



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS
RENOVABLES



"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA TÉRMICA EN
TERMAS SOLARES DE TRES COLORES DE TUBOS DE VACIO,
PARA DOS ÁNGULOS DE INCLINACIÓN DE 25° Y 35° PARA
LA CIUDAD DE JULIACA"

Stacy Qulspe Chambi

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGÍAS
RENOVABLES

Asesora:

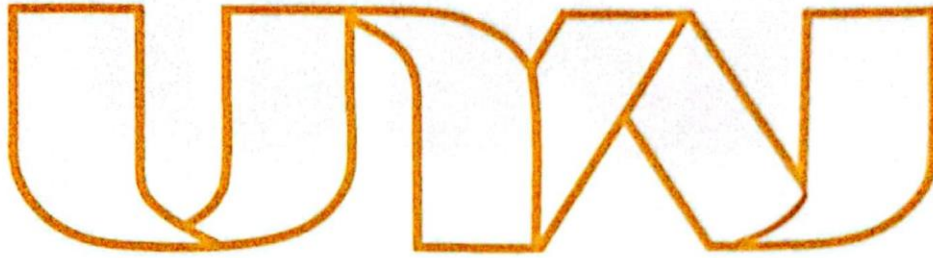
Dra. Vilma Sarmiento Mamani



JULIACA - 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS
RENOVABLES



“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA TÉRMICA EN
TERMAS SOLARES DE TRES COLORES DE TUBOS DE VACIO,
PARA DOS ÁNGULOS DE INCLINACIÓN DE 25° Y 35° PARA
LA CIUDAD DE JULIACA”

Stacy Quispe Chambi

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO EN ENERGIAS
RENOVABLES

Asesora:

Dra. Vilma Sarmiento Mamani



JULIACA - 2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS
RENOVABLES



ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA TERMICA EN
TERMAS SOLARES DE TRES COLORES DE TUBOS DE VACIO,
PARA DOS ANGULOS DE INCLINACION DE 25° Y 35° PARA LA
CIUDAD DE JULIACA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS
RENOVABLES

Stacy Quispe Chambi

Asesora :Dr. Vilma Sarmiento Mamani

Juliaca, 2021

Ficha catalográfica

Quispe, S.(2021). *Análisis comparativo de la eficiencia térmica en termas solares de tres colores de tubos de vacío, para dos ángulos de inclinación de 25° y 35° para la ciudad de Juliaca.* (Tesis de Ingeniería). Universidad Nacional de Juliaca.

AUTOR: Stacy Quispe Chambi

TITULO: Análisis comparativo de la eficiencia térmica en termas solares de tres colores de tubos de vacío, para dos ángulos de inclinación de 25° y 35° para la ciudad de Juliaca.

PUBLICACION: Juliaca, 2021

DESCRIPCION: Cantidad de páginas (94 pp.)

NOTA: Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables – Universidad Nacional de Juliaca.

CODIGO: 02-00006-02/Q77

NOTA: Incluye bibliografía.

ASESORA: Dr(a) Vilma Sarmiento Mamani

PALABRAS CLAVE: Termas Solares, color de tubos de vacío, ángulo de inclinación.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS
RENOVABLES

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA TERMICA EN TERMAS
SOLARES DE TRES COLORES DE TUBOS DE VACIO, PARA DOS ANGULOS
DE INCLINACION DE 25° Y 35° PARA LA CIUDAD DE JULIACA”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGÍAS
RENOVABLES

Presentada por:

Stacy Quispe Chambi

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Henry Pizarro Viveros
PRESIDENTE DE JURADO



Ms.c Alex M. Lerma Mamani
JURADO (Secretario)



2° MIEMBRO

Ms.c Jhon E. Abarca Suca
JURADO (Vocal)



3° MIEMBRO


Dr(a) Vilma Sarmiento Mamani

ASESORA DE TESIS

DEDICATORIA

Con mucho afecto dedico este trabajo de tesis a mis padres Francisco y Mauricia, porque siempre estuvieron brindándome su amor, confianza y apoyo incondicional permitiéndome concluir satisfactoriamente esta etapa de mi vida. A mis hermanas Sindy y Whany quienes siempre han estado brindándome su apoyo a si mismo fortalecieron mis ganas de seguir adelante.

A mi gran amor: mi querida hija Adriana por brindarme motivación y fuerza para lograr mis metas profesionales y mis metas de vida.

A mis grandes amigos Joshep y Julio Cesar que estuvieron brindándome ánimos y su amistad incondicional en el trayecto de mi vida de estudiante universitario y profesional.

STACY QUISPE CHAMBI

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A la Universidad Nacional de Juliaca, A la escuela profesional de Ingeniería en Energías Renovables mi alma mater, por la formación y la oportunidad que me dio en la culminación de mis estudios, a los docentes que supieron guiarme en la realización de esta tesis, a mis compañeros de ingeniería en energías renovables por momentos de estudio y me impulsan en lograr mi proyecto de vida.

STACY QUISPE CHAMBI

INDICE GENERAL

Índice de tablas	ix
Índice de figuras	x
Índice de anexos.....	xii
Lista de abreviaturas.....	xiii
Lista de símbolos.....	xiv
Resumen	xv
Abstract	xvi
INTRODUCCION	17
CAPITULO I.....	19
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.1. Descripción del problema.....	19
1.1.1. Formulación del problema general.....	19
1.1.2. Formulación del problema específico	20
1.2. Objetivos de la investigación	20
1.2.1. Objetivo general	20
1.2.2. Objetivo específico.....	21
1.3. Justificación de la investigación:.....	21
1.4. Formulación de hipótesis	21
1.4.1. Hipótesis general	21
1.4.2. Hipótesis específica.....	22
CAPITULO II.....	25

2.	REVISIÓN DE LITERATURA	25
2.1.	Antecedentes del proyecto.....	25
2.2.	Marco teórico	25
2.2.1.	Energías renovables.....	25
2.2.2.	Situación actual de las energías renovables.....	25
2.2.3.	El sol.....	26
2.2.4.	La energía solar	27
2.2.5.	Radiación solar.....	28
2.2.6.	Movimiento del sol.....	30
2.2.7.	Hora solar pico	31
2.2.8.	Energía solar térmica.....	32
2.2.8.1.	Clasificación de la energía solar térmica.....	33
2.2.9.	Efecto termosifón	37
2.2.10.	Mecánica de transferencia de calor	38
2.2.10.1.	Modos de transferencia de calor.....	38
	CAPITULO III	41
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	41
3.1.	Materiales	41
3.1.1.	Ubicación del proyecto.....	41
3.1.2.	Orientación e inclinación	42
3.2.	Métodos.....	42
3.2.1.	Radiación solar.....	42
3.2.1.1.	Descripción de la medición de irradiancia solar.....	42
3.2.1.2.	Inclinación y orientación del colector solar	44
3.2.2.	Color de tubo de vacío	51
	CAPITULO IV.....	54
4.	RESULTADOS Y DISCUSION	54
4.1.	Selección del colector solar.....	54

4.2. Orientación e inclinación de los colectores solares.....	55
4.3. Radiación solar.....	59
4.4. Cálculo de eficiencia según el color de tubo de vacío	62
4.5. Discusión.....	67
CAPITULO V	68
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
5.1. Conclusiones	68
5.2. Recomendaciones.....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	70
ANEXOS.....	72

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Distribución de energía según longitudes de onda (Mendez, Cuervo, & Bureau, 2010).....	30
Tabla 3.1: Valores de Irradiancia Max, Min y Promedio.....	43
Tabla 3.2: Radiación Solar del Perú (kWh/m ² /día).....	44
Tabla 4.1: Radiación promedio mensual para Juliaca (Meteonorm, 2020).....	59
Tabla 4.2: Temperatura registrada con el Datalogger y resultados de la aplicación de fórmula de eficiencia en un día de verano	62
Tabla 4.3: Temperatura registrada con el Datalogger y resultados de la aplicación de fórmula de eficiencia en un día de otoño	63
Tabla 4.4: Temperatura registrada con el Datalogger y resultados de la aplicación de fórmula de eficiencia en un día de invierno	64

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 : Vista el sol desde el límite superior de la atmosfera terrestre (Tiwari G. N., 2002)	27
Figura 2.2: Radiación solar que llega a la tierra (Mendez, Cuervo, & Bureau, 2010).....	28
Figura 2.3: Movimientos del Sol (Ilce & Fierro, 2014))	30
Figura 2.4: Altura solar (x) y Acimut solar (y) (Arhuire & Hanco, 2020).....	31
Figura 2.5: Hora solar pico (Maykop - Perez, 2017).....	32
Figura 2.6: Colector solar de tubos al vacío (Jensen, 2009).....	35
Figura 2.7: Tubo de vacío termosifón o evacuado simple (Jensen, 2009).	36
Figura 2.8: Efecto termosifón (Vercelli, 2013)	38
Figura 2.9: Transferencia de calor por conducción (Cengel, 2013).....	39
Figura 2.10: Transferencia de calor por convección (Cengel, 2013).	40
Figura 2.11: Transferencia de calor por radiación. (Cengel, 2013).....	40
Figura 3.1: Sistema de monitoreo de irradiancia.....	43
Figura 3.2: Captación solar	45
Figura 3.3: Radiación directa que incide sobre una superficie (Departamento de Fisica., Universidad Nacional Heredia,).....	47
Figura 3.4: Radiación directa sobre el colector de 35° y 25° de inclinación	48
Figura 3.5: Termas solares instaladas a un ángulo de 35° de inclinación.....	48
Figura 3.6: Termas solares instaladas a un ángulo de 25° de inclinación.....	49
Figura 3.7: Determinación del norte geográfico (Roldan,J., 2017).....	51
Figura 3.8: Tubo de vacío (Thermosol).....	52
Figura 3.9: Composición del tubo de vacío plateado (Solar Thermal, 2013).....	53
Figura 4.1: Componentes de un sistema térmico solar (Mendez J. &., 2011).....	54
Figura 4.2: Estudio de asolamiento en invierno	55
Figura 4.3: Estudio de asolamiento en primavera	56

Figura 4.4: Estudio de asolamiento en verano.....	56
Figura 4.5: Estudio de asolamiento en otoño	56
Figura 4.6: Grafico de resultados de temperatura vs ángulos	58
Figura 4.7: Radiacion promedio mensual para Juliaca (Meteonorm, 2020)	60
Figura 4.8: Irradiancia tomada desde el 21/02/2021-28/02/2021.....	60
Figura 4.9: Irradiancia tomada desde el 01/03/2021-31/05/2021.....	61
Figura 4.10: Irradiancia tomada desde el 01/06/2021-13/06/2021.....	61
Figura 4.11 : Grafico de eficiencia de acuerdo al color de tubo.....	63
Figura 4.12: Grafico de eficiencia de acuerdo color de tubo	64
Figura 4.13: Grafico de eficiencia de acuerdo al color de tubo	65
Figura 4.14: Grafico de temperatura vs color de tubo tomados durante los 3 meses y 21 días	65
Figura 4.15: Grafico de eficiencia vs color de tubo tomados durante los 3 meses y días	66

INDICE DE ANEXOS

Anexo A. Termas solares instalados a 35°.....	72
Anexo B. Termas solares instalados a 25°	73
Anexo C. Sensores de temperatura conectados en la terma	74
Anexo D. Colores de tubos de vacío	74
Anexo E. Datalogger y Solarimetro tomando datos.....	75
Anexo F. Tubo plateado.....	76
Anexo G. Radiación Solar del Perú (kWh/m ² /día).....	77
Anexo H. Temperaturas registradas con el Datalogger y resultados de la aplicación de fórmula de eficiencia en un día de verano	79
Anexo I. Temperaturas registradas con el Datalogger y resultados de la aplicación de fórmula de eficiencia en un día de otoño.	80
Anexo J. Temperaturas registradas con el Datalogger y resultados de la aplicación de fórmula de eficiencia en un día de invierno.	82
Anexo K. Detalle de los días que se tomó datos	84
Anexo L. Especificaciones técnicas de tubos de vacío	87
Anexo M. Planos.....	88

LISTA DE ABREVIATURAS

PECC *Programa europeo de cambio climático*

ACS *Agua Caliente Sanitaria*

GLP *Gas Licuado de Petróleo*

HSP *Hora solar pico*

CPC *Colector Parabólico Concéntrico*

Gsolar *Energía que incide sobre una superficie*

Gd *Radiación solar directa*

LISTA DE SIMBOLOS

w/m^2	Vatio sobre metro cuadrado
m	Metros
m^2	Metro Cuadrado
$cal./(min)(cm^2)$	Energía Transmitida
x	Altura Solar
y	Acimut Solar
kWh/m^2	Kilo vatio por hora sobre metro al cuadrado
θ	Angulo de incidencia de la radiación solar directa
n	Eficiencia
Tcal	Temperatura del agua caliente
Tfria	Temperatura del agua fría
L	Litros
Kgf/cm	Presión máxima de operación

RESUMEN

Se realizó el análisis comparativo de la eficiencia térmica en termas solares de tres diferentes colores de tubos de vacío para una inclinación de 25° y 35° alternando cada dos semanas, instalado en un punto de la ciudad de Juliaca, para analizar qué color de tubo de vacío instalado a una inclinación de 25° y 35° hace que la terma sea más eficiente para la ciudad de Juliaca que está a 3825msnm. Donde se aplicó el análisis comparativo experimental puro; para tres tubos de diferentes colores como son el tubo negro que es el más comercial en la ciudad de Juliaca, tubo lila que por fuentes comerciales es el segundo sistema térmico más expandido y finalmente el tubo plateado porque es una nueva tecnología que está llegando a la ciudad, asimismo se instaló a una inclinación de 25° y 35° alternando cada 2 semanas durante los 3 meses y 21 días, los tubos fueron divididos en tres grupos para ver el comportamiento de acuerdo al color, cada terma fue instalada a una inclinación de 25° y 35° orientada al norte. Para lo cual se utilizó tres termas solares, una de tubos de vacío negros, otra de tubos de vacío lilas y por último una de tubos de vacío plateados, sensores de temperatura, un datalogger para la toma de datos, un piranómetro para medir la radiación solar, un goniómetro para medir el ángulo, accesorios para la instalación y funcionamiento del colector solar térmico. Los resultados obtenidos determinaron que el color de tubo de vacío plateado es óptimo para obtener mayor eficiencia térmica solar debido a que tiene una eficiencia de 79% , el tubo lila 78% y el negro 77% de eficiencia . Interpretando que el tubo plateado es 1% más eficiente que el tubo lila y 2% más eficiente que el tubo negro evidencian que el color de tubo plateado es óptimo para la instalación de termas solares en la ciudad de Juliaca; así mismo se determinó que ángulo de inclinación de 25° es el óptimo para mejorar la eficiencia térmica en las termas solares ya que cuenta con una eficiencia de 90.63% siendo 8.72% más eficiente que el de 35° grados . La toma de datos se realizó durante 3 meses y 21 días comenzando el 21 de febrero del 2021 hasta el 13 de Julio del 2021.

Palabras clave: Termas Solares, color de tubos de vacío, ángulo de inclinación.

ABSTRACT

A comparative analysis of the thermal efficiency in solar thermal baths of three colors of vacuum tubes was carried out for an inclination of 25 ° and 35 ° alternating every two weeks, installed in a point of the city of Juliaca, to analyze what color of the tube of Vacuum installed at an inclination of 25 ° and 35 ° makes the hot spring more efficient for the city of Juliaca, which is at 38325 meters above sea level. Where the pure experimental comparative analysis was applied; for three tubes of different colors, such as the black tube, which is the most commercial in the city of Juliaca, the purple tube, which from commercial sources is the second most used thermal system, and finally the silver tube because it is a new technology that is reaching the city, also installed an inclination of 25 ° and 35 ° alternating every 2 weeks during the 3 months and 21 days, the tubes divided into three groups to see the behavior according to color, each hot spring was installed an inclination of 25 ° and 35 ° oriented north. For which we used three solar thermal baths, one with black vacuum tubes, another with purple vacuum tubes and finally one with silver vacuum tubes, temperature sensors, a datalogger for data collection, a pyranometer to measure radiation. solar, a goniometer to measure the angle, accessories for the installation and operation of the solar thermal collector. The results obtained determined that the color of the silver vacuum tube is optimal to obtain greater solar thermal efficiency because it has an efficiency of 79%, the purple tube 78% and the black one 77% efficiency. Interpreting that the silver tube is 1% more efficient than the purple tube and 2% more efficient than the black tube, they show that the color of the silver tube is optimal for the installation of solar thermal baths in the city of Juliaca; Likewise, it was determined that the angle of inclination of 25° is the optimal one to improve the thermal efficiency in solar thermal baths since it has an efficiency of 90.63% being 8.72% more efficient than that of 35° degrees. The data collection was carried out during 3 months and 21 days starting on February 21, 2021 until July 13, 2021.

Keywords: Solar Thermal Baths, color of vacuum tubes, angle of inclination.

INTRODUCCION

El presente proyecto de tesis se refiere al análisis comparativo de la eficiencia térmica en termas solares de tres diferentes colores de tubos de vacío para una inclinación de 25° y 35° para la ciudad de Juliaca.

La característica principal de este proyecto es el análisis para mejorar la eficiencia térmica en las termas solares para la ciudad de Juliaca; como bien sabemos que cada determinado lugar tiene diferentes magnitudes geográficas y que la tecnología debe desarrollarse respecto a las características del lugar a aplicar. En la ciudad de Juliaca se expenden termas solares pero ninguna con las especificaciones técnicas óptimas para esta ciudad; por ello el comprador de termas durante el año tiene desavenencias como suele pasar en los meses de lluvia y los meses de invierno, que los sistemas térmicos no son eficientes ya que no calienta el agua para su uso, trayecto consigo consecuencias letales como son las enfermedades respiratorias.

El análisis comparativo de la eficiencia térmica en termas solares de tres diferentes colores de tubos de vacío para una inclinación de 25° y 35° para la ciudad de Juliaca, se realizó justamente para mitigar con la desinformación sobre este tipo de sistemas térmicos ya que tanto el empresario importador y el adquisidor de estos productos en la ciudad de Juliaca tenga en cuenta los resultados de este proyecto para adquirir estos sistemas y no tener problemas en los meses críticos que aquejan a la ciudad de Juliaca.

El interés empresarial verso en conocer las características que este sistema debe tener para ser aplicado en esta ciudad de Juliaca y así solicitar al exportador en este caso a las industrias chinas las especificaciones óptimas para esta ciudad conociendo los resultados de este proyecto.

En el ámbito académico el interés es de aportar conocimientos que fueron obtenidos por pruebas experimentales con el fin de contribuir con la investigación y mejorar productos que se expenden sin ninguna especificación técnica.

En el capítulo I se relata la problemática sobre las tecnologías para generar agua caliente ; tanto en el aspecto económico y con respecto a la falta de información técnica de estos productos, generándonos interrogantes del como varia la eficiencia térmica al comparar las termas solares de acuerdo a los colores de tubos de vacío y con respecto al ángulo de inclinación.

En el capítulo II veremos los antecedentes sobre proyectos que se realizaron relacionados con el tema, asimismo conceptos sobre energías renovables y su situación actual, el sol, la energía solar, radiación solar, movimiento del sol, hora solar pico, energía solar térmica, clasificación de la energía solar térmica, efecto termosifón, mecánica de transferencia de calor y modos de transferencia de calor.

En el capítulo III se enfoca en los materiales que se utilizaron para el análisis comparativo como son las termas solares, equipos de medición y en los métodos que se optaron para lograr nuestros objetivos.

En el capítulo IV se puede apreciar los resultados que se obtuvieron en el análisis comparativo de la eficiencia térmica en termas solares de tres diferentes colores de tubos de vacío para una inclinación de 25° y 35° para la ciudad de Juliaca, mediante cuadros y análisis.

Finalmente en el capítulo V y capítulo VI se muestran las conclusiones sobre nuestro análisis comparativo y las fuentes bibliográficas que fueron utilizadas para desarrollar dicho proyecto de tesis.

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Según la literatura revisada tomamos que la Comisión Europea (2003) reconoció la necesidad urgente de poner en marcha el Programa Europeo de Cambio Climático (PECC), cuyo objetivo es reducir las emisiones de gases de invernadero, en el horizonte 2010, en un 8% con respecto a 1990, lo que equivale a una reducción de 336 millones de toneladas de CO₂ equivalente. Por este motivo, se introdujo el uso de energías renovables dentro de sector energético, siendo una de las tendencias actuales los sistemas de captación solar para ACS, climatización, etc. Según las diferentes termas solares existentes, se relaciona a los colectores solares de tubos de vacío con tecnología heat pipe, como la más eficiente para el uso residencial hasta industrial dependiendo de factores como la radiación, la tecnología usada y el Angulo de inclinación óptima.

De acuerdo con el investigador Recalde Celso (2015) se analizó el comportamiento de tubos de vacío ante la acción de la radiación solar incidente en la zona ecuatorial alto andina en Irak. Las pruebas se realizaron en cuatro días diferentes con tres declinaciones solares, cubriendo la época seca y la época lluviosa. Se trabajó con dos tubos de vacío, inclinados a 15° y 60°; 20° y 45°; 30° y 60°; 10° y 50°. Las mediciones demuestran que en las primeras horas del monitoreo la temperatura más alta del agua corresponde al tubo de vacío con el ángulo mayor y al acercarse el medio día el comportamiento cambia, a la inversa.

Segun la interpretación de Keith Yolanda Fernández (2014) En el Perú algunas familias implementaron las termas convencionales ya sean eléctricas o a gas, pero por el costo de energía eléctrica elevado no se tuvo mucha demanda, considerando estos últimos años como alternativa a los colectores solares, pero debido a la falta de información sobre estas tecnologías se opta por comprar el de menos costo, generando decepción en cuanto al sistema, Además no se ofrece calidad en el producto ni información de los tubos que componen el colector.

