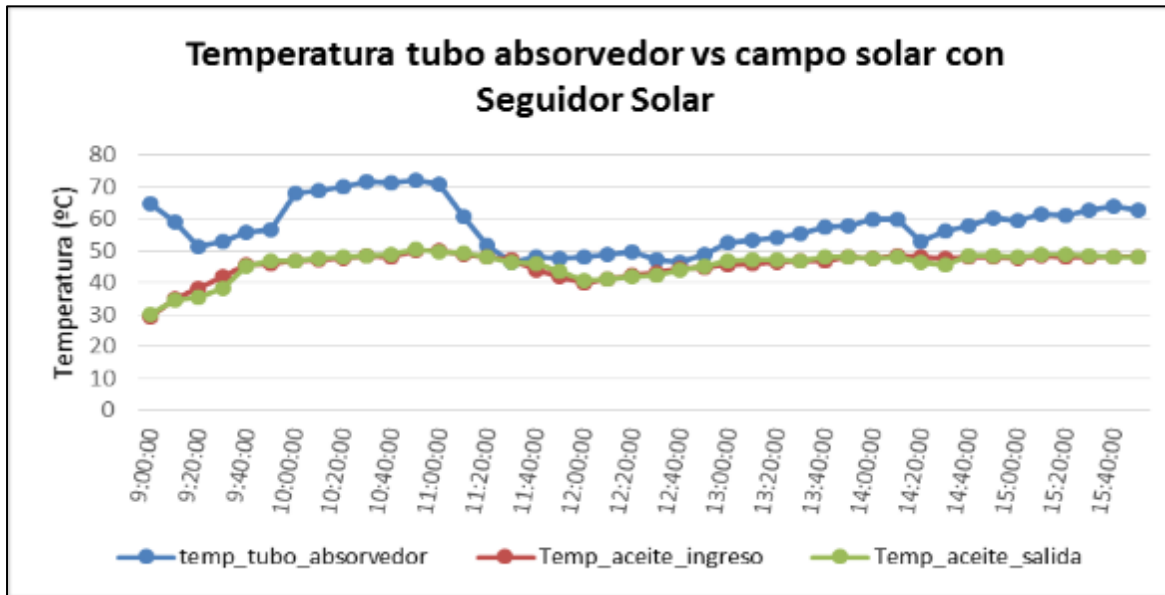
Sistema Solar con orientación manual



Descipción Estadística	Aceite entrada campo solar (°C)	Aceite salida campo solar (°C)	Tanque de aceite (°C)	Tanque de agua (°C)	Tubo Absorbedor (°C)	Ambiente (°C)
Media	34,5	35,5	35,0	31,1	39,6	26,0
Error típico	0,8	0,9	0,9	0,5	0,8	0,3
Moda	22,5	22,2	39,1	28,9	41,5	20,5
Desviación estándar	7,8	7,9	7,9	4,6	7,8	2,8
Rango	25,2	27,7	27,2	17,7	26,2	11,3
Mínimo	22,4	20,6	20,3	22,7	25,3	20,0
Máximo	47,6	48,3	47,5	40,4	51,5	31,3
Cuenta	85	85	85	85	85	85

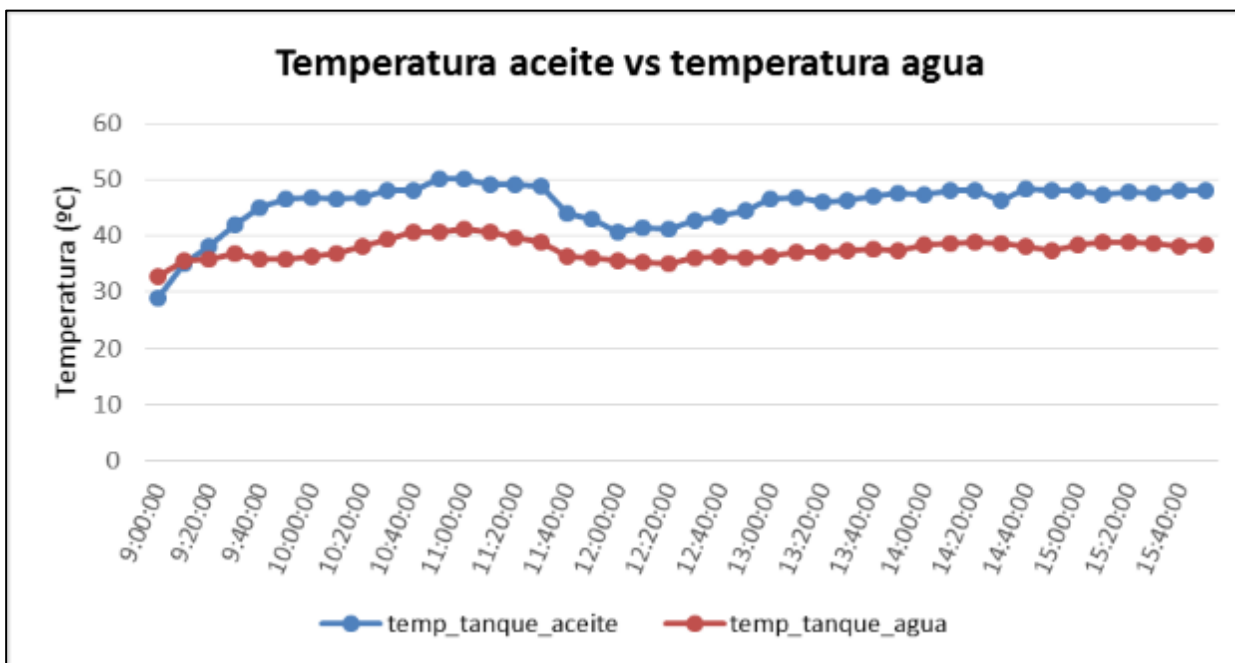
Fuente: (Poaquiza Yumbolema, 2016)