Según Cristian Flores (2018) En la ciudad de Juliaca las tecnologías para generar agua caliente son las termas eléctricas, de gas, etc. Estos debido a su alto costo de utilización y al alto grado de contaminación que genera su uso, no tiene mucha demanda, por ello desde el año 2014 entraron al mercado las nuevas tecnologías con energía renovable, como son las termas solares. Pero por ser tecnologías modernas en la ciudad y la falta de información, las personas optan por comprar el más económico sin saber la eficiencia de dicha tecnología, incluso para el sector industrial, hacer una adquisición es complicado, porque no les ofrecen calidad ni las especificaciones técnicas reales del sistema. Además, en sectores donde se comercializan los colectores solares de tubos de vacío no diferencian los efectos en la eficiencia que puede generar un determinado color de tubo, ni toman en cuenta la inclinación para hacer más óptimo el sistema de captación solar en la ciudad, generando así pérdidas de temperatura a la salida de agua caliente en la terma solar.

1.1.1. Formulación del problema general

- ¿Cómo varía la eficiencia térmica al comparar las termas solares de tres colores de tubos de vacío instalados a dos diferentes ángulos de inclinación a 25° y 35° para la ciudad de Juliaca?

1.1.2. Formulación del problema específico

- ¿Cuál de los colores de tubos de vacío es óptimo para obtener mayor temperatura de salida del fluido de la terma?
- ¿Cuál de los dos ángulos de inclinación será el óptimo para mejorar la eficiencia térmica en las termas solares?

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Objetivo general

- Analizar y comparar la eficiencia térmica de las termas solares de tres colores de tubos de vacío instalados a dos diferentes ángulos de inclinación a 25° y 35° para la ciudad de Juliaca

1.2.2. Objetivo específico

- Determinar qué color de tubo de vacío es óptimo para obtener mayor eficiencia térmica en la terma solar.
- Determinar que ángulo de inclinación es el óptimo para mejorar la eficiencia térmica en las termas solares.

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:

El proyecto de investigación beneficiara a investigadores, fabricantes, empresarios de colectores solares y también a la población de Juliaca debido a que podrán adquirir el colector solar con los tubos adecuados para esta zona haciendo de sistema de agua caliente más eficiente ya que Juliaca presenta cambios climáticos bruscos.

Los colectores solares desde el año 2014 entraron al mercado Juliaqueño volviéndose estos últimos años muy demandantes para la población porque se obtiene agua caliente mediante la radiación solar sin la necesidad de consumir energía eléctrica, dejando de lado las fuentes de energía convencionales que utilizaban combustibles fósiles que tienen un alto impacto ambiental, pero con esta nueva tecnología no se tiene un impacto ambiental ya que sus fuentes son naturales en este caso el sol.

Implementar una terma eléctrica convencional que usa combustibles fósiles, esto conlleva a un gasto reiterado económicamente en su utilización. Pero si se emplea la tecnología de colectores solares, los costos de operación se reducirían considerablemente en relación a la energía convencional necesaria para otros sistemas. La tecnología de colectores solares representa una serie de ventajas como calentar el agua, máximo ahorro de energía, estética, entre otros.

1.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis general

- La eficiencia térmica de las termas solares varía con respecto a los tres colores de tubos de vacío e instalados a dos diferentes ángulos de inclinación a 25° y 35° para la ciudad de Juliaca.

1.4.2. Hipótesis específica

- El tubo de vacío de color lila es más eficiente a diferencia de los otros colores de tubos de vacío.
- El ángulo de inclinación óptimo es de 25° influye significativamente en la mejora la eficiencia térmica en las termas solares.

CAPITULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Según la información de Celso Recalde; Cesar Cisneros; Carlos Ávila; Gladys Urquizo (2015) Se analizó el comportamiento de tubos de vacío ante la acción de la radiación solar incidente en la zona ecuatorial alto andina. Las pruebas se realizaron en cuatro días diferentes con tres declinaciones solares, cubriendo la época seca y la época lluviosa. Se trabajó con dos tubos de vacío, inclinados a 15° y 60°; 20° y 45°; 30° y 60°; 10° y 50°. Las mediciones demuestran que en las primeras horas del monitoreo la temperatura más alta del agua corresponde al tubo de vacío con el ángulo mayor y al acercarse el medio día el comportamiento cambia, a la inversa. Se concluye que para optimizar la incidencia de la radiación solar directa en el calentamiento de agua en la región ecuatorial se debe emplear tubos de vacío horizontales .

Considerando los aportes dados por Wilder Efraín Eufracio Arias; Nathaly Ibeth Abregú Rodríguez; Dayana Rodríguez Espinoza. (2017) En la Universidad Nacional del Centro del Perú se evaluó la eficiencia de un colector solar de tubos de vacío sin y con tubo de calor. En la sección experimental, se llevaron a cabo 6 experimentos (23 días), tres días de los cuales se vivieron en un estado de radiación solar nublado para el efecto de referencia, se realizaron los experimentos entre los meses de marzo, mayo y junio de 2017. Donde dos paneles solares de tubos de vacío sin y con un tubo térmico con una capacidad de 100 L o 120 L, donde llegaron a la conclusión, los tubos de vacío hacen que el colector sea más eficiente.

En la ciudad de Juliaca la temporada de friaje es continúa variando de acuerdo a las estaciones del año pero siempre se tiene el agua fría y en un clima frígido no es dable porque es más fácil contraer enfermedades respiratorias y también de los huesos, debido a esto llegaron las termas eléctricas, termas a gas; pero por su gasto reiterado no tiene mucha demanda, pero en el año 2014 entro al mercado las nuevas tecnologías con energía renovable como son los colectores solares pero por la falta de información las personas compran el más

económico y decepcionándose al corto tiempo porque no les ofrecen calidad y tampoco especificaciones de qué color de tubo deben de comprar para esta zona y a que inclinación deben estar instalados los colectores para que sea óptimo.

De acuerdo con Ismael Arhuire; Luis Hanco (2020) se señaló la caracterización de la radiación solar en Puno para el diseño de un sistema térmico solar de agua caliente sanitaria para un hotel de 50 personas. Tesis para optar el grado de Ingeniero Mecánico Electricista. Universidad Nacional del Altiplano. El fin del trabajo consiste en caracterizar la radiación solar en Puno para diseñar un sistema térmico solar de agua caliente sanitaria para un hotel de 50 personas. El trabajo presenta un marco de referencia del uso de las energías renovables en especial la solar, el estado del arte del calentamiento solar de agua que se han llevado a cabo en Puno. También brinda una descripción de las tecnologías actuales más comerciales de calentamiento solar de agua así mismo caracteriza la radiación solar en Puno, demostrando las bondades técnicas y económicas de estos proyectos.

Teniendo en cuenta a John Calle; Jorge Fajardo; (2011) con el escrito Agua Caliente Sanitaria (ACS) de uso doméstico con energía solar. Artículo científico. Revista de Ciencia y Tecnología: Ingenius. Ecuador . Indican en resumen que el agua caliente sanitaria (ACS) de uso doméstico es una necesidad imperante debido a las condiciones de temperaturas bajas en la ciudad de Cuenca, para suplir esta necesidad actualmente se utilizan sistemas eléctricos y a base de GLP (gas licuado de petróleo, los mismos que en su producción y uso emiten dióxido de carbono (CO₂) el cual se constituye en el primer factor de contaminación. La energía solar utilizada a través de colectores solares de tubos de vacío para la obtención de ACS es una tecnología que aporta significativamente a disminuir la utilización de combustibles fósiles, actualmente en el Ecuador se comercializa colectores de este tipo que han sido copiados o importados de países europeos y norteamericanos.

Del aporte de Cristian Flores,(2018) sobre Diseño de una terma solar de tubos al vacío para las condiciones ambientales de Puno. Tesis para obtener el título de Ingeniero Mecánico Electricista. Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica – UNA. Resumen que Puno es uno de los departamentos con mayor radiación solar en el Perú. Considerar que las termas solares de tubos de vacío que se venden actualmente en la región sur no han sido diseñadas para las condiciones ambientales de Puno, desarrollan la metodología para diseñar

una terma solar de tubos al vacío para las condiciones ambientales de Puno. En los resultados especifican que para 150 litros de agua caliente el colector solar de tubos de vacío es necesario solo ocho tubos, como que la inclinación óptima del colector debe ser de aproximadamente de 15° que coincide con la latitud de Puno. Sugieren importar de China con las especificaciones técnicas del diseño realizado, por ser su costo económico .

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Energías renovables

Las energías renovables se producen de forma continua y son inagotables a escala humana; se renuevan continuamente a diferencia de los combustibles fósiles que existen unas determinadas cantidades o reservas, agotables en un plazo más o menos determinado. Las principales formas de energías renovables que existen son: hidráulica, biomasa, eólica, solar, geotérmica y las energías marinas.

Las energías renovables provienen de forma directa o indirecta, de la energía del Sol; con excepción de la energía geotérmica y de las mareas (Sawin J.L, 2017).

2.2.2. Situación actual de las energías renovables

En la actualidad, la contribución de las energías renovables (con respecto al consumo total de energía primaria) a nivel mundial ronda el 8% y en Europa 16%; estos porcentajes corresponden casi exclusivamente a energía hidráulica y biomasa.

Existe una creciente concienciación a nivel mundial en lo que se refiere a la problemática energética, debido fundamentalmente a:

- La dependencia energética del exterior de los países industrializados
- Los recientes descubrimientos sobre el origen antropogénico (causado por el hombre) del cambio climático.
- El agotamiento de los recursos energéticos fósiles.
- La emergencia sanitaria a nivel mundial que el 2020 nos llevó a un desbalance económico, trayendo consigo nuevas formas de producción de energía en países como Chile y Perú.

La energía procedente del Sol que llega a la Tierra en un año es mayor que toda la energía almacenada en todas las reservas de combustibles fósiles en el mundo. Si tan solo se aprovecharía el 0.002% de dicha radiación solar, se abastecería toda la demanda energética mundial y todavía sobraría energía (Sawin J.L. Kristin S. Sverrison F., 2017).

2.2.3. El sol

Es una estrella tipo – G de la secuencia principal que abarca aproximadamente el 99,86% de la masa del sistema solar. El sol es el objeto más brillante del cielo con magnitud aparente de -26,74. Es unos 13000 millones de veces más brillante que la segunda estrella más luminosa con una masa de materia gaseosa caliente que irradia a una temperatura efectiva de unos 6000°C, en cuyo interior tienen lugar una serie de reacciones que producen una pérdida de masa que se transforma en energía, esta energía liberada del sol se transmite al exterior mediante la denominada radiación solar. La radiación espectral de la radiación de esta fuente de energía medida fuera de la atmosfera terrestre, aproximadamente la mitad está en la región visible del espectro, cerca de la otra región infrarroja y un pequeño porcentaje de la región ultravioleta. La radiación del sol es de 63,450,720 w/m² suponiéndose que el sol emite en todas las direcciones y se construye una esfera que llegue hasta la atmosfera terrestre, es decir que tenga un radio de distancia de 149.5 millones de km, se podrá determinar cuál es la radiación en ese punto. El sol está a una distancia de 149,490,000 kilómetros de la tierra y la constante solar, esto es la intensidad media de radiación medida fuera de la atmosfera en un plano normal a la radiación es aproximadamente 1.94cal/min.cm³ o lo que es lo mismo 1.353 w/m² variable durante el año un 13% a causa de la elipticidad de la órbita terrestre (Markus J. Aschwanden, 2007).

Asimismo en la Figura 2.1 podemos apreciar la vista al sol desde el límite superior de la atmosfera terrestre, donde figura la cantidad y el porcentaje de Rayos UV, Visible, Rayos I.R que emite el sol a la tierra ; como también la cantidad que ingresa a la atmosfera terrestre.

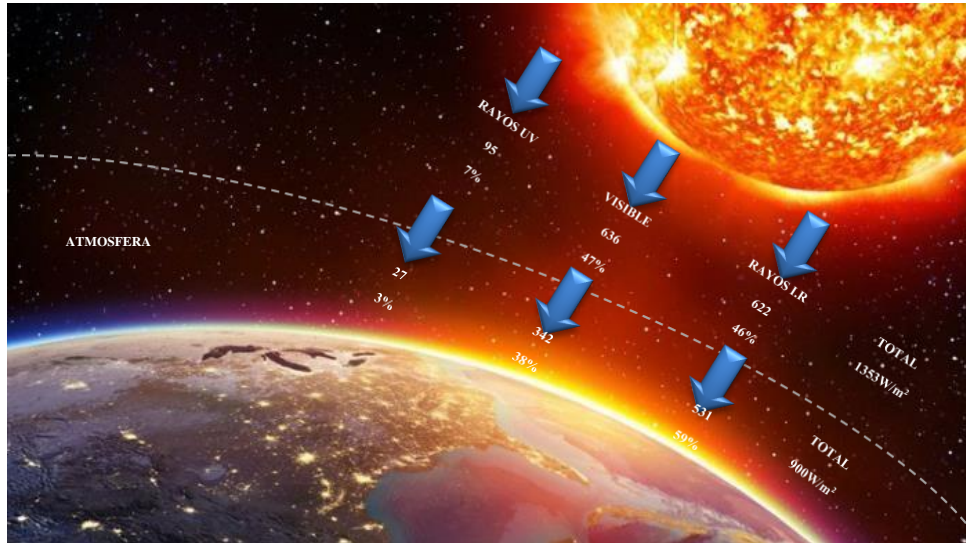


Figura 2.1 : Vista el sol desde el límite superior de la atmosfera terrestre (Tiwari G. N., 2002)

2.2.4. La energía solar

La energía solar directa es la energía del sol sin transformar que calienta e ilumina. Necesita sistemas de captación y de almacenamiento y aprovecha la radiación del sol de maneras diferentes (Teske, 2016).

- Utilización directa: Mediante la incorporación de acristalamiento y otros elementos arquitectónicos con elevada masa y capacidad de absorción de energía térmica, es la llamada energía solar térmica pasiva.
- Transformación en calor: Es la llamada energía solar térmica, que consiste en el aprovechamiento de la radiación que proviene del sol para calentar fluidos que circulan por el interior de captadores solares térmicos. Este fluido se puede destinar para el agua caliente sanitaria (ACS), dar apoyo a la calefacción para atemperar piscinas, etc.
- Transformación en electricidad: Es la llamada energía solar fotovoltaica que permite transformar en electricidad la radiación solar por medio de cédulas fotovoltaicas

integradas en módulos solares. Esta electricidad se puede utilizar de manera directa, se puede almacenar en acumuladores para su uso posterior, e incluso se puede introducir en la red de distribución eléctrica.

2.2.5. Radiación solar

La radiación en el sol es de $63,450,720 \text{ W/m}^2$ y la constante solar representa la energía media que llega a la capa más externa de la atmosfera terrestre y cuyo valor es igual a 1353 W/m^2 pero este valor no es el que precisamente llega a la superficie del suelo, debido a que hay un sin número de factores que afectan la captación del 100% de la energía radiante que proviene del sol.

A la tierra solo llega aproximadamente 1/3 de la energía total interceptada por la atmosfera y de ella el 70% cae en el mar. Aun así, es miles de veces el consumo energético mundial, como podemos ver en la Figura 2.2 la radiación solar que llega a la tierra.

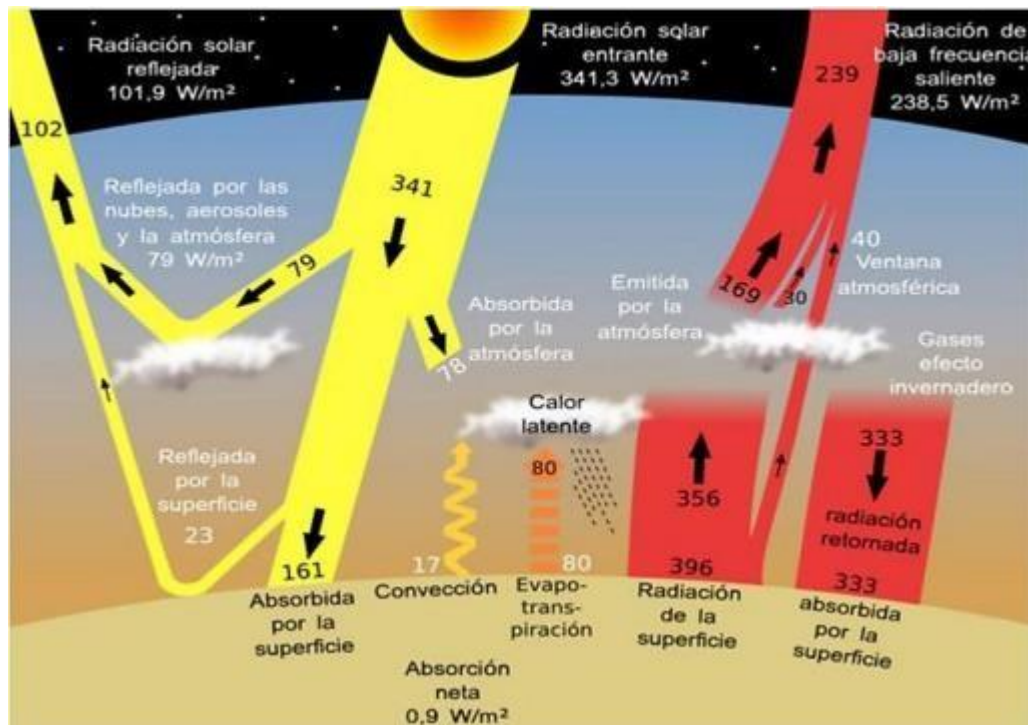


Figura 2.2: Radiación solar que llega a la tierra (Mendez, Cuervo, & Bureau, 2010)

a. Tipos de radiación solar

En 2008 Schallenberg et al, mencionan que la energía del Sol se desplaza a través del espacio en forma de radiación electromagnética, una parte de esta energía llega a la atmosfera, una parte de esta energía es absorbida por la atmosfera y por el suelo, y otra parte es reflejada directamente al espacio desde el suelo. Es por esto por lo que menos de la mitad de la radiación solar llega efectivamente a la superficie terrestre, siendo esta parte la que podemos utilizar con fines energéticos en nuestro planeta.

La radiación solar llega a nuestro planeta de tres formas distintas:

- Radiación directa: es la radiación que nos llega directamente del Sol; sin haber incidido con nada en su camino y por tanto sin haberse desviado ni cambiado de dirección. Esta radiación produce las sombras, este tipo de radiación se da en un día soleado.
- Radiación difusa: es la radiación que nos llega después de haber incidido con cualquier elemento de la atmosfera (polvo, nubes, contaminantes, etc.) por lo que ha cambiado de dirección. Generalmente se da en días nublados.
- Radiación reflejada o albedo: es la radiación reflejada por la superficie terrestre; específicamente en zonas con nieve, agua, etc. Donde la reflexión sea importante.

La intensidad de la radiación solar que llega a la superficie de la Tierra se reduce por varios factores variables, entre ellos, la absorción de la radiación, en intervalos de longitud de onda específicos, por los gases de la atmosfera, dióxido de carbono, ozono, etc. por el agua, por la difusión atmosférica por las partículas de polvo, moléculas y gotitas de agua, por reflexión de las nubes y por la inclinación del plano que recibe la radiación respecto de la posición normal de la radiación. El total de la energía solar que llega a la Tierra es enorme. Algunos países, por ejemplo, reciben anualmente alrededor de 1500 veces sus demandas de energía total. En un día de sol de verano, la energía que llega al tejado de una casa de tipo medio sería más que suficiente para satisfacer las necesidades de energía de esa casa por 24 horas.

La distribución espectral de la radiación en la superficie de la tierra ha sido extensamente estudiada y se ha propuesto una serie de curvas a modo de patrón, para diferentes masas de aire, la masa de aire m , se define como la radiación y el espesor cuando el sol está en el cenit y el observador a nivel del mar. La tabla 2.1 indica la distribución de energía según longitudes de onda en tres intervalos, para diversas masas de aire y se basa según la constante solar $1.896\text{cal}/\text{min}\cdot\text{cm}$.

Tabla 2.1: Distribución de energía según longitudes de onda (Mendez, Cuervo, & Bureau, 2010).

Intervalo de longitud de onda, m	Energía transmitida, cal./(\text{min.})(\text{cm}^2)					
	$m=0$	1	2	3	4	5
Ultravioleta, 0.29-0.40	0.136	0.057	0.029	0.014	0.008	0.004
Visible, 0.40-0.70	0.774	0.601	0.470	0.371	0.295	0.235
Infrarrojo, por encima de 0.70	0.986	0.672	0.561	0.486	0.427	0.377
Totales Calorías por minuto, por cm^2	1.896	1.330	1.060	0.871	0.730	0.616

Movimiento del sol

El sol tiene diferentes trayectorias según la estación del año, en invierno sube poco y en verano mucho, lo que hace que las sombras sean diferentes en unas estaciones y en otras como se puede apreciar en la Figura 2.3.

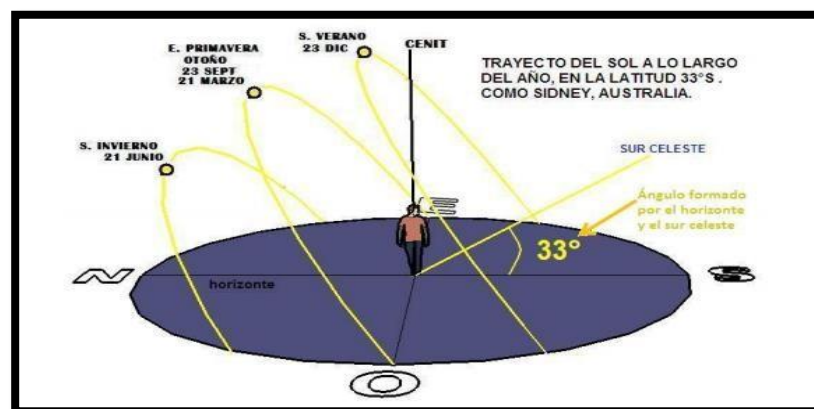


Figura 2.3: Movimientos del Sol (Ilce & Fierro, 2014))

Coordenadas solares:

- Altura solar(x): Es el ángulo formado por la posición aparente del sol en el cielo con la horizontal del lugar.
- Acimut solar (y):Es el ángulo horizontal formado por la posición del sol y la dirección del verdadero norte.

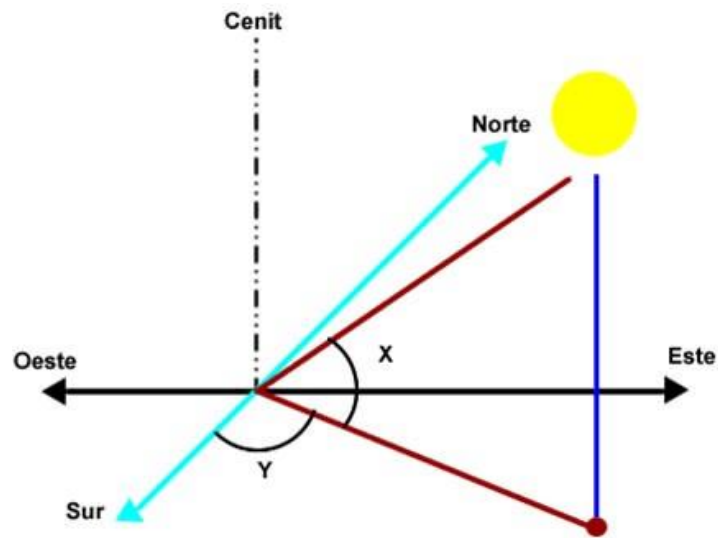


Figura 2.4: Altura solar (x) y Acimut solar (y) (Arhuire & Hanco, 2020)

2.2.6. Hora solar pico

La hora solar pico, es la cantidad de energía solar que recibe un metro cuadrado de superficie durante el día como se puede apreciar en la Figura 2.5 la hora solar pico durante el día. En resumen, si en este lugar existen 5HSP, tenemos 5 horas de sol que está transmitiendo $1000\text{W}/\text{m}^2$, con lo cual esa superficie habrá recibido ese día $5000\text{Wh}/\text{m}^2$, que es lo mismo que recibir $5\text{kWh}/\text{m}^2$. Mientras esté más cerca al ecuador más será la energía (Maykop - Perez, 2017).

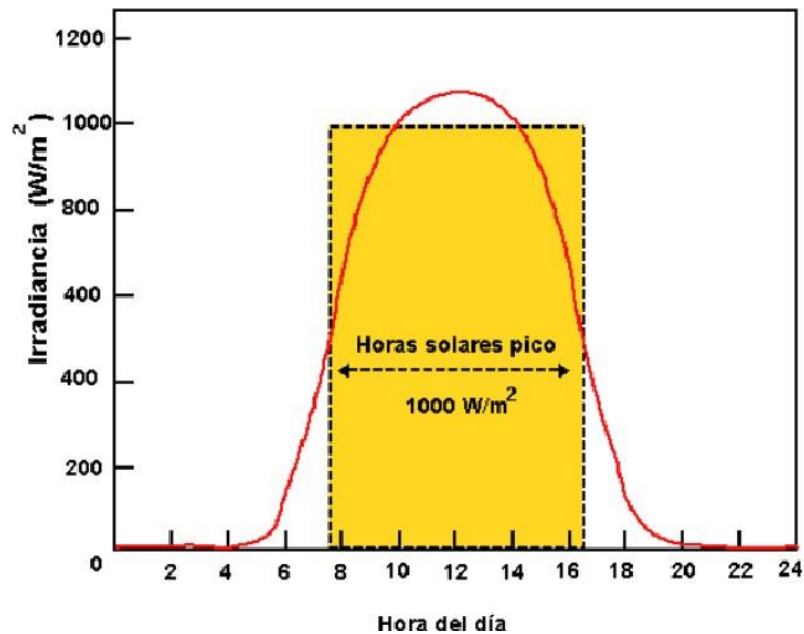


Figura 2.5: Hora solar pico (Maykop - Perez, 2017)

2.2.7. Energía solar térmica

La energía solar térmica o energía termo solar consiste en el aprovechamiento de la energía del Sol para producir calor que puede aprovecharse para cocinar alimentos o para la producción de agua caliente destinada al consumo de agua doméstico, ya sea agua caliente sanitaria, calefacción, o para producción de energía mecánica y, a partir de ella, de energía eléctrica. Adicionalmente puede emplearse para alimentar una máquina de refrigeración por absorción, que emplea calor en lugar de electricidad para producir frío con el que se puede acondicionar el aire de los locales.

Los colectores de energía solar térmica están clasificados como colectores de baja, media y alta temperatura. Los colectores de baja temperatura generalmente son placas planas usadas para calentar agua. Los colectores de temperatura media también usualmente son placas planas usadas para calentar agua o aire para usos residenciales o comerciales. Los colectores de alta temperatura concentran la luz solar usando espejos o lentes y generalmente son usados para la producción de energía eléctrica (JP, 1998).

2.2.7.1. Clasificación de la energía solar térmica

a. Energía térmica de temperatura baja

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 siendo generalmente su temperatura de trabajo 40° y 60° C. Una instalación solar térmica de baja temperatura está formada por captadores solares, dos circuitos de agua (primario y secundario), intercambiador de calor, acumulador, vaso de expansión y tuberías. La circulación del agua por dentro de los circuitos se puede obtener mediante termosifón, aprovechando la diferencia de densidad del agua a temperaturas distintas o mediante una bomba de circulación. Aunque con una bomba de circulación se necesita una aportación externa de energía eléctrica (Greenmatch, 2018).

- **Colectores de placa plana**

Los captadores o colectores solares planos funcionan aprovechando el efecto invernadero —el mismo principio que se puede experimentar al entrar en un coche aparcado al sol en verano—. El vidrio actúa como filtro para ciertas longitudes de onda de la luz solar: deja pasar fundamentalmente la luz visible, y es menos transparente con las ondas infrarrojas de menor nivel de energía. El sol incide sobre el vidrio del colector, que es transparente a la longitud de onda de la radiación visible, dejando pasar la mayor parte de la energía. Ésta calienta entonces la placa colectora que, a su vez, se convierte en emisora de radiación en onda larga (infrarrojos). Pero como el vidrio es muy opaco para esas longitudes de onda, entra más energía de la que sale, y el recinto de la caja se calienta por encima de la temperatura exterior. La placa colectora tiene unos conductos por los que circula un fluido caloportador que se calienta, y transporta esa energía térmica a donde sea necesario.

El rendimiento de los colectores depende de varios factores. Naturalmente de la insolación (horas de sol y situación geográfica, de mayor o menor soleamiento) y de la buena colocación del colector (orientación, inclinación y ausencia de elementos que les de sombra); aunque la caja está aislada térmicamente, tiene pérdidas hacia el ambiente exterior, pérdidas

que aumentan cuanto más frío esté el aire ambiente y cuanto mayor sea la temperatura del caloportador (mayor diferencia de temperaturas con el exterior) por lo que mejora el rendimiento cuanto menor sea la temperatura de trabajo. También, a mayor temperatura de la placa captadora, más energética será su radiación, y más transparencia tendrá el vidrio frente a ella, disminuyendo por tanto la eficiencia del colector (Rogriguez Mejia, 2016).

- **Colectores de tubos de vacío.**

Los distintos sistemas de colectores de tubo de vacío se basan en los tubos de vacío. Estos están conformados por dos tubos concéntricos entre los cuales se ha aspirado el aire produciéndose un vacío. En uno de los extremos ambos tubos se unen sellándose el vacío. Dentro de ambos tubos (de ahora en adelante nos referiremos a estos tubos concéntricos con el vacío, en medio como tubos de vacío) se sitúan los distintos tipos de absorbedores que determinan los distintos sistemas.

Algunos colectores emplean un sistema denominado CPC (Colector Parabólico Concéntrico) para aprovechar la radiación solar que incide entre dos tubos. Este sistema consiste en una serie de reflectores que dirigen la luz que cae entre tubo y tubo hacia la parte trasera de los mismos donde es también aprovechada. Con ello los colectores reciben luz tanto de la parte delantera como de la trasera. Con el sistema CPC se amplía la superficie efectiva de captación por metro cuadrado para la tecnología de tubo de vacío factor que sin embargo siempre estará por debajo de los colectores de placa plana (por metro cuadrado se capta menos, pero se hace un uso más eficiente de lo captado) como se puede ver en la Figura 2.6 un colector solar de tubos al vacío (Vercelli, 2013).

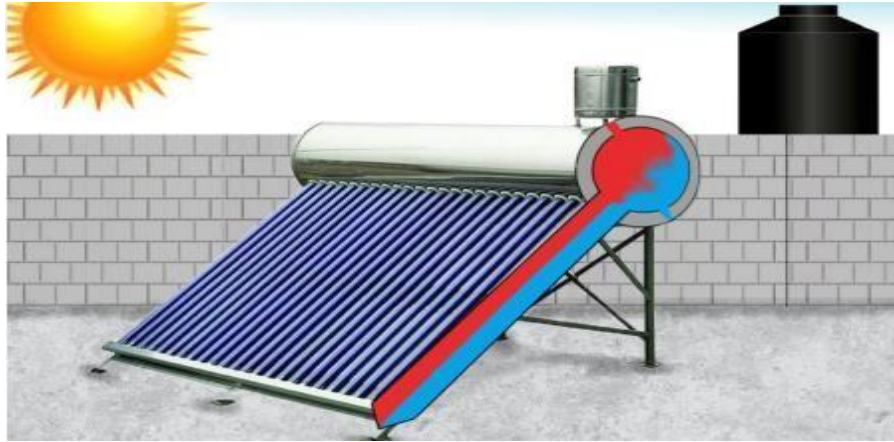


Figura 2.6: Colector solar de tubos al vacío (Jensen, 2009)

- **Tubos de vacío**

Los tubos de vacío pueden transformar la energía solar en el calor para la calefacción por agua. Los tubos de vacío se han utilizado ya durante muchos años en Alemania, Canadá, China y el Reino Unido. Hay varios tipos de tubos de vacío para la industria solar. Los colectores del girasol aplican el “tubo más común del gemelo-vidrio”. Debido a su confiabilidad, buen funcionamiento y barato para la producción. Los tubos del gemelo-vidrio se hacen del vidrio de borosilicato extremadamente fuerte para cada tubo de vacío. El tubo externo es transparente, con el fin de permitir que el rayo ligero pase a través y de reducir la reflexión del rayo ligero al mínimo. El tubo interno está cubierto con una capa de la capa selectiva especial (Al-N/Al) con la absorción de radiación solar excelente y la reflexión mínima, que mejoran grandemente la eficacia de la absorción de la energía del solar. La tapa de los dos tubos está fundida junta y el exceso del aire en el espacio entre las dos capas de vidrio es bombeado hacia fuera exponiendo el tubo en temperatura alta. Esta “evacuación” del espacio de vidrios forma un vacío, que es una característica importante para el buen funcionamiento de los tubos de vacío (Energy, 2019).

La técnica de vacío utilizada por los fabricantes de tubos fluorescentes se ha desarrollado y es la utilizada por los fabricantes de colectores de tubo de vacío. Los sistemas de colectores de tubo de vacío termosifón se basan en los tubos evacuados.

Estos están conformados por los tubos concéntricos entre los cuales se ha aspirado el aire produciéndose un vacío. En uno de los extremos, ambos tubos se unen sellándose al vacío. Dentro de ambos tubos se sitúan los distintos tipos de absorbedores que determinan los distintos sistemas.

Los tubos evacuados simples o termosifónicos son tubos evacuados ensamblados directamente con el depósito acumulador o de manera independiente que pueden contener solo agua o agua más anticongelante. La pared interior del tubo evacuado se sitúa una capa de color oscuro de material absorbente.

Cuando la radiación solar incide sobre la capa de material absorbente se transforma en calor y eleva la temperatura del fluido que está en contacto con él, así como se muestra en la Figura 2.7 el fluido se calienta por convección y comienza a ascender a través del tubo siendo reemplazado por fluido frío que a su vez se calienta y se reinicia el proceso. Teniendo una ventaja que es la escasa pérdida de calor y los inconvenientes de ser muy sensible a la presión.

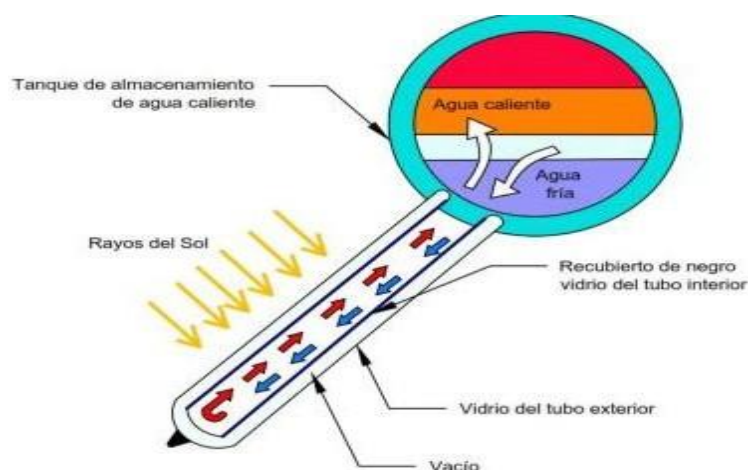


Figura 2.7: Tubo de vacío termosifón o evacuado simple (Jensen, 2009).

b. Energía térmica de media temperatura

La energía solar térmica de media temperatura va destinada a aquellas aplicaciones que requieran temperaturas de agua comprendidas entre 80 y 250° C, teniendo entre sus aplicaciones: producción de vapor para procesos industriales, producción de energía eléctrica a pequeña escala, desalinización del agua de mar, refrigeración mediante energía solar. El colector solar de concentración por reflexión son los sistemas de concentración más comunes, para que se produzca la concentración se utilizan espejos.

Para este rango de temperaturas, se utilizan normalmente concentradores lineales con superficie reflexiva parabólica. La estructura corresponde a un espejo parabólico, que refleja toda la radiación solar recibida, sobre un tubo de vidrio dispuesto a lo largo de la línea focal del espejo, en cuyo interior se encuentra la superficie absorbente en contacto con el fluido calo portador (solares, Calentadores solares, 2013).

c. Energía térmica de alta temperatura

La energía solar térmica de alta temperatura es la que va destinada aquellas aplicaciones que requieren temperaturas de agua superiores a los 250°C, su principal aplicación es la generación de vapor para la generación de electricidad a gran escala, requiere mayor concentración de radiación solar.

Realizar un seguimiento de la posición del sol en dos ejes para hacer incidir la radiación mediante reflexión sobre un área reducida en donde se encuentra el receptor, permite conseguir temperaturas de más de 4000° C. Los sistemas de captación son: sistemas de receptor central y los sistemas discos parabólicos (solares, Calentadores solares, 2013).

2.2.8. Efecto termosifón

Es uno de los efectos en los que se basa la energía solar. Se emplea en los equipos de Energía Solar Térmica. Según el principio del Efecto Termosifón como se muestra en la Figura 2.8 el agua al calentarse sufre un desplazamiento vertical y hacia arriba basado en la disminución de su densidad con el aumento de la temperatura. Esto provoca, que el agua

contenida en un depósito se encuentre estratificada, ocupando las posiciones más altas, las de mayor energía o temperatura.

La idea fundamental consiste en tomar el agua contenida en la parte inferior del depósito (la más fría), hacerla circular a través de los colectores para elevar su temperatura y devolverla de nuevo a la parte superior del depósito (la más caliente), de esta forma vamos transformando el agua fría en agua caliente, que es nuestro objetivo. El mismo depósito nos sirve de acumulador para disponer de agua caliente en los períodos de baja o nula radiación. (Vercelli, 2013).

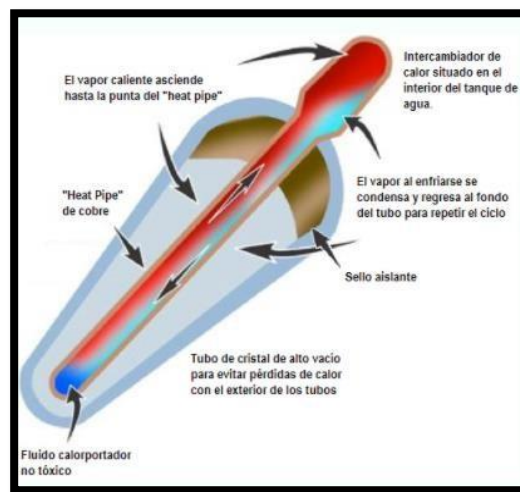


Figura 2.8: Efecto termosifón (Vercelli, 2013)

2.2.9. Mecánica de transferencia de calor

La transferencia de calor se produce siempre que existe un gradiente térmico en un sistema o cuando dos sistemas con diferentes temperaturas se ponen en contacto. El proceso persiste hasta alcanzar el equilibrio térmico, es decir, hasta que se igualan las temperaturas. Cuando existe una diferencia de temperatura entre dos objetos cercanos o regiones lo suficientemente próximas se transfiere calor más rápido (Cengel, 2013).

2.2.9.1. Modos de transferencia de calor

- **Conducción:** Es la transferencia de calor que se produce a través de un medio material por contacto directo entre sus partículas, cuando existe una diferencia

de temperatura y en virtud del movimiento de sus micropartículas. La transferencia ocurre en todos los estados de la materia y el medio puede ser sólido, líquido o gaseoso, aunque en líquidos y gases solo se da la conducción pura si se excluye la posibilidad de convección. La cantidad de calor que se transfiere por conducción, viene dada por la ley de Fourier. Esta predice que la densidad de flujo de calor sobre el área es igual al cociente entre la diferencia de temperatura con la diferencia de posición en una dirección multiplicada por la conductividad. La densidad de flujo de calor tiene unidades de W/m^2-K en el Sistema SI, como se demuestra en el Figura 2.9.

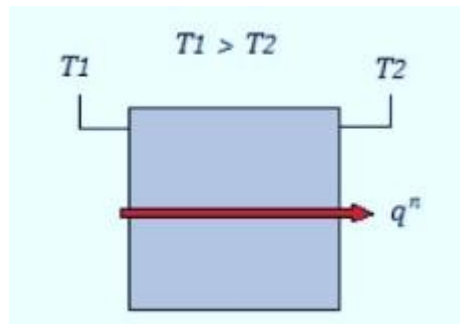


Figura 2.9: Transferencia de calor por conducción (Cengel, 2013)

- Convección: La transmisión de calor por convección se compone de dos mecanismos simultáneos. El primero, es la transferencia de calor por conducción, debido al movimiento molecular, a la que se superpone la transferencia de energía por el movimiento de fracciones del fluido que se mueven accionadas por una fuerza externa, que puede ser un gradiente de densidad (convección natural), o una diferencia de presión producida mecánicamente (convección forzada) o una combinación de ambas, como se aprecia en la Figura 2.10. La cantidad de calor transferido por convección, se rige por la ley de enfriamiento de Newton.

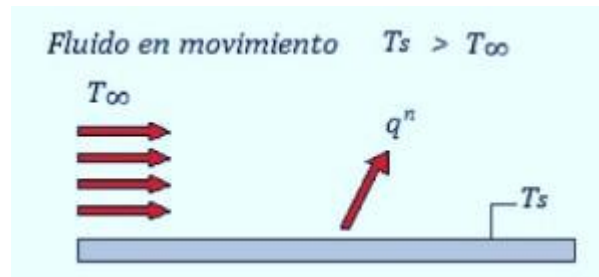


Figura 2.10: Transferencia de calor por convección (Cengel, 2013).

- Radiación: Se puede atribuir a cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas constitutivas. En ausencia de un medio, existe una transferencia neta de calor por radiación entre dos superficies a diferentes temperaturas, debido a que todas las superficies con temperatura finita emiten energía en forma de ondas electromagnéticas.¹ El calor emitido por una superficie en la unidad de tiempo, viene dado por la ley de Stefan-Boltzmann, como también en la Figura 2.11 se puede apreciar la transferencia de calor por radiación.

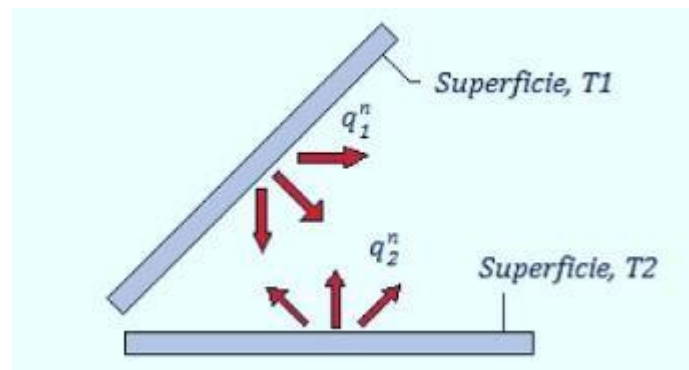


Figura 2.11: Transferencia de calor por radiación. (Cengel, 2013)

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

El diseño de sistemas térmicos solares influye en dos factores. El primer factor es el nivel de radiación solar en el lugar de instalación del sistema solar y el segundo factor es la selección adecuada del colector solar. La combinación de ambos factores determina el diseño óptimo del sistema, como en la zona de Juliaca que posee una alta incidencia solar.