Sistema Solar con seguidor solar



Fuente: (Poaquiza Yumbolema, 2016)

Sistema Solar con seguidor solar



Descipción Estadística	Aceite entrada campo solar (°C)	Aceite salida campo solar (°C)	Tanque de aceite (°C)	Tanque de agua (°C)	Tubo Absorvedor (°C)	Ambiente (°C)
Media	45,7	45,7	45,5	37,5	57,9	30,5
Error típico	0,6	0,7	0,6	0,3	1,2	0,4
Moda	47,8	46,9	48,0	35,9	48,3	28,0
Desviación estándar	4,1	4,4	4,1	1,8	7,6	2,4
Rango	20,9	20,4	21,2	8,4	25,8	10,2
Mínimo	29,3	30,1	29,0	32,7	46,4	24,4
Máximo	50,2	50,5	50,2	41,1	72,2	34,6
Cuenta	42	42	42	42	42	42

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CCP_ESPE

Código	Equipo	Código MP	MPs	Horas	Frecuencia	Semana Inicio	Anual Horas
CCP_TAB_01	Tablero de Control	MP001	Revisión y Ajuste de borneras	0,50	12	4	2,17
		MP002	Termografía	0,25	26	26	0,50
CCP_CONC_01	Lazo 1 sistema CCP	MP003	Limpieza de Colector	1,50	3	1	26,00
		MP004	Limpieza y ajuste de Absorvedor	1,00	3	1	17,33
CCP_CONC_01	Lazo 1 sistema CCP	MP003	Limpieza de Colector	1,50	3	2	26,00
		MP004	Limpieza y ajuste de Absorvedor	1,00	3	2	17,33
CCP_CONC_01	Lazo 1 sistema CCP	MP003	Limpieza de Colector	1,50	3	3	26,00
		MP004	Limpieza y ajuste de Absorvedor	1,00	3	3	17,33
CCP_BOM01	Bomba Aceite	MP005	Ajuste de Borneras de Motor	0,50	12	4	2,17
		MP006	Inspección de sellos para determinar fugas	0,25	1	1	13,00
		MP002	Termografía Mecánica	0,25	26	26	0,50
		MP007	Vibraciones	0,50	26	20	1,00
		MP008	Lubricación de rodamientos	1,00	26	5	2,00
CCP_BOM02	Bomba de Agua	MP005	Ajuste de Borneras de Motor	0,50	12	4	2,17
		MP006	Inspección de sellos para determinar fugas	0,25	1	1	13,00
		MP002	Termografía Mecánica	0,25	26	26	0,50
		MP007	Vibraciones	0,50	26	20	1,00
		MP008	Lubricación de rodamientos	1,00	26	5	2,00
CCP_CAL_01	Caldero	MP009	Limpieza de Hogar	4,00	52	52	4,00
		MP010	Mapeo de temperatura de aislamiento	1,00	26	15	2,00
		MP011	Revisión de instrumentos de medición	0,50	4	1	6,50
		MP012	Purgas de fondo	0,25	4	8	3,25
CCP_SEG_01	Seguidor Solar	MP005	Ajuste de Borneras de Motor	0,50	12	4	2,17
		MP013	Revisión y relleno de aceite caja reductora	1,00	4	4	13,00
		MP006	Inspección de sellos para determinar fugas	0,25	1	1	13,00
		MP002	Termografía Mecánica	0,25	26	26	0,50
		MP007	Vibraciones	0,50	26	20	1,00
		MP008	Lubricación de rodamientos	1,00	16	10	3,25
CCP_INS_01	Instrumentación y sensores	MP014	Revisión y Ajuste de Conectores	2,00	8	8	13,00
		MP015	Calibración	8,00	26	26	16,00

Total Horas Anual	247,67
Total Horas Semana	4,76

Fuente: (Poquiza Yumbolema, 2016)

REPUESTOS SUGERIDOS

Repuesto	Marca	código	Cantidad	Unidad	Tipo de repuesto
Transmisor de presión	Turck	PT010	1	un	Critico
Termocupla Tipo J	Pyromation	1/2" x 5 cm	1	un	Critico
Tubo Absorvedor	Siemens		1	un	Critico
Sensor fin de carrera	Camsco		1	un	Critico
Aceite térmico	Shell	Shell Tranfer Oil S2	5	gls	Consumo
PLC Micrologix 1400	Allen Bradley	1762	1	un	Critico
Banda	Genérica	A49	1	un	Consumo
Encoder	Genérica	120 pulsos	1	un	Critico