En el diseño es primordial el régimen de uso del agua caliente en una familia, debido a las bajas temperaturas que se presenta en la temporada de invierno así mismo durante el año, en la ciudad de Juliaca.

Los materiales a utilizar para el proyecto de investigación son los siguientes:

- 3 Termas solares cada una de un color de tubo de vacío distinto (plateado, negro, lila)
- 4 sensores de temperatura (termocupla de inmersión, tipo K)
- 1 Datalogger (Termómetro con Datalogger de 4 canales K,J,E,T)
- Solarímetro (Mac Solar)
- Goniómetro.
- Accesorios para instalación y ajuste del sistema.

3.1.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO

La localización geográfica del proyecto, cuenta con 140.75m², se ubica en el Jr. Ayar Cachi N°527 en la Urb. La Capilla – Juliaca.

El lugar de instalación del proyecto cuenta con los servicios de agua, desagüe y electricidad, por la ubicación de la vivienda el entorno que lo rodea está libre de elementos que puedan generar sombras a la instalación de las termas; su entorno está rodeado de casas de casas de material noble (ladrillos y cemento).

Las coordenadas geográficas del proyecto son:

- Ubicación : Juliaca
- Latitud : -15.4933°
- Longitud : -70.1356°
- Radiación Solar promedio diario de 6.31 Kwh/m²/dia
- Altitud : 3825 m.s.n.m

3.1.2. Orientación e inclinación

Los colectores solares de tubos de vacío deben estar orientados hacia el norte y la inclinación coincidirá aproximadamente con la latitud del lugar más unos grados para operación y mantenimiento.

3.2.MÉTODOS

3.2.1. Radiación solar

3.2.1.1.Estudio de asolamiento

El estudio de asolamiento se realizó con la finalidad de conocer el punto de mayor captación de irradiancia para así orientar nuestras termas solares. Para realizar dicho estudio se utilizó el software Revit para la simulación de la trayectoria del sol ya que es variante de acuerdo a las estaciones del año.

3.2.1.2.DESCRIPCIÓN DE LA MEDICIÓN DE IRRADIANCIA SOLAR

Un sistema diseñado para ejercer como una pequeña estación meteorológica con variables a medir irradiancia solar. Con el fin de utilizarlo en aplicaciones fotovoltaicas y fototérmicas y poder realizar diagnósticos del potencial solar en una determinada zona.

Un dispositivo puede conectarse a un sitio web, donde se pueden descargar los datos medidos en un periodo de tiempo determinado. Tomando en cuenta que es de fácil instalación y que los datos de cada uno son almacenados en un servidor onde los datos obtenidos son representados en gráficos para una mejor interpretación de usuario en la figura 3.1 se muestra esquemáticamente cómo funciona este sistema de monitoreo.

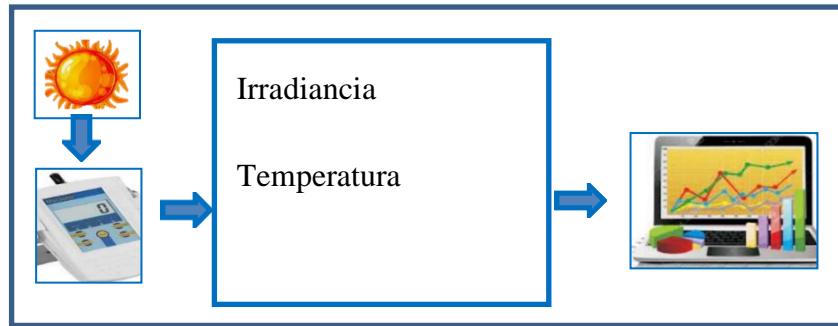


Figura 3.1 Sistema de monitoreo de irradiancia

a. Metodología para la caracterización de la radiación solar en la ciudad de Juliaca

Para la caracterización de la radiación solar, se procederá a medir mediante el solarímetro digital, y de los cuales se tomarán los datos a un intervalo de 15 minutos. Durante todo el día, para luego por un procedimiento estadísticos se reducirán la cantidad de datos almacenada en el dispositivo. En la Tabla 3.1 se aprecia los valores de irradiancia max, min y promedio donde se puede ver que en otoño se tubo la irradiancia máxima el 8 de marzo del 2021 y en la Tabla 3.2 la radiación solar en el Peru.

Tabla 3.1:Valores de Irradiancia Max, Min y Promedio

MAX	1371 W/m ²	OTOÑO	8 DE MARZO DEL 2021
MIN	0	Desde las tardes hasta la madrugada	
kW-h/m²	6.96		

Tabla 3.2: Radiación Solar del Perú (kWh/m²/día)

MES	2019	2020	PROMEDIO
Enero	6.4	6.42	6.41
Febrero	7.16	6.7	6.93
Marzo	6.29	6.2	6.25
Abril	6.18	5.81	6.00
Mayo	5.6	5.5	5.55
Junio	4.89	5.14	5.02
Julio	4.97	5.64	5.31
Agosto	5.98	6.25	6.12
Setiembre	7.41	6.76	7.09
Octubre	7	7.01	7.01
Noviembre	7.79	7.58	7.69
Diciembre	6.62	6.99	6.81
PROMEDIO	6.36	6.33	6.35

Nota: Elaborado por la tesista

3.2.1.3. INCLINACIÓN Y ORIENTACIÓN DEL COLECTOR SOLAR

La radiación solar obtenida de la tabla 3.4 da referencia a que los rayos solares inciden perpendicularmente a la superficie del colector, lo cual no es así por el movimiento constante del sol en el transcurso del día, lo cual implica determinar la posición del sol a través de sus coordenadas solares:

- Azimut solar
- Altura solar

De la misma manera la ubicación del colector solar en la ciudad de Juliaca estará determinado por sus coordenadas terrestres de Juliaca:

- Latitud
- Longitud

Entonces para que el colector solar capte la mayor radiación solar en el transcurso del día, este debe estar orientado hacia el norte (azimut) y su inclinación debe ser aproximadamente 15° (latitud).

a. Diseño de un colector solar de tubos de vacío

Para el buen funcionamiento del colector, debe alcanzar la máxima captación solar, por lo que es necesario que los tubos colectores se ubiquen de tal manera que los rayos solares incidan perpendicularmente sobre ellos.

Sin embargo, como el colector va a estar fijo a una estructura, y la inclinación de los rayos varía en el transcurso del día y con el cambio de las estaciones, entonces es imposible que el colector esté siempre perpendicular a los rayos solares. Para maximizar la radiación debe conocer la geometría del movimiento solar, y estimar la localización promedio del sol según el tiempo del día y del año en que se utilizará el colector.

Como ya se observó en el capítulo II, los colectores solares deben estar ubicados según la latitud en donde se quiera emplazar el sistema, si se está en el norte, el colector tiene que estar orientado hacia el sur y si se está en el sur orientado hacia el norte, con una latitud de $0^{\circ}0'00''$ como se muestra en la Figura 3.2.

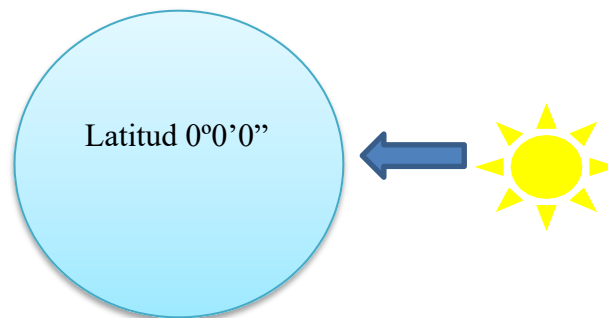


Figura 3.2:Captación solar

Para una captación total de la radiación solar, el colector debería estar en posición horizontal, pero este afectaría al efecto termosifón, que nos permite la circulación natural dentro del colector. El ángulo correcto para una mejor captación y para poder mejorar el efecto termosifón, determinado mediante pruebas, es de 35° a 25° grados, con respecto a la

horizontal, pero tomando en cuenta la corrección por la latitud de ubicación, es decir, se debe sumar el ángulo de latitud.

La ciudad de Juliaca se encuentra a una latitud de 15.4933° sur, por lo tanto, ***el colector debe estar orientado hacia el norte y su ángulo de inclinación con respecto a la horizontal debe ser aproximado a la latitud*** (tomando el valor de 15.4933° como referencia).

Los tubos de vacío, por los que circula el agua, se colocan de manera que el agua fría, la cual proviene del tanque de almacenamiento, entre por la parte superior y una vez que se calienta por la radiación solar, regresa al tanque debido a su menor densidad. Otra vez ingresa a los tubos agua fría del tanque, pero esta vez más caliente que en el ciclo anterior, por la mezcla que ya se dio en el interior del tanque; se vuelve a calentar por la radiación solar y sube otra vez al tanque. Dicho proceso de entrada de agua fría y salida del agua caliente en los tubos de vacío, continúa hasta que se logra un equilibrio térmico, cesando el movimiento, siendo éste el ***efecto termosifón***. De esta manera el agua caliente se acumula en el tanque, la cual puede ser utilizada cuando exista necesidad.

Una vez utilizada una cantidad de agua caliente, se llena con agua fría de la red, reiniciándose el movimiento. Para poder contar con agua caliente para consumo en la noche, es necesario que el tanque de almacenamiento tenga un mínimo de pérdidas y pueda mantener el agua caliente cuando no existe radiación solar.

Otro dato muy importante es el consumo diario que se va a tener, debido que, el colector tiene que ser capaz de abastecer las necesidades de agua caliente en todo el día.

Hay que tomar en cuenta que la radiación en la ciudad de Juliaca es muy variable, es decir, unos días puede presentarse una buena radiación en todo el día, así como también puede ser sólo por unas horas o tener un día totalmente nublado sin presencia de radiación directa. Por ese motivo el tanque de almacenamiento del sistema debe ser de acuerdo a lo integrantes del hogar, para evitar la carencia de agua caliente por consumo y/o por falta de radiación solar.

Además el tiempo que tarda en llegar a un equilibrio térmico el calentador que se está estudiando es de aproximadamente 3 horas con una radiación solar alta (396 a 1371 W/m²), pudiendo tardar más en ausencia de radiación solar directa.

Asimismo el objetivo es conocer a que ángulo de inclinación aumenta la capacidad de captación solar, esto se demuestra con la ecuación 3.1:

$$G_{solar} = G_d * \cos\theta \quad (3.1)$$

Donde, G_{solar} es la energía solar que incide sobre una superficie, G_d es la radiación solar directa (Figura 3.3) y θ es el ángulo de incidencia de la radiación solar directa.

Se puede deducir entonces que, mientras más pequeño sea el ángulo θ , mayor será la energía total que incide sobre una superficie.

Se tiene que tomar en cuenta que las mediciones de radiación solar tomadas en el proyecto de investigación y de las cuales se ha tomado el valor medio, fueron realizadas en el mismo ángulo en que se encuentran los tubos, es decir a 35° aproximadamente.

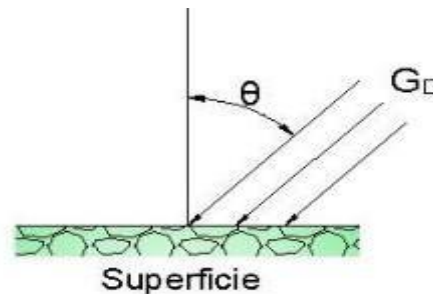


Figura 3.3: Radiación directa que incide sobre una superficie (Departamento de Física., Universidad Nacional Heredia,)

La representación esquemática de esta situación en un colector solar se representa en la Figura 3.5 y Figura 3.6.

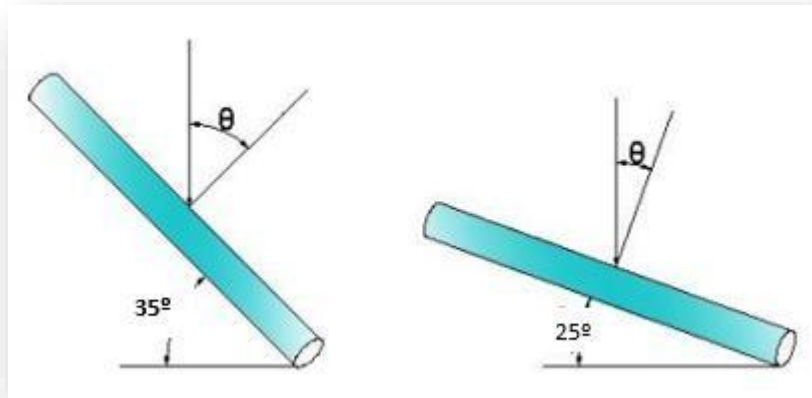


Figura 3.4: Radiación directa sobre el colector de 35° y 25° de inclinación



Figura 3.5: Termas solares instaladas a un ángulo de 35° de inclinación

Como se puede apreciar en la figura 3.5 se observa las tres estructuras de las termas solares instaladas a un ángulo de 35° que se pudo comprobar con el goniometro, así mismo se muestra en la caja de la terma cuando se adquirió para la instalación se pudo apreciar el ángulo de inclinación.



Figura 3.6: Termas solares instaladas a un ángulo de 25° de inclinación

En la figura 3.6 se aprecia las tres estructuras de las termas acondicionadas sobre seis ladrillos para llegar a un ángulo de inclinación de 25° que se verifico con el goniometro.

Para demostrar esto analíticamente, primero se tiene que calcular el valor de la radiación solar directa, para lo cual se despeja de la ecuación 3.1, entonces:

$$G_{solar} = Gd * \cos\theta$$

$$Gd = \frac{G_{solar}}{\cos\theta}$$

$$Gd = \frac{290}{\cos 35}$$

$$Gd = 354.024 \text{ W/m}^2$$

Ahora se determina cuanto por ciento de la radiación directa al ángulo de 35° se está aprovechando:

$$\frac{290}{354.024} = 0.819 = 81.91\%$$

Ahora se determina cuanto por ciento de la radiación directa al ángulo de 25° en la ecuación 3.1:

$$G_{solar} = G_d * \cos\theta$$

$$G_{solar} = 354.024 * \cos 25$$

$$G_{solar} = 320.854 W/m^2$$

$$\frac{320.854}{354.024} = 0.9063 = 90.63\%$$

Como se puede demostrar analíticamente, al reducir el ángulo de inclinación de los tubos de vacío con respecto a la horizontal de 35° a 25°, va a aumentar en un 8.72% la capacidad de captación solar, lo que obviamente va a mejorar la eficiencia del colector.

1. Norte geográfico

La determinación o ubicación del norte geográfico es muy importante, porque de él dependerá que la radiación solar captada por el colector sea la máxima. Porque el norte magnético no coincide con el norte geográfico, y la brújula u otros dispositivos que señalan los puntos cardinales, en este caso determina el norte magnético. Por lo que la metodología para determinar el norte geográfico se determina a continuación en la tabla 3.7.

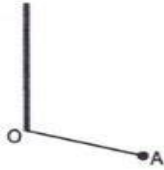
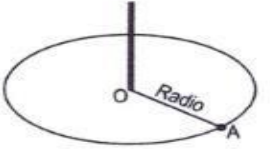
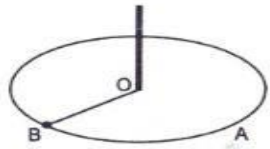
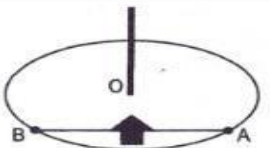
Trazado	Método a Seguir
	<p>En torno a 2 o 3 horas antes del mediodía (12 h), clavar en la tierra una estaca o una varilla, tubo o similar, de unos 2,5 m de largo.</p> <p>La varilla o similar proporcionará una sombra.</p> <p>En el momento <i>en que se considere oportuno</i>, marcar el extremo de la sombra. Punto A.</p>
	<p>Haciendo centro en O (varilla o similar), trazar una circunferencia con radio O-A.</p> <p>La sombra se irá recogiendo hasta ser nula y empezar a proyectarse en sentido contrario.</p>
	<p>Esperar a la tarde y a que la sombra que hace la varilla o similar se vaya prolongando dentro de la circunferencia.</p> <p>Cuando el extremo de la sombra toque la circunferencia, marcar el punto de contacto. Punto B.</p>
	<p>Unir el punto A con el B. La recta trazada será perpendicular a la orientación NORTE.</p> <p>El NORTE geográfico estará orientado mirando desde la recta A-B hacia la varilla, tal como se representa en la figura.</p>

Figura 3.7:Determinación del norte geográfico (Roldan,J., 2017)

3.2.2. Color de tubo de vacío

En cuanto a los colores de tubos de vacío, también es un factor importante que permite alcanzar la máxima captación solar. Como sabemos los colores son conductores de calor y la manera que influyen en este sistema es asombroso.

Los tubos de vacío en este sistema son de vidrio de Borosilicato con gran transparencia y resistencia al impacto, que absorben no solamente los rayos solares (radiación solar directa), sino también, el calor del medio ambiente aun cuando está nublado (radiación solar difusa), como se evidencia en la Figura 3.8.



Figura 3.8:Tubo de vacío (Thermosol)

El color de los tubos de vacío depende del tiempo que pasaron en el horno en su fabricación. Por ello los importadores de termas solares en la ciudad de Juliaca expenden termas solares con colores de tubos de vacío diferentes. Podemos encontrar en negro, rojo, azul, amarillo, dorado, lila y plateado.

En el proyecto de tesis se analizó solo tres colores uno negro debido a que es muy comercial y por el color podemos interpretar que es el que más calienta, uno lila ya que es el segundo color de tubo más vendido y el tubo de vacío color plateado porque es un color no muy común en las tiendas que expenden termas solares además que tiene otra composición como podemos observar en la figura 3.9.

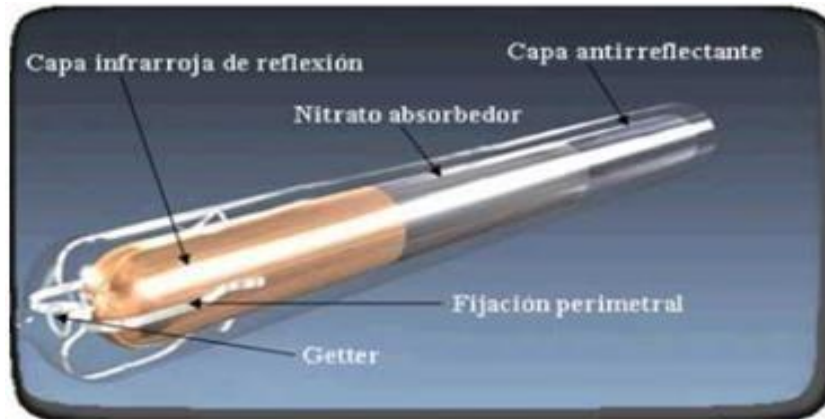


Figura 3.9: Composición del tubo de vacío plateado (Solar Thermal, 2013)

Eficiencia de acuerdo al color de tubo de vacío

La metodología aplicada para ver la eficiencia es experimental, demostrado mediante la aplicación de la ecuación (3.2)

- a) Evaluándose los datos obtenidos mediante la siguiente fórmula.

$$n = \frac{T_{caliente} - T_{fria}}{T_{caliente}} \quad (3.2)$$

n = eficiencia

Tcaliente= temperatura del agua caliente

Tfria=temperatura del agua fría

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. SELECCIÓN DEL COLECTOR SOLAR

Los colectores solares que se utilizaron para la toma de datos, son 3 colectores solares de 8 tubos de vacío cada uno; capacidad del colector (80L) de agua. Sus características técnicas son:

- Diámetro del tubo : 0.058 m
- Longitud de tubo : 1.80 m
- Presión máxima de operación : 5 Kgf/cm²

Donde el fluido de trabajo es el agua, aprovechando la propiedad física del agua, la cual se expande por el calentamiento y por tanto hace que la densidad del agua caliente sea menor que la fría. Por lo tanto, el agua caliente subirá naturalmente en el termo-tanque situado en la parte alta del colector mientras que el agua fría bajará al colector (efecto termosifón). Asimismo en la Figura 4.1 se muestra los componentes de un colector solar.



Figura 4.1: Componentes de un sistema térmico solar (Mendez J. &, 2011)

4.2. ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DE LOS COLECTORES SOLARES

Los aspectos fundamentales para que los rayos solares incidan sobre la superficie de los colectores solares(tubos de vacío) y la captación de la energía solar sea la más óptima y eficiente.

- Orientación

En cuanto a la orientación de las termas solares que se analizaron en cuanto a color de tubo de vacío y ángulo de inclinación; se realizó primeramente un estudio de asolamiento haciendo uso del software Revit por estación del año como se puede apreciar en la Figura 4.2 , Figura 4.3, Figura 4.4 y Figura 4.5. Donde se orientó al norte debido a que Perú se encuentra ubicado por debajo de la línea ecuatorial y a la vez muy próximo a dicha línea.

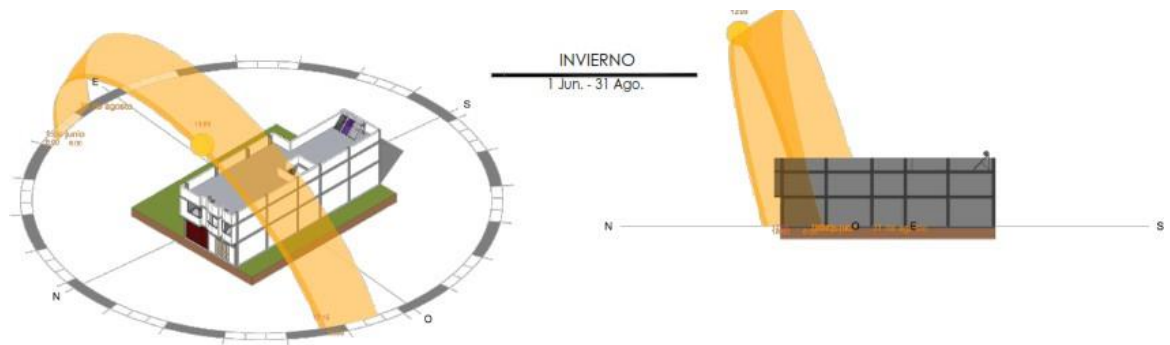


Figura 4.2: Estudio de asolamiento en invierno

Donde se aprecia que el sol sale más tarde y se oculta más temprano. Por lo tanto se obtiene menor captación solar.

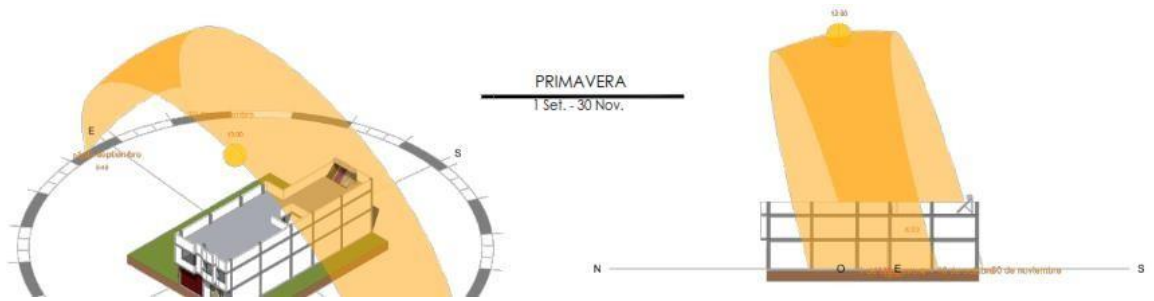


Figura 4.3: Estudio de asolamiento en primavera

Se puede ver que el sol se pone al oeste estando 12 horas en el horizonte.

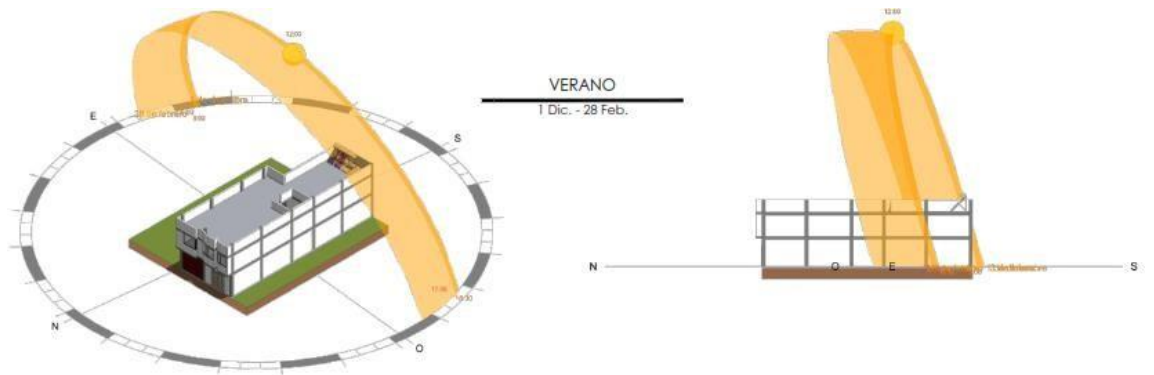


Figura 4.4: Estudio de asolamiento en verano

Donde se aprecia que el sol sale más temprano y se oculta más tarde. Por lo tanto se obtiene mayor captación solar.



Figura 4.5: Estudio de asolamiento en otoño

En otoño el sol se encuentra más bajo y las noches son más largas. Por ello la captación solar es mínima.

- **Inclinación**

Respecto a la inclinación de los colectores solares, los fundamentos teóricos nos recomiendan que para la inclinación óptima es importante el periodo de utilización del sistema térmico, uno de los valores siguientes:

- i. Demanda constante anual: la latitud geográfica
- ii. Demanda preferente en invierno: la latitud geográfica $+10^\circ$
- iii. Demanda preferente en verano: la latitud geográfica -10°

La inclinación óptima de acuerdo a nuestro análisis comparativo experimental podemos demostrar que mientras más aproximado sea el ángulo a la latitud del lugar más captación solar se obtendrá, como se observa en la figura 4.6.

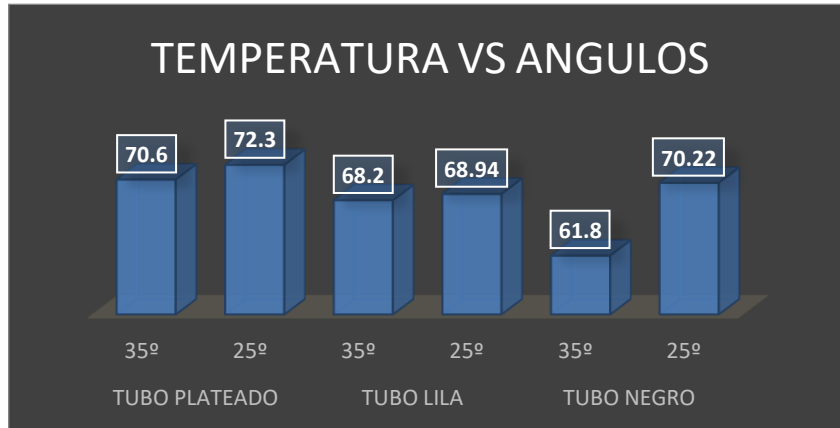


Figura 4.6: Grafico de resultados de temperatura vs ángulos

Como podemos observar el ángulo de inclinación optima es de 25° según la toma de datos. Así como también se pudo demostrar analíticamente .

Calculando el valor de la radiación solar directa, para lo cual se despeja de la ecuación 3.1, entonces:

$$G_{solar} = G_d * \cos\theta$$

$$G_d = \frac{G_{solar}}{\cos\theta}$$

$$G_d = \frac{290}{\cos 35}$$

$$G_d = 354.024 \text{ W/m}^2$$

Ahora se determina cuanto por ciento de la radiación directa al ángulo de 35° se está aprovechando:

$$\frac{290}{354.024} = 0.819 = 81.91\%$$

Ahora se determina cuanto por ciento de la radiación directa al ángulo de 25° en la ecuación 3.1:

$$G_{solar} = G_d * \cos\theta$$

$$G_{solar} = 354.024 * \cos 25$$

$$G_{solar} = 320.854 W/m^2$$

$$\frac{320.854}{354.024} = 0.9063 = 90.63\%$$

Como se puede demostrar analíticamente, al reducir el ángulo de inclinación de los tubos de vacío con respecto a la horizontal de 35° a 25°, va a aumentar en un 8.72% la capacidad de captación solar, por lo que va a mejorar la eficiencia del colector.

4.3. RADIACIÓN SOLAR

La determinación y cálculo de la radiación incidente sobre los colectores solares con la precisión necesaria es fundamental para un sistema térmico solar. Obteniéndose los datos de radiación promedio mensual para la ciudad de Juliaca en el software Meteonorm como se aprecia en la Tabla 4.1 y en la Figura 4.7.

Tabla 4.1: Radiación promedio mensual para Juliaca (Meteonorm, 2020)

RADIACION PROMEDIO MENSUAL (kWh/m2)											
ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
5.904	4.704	5.448	4.968	4.848	4.464	4.824	5.136	5.376	6.024	5.88	5.928

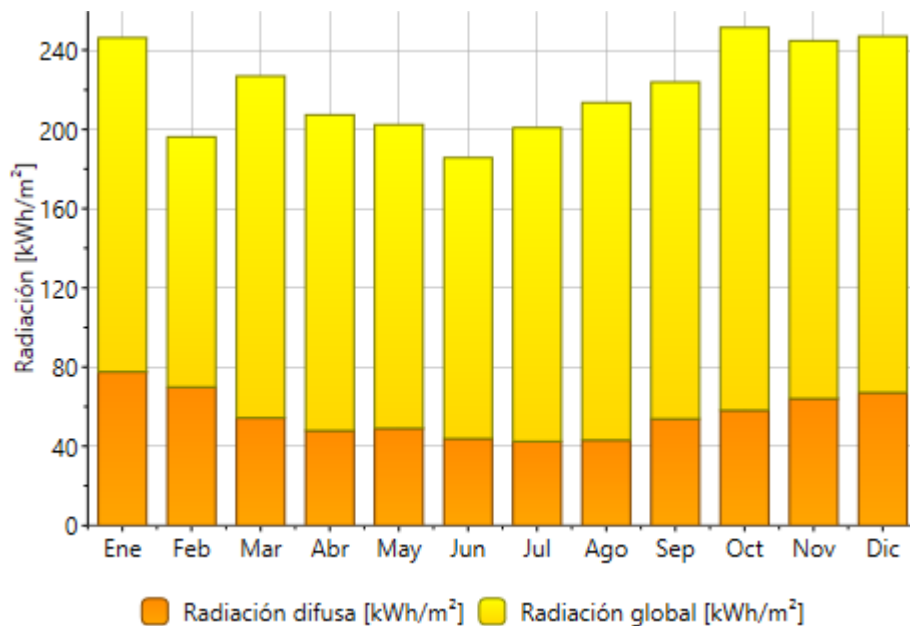


Figura 4.7: Radiación promedio mensual para Juliaca (Meteonorm, 2020)

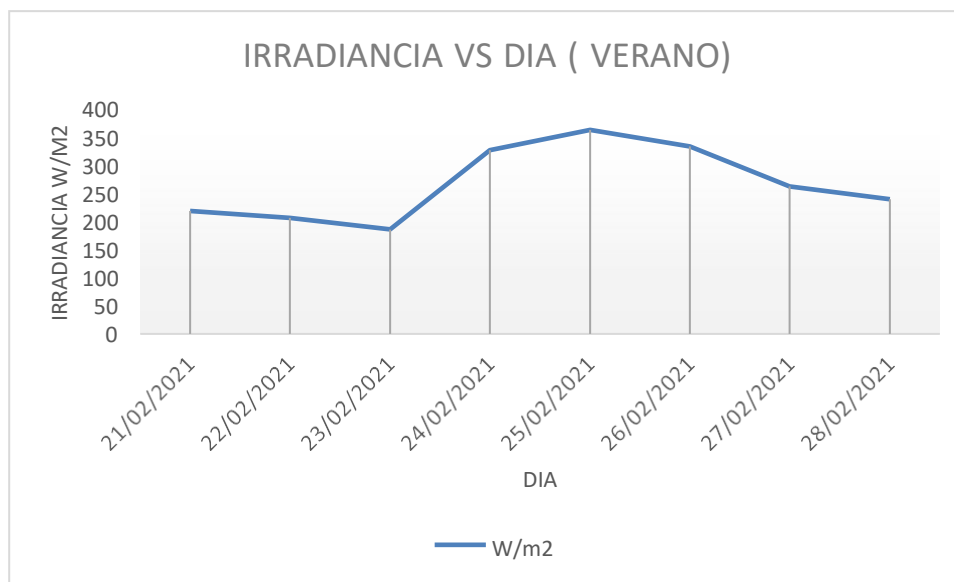


Figura 4.8: Irradiancia tomada desde el 21/02/2021-28/02/2021

En la Figura 4.8 se puede observar que la irradiancia varía de acuerdo al tiempo, en la mañana no hay mucha irradiación donde inicia la radiación máxima es a las 11:00:00 am de la mañana alcanzando su punto máximo hasta las 2:30:00 pm y de ahí empieza a descender hasta llegar

a 0 W/m² en las noches, en la figura se muestra también que el día con mayor irradiancia fue el 25/02/2021.

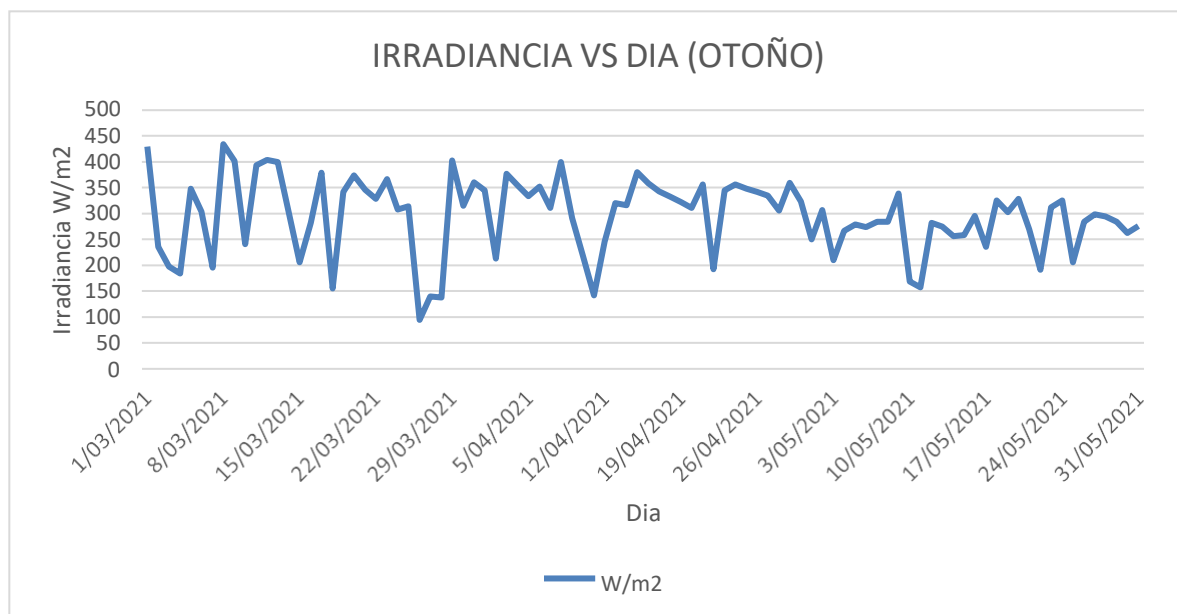


Figura 4.9: Irradiancia tomada desde el 01/03/2021-31/05/2021

En época de otoño como se puede observar en la Figura 4.9 la irradiancia varía de acuerdo al tiempo, en la mañana no hay mucha irradiación donde inicia la radiación máxima es a las 11:30:00 am de la mañana alcanzando su punto máximo hasta las 3:00:00 pm y de ahí empieza a descender hasta llegar a 0 W/m² en las noches.

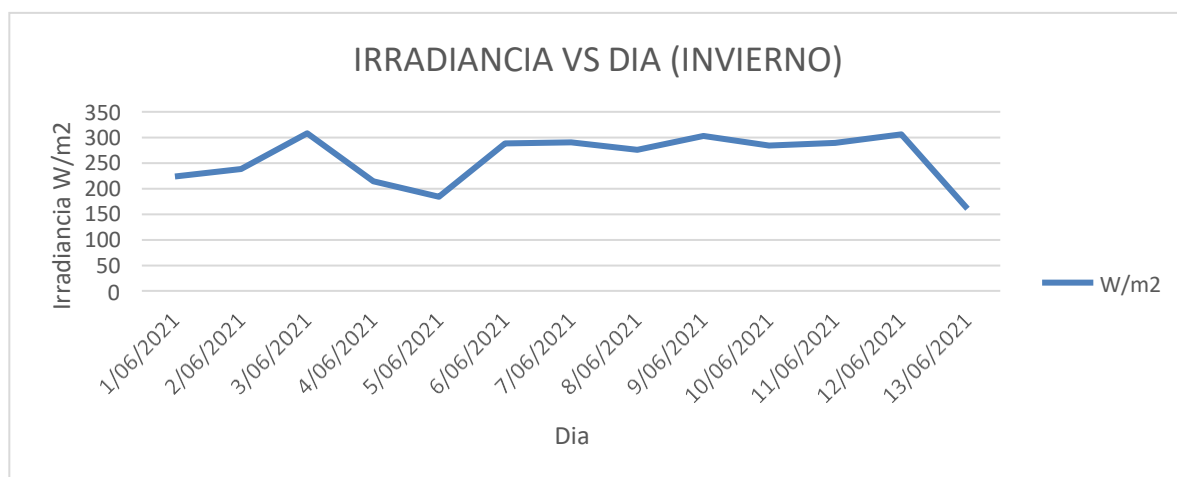


Figura 4.10: Irradiancia tomada desde el 01/06/2021-13/06/2021

En la temporada de invierno se puede observar que la irradiancia varía más, en la mañana no hay mucha irradiación donde inicia la radiación máxima es a las 10:30:00 am de la mañana alcanzando su punto máximo hasta las 2:30:00 pm y de ahí empieza a descender hasta llegar a 0 W/m² en las noches.

De acuerdo a los resultados de irradiancia recopilados durante 3 meses y 21 días, iniciando el 21/02/2021 al 13/06/2021, se puede ver que el mes con menor radiación es el mes de junio que vendría a ser parte de la estación de invierno. Para ello el sistema térmico solar debe contar con una inclinación óptima para que la eficiencia del sistema se mantenga.

4.4. CÁLCULO DE EFICIENCIA SEGÚN EL COLOR DE TUBO DE VACÍO

El color del tubo de vacío es un determinante fundamental para la captación solar en el sistema térmico.

Para determinar cuál es el color óptimo para un sistema térmico solar se aplicó la siguiente ecuación (3.2) con los datos obtenidos mediante los sensores de temperatura y almacenados en el datalogger, obteniéndose los siguientes resultados que se ven en la Tabla 4.2 y en la Figura 4.11 con respecto a verano, en la Tabla 4.3 y en la Figura 4.12 con respecto a otoño y en la Tabla 4.4 y en la Figura 4.13 con respecto a invierno.

Tabla 4.2: Temperatura registrada con el Datalogger y resultados de la aplicación de fórmula de eficiencia en un día de verano

PROMEDIO TEMPORAL DE VERANO	TEMPERATURA AGUA FRIA	TEMPERATURA T. PLATEADO	TEMPERATURA T. LILA	TEMPERATURA T. NEGRO	EFICIENCIA EN T. PLATEADA	EFICIENCIA EN T. LILA	EFICIENCIA EN T. NEGRA
	12.29	36.64	35.79	33.98	0.68	0.67	0.65

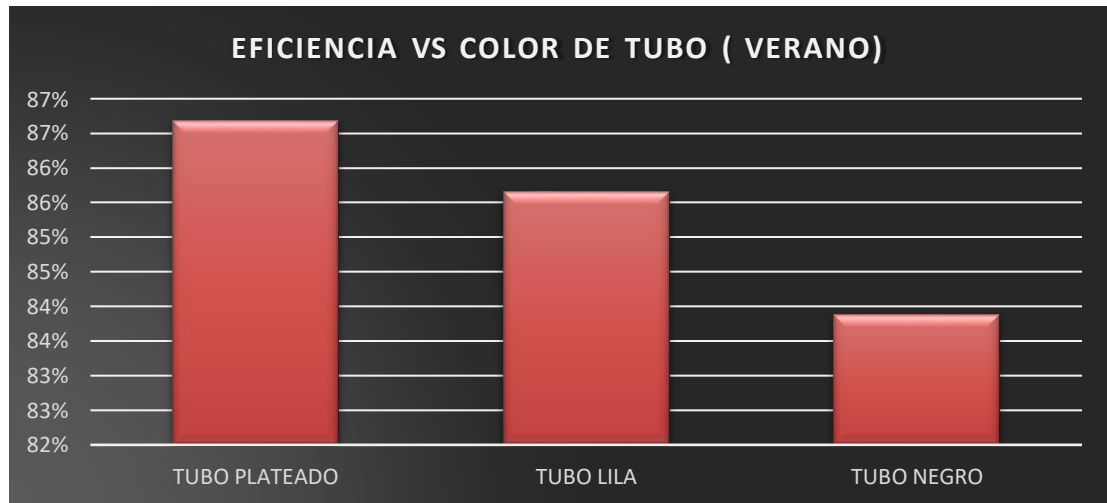


Figura 4.11 : Grafico de eficiencia de acuerdo al color de tubo

En cuando a la eficiencia según color de tubo en la temporada de verano se aprecia que el tubo plateado es más eficiente que los otros dos colores de tubos, llegando hasta 87% de eficiencia.