Fuente: (Poaquiza Yumbolema, 2016)

SISTEMA SOLAR TÉRMICO BASADO EN CCP

Lecciones Aprendidas

FECHA : 15 Diciembre 2016

ASUNTO / TEMA : INSTALACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN EN LAS LINEAS PROCESO PARA EL MONITOREO

PARTICIPANTES : LUIS POAQUIZA

CATEGORIA QUE APLICA:

- GENTE
 CALIDAD
 CAPACIDAD DE RESP.
 SEGURIDAD

ESTADO ANTERIOR

En el momento de la instalación de las tuberías no se consideró las tomas y acoples para la colocación de instrumentación (Transmisores de presión y sensores de temperatura). Lo que dificulta sobre todo cuando la tubería ya se encuentra con la aceite termico.

ESTADO ACTUAL / FUTURO

Se coloca los transmisores de presión en forma paralela a los instrumentos de medida análogos. Los instrumentos análogos de temperatura son reemplazados con los sensores de temperatura (Termocuplas J).

DIAGRAMA / FOTO:



DIAGRAMA / FOTO:



BENEFICIO	SITUACION		MEJORA OBTENIDA
	ANTERIOR	ACTUAL / FUTURO	
SEGURIDAD			
CALIDAD	Los accesorios utilizados para acoplamiento de instrumentación son de hierro negro y se encuentran en mal estado.	Se cambia por accesorios de acero galvanizado para que soporte la corrosión.	Tiempo de vida de acoples y accesorios.
RESPUESTA (Productividad)			
GENTE	No se cuenta con una buena planificación del montaje y los ingenieros involucrados en los diferentes proyectos.	Determinar hitos y puntos críticos, así como los fusibles dentro de la planificación del proyecto para un mejor seguimiento.	Instalación adecuada de la instrumentación para el monitoreo y control.

OBSERVACIONES:

CONCLUSIONES

- Una metodología es importante en el ciclo de vida de un proyecto lo cual lo hace ordenado y evitando omitir pasos que conlleve a generar altos costos en la revalorización del proyecto.
- La propuesta metodología para los sistemas solares térmicos basados en metodologías reconocidas PMBOK y CAP han dado como resultado una ejecución completa del proyecto teniendo en cuenta la parte de gestión, ejecución técnica y soporte.
- Se evidencia que la metodología aplicada a la implementación del prototipo fue la AGILE que se basa en objetivos parciales y obtención de producto funcional. Lo cual no es aconsejable ya que se utiliza en proyectos de IT (tecnologías de la información).
- La investigación actual nos permitió recopilar y referenciar todas las etapas desde del diseño hasta la implementación del prototipo de sistema solar térmico de 16kw instalado en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

CONCLUSIONES

- Como parte de la metodología propuesta se determina que no se realizó un buen estudio de costo y beneficio lo cual es importante para la finalización del proyecto. Hasta la fecha se tiene un costo de instalación de \$ 2.331 / kw.
- Actualmente el sistema instalado en la ESPE está trabajando al 33% de su capacidad por falta de seguidores solares en dos lazos restantes y provoca pérdidas considerables en la transferencia térmica del aceite en su recorrido por el sistema, que actualmente el gradiente de entrada vs salida es de 1,5 °C aproximadamente.
- La temperatura del agua desde un sistema en reposo de 30 °C se eleva a 41,1 °C con un sistema con seguir solar.
- El mantenimiento del CCP_ESPE requiere aproximadamente un total de 10 h/h semanas o 2 h/h diarias para el correcto funcionamiento del sistema y su mantenibilidad en el tiempo

CONCLUSIONES

- El sistema de transferencia de calor se encuentra sobredimensionado con los parámetros de funcionamiento actuales, ya que con los niveles de radiación no se ha superado los 70 °C. y normalmente estos sistemas son diseñados para 300 °C.
- El sistema de control y monitoreo es diseñado con una arquitectura abierta para la posterior integración de equipos o sistemas vía red Modbus o Ethernet IP, pudiendo se estaciones Meteorológicas, sensores de medición de radiación, entre otros.

RECOMENDACIONES

- Realizar el mantenimiento sugerido para la óptima operación del sistema en el tiempo y mantener el stock de repuestos sugeridos.
- Para evitar pérdidas térmicas se debe aislar la tubería de transporte de aceite, así como el tanque de almacenamiento.
- Instalación de un variador de frecuencia en la bomba de aceite para permitir variar el caudal del aceite térmico en su recorrido por el sistema y así mejorar el gradiente de temperatura.
- Colocar universales para el mantenimiento o cambio de instrumentación.
- Colocar bajo techo el tanque de almacenamiento de aceite para evitar la degradación temporal y la evaporación.
- Construir un dique con la capacidad del 110% del volumen del tanque de aceite. Además se debe contar con kits de atrapamiento de hidrocarburo en caso de derrames.

GRACIAS