Tabla 4.3: Temperatura registrada con el Datalogger y resultados de la aplicación de fórmula de eficiencia en un día de otoño

PROMEDIO TEMPORAD A DE OTOÑO	TEMPERATUR A AGUA FRIA	TEMPERATUR A T. PLATEADO	TEMPERATUR A T. LILA	TEMPERATUR A T. NEGRO	EFICIENCI A EN T. PLATEADA	EFICIENCI A EN T. LILA	EFICIENCI A EN T. NEGRA
	11.51	54.67	52.19	51.56	0.79	0.78	0.78

Nota: Elaborado por la tesista

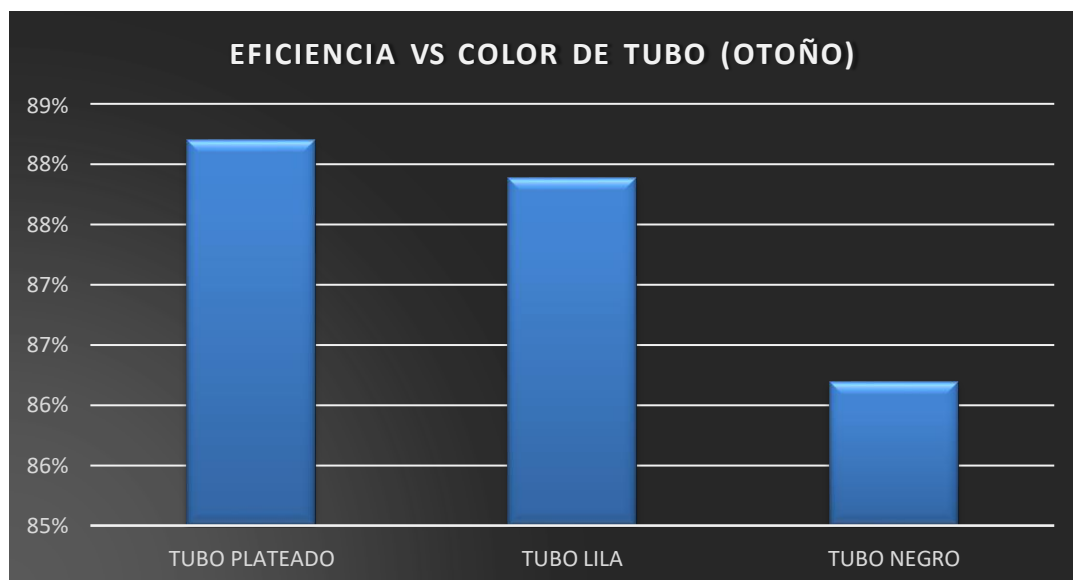


Figura 4.12: Grafico de eficiencia de acuerdo color de tubo

En otoño la eficiencia del tubo plateado se mantiene llegando a 88.7% de eficiencia a comparación de el lila que esta en 88.4% y el negro en 86.4%.

Tabla 4.4: Temperatura registrada con el Datalogger y resultados de la aplicación de fórmula de eficiencia en un día de invierno

PROMEDIO TEMPORADA DE INVIERNO	TEMPERATURA AGUA FRIA	TEMPERATURA T. PLATEADO	TEMPERATURA T. LILA	TEMPERATURA T. NEGRO	EFICIENCIA EN T. PLATEADA	EFICIENCIA EN T. LILA	EFICIENCIA EN T. NEGRA
	8.99	52.00	46.33	43.71	0.82	0.81	0.79



Figura 4.13: Grafico de eficiencia de acuerdo al color de tubo

En invierno se puede apreciar que el cielo es mas despejado ya que inicia las heladas y la radiación es directa llegando a tener más captación solar y el tubo plateado se muestra 98% más eficiente que los otros dos colores de tubos.

En cuanto a los datos obtenidos durante los 3 meses y 21 días con los sensores de temperatura y almacenados en el datalogger se obtuvo la siguiente Figura 4.14 , dando como resultado que el tubo más eficiente es el tubo plateado.

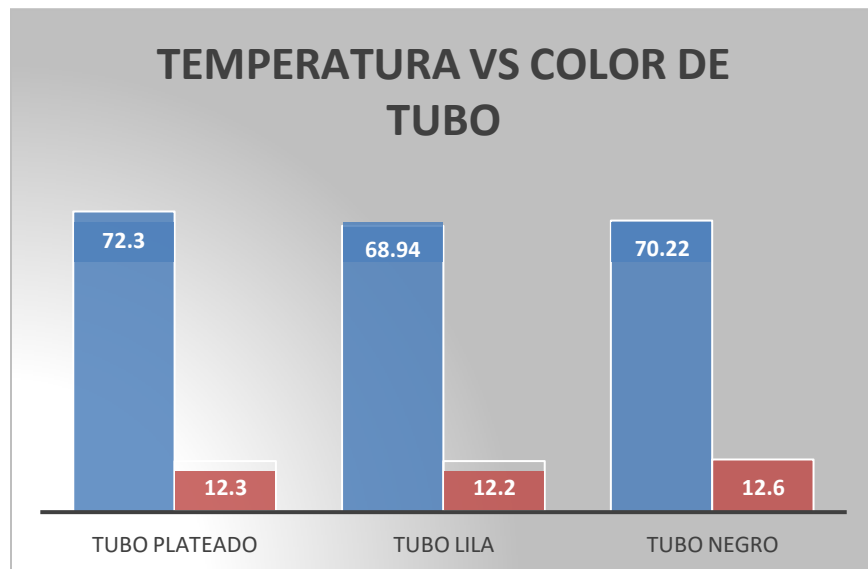


Figura 4.14: Grafico de temperatura vs color de tubo tomados durante los 3 meses y 21 días

En la figura 4.12 se puede apreciar la temperatura máxima y min que llegaron los tubos de vacío respecto a sus colores .

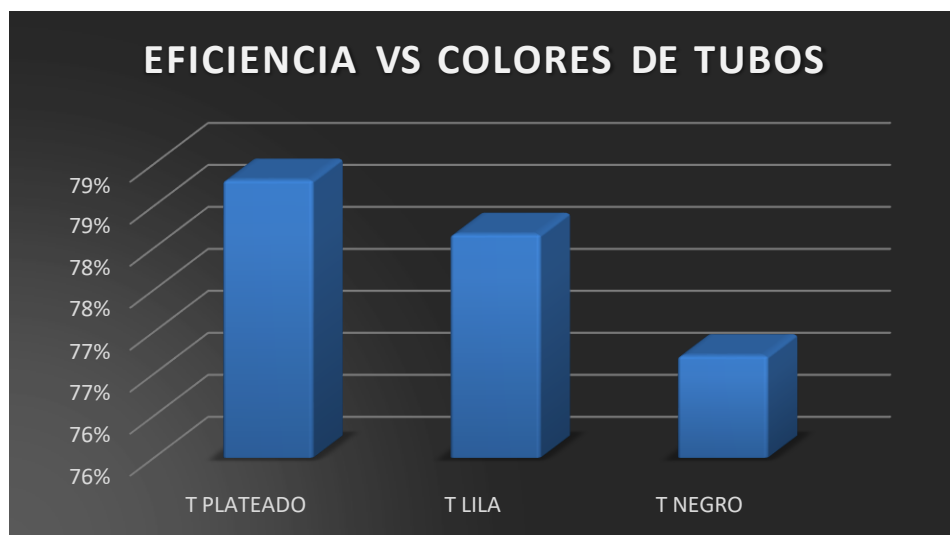


Figura 4.15: Grafico de eficiencia vs color de tubo tomados durante los 3 meses y días

Viendo los resultados obtenidos en las gráficas podemos decir que el tubo plateado tiene una eficiencia de 79% , el tubo lila 78% y el negro 77% de eficiencia . Interpretando que el tubo plateado es 1% más eficiente que el tubo lila y 2% más eficiente que el tubo negro.

4.5. DISCUSIÓN

Actualmente en el mercado Juliaqueño existen empresas que expenden termas solares de diferentes colores de tubos de vacío; entre ellos rojos, lilas, azules, dorados, plateados y negros. Asimismo las estructuras de estos colectores solares son expandidos a diferentes ángulos de inclinación entre 45°, 35° y 25°, donde las empresas Juliaqueñas importan productos chinos y estas empresas chinas las exportan sin especificar las dimensiones del sistema térmico, tampoco brindan información de cual sistema es más óptimo para un determinado lugar.

Como sabemos cada lugar tiene diferente latitud , longitud y altura sobre el nivel del mar, también poseen diferentes climas. Donde para un sistema térmico solar es fundamental conocer las características climáticas y geográficas de cada lugar para brindar un sistema eficiente a la población adquisidora del sistema térmico solar. Por ello en el proyecto desarrollado se basó en mejorar la eficiencia de estos sistemas basándonos en el ángulo de inclinación del colector solar y el color de tubo de vacío, donde los resultados muestran que el tubo plateado instalado con un ángulo de inclinación de 25° es 1% más eficiente que el tubo lila y 2% más eficiente que el tubo negro; ya que mantiene la temperatura del agua dentro del tubo a pesar de que la temperatura en la noche descienda en el ambiente .Sin embargo en los otros dos tubos la temperatura del agua dentro del tubo desciende 6° a más en la noche haciendo del tubo plateado el más óptimo para la ciudad de Juliaca ya que la ciudad experimenta varios cambios climáticos.

En cuanto al estudio de asolamiento se realizó con la finalidad de conocer el punto de mayor irradiancia ya que mediante el estudio se puede conocer la trayectoria del sol y así orientar en este caso nuestras termas solares para que capten mayor irradiancia.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Los objetivos planteados al inicio del presente proyecto de investigación desarrollado se cumplieron de manera óptima y eficaz.

Se analizó y comparo la eficiencia térmica de las termas solares de tres colores de tubos de vacío instalados con dos diferentes ángulos de inclinación los cuales fueron de 25° y 35° para la ciudad e Juliaca; llegando a la conclusión que el tubo de vacío con la mayor ganancia energética es el de color plateado y con respecto al ángulo con el que sacamos mayor provecho es el de inclinación a 25° grados siendo este el más eficiente para que una terma solar tenga la mayor captación solar posible; así como también tener la ventaja de un rápida limpieza de los tubos de vacío aprovechando la pendiente a la cual está ubicada.

Asimismo se determinó que el color de tubo de vacío plateado es el mas óptimo para obtener mayor eficiencia térmica solar debido a que tiene una eficiencia de 79% , el tubo lila 78% y el negro 77% de eficiencia. Deduciendo que el tubo plateado es 1% más eficiente que el tubo lila y 2% más eficiente que el tubo negro. Llegando a la conclusión que este tubo tiene una ligera ventaja frente a los demás exponentes. Guiándonos de la tabla del Anexo J; temperaturas registradas con el Datalogger y resultados de la aplicación de fórmula de eficiencia en un día de invierno indican que desde las 00:00 horas cuando la temperatura empieza a descender se aprecia que la terma de tubos de color plateado tiene mayor retención de temperatura a comparación de las otras dos termas de los tubos de vacío de color lila y color negro, lo que demuestra también la eficiencia de esta terma frente a las otras dos termas.

Por último determinamos que el ángulo de inclinación de 25 ° es el adecuado para mejorar la eficiencia térmica en las termas solares ya que cuenta con una eficiencia de 90.63% siendo 8.72% más eficiente que el de 35° grados, viéndose en el Figura 4.6 donde la terma solar con una inclinación de 35° aprovecha la radiación directa solo en un 81.91% . Con esto vemos que el ángulo de 25° es el ideal.

5.2. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el proyecto de tesis, se recomienda el uso de tubos de vacío plateados instalados a un ángulo de inclinación de 25°. Ya que se pudo apreciar que el tubo plateado resulto más eficiente con respecto a otros colores de tubos que existen en el mercado, en cuanto al ángulo de inclinación de las termas solares seleccionadas para la ciudad de Juliaca es el de 25° grados por su mayor eficiencia comprobando así que mientras más cerca a la latitud del lugar hay mayor captación solar y pues se le agrega grados de inclinación para la limpieza natural de los tubos de vacío, porque nos encontramos en una zona lluviosa donde ayuda en la limpieza de los tubos.

El proyecto de investigación desarrollado en el panorama tecnológico actual contribuye con la reducción de combustibles fósiles y con la reducción de emisiones del gas de efecto invernadero CO₂ ; por ende es importante impulsar con la mejora del diseño de sistemas solares térmicos para el calentamiento de agua caliente sanitaria (ACS) a través de tesis y proyectos de investigación en aspectos fundamentales que aportan a tener una mayor eficiencia térmica de las termas solares de tubos de vacío, sus características técnicas en cuanto a sus propiedades ópticas de transmisibilidad, absorptividad y reflexibilidad parámetros fundamentales en el diseño de sistemas térmicos solares de tubos de vacío, debido a que la disponibilidad de información técnica es nula, más teniendo en cuenta que la altitud a la que se encuentra la ciudad de Juliaca, las máquinas y en general los sistemas mecánicos eléctricos se ven afectados en su funcionamiento por la altitud sobre el nivel del mar.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abregú, R. N., & Rodriguez, E. D. (2017). Evaluación experimental de la eficiencia de un colector solar de tubos evacuados sin y con tubo de calor.
- Arhuire, I., & Hanco, L. (2020). Diseño de un sistema termico solar de agua caliente sanitaria para un hotel de 50 personas. Repositorio UNAP.
- Bernal, J. A., Torres, C. d., & Saldaña, J. G. (2014). Termodinamica.
- Calle J. & Fajardo J. (2011). Agua Caliente Sanitaria de uso domestico con energia solar. Revista de Ciencia y Tecnologia: Ingenius.
- Cengel, Y. C. (2013). Transferencia de calor y masa. Mexico: McGraw Hill.
- Departamento de Fisica., Universidad Nacional Heredia,. (s.f.).
- Energy, S. R. (2019). Caracteristicas de tubos evacuados.
- Europea, C. (2003). Protocolo de Kioto. Protocolo de Kioto, 1-25.
- Europea, Comision. (2003). Protocolo de Kioto. págs. 1-25.
- Fernández, K. Y. (2014). Eficiencia y capacidad de una terma solar con un colector de 1 m² de tubos verticales de cobre en Chachapoyas, Amazonas - 2014. Repositorio de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, 1-70.
- Flores, C. (2018). Diseño de una terma solar para la ciudad de Puno. Repositorio de la Universidad Nacional del Altiplano, 1-68.
- Iice, T. L., & Fierro, J. (2014). Taller: Modelo para representar la trayectoria del sol sobre el globo terrestre.
- Jensen, T. (2009). Tecnologia de la Energia Solar. New York: Editorial Production Supervision.
- JP, M. J. (1998). Energia solar Termica. III Congreso de Energias Renovables, 2013, (págs. 393-394). Brasil.
- Kevin, B. &. (23 de junio del 2006).
- Maria, J. (2010). En ENERGIA SOLAR TERMICA.
- Markus J. Aschwanden. (2007). The Sun. Encyclopedia of the Solar System.

- Maykop - Perez, M. &.-M. (2017). The hour equivalent solar pick. Definition and interpretation. Scielo, 1-3.
- Mendez, J. &. (2011). Energia Solar Termica. Fundacion Confermotal.
- Mendez, M. J., Cuervo, G. R., & Bureau, V. F. (2010). Energia Solar Termica. España: Fundacion Confemetal.
- Meteonorm. (2020). Radiacion . Europa.
- Recalde, C. (., Cisneros, C. (., Ávila, C. (., & Urquizo, G. (. (2015). Effect of Tilt Angle of Evacuated Tubes on the Temperature of the water.
- Recalde, C. (2015). Influencia del angulo de inclinación de los tubos solares evacuados sobre la temperatura del agua. Scielo, 89-96.
- Rogriguez Mejia, J. (2016). Diseño de un colector de placa plana. Scielo, 4.
- Roldan,J. (2017). Fuentes de energia. España: Paraninfo.
- Sawin J.L. (2017). Renewables Global Status Report.
- Sawin J.L. Kristin S. Sverrison F. (2017). Avanzando en la Transicion Mundial hacia la Energia Renovable. España.
- Solar Thermal. (2013). Caracteristica de tubos de vacio.
- solares, C. (2013). Calentadores solares.
- Teske, S. (2016). La energía solar puede dar electricidad limpia a más de 4.000 millones de personas para 2030 | Greenpeace España. Greenpeace España, 1-62.
- Tiwari G. N. (2002). Componentes de energia emitida por el Sol.

ANEXOS

Anexo A. Termas solares instalados a 35°



Anexo B. Termas solares instalados a 25°



Anexo C. Sensores de temperatura conectados en la terma



Anexo D. Colores de tubos de vacío



Anexo E. Datalogger y Solarimetro tomando datos



Anexo F. Tubo plateado



Anexo G. Radiación Solar del Perú (kWh/m2/día)

Site	Lat	Lo ng	Ele	Y r	Ja n	Fe b	Ma r	Ap r	Ma y	Ju n	Ju l	Au g	Se p	Oc t	No v	De c	Av g	S r
Abancay	13,63	S	72,88	2398	2	5,42	4,89	5,03	4,94	4,72	4,56	4,81	5,08	5,86	5,97	5,33	5,14	H
Angostura	15,17	S	71,63	4155	3	5,47	4,92	4,89	4,97	4,83	4,78	4,89	5,46	6,86	6,14	5,64	5,38	H
Alacocha	10,58	S	76,22	4023	2	4,78	4,44	4,75	5,00	5,04	4,94	5,11	5,28	4,94	5,53	5,44	5,13	H
Bambamarca	6,58	S	78,52	2600	3	4,75	4,67	4,64	4,69	4,56	4,94	5,11	5,17	5,17	5,53	5,39	4,96	H
Cajamarca	7,17	S	78,52	2750	1	4,56	4,89	4,25	4,44	4,58	4,34	4,44	5,08	4,72	4,75	5,18	4,68	H
Calaña	17,93	S	70,18	590	3	6,44	6,19	5,72	5,11	4,33	4,03	4,11	4,69	5,28	6,39	6,44	6,43	P
Campo de marte	12,07	S	77,03	137	1	4,94	5,38	5,17	5,39	4,06	2,89	2,56	2,83	3,56	3,38	5,36	5,04	H
Capachica	15,63	S	69,83	3868	3	5,47	5,44	5,19	5,38	4,89	4,83	5,04	5,48	6,18	6,18	5,68	5,46	H
Cañete	13,10	S	76,30	36	3	5,19	5,19	5,14	4,97	3,92	2,97	2,92	3,17	3,36	4,35	4,75	5,32	H
Cartavio	7,92	S	79,17	51	3	5,53	5,44	5,39	5,00	4,89	4,06	4,14	4,08	4,56	5,06	5,67	5,64	H
Casa Grande	7,77	S	79,17	158	3	5,39	5,33	5,39	5,00	5,19	3,92	4,06	4,28	4,42	4,97	5,14	5,53	H
Caylloma	15,18	S	71,77	4320	2	5,36	4,92	4,78	4,86	4,75	4,78	4,99	5,44	5,31	6,06	6,14	5,86	H
Cayalli	6,88	S	79,37	150	2	5,36	5,81	5,39	5,39	5,25	4,44	4,72	5,08	5,32	5,78	6,06	5,37	H
Characato	16,47	S	71,45	2461	3	6,14	5,33	6,56	5,30	5,22	4,81	5,19	5,64	6,11	6,92	7,06	6,58	H
Conococha	10,12	S	77,33	4020	3	4,86	4,33	4,44	4,72	4,78	4,89	5,17	5,42	5,25	4,69	5,38	3,08	H
Cuenca Rio Verde	15,48	S	70,67	4260	3	5,47	4,81	5,00	5,14	4,89	4,83	4,97	5,36	5,42	5,94	5,92	5,53	H
Cuzco	13,52	S	71,95	3365	3	5,19	4,69	4,92	5,04	4,81	4,78	5,06	5,11	5,17	5,64	5,72	5,32	K
Desaguadero	16,65	S	69,00	3850	3	5,72	5,56	5,58	5,53	4,92	4,67	4,81	5,39	5,47	6,17	6,06	5,66	H
Don Martin	11,03	S	77,68	50	3	5,33	5,06	5,06	4,86	4,00	3,35	3,36	3,58	3,97	4,36	5,04	5,44	H
El Fraile	16,15	S	71,18	4015	2	5,39	4,39	4,47	4,56	4,75	4,67	4,81	5,22	5,67	6,06	5,94	5,63	H
Fundo Iberia	11,35	S	69,57	180	3	4,81	4,67	4,64	4,31	4,25	4,31	4,69	5,25	5,03	5,06	4,61	4,72	V i
Granja M. Sassape	6,52	S	79,92	45	1	5,75	5,81	6,22	6,28	5,83	5,00	4,86	5,31	5,81	6,04	5,94	5,89	H
Hacienda Majoro	14,83	S	74,97	620	3	5,56	5,72	5,81	5,06	5,03	4,38	4,53	5,06	5,81	6,58	6,36	5,94	H
Haciendita	17,02	8	71,62	450	2	6,44	5,58	5,92	5,33	4,38	4,06	3,94	4,54	4,78	6,08	6,42	5,56	H
Huaraz	9,53	S	77,52	3207	2	5,06	4,83	5,08	5,11	5,35	5,11	5,39	5,72	5,47	5,38	5,72	5,59	H
Huancayo	12,05	S	75,18	3350	3	5,25	4,86	4,94	4,64	4,92	4,83	5,00	5,11	5,11	5,33	5,89	5,39	H
Huancayo	12,12	S	75,33	3380	3	7,38	6,71	6,34	6,54	6,18	6,38	6,38	6,75	7,18	7,47	7,75	7,31	H
Huánuco	9,90	S	75,75	1912	2	4,67	4,53	4,64	4,64	4,78	4,58	4,81	5,14	4,86	5,08	5,39	4,83	H
Huraya-Moho	15,35	S	69,50	3890	3	5,35	4,69	5,00	5,31	4,83	4,83	5,14	5,56	5,69	5,86	6,33	5,39	H
Ica	14,08	S	75,73	398	2	5,86	5,00	5,42	5,11	4,78	5,75	4,17	4,81	5,35	6,17	6,44	6,14	H

Imata	15,8 2	S	71, 07	44 05	3	I	5,3 5	4,8 1	4,7 8	4,9 4	4,8 1	4,7 2	5,0	53 3	5,3 1	5,8 6	5,9 4	5,5 3	5,1 9	H
Juli	16,2 0	S	69, 43	38 62	2	I	5,5	4,8 1	4,4 7	5,2 5	5,1 1	4,7 8	4,9 7	4,9 7	5,4 7	6,0 6	6,0 6	5,3 3	5,3 3	H
Kayra	13,5 5	S	71, 88	32 19	2	I	5,0	4,4 7	4,6 1	4,8 6	4,6 4	4,7 8	4,9 7	5,0 3	5,0 8	5,3 3	5,5 6	4,8 9	4,9 3	H
Lagunillas	15,5 8	S	70, 92	42 80	3	I	5,6 7	5,2 2	5,1 1	5,0 3	4,6 7	4,5 3	4,8 9	5,5 3	5,5 8	6,3 8	6,3 9	5,7 5	5,3 9	H
Lambayeque	6,70	S	79, 90	18	3	I	5,1 7	5,6 1	5,3	5,3 1	5,0 8	4,6 4	4,3 9	4,7 2	5,0 3	5,4 7	5,6 4	5,8 1	5,2	H
La Molina	12,0 8	S	76, 95	25 1	3	I	5,0 3	5,1 7	5,2 5	5,0	3,9 7	3,3 3	3,3 1	3,5 6	3,7 5	4,3 6	4,8 3	5,0 8	4,3 9	H
Lampas Alto	10,0 8	S	77, 28	40 30	3	I	4,7 8	4,1 1	4,3 6	4,5 6	4,7 8	4,7 2	5,3 5	5,4 2	5,3 5	4,6 7	5,4 4	4,9 7	4,3 8	H
Lampas Bajo	10,0 7	S	77, 37	39 50	3	I	4,8 6	4,4 4	4,3 6	4,6 4	4,8 1	4,9 2	5,3 6	5,4 2	4,1 9	4,9 7	5,6 3	5,5 4	4,9 4	H
La Punta	12,0 7	S	77, 17	13	2	I	4,3	5,0 8	4,9 4	4,7 2	3,8 9	2,9 4	2,8 9	3,0	3,1 7	3,6 1	4,3 8	4,8 6	3,9 9	H
La Salle	16,4 0	S	71, 53	23 30	3	I	6,1 4	5,3 3	5,5 8	5,3 3	5,2 2	4,7 2	5,1 1	5,6 4	5,9 4	6,5 8	7,0 6	6,5 8	5,7 7	H
Llaucan	6,65	S	75, 32	26 00	1	I	4,6 4	4,8 9	4,3 6	4,0 5	4,1 4	4,4 7	4,3 9	4,7 2	5,0 3	5,3 8	5,5 3	5,6 9	4,7 8	H
Los Cedros	3,13	S	80, 67	5	3	I	4,7 8	5,3 9	5,4 4	5,2 5	5,2 8	4,5 3	4,6 1	4,6 7	4,3 9	4,5 8	4,8 6	5,3 9	4,9 3	H
Moquegua	17,2 0	S	70, 93	14 20	2	I	7,6 7	5,1 9	5,8 9	5,9 2	5,1 4	4,9 2	5,0	5,7 5	6,5	7,0 3	7,3 3	7,2 8	6,1 3	H
Neshuya	8,63	S	74, 92	34 0	1	I	4,8 1	4,7 2	4,1 4	3,7 5	3,7 8	3,3 3	4,3 8	5,0 3	5,1 7	5,0 8	5,1 7	5,6 7	4,5 9	H
Pampa Blanca	17,1 0	S	71, 75	45 5	2	I	5,2 8	4,7 5	5,1 9	4,7 6	3,6 7	3,1 1	3,4 2	3,4 2	3,2 8	4,4 2	4,6 6	5,1 1	4,3 7	H
Pampa de Majes	16,3 5	S	72, 17	14 33	3	I	6,5 5	5,9 7	6,0 8	5,6 9	5,3 2	4,8 6	5,3 6	5,8 1	6,2 2	7,0 3	7,3 1	6,9 2	6,0 9	H
Pane	15,4 2	S	71, 07	45 24	3	I	5,0 3	4,6 9	4,5 8	4,6 7	4,3 3	4,6 1	4,6 4	4,8 3	4,8 3	5,2 2	5,7 2	5,3 1	4,8 7	H
Puno	15,8 3	S	70, 03	38 75	2	I	5,6 9	5,2 2	5,2 8	5,2 8	4,9 7	4,7 8	5,0	5,6 1	5,7 8	6,3 9	6,6 1	5,6 7	5,5 2	H
Punta de Cotes	17,6 8	S	71, 38	15	2	I	6,6 7	6,3 6	6,6 1	5,1 9	4,1 4	3,2 5	3,0	3,6 7	3,4 2	4,5 8	6,3 6	6,2 8	4,9 6	P
Querococha	9,68	S	77, 35	39 35	1	I	4,3 3	4,2 2	4,3 6	4,8 3	4,7 2	4,6 1	5,0	5,2 5	5,1 7	4,6 7	5,3 1	4,6 4	4,7 8	H
Quillabamba	12,8 3	S	72, 72	16 60	2	I	4,4 4	4,3 3	4,7 2	4,2 5	4,3 3	4,3 2	4,4 4	4,4 4	4,5	4,8 9	4,9 7	4,3 6	4,5 1	H
Salcedo	15,3 2	S	70, 02	38 52	3	I	5,4 7	5,1 1	5,1 1	5,1 4	4,8 3	4,6 1	4,6 9	5,3 8	5,5	6,1 7	5,3 6	5,6 4	5,3 4	H
San Jacinto	9,17	S	78, 32	28 3	3	I	5,0 6	4,3 3	5,1 7	4,9 4	4,7 5	4,0 3	4,3 3	4,3 7	4,9 7	5,7 2	5,8 3	5,8 3	4,9 5	H
San Jorge	8,53	S	74, 87	27 0	2	I	4,8 1	4,6 1	4,6 7	4,5	4,4 2	4,3 6	4,9 2	5,3 9	5,0	5,1 9	4,5 3	4,6 1	4,7 5	H
San Lorenzo	9,75	S	77, 47	37 50	1	I	4,8 6	4,4 4	4,5 6	4,9 2	4,7 2	4,7 5	5,2 8	5,4 2	5,3 6	5,1 9	5,7 5	5,1 9	5,0 4	H
San Ramon	11,1 5	S	75, 38	80 0	3	I	4,3	4,3 3	4,4 4	4,3	4,3 3	4,3 5	4,6 4	4,6 9	4,7 2	5,1 9	5,1 4	5,1 4	4,6 7	H
Sibayo	15,4 8	S	71, 45	38 47	3	I	5,3 6	4,6 9	4,6 9	4,9 4	4,8 1	4,7 5	4,8 9	5,0	5,2 2	5,8 6	5,9 4	5,3 3	5,1 4	H
Tablazo	5,37	S	81, 78	14 7	3	I	4,1 9	5,2 8	5,6 1	5,1 7	5,3 3	4,6 4	4,8 3	5,4 4	5,6 4	5,8 9	5,7 8	6,1 4	5,3 3	H
Tarapoto	6,58	S	76, 32	35 6	3	I	4,7 5	4,6 7	4,3 6	4,2 8	4,1 7	4,0 6	4,5 8	4,8 3	4,7 2	4,7 2	4,6 3	4,8 3	4,5 7	H
Tejedores	4,75	S	80, 23	25 00	3	I	4,4 7	4,7 5	5,0 8	4,8 1	5,3 8	4,8 6	5,0 5	5,3 9	5,6 4	5,7 5	5,7 8	5,5 8	5,2	H
Tinajones	6,67	S	79, 47	22 0	3	I	5,4 4	5,6 1	5,3 9	5,3 8	5,7 2	5,0 6	5,7 5	5,8 6	6,0	6,2 2	6,3	6,6 4	5,8 1	H
Tunelcero	13,1 2	S	75, 07	46 00	3	I	4,9 7	4,6 7	5,1 4	4,9 7	4,6 7	4,8 1	5,0 8	5,4 2	5,3 8	5,6 6	6,9 7	5,4 4	5,1 9	H
Yurac	9,00	S	75, 67	42 0	3	I	4,3 1	4,0	4,1 4	4,1 1	3,9 4	3,6 7	4,1 7	4,7 2	4,6 9	4,6 7	4,6 4	4,3 1	4,3 8	H
Zorritos	3,67	S	80, 67	5	2	I	5,0 3	5,3 3	5,0 8	5,4 2	5,2 5	5,1 1	4,7 5	4,2 5	4,5 6	5,1 1	5,4 2	5,3 3	5,0 7	H

Anexo H. Temperaturas registradas con el Datalogger y resultados de la aplicación de fórmula de eficiencia en un día de verano

FECHA	HORA	AGUA FRIA	T. PLATEADO	T. LILA	T. NEGRO	EFICIENCIA T.P.	EFICIENCIA T.L.	EFICIENCIA T.N.
22/02/2021	00:13:19	9	31.2	28.9	26.1	0.711538462	0.688581315	0.655172414
22/02/2021	00:28:19	8.9	30.7	27.9	25.4	0.71009772	0.681003584	0.649606299
22/02/2021	00:43:19	8.6	30.2	26.9	25.3	0.715231788	0.680297398	0.660079051
22/02/2021	00:58:19	8.3	30.6	28.6	25.8	0.72875817	0.70979021	0.678294574
22/02/2021	01:13:19	8.1	30.7	28.3	26.6	0.736156352	0.713780919	0.695488722
22/02/2021	01:28:19	7.9	29.7	28.4	27.2	0.734006734	0.721830986	0.709558824
22/02/2021	01:43:19	7.7	30.5	28.1	28	0.747540984	0.725978648	0.725
22/02/2021	01:58:19	7.3	29.9	27.9	27.7	0.755852843	0.738351254	0.736462094
22/02/2021	02:13:19	7.1	29.5	27.5	25.7	0.759322034	0.741818182	0.723735409
22/02/2021	02:28:19	6.7	27.1	26.3	25.3	0.752767528	0.745247148	0.735177866
22/02/2021	02:43:19	6.4	27.7	26.3	25.7	0.768953069	0.756653992	0.750972763
22/02/2021	02:58:19	6.2	26.5	26.4	24.8	0.766037736	0.765151515	0.75
22/02/2021	03:13:19	5.9	27.1	26.5	26.2	0.782287823	0.777358491	0.77480916
22/02/2021	03:28:19	5.8	27.1	27	26.4	0.78597786	0.785185185	0.78030303
22/02/2021	03:43:19	5.4	25.3	26	24.9	0.786561265	0.792307692	0.78313253
22/02/2021	03:58:19	5.1	24.7	25.8	23.8	0.793522267	0.802325581	0.785714286
22/02/2021	04:13:19	4.9	26.8	28.3	25.3	0.817164179	0.826855124	0.806324111
22/02/2021	04:28:19	4.7	25.9	27.7	24.9	0.818532819	0.83032491	0.81124498
22/02/2021	04:43:19	4.4	24.6	27	24.3	0.821138211	0.837037037	0.818930041
22/02/2021	04:58:19	4.3	23.9	25.8	23.4	0.820083682	0.833333333	0.816239316
22/02/2021	05:13:19	4.1	23.6	25.9	22.9	0.826271186	0.841698842	0.820960699
22/02/2021	05:28:19	4.1	27.4	25.7	22.7	0.850364964	0.840466926	0.81938326
22/02/2021	05:43:19	3.9	29.3	27.2	24.2	0.866894198	0.856617647	0.838842975
22/02/2021	05:58:19	4.1	28.1	25.9	23	0.854092527	0.841698842	0.82173913
22/02/2021	06:13:19	5.1	28.3	27.6	26.7	0.819787986	0.815217391	0.808988764
22/02/2021	06:28:19	5.9	29.3	27.9	30.1	0.798634812	0.788530466	0.803986711
22/02/2021	06:43:19	7.1	30.2	28.6	31.2	0.764900662	0.751748252	0.772435897
22/02/2021	06:58:19	8.5	29.2	27.5	32.7	0.70890411	0.690909091	0.740061162
22/02/2021	07:13:19	9.5	30.4	28.5	33.9	0.6875	0.666666667	0.719764012
22/02/2021	07:28:19	10.7	30	28.7	34.7	0.643333333	0.62717777	0.691642651
22/02/2021	07:43:19	11.5	31.6	29.3	34.6	0.636075949	0.607508532	0.667630058
22/02/2021	07:58:19	12.3	32.3	31.7	34	0.619195046	0.611987382	0.638235294
22/02/2021	08:13:19	12.8	33.3	31.7	34.4	0.615615616	0.596214511	0.627906977
22/02/2021	08:28:19	13.3	33.4	33.2	36	0.601796407	0.59939759	0.630555556
22/02/2021	08:43:19	13.6	34	33	32.8	0.6	0.587878788	0.585365854
22/02/2021	08:58:19	14.1	34.3	33.4	36.2	0.588921283	0.577844311	0.610497238
22/02/2021	09:13:19	14.4	34.6	33.9	35.1	0.583815029	0.575221239	0.58974359
22/02/2021	09:28:19	15.3	36.8	35.7	36.7	0.58423913	0.571428571	0.583106267
22/02/2021	09:43:19	15.6	34.8	37.1	36.2	0.551724138	0.579514825	0.569060773
22/02/2021	09:58:19	16.1	36.7	38.2	36.6	0.561307902	0.578534031	0.56010929
22/02/2021	10:13:19	16.8	37.3	39.4	36.8	0.549597855	0.573604061	0.543478261
22/02/2021	10:28:19	17.6	41.2	41.8	38.9	0.572815534	0.578947368	0.547557841
22/02/2021	10:43:19	17.9	41.5	41.6	38.6	0.568674699	0.569711538	0.53626943
22/02/2021	10:58:19	18.1	39.1	39.8	38.5	0.537084399	0.545226131	0.52987013
22/02/2021	11:13:19	18.4	40.4	40.1	40.1	0.544554455	0.541147132	0.541147132
22/02/2021	11:28:19	18.9	40.1	39.7	36.9	0.528678304	0.523929471	0.487804878
22/02/2021	11:43:19	19.3	42.3	40.2	36.2	0.543735225	0.519900498	0.466850829
22/02/2021	11:58:19	19.7	43.4	40.8	40	0.546082949	0.517156863	0.5075
22/02/2021	12:13:19	20	41.1	42.1	38.3	0.513381995	0.524940618	0.477806789
22/02/2021	12:28:19	20.5	42.9	42.4	37.4	0.522144522	0.516509434	0.451871658
22/02/2021	12:43:19	20.9	44.3	44.2	38.7	0.528216704	0.527149321	0.45994832
22/02/2021	12:58:19	20.7	44.7	42.9	38.4	0.536912752	0.517482517	0.4609375
22/02/2021	13:13:19	21.1	45.7	45.1	41.3	0.538293217	0.532150776	0.489104116
22/02/2021	13:28:19	21.3	42.7	42.2	40.9	0.50117096	0.495260664	0.479217604
22/02/2021	13:43:19	21.4	44.4	42.5	39.4	0.518018018	0.496470588	0.456852792
22/02/2021	13:58:19	21.4	43.7	44.6	40	0.510297483	0.520179372	0.465
22/02/2021	14:13:19	20.9	43.6	44.5	39.2	0.520642202	0.530337079	0.466836735
22/02/2021	14:28:19	19.7	46.9	46.8	41.1	0.579957356	0.579059829	0.520681265
22/02/2021	14:43:19	21.7	42.6	42.4	37.5	0.490610329	0.488207547	0.421333333
22/02/2021	14:58:19	21.4	43.2	42.7	39.9	0.50462963	0.49882904	0.463659148

22/02/2021	15:13:19	20.6	44.8	44.2	40.1	0.540178571	0.533936652	0.486284289
22/02/2021	15:28:19	20.1	47.9	42.4	40.6	0.580375783	0.525943396	0.504926108
22/02/2021	15:43:19	19.6	43.7	41.5	39.6	0.551487414	0.527710843	0.505050505
22/02/2021	15:58:19	19.1	40.9	39.8	37.3	0.533007335	0.520100503	0.487935657
22/02/2021	16:13:19	18.4	40.5	41.2	35.9	0.545679012	0.553398058	0.487465181
22/02/2021	16:28:19	17.5	39.4	42.2	34.7	0.555837563	0.585308057	0.495677233
22/02/2021	16:43:19	16.7	39.2	40.8	34.8	0.573979592	0.590686275	0.520114943
22/02/2021	16:58:19	16.1	40.3	38.9	36	0.600496278	0.586118252	0.552777778
22/02/2021	17:13:19	15.4	39.7	39.1	35.1	0.61209068	0.606138107	0.561253561
22/02/2021	17:28:19	14.8	40.6	37	38.9	0.63546798	0.6	0.619537275
22/02/2021	17:43:19	14.4	41.8	38.1	35.7	0.655502392	0.622047244	0.596638655
22/02/2021	17:58:19	14	41.7	41.3	35.3	0.664268585	0.661016949	0.603399433
22/02/2021	18:13:19	13.7	44.2	39.8	36.5	0.690045249	0.655778894	0.624657534
22/02/2021	18:28:19	13.2	40.9	38.1	37.2	0.677261614	0.653543307	0.64516129
22/02/2021	18:43:19	12.7	39.6	37.9	36.7	0.679292929	0.664907652	0.653950954
22/02/2021	18:58:19	12.2	39.8	39.1	38.9	0.693467337	0.68797954	0.686375321
22/02/2021	19:13:19	11.8	40.6	38.6	38.4	0.709359606	0.694300518	0.692708333
22/02/2021	19:28:19	11.4	39.8	39.3	37.3	0.713567839	0.709923664	0.694369973
22/02/2021	19:43:19	11	41.4	41.9	36.8	0.734299517	0.737470167	0.701086957
22/02/2021	19:58:19	10.6	41	42.1	36.1	0.741463415	0.748218527	0.706371191
22/02/2021	20:13:19	10.2	40.4	40.3	37.4	0.747524752	0.746898263	0.727272727
22/02/2021	20:28:19	9.8	38.7	38.8	34	0.746770026	0.74742268	0.711764706
22/02/2021	20:43:19	9.4	40.3	39.9	36.9	0.76674938	0.764411028	0.745257453
22/02/2021	20:58:19	9.1	38.7	38.3	35.9	0.764857881	0.762402089	0.746518106
22/02/2021	21:13:19	8.9	39.5	38.4	37.7	0.774683544	0.768229167	0.763925729
22/02/2021	21:28:19	8.8	41.4	39.8	40.8	0.787439614	0.778894472	0.784313725
22/02/2021	21:43:19	8.7	39.8	38.6	42.6	0.781407035	0.774611399	0.795774648
22/02/2021	21:58:19	8.7	45.1	39.1	40.8	0.807095344	0.777493606	0.786764706
22/02/2021	22:13:19	8.7	43.6	39.6	42.2	0.800458716	0.78030303	0.793838863
22/02/2021	22:28:19	8.7	44.6	41.3	37.3	0.804932735	0.789346247	0.766756032
22/02/2021	22:43:19	8.8	43.8	44.2	37.3	0.799086758	0.800904977	0.764075067
22/02/2021	22:58:19	8.8	44	42.4	36.1	0.8	0.79245283	0.756232687
22/02/2021	23:13:19	8.9	37.9	38.1	33.1	0.765171504	0.766404199	0.731117825
22/02/2021	23:28:19	8.9	37.8	39.2	34.1	0.764550265	0.772959184	0.739002933
22/02/2021	23:43:19	8.9	37.1	36.1	33.6	0.760107817	0.753462604	0.735119048
22/02/2021	23:58:19	8.9	38.3	36.4	35.2	0.767624021	0.755494505	0.747159091

Se puede ver la temperatura más alta del tubo plateado con respecto a

Anexo I. Temperaturas registradas con el Datalogger y resultados de la aplicación de fórmula de eficiencia en un día de otoño.

FECHA	HORA	AGUA FRIA	T. PLATEADO	T. LILA	T. NEGRO	EFICIENCIA T.P.	EFICIENCIA T.L.	EFICIENCIA T.N.
6/03/2021	23:58:19	9.3	44.2	42.2	44.4	0.78959276	0.779620853	0.790540541
6/03/2021	00:13:19	9.3	45.2	43.8	44.8	0.794247788	0.787671233	0.792410714
6/03/2021	00:28:19	9.1	45.9	43.6	46	0.801742919	0.791284404	0.802173913
6/03/2021	00:43:19	9	46.9	43.8	46.4	0.808102345	0.794520548	0.806034483
6/03/2021	00:58:19	8.9	45.9	43.5	45.4	0.806100218	0.795402299	0.803964758
6/03/2021	01:13:19	8.8	47.5	45.7	47.4	0.814736842	0.807439825	0.814345992
6/03/2021	01:28:19	8.8	45.9	44.7	45.1	0.808278867	0.803131991	0.804878049
6/03/2021	01:43:19	8.7	47.9	46.4	47.1	0.818371608	0.8125	0.815286624
6/03/2021	01:58:19	8.6	46.6	45.4	47.6	0.815450644	0.810572687	0.819327731
6/03/2021	02:13:19	8.4	47.2	44.9	46.9	0.822033898	0.812917595	0.820895522
6/03/2021	02:28:19	8.4	47.7	46.7	47.7	0.823899371	0.82012848	0.823899371
6/03/2021	02:43:19	8.4	47.7	46.7	47.3	0.823899371	0.82012848	0.822410148
6/03/2021	02:58:19	8.3	48.3	47.4	48.3	0.82815735	0.824894515	0.82815735
6/03/2021	03:13:19	8.2	47.7	46.8	48.1	0.828092243	0.824786325	0.82952183
6/03/2021	03:28:19	8.1	48.9	47.8	48.3	0.834355828	0.830543933	0.832298137
6/03/2021	03:43:19	7.9	47.5	45.9	46.2	0.833684211	0.82788671	0.829004329
6/03/2021	03:58:19	7.9	45.1	44.1	43.4	0.824833703	0.820861678	0.81797235
6/03/2021	04:13:19	7.9	45	43.4	44	0.824444444	0.81797235	0.820454545
6/03/2021	04:28:19	7.8	45.6	44.3	47.7	0.828947368	0.823927765	0.836477987
6/03/2021	04:43:19	7.7	45.2	43.5	44.4	0.829646018	0.822988506	0.826576577
6/03/2021	04:58:19	7.6	43.8	42.6	43.7	0.826484018	0.821596244	0.826086957

6/03/2021	05:13:19	7.6	45.1	43.9	44.8	0.831485588	0.826879271	0.830357143
-----------	----------	-----	------	------	------	-------------	-------------	-------------

6/03/2021	05:28:19	7.4	44.9	44.2	45.3	0.83518931	0.832579186	0.836644592
6/03/2021	05:43:19	7.3	44.5	43.6	44.8	0.835955056	0.832568807	0.837053571
6/03/2021	05:58:19	7.2	44.2	43	44.9	0.837104072	0.83255814	0.839643653
6/03/2021	06:13:19	7.2	45.1	44.9	45	0.840354767	0.839643653	0.84
6/03/2021	06:28:19	7.2	45.3	43.6	44.3	0.841059603	0.834862385	0.837471783
6/03/2021	06:43:19	7.2	44.4	43.1	43.4	0.837837838	0.832946636	0.834101382
6/03/2021	06:58:19	7.3	43.4	40.9	40.7	0.831797235	0.821515892	0.820638821
6/03/2021	07:13:19	7.6	44.1	42.1	42.1	0.827664399	0.819477435	0.819477435
6/03/2021	07:28:19	8.2	45.4	44.9	43.3	0.81938326	0.817371938	0.810623557
6/03/2021	07:43:19	8.9	46.9	45.5	43.5	0.810234542	0.804395604	0.795402299
6/03/2021	07:58:19	9.6	46.4	44.7	43.7	0.793103448	0.785234899	0.780320366
6/03/2021	08:13:19	9.2	47.2	44.9	44.4	0.805084746	0.795100223	0.792792793
6/03/2021	08:28:19	9.7	47.7	45	44.9	0.796645702	0.784444444	0.783964365
6/03/2021	08:43:19	10.1	48.2	45.4	45.4	0.790456432	0.77753304	0.77753304
6/03/2021	08:58:19	10.7	48.7	46.8	45.9	0.780287474	0.771367521	0.766884532
6/03/2021	09:13:19	11.4	49.2	48.2	46.4	0.768292683	0.763485477	0.754310345
6/03/2021	09:28:19	12.1	49.7	49.6	46.9	0.756539235	0.756048387	0.742004264
6/03/2021	09:43:19	12.9	50.2	50	47.4	0.743027888	0.742	0.727848101
6/03/2021	09:58:19	13.9	50.7	50.1	47.7	0.725838264	0.72255489	0.708595388
6/03/2021	10:13:19	14.7	51.2	50.1	48.3	0.712890625	0.706586826	0.695652174
6/03/2021	10:28:19	15.3	51.7	51.2	48.9	0.704061896	0.701171875	0.687116564
6/03/2021	10:43:19	15.6	52.2	52.3	49.4	0.701149425	0.701720841	0.684210526
6/03/2021	10:58:19	15.8	52.7	52.4	49.9	0.700189753	0.698473282	0.683366733
6/03/2021	11:13:19	15.7	53.2	52.5	50.4	0.704887218	0.700952381	0.688492063
6/03/2021	11:28:19	15.6	53.7	52.6	50.9	0.709497207	0.703422053	0.693516699
6/03/2021	11:43:19	15.6	54.23	52.7	51.4	0.712336345	0.70398482	0.696498054
6/03/2021	11:58:19	15.6	54.73	52.8	51.6	0.714964371	0.704545455	0.697674419
6/03/2021	12:13:19	15.7	55.23	52.9	52.4	0.715734202	0.703213611	0.700381679
6/03/2021	12:28:19	15.8	55.73	53	52.9	0.716490221	0.701886792	0.701323251
6/03/2021	12:43:19	16.4	56.23	53.1	53.4	0.708340743	0.691148776	0.692883895
6/03/2021	12:58:19	17.1	56.73	53.2	53.7	0.698572184	0.678571429	0.681564246
6/03/2021	13:13:19	17.3	57.23	53.3	54.1	0.697710991	0.675422139	0.680221811
6/03/2021	13:28:19	17.7	57.73	53.4	54.3	0.693400312	0.668539326	0.674033149
6/03/2021	13:43:19	17.8	58.23	53.5	55.4	0.694315645	0.66728972	0.678700361
6/03/2021	13:58:19	17.7	58.73	54.2	55.6	0.698620807	0.673431734	0.681654676
6/03/2021	14:13:19	17.7	59.23	54.9	56.4	0.70116495	0.677595628	0.686170213
6/03/2021	14:28:19	17.8	59.73	55.6	56.9	0.701992299	0.679856115	0.687170475
6/03/2021	14:43:19	17.8	60.23	56.3	57.1	0.704466213	0.68383659	0.6882662
6/03/2021	14:58:19	17.6	60.73	57	57.4	0.710192656	0.69122807	0.693379791
6/03/2021	15:13:19	17.3	61.23	57.7	58.5	0.717458762	0.70017331	0.704273504
6/03/2021	15:28:19	16.7	61.73	58.4	58.7	0.729467034	0.714041096	0.715502555
6/03/2021	15:43:19	17.6	62.23	59.1	59.4	0.71717821	0.702199662	0.703703704
6/03/2021	15:58:19	17.6	62.73	59.3	59.3	0.719432488	0.703204047	0.703204047
6/03/2021	16:13:19	17.7	63.23	59.34	60.2	0.720069587	0.701718908	0.705980066
6/03/2021	16:28:19	17.4	63.73	59.38	60.9	0.726973168	0.706972044	0.714285714
6/03/2021	16:43:19	17.2	64.23	59.42	61.4	0.732212362	0.710535173	0.719869707
6/03/2021	16:58:19	16.3	64.73	59.46	61.9	0.748184767	0.725866128	0.736672052
6/03/2021	17:13:19	15.4	64.5	59.4	61.5	0.76124031	0.740740741	0.749593496
6/03/2021	17:28:19	14.7	64.5	59.34	61.1	0.772093023	0.752275025	0.759410802
6/03/2021	17:43:19	13.9	64.4	59.28	60.7	0.784161491	0.765519568	0.771004942
6/03/2021	17:58:19	13.4	64.1	59.22	60.3	0.790951638	0.773725093	0.777777778
6/03/2021	18:13:19	12.7	63.93	59.16	59.9	0.801345221	0.785327924	0.787979967
6/03/2021	18:28:19	12.2	63.73	59.1	59.5	0.808567394	0.79357022	0.794957983
6/03/2021	18:43:19	11.7	63.53	59.04	59.1	0.815835039	0.801829268	0.802030457
6/03/2021	18:58:19	11.3	63.33	58.98	58.7	0.821569556	0.80840963	0.807495741
6/03/2021	19:13:19	10.8	63.13	58.92	58.3	0.828924442	0.816700611	0.814751286
6/03/2021	19:28:19	10.4	62.93	58.86	57.9	0.834737009	0.823309548	0.820379965
6/03/2021	19:43:19	10.1	62.73	58.8	57.5	0.838992508	0.828231293	0.824347826
6/03/2021	19:58:19	9.8	62.53	58.74	57.1	0.843275228	0.833163092	0.828371278
6/03/2021	20:13:19	9.5	62.33	58.68	56.7	0.847585432	0.838104976	0.832451499
6/03/2021	20:28:19	9.3	62.13	58.62	56.3	0.850313858	0.841351075	0.834813499
6/03/2021	20:43:19	9.1	61.93	58.56	55.9	0.853059906	0.844603825	0.837209302
6/03/2021	20:58:19	8.9	61.73	58.5	55.5	0.855823749	0.847863248	0.83963964
6/03/2021	21:13:19	8.9	61.53	58.44	55.1	0.855355111	0.84770705	0.838475499
6/03/2021	21:28:19	8.8	61.33	58.38	54.7	0.856513941	0.849263446	0.839122486
6/03/2021	21:43:19	8.7	61.13	58.32	54.3	0.857680353	0.850823045	0.839779006
6/03/2021	21:58:19	8.5	60.93	58.26	53.9	0.860495651	0.8541023	0.842300557

En otoño también se puede apreciar que el tubo plateado alcanza mayor temperatura.





































6/03/2021	22:13:19	8.4	60.73	58.2	53.5	0.861682859	0.855670103	0.842990654
6/03/2021	22:28:19	8.2	60.53	58.14	53.1	0.864529985	0.858961128	0.845574388
6/03/2021	22:43:19	7.9	60.33	58.08	52.7	0.869053539	0.863980716	0.850094877
6/03/2021	22:58:19	7.7	60.13	58.02	52.3	0.871944121	0.867287142	0.852772467
6/03/2021	23:13:19	7.6	59.93	57.96	51.9	0.873185383	0.868875086	0.853564547
6/03/2021	23:28:19	7.4	59.73	57.9	51.5	0.876109158	0.872193437	0.85631068
6/03/2021	23:43:19	7.2	59.53	57.84	51.1	0.879052579	0.875518672	0.859099804
6/03/2021	23:58:19	7	59.33	57.78	50.7	0.882015844	0.878850813	0.861932939










































Anexo J. Temperaturas registradas con el Datalogger y resultados de la aplicación de fórmula de eficiencia en un día de invierno.





































FECHA	HORA	AGUA FRIA	T. PLATEADO	T. LILA	T. NEGRO	EFICIENCIA T.P.	EFICIENCIA T.L.	EFICIENCIA T.N.
10/06/2021	00:43:19	3.1	56.9	50.5	46.9	0.945518453	0.938613861	0.933901919
10/06/2021	00:58:19	2.8	54.1	48	45.7	0.948243993	0.941666667	0.938730853
10/06/2021	01:13:19	2.7	55.2	47.4	45.3	0.951086957	0.943037975	0.940397351
10/06/2021	01:28:19	2.6	54.6	47.5	43.3	0.952380952	0.945263158	0.939953811
10/06/2021	01:43:19	2.5	54.8	47.1	41.4	0.954379562	0.946921444	0.939613527
10/06/2021	01:58:19	2.5	52.3	46.1	43.1	0.952198853	0.945770065	0.94199536
10/06/2021	02:13:19	2.4	52.1	45	40.6	0.953934741	0.946666667	0.9408867
10/06/2021	02:28:19	2.2	53.6	45.9	43.1	0.958955224	0.952069717	0.948955916
10/06/2021	02:43:19	2	54.3	46.7	41.4	0.963167587	0.957173448	0.951690821
10/06/2021	02:58:19	2	54	45.6	42.6	0.962962963	0.956140351	0.953051643
10/06/2021	03:13:19	1.9	54.2	47.2	44.9	0.964944649	0.959745763	0.957683742
10/06/2021	03:28:19	1.8	53.7	46.1	44.5	0.966480447	0.960954447	0.959550562
10/06/2021	03:43:19	1.7	53.6	46.1	44.6	0.968283582	0.963123644	0.961883408
10/06/2021	03:58:19	1.6	53.4	46.5	42.4	0.970037453	0.965591398	0.962264151
10/06/2021	04:13:19	1.4	52.9	46.4	44.3	0.973534972	0.969827586	0.968397291
10/06/2021	04:28:19	1.3	53.1	47.4	43.9	0.975517891	0.97257384	0.970387244
10/06/2021	04:43:19	1.2	52.8	45.8	44	0.977272727	0.973799127	0.972727273
10/06/2021	04:58:19	4	47	41.2	37.3	0.914893617	0.902912621	0.892761394
10/06/2021	05:13:19	4	49.2	42.3	40.9	0.918699187	0.905437352	0.902200489
10/06/2021	05:28:19	3.9	48.5	41	39.8	0.919587629	0.904878049	0.90201005
10/06/2021	05:43:19	3.8	49.5	42	39.9	0.923232323	0.90952381	0.904761905
10/06/2021	05:58:19	3.7	46.7	41.2	38.9	0.920770878	0.910194175	0.904884319
10/06/2021	06:13:19	3.7	48.6	42.2	38.2	0.923868313	0.912322275	0.903141361
10/06/2021	06:28:19	3.9	48.8	43.3	39.5	0.920081967	0.909930716	0.901265823
10/06/2021	06:43:19	4.4	48.3	42.7	41.1	0.908902692	0.896955504	0.892944039
10/06/2021	06:58:19	4.6	48.4	43.2	42.4	0.904958678	0.893518519	0.891509434
10/06/2021	07:13:19	4.9	47.4	43.8	42.6	0.896624473	0.888127854	0.884976526
10/06/2021	07:28:19	5.6	47.7	44.4	45.6	0.882599581	0.873873874	0.877192982
10/06/2021	07:43:19	6.1	47.6	42.4	45.3	0.871848739	0.856132075	0.865342163
10/06/2021	07:58:19	6.5	47.2	42.4	43	0.862288136	0.846698113	0.848837209
10/06/2021	08:13:19	7.1	49.3	43.7	44.7	0.855983773	0.837528604	0.841163311
10/06/2021	08:28:19	7.8	51.1	46	47.7	0.847358121	0.830434783	0.836477987
10/06/2021	08:43:19	8.3	50.7	44.4	47.1	0.836291913	0.813063063	0.823779193
10/06/2021	08:58:19	9.6	55.8	51.7	51.5	0.827956989	0.814313346	0.813592233
10/06/2021	09:13:19	10.6	56.3	51.4	50.1	0.811722913	0.793774319	0.788423154
10/06/2021	09:28:19	11.3	58.2	55.2	54.4	0.805841924	0.795289855	0.792279412
10/06/2021	09:43:19	12.2	58.2	53.4	54.5	0.790378007	0.771535581	0.776146789
10/06/2021	09:58:19	12.7	59.4	55.2	53.9	0.786195286	0.769927536	0.764378479
10/06/2021	10:13:19	14.1	60.3	56	54.7	0.766169154	0.748214286	0.742230347
10/06/2021	10:28:19	15.9	60.9	54.9	53.8	0.738916256	0.710382514	0.704460967
10/06/2021	10:43:19	17	62.9	58.1	56.1	0.72972973	0.707401033	0.696969697
10/06/2021	10:58:19	17.7	64	57.3	57.3	0.7234375	0.691099476	0.691099476
10/06/2021	11:13:19	18.2	63.7	56.6	57.9	0.714285714	0.67844523	0.68566494
10/06/2021	11:28:19	19.4	63.4	57.5	56.5	0.694006309	0.662608696	0.656637168
10/06/2021	11:43:19	20.2	66	58.7	58.2	0.693939394	0.655877342	0.652920962
10/06/2021	11:58:19	20.3	66.5	60.4	55.8	0.694736842	0.663907285	0.636200717
10/06/2021	12:13:19	20.6	67.4	62.2	58.3	0.694362018	0.668810289	0.646655232
10/06/2021	12:28:19	20.9	67.4	62.3	60.6	0.689910979	0.664526485	0.655115512
10/06/2021	12:43:19	20.8	67.1	59.6	58.2	0.690014903	0.651006711	0.642611684
10/06/2021	12:58:19	20.3	64.4	57.8	55.9	0.684782609	0.648788927	0.636851521

10/06/2021	13:13:19	20.1	66.2	60.8	57.9	0.696374622	0.669407895	0.652849741
10/06/2021	13:28:19	19.8	66.9	61.1	58.6	0.704035874	0.67594108	0.662116041
10/06/2021	13:43:19	19.7	66	58.1	57.2	0.701515152	0.660929432	0.655594406
10/06/2021	13:58:19	20.1	69.8	60	57.8	0.712034384	0.665	0.652249135
10/06/2021	14:13:19	20.1	66.4	59.9	57.2	0.697289157	0.664440735	0.648601399
10/06/2021	14:28:19	19.9	65.2	58.7	55.3	0.694785276	0.660988075	0.640144665
10/06/2021	14:43:19	19.7	67.6	58.4	55.7	0.708579882	0.662671233	0.646319569
10/06/2021	14:58:19	19.4	65.2	57.7	56	0.702453988	0.663778163	0.653571429
10/06/2021	15:13:19	18.8	65	55.9	55.2	0.710769231	0.663685152	0.65942029
10/06/2021	15:28:19	18.6	65.9	56.9	55.4	0.717754173	0.673110721	0.664259928
10/06/2021	15:43:19	18.2	64.9	56.3	53.8	0.719568567	0.676731794	0.661710037
10/06/2021	15:58:19	17.5	64.9	55.9	52.6	0.730354391	0.686940966	0.66730038
10/06/2021	16:13:19	16.9	63.9	55.3	51.9	0.735524257	0.694394213	0.674373796
10/06/2021	16:28:19	16.7	62.4	54.8	53	0.732371795	0.695255474	0.68490566
10/06/2021	16:43:19	7.4	24.3	24.7	16.9	0.695473251	0.700404858	0.562130178
10/06/2021	16:58:19	7.3	24.7	25.2	18.4	0.704453441	0.71031746	0.60326087
10/06/2021	17:13:19	7.3	25.2	26.1	19.2	0.71031746	0.720306513	0.619791667
10/06/2021	17:28:19	7.4	25.4	25.9	19.5	0.708661417	0.714285714	0.620512821
10/06/2021	17:43:19	7.4	25	25.6	19.2	0.704	0.7109375	0.614583333
10/06/2021	17:58:19	7.4	26.2	26	19.6	0.717557252	0.715384615	0.62244898
10/06/2021	18:13:19	7.4	25.7	25.8	18.8	0.712062257	0.713178295	0.606382979
10/06/2021	18:28:19	7.4	25.6	25.8	18.9	0.7109375	0.713178295	0.608465608
10/06/2021	18:43:19	7.4	26.1	25.8	19.1	0.716475096	0.713178295	0.612565445
10/06/2021	18:58:19	7.4	25.4	25.1	18.6	0.708661417	0.705179283	0.602150538
10/06/2021	19:13:19	7.4	24.5	24.1	18.2	0.697959184	0.692946058	0.593406593
10/06/2021	19:28:19	7.4	24.2	23.8	17.8	0.694214876	0.68907563	0.584269663
10/06/2021	19:43:19	7.3	24.4	23.9	18.3	0.700819672	0.694560669	0.601092896
10/06/2021	19:58:19	7.3	24.4	24.3	18.2	0.700819672	0.699588477	0.598901099
10/06/2021	20:13:19	7.3	23.6	24.8	17.4	0.690677966	0.705645161	0.58045977
10/06/2021	20:28:19	5.2	57.2	47.6	46.1	0.909090909	0.890756303	0.887201735
10/06/2021	20:43:19	5.2	56.9	48.6	45.5	0.908611599	0.893004115	0.885714286
10/06/2021	20:58:19	5.2	55.5	46.2	44.7	0.906306306	0.887445887	0.883668904
10/06/2021	21:13:19	5.1	55.3	46.3	43.9	0.907775769	0.889848812	0.883826879
10/06/2021	21:28:19	5.1	56.4	47.4	45.7	0.909574468	0.892405063	0.888402626
10/06/2021	21:43:19	4.9	54.3	42.9	42.9	0.909760589	0.885780886	0.885780886
10/06/2021	21:58:19	4.9	53.9	44.2	43.3	0.909090909	0.889140271	0.886836028
10/06/2021	22:13:19	4.8	58.3	51.5	49.3	0.917667238	0.906796117	0.902636917
10/06/2021	22:28:19	4.4	57.3	50.4	48.7	0.923211169	0.912698413	0.909650924
10/06/2021	22:43:19	4.2	56.4	49.8	47.5	0.925531915	0.915662651	0.91157894
10/06/2021	22:58:19	4.1	55.2	47.2	46.1	0.925724638	0.913135593	0.91106290
10/06/2021	23:13:19	4	55.7	49.7	46.9	0.928186715	0.919517103	0.91471215
10/06/2021	23:28:19	3.9	56.4	49.4	47.6	0.930851064	0.921052632	0.91806722
10/06/2021	23:43:19	3.8	54.9	49.1	45.1	0.930783242	0.922606925	0.915742794
10/06/2021	23:58:19	3.5	55.1	48.3	45.6	0.936479129	0.927536232	0.923245614
10/06/2021	00:13:19	3.3	56	48.5	46.4	0.941071429	0.931958763	0.92887931
10/06/2021	00:28:19	3.2	56.1	50	46.3	0.942959002	0.936	0.930885529

Anexo K. Detalle de los días que se tomó datos.

FECHA	ESTADO	IMAGEN	T. DE DIA	T. DE NOCHE	ESTACION DEL AÑO
21/02/2021	Nublado		15º	6º	VERANO
22/02/2021	Soleado con nubosidad		15º	5º	VERANO
23/02/2021	Soleado con nubosidad		16º	6º	VERANO
24/02/2021	Soleado con nubosidad		17º	4º	VERANO
25/02/2021	Soleado con nubosidad		16º	3º	VERANO
26/02/2021	Soleado con nubosidad		18º	3º	VERANO
27/02/2021	Soleado con nubosidad		16º	6º	VERANO
28/02/2021	Soleado con nubosidad		16º	3º	VERANO
1/03/2021	Soleado con nubosidad		16º	5º	OTOÑO
2/03/2021	Soleado con nubosidad		17º	6º	OTOÑO
3/03/2021	Soleado con nubosidad		16º	6º	OTOÑO
4/03/2021	Soleado con nubosidad		16º	5º	OTOÑO
5/03/2021	Soleado con nubosidad		17º	6º	OTOÑO
6/03/2021	Soleado con nubosidad		15º	6º	OTOÑO
7/03/2021	Soleado con nubosidad		15º	5º	OTOÑO
8/03/2021	Soleado con nubosidad		17º	3º	OTOÑO
9/03/2021	Soleado con nubosidad		14º	5º	OTOÑO
10/03/2021	Soleado con nubosidad		15º	3º	OTOÑO
11/03/2021	Soleado con nubosidad		15º	1º	OTOÑO
12/03/2021	Soleado con nubosidad		15º	2º	OTOÑO
13/03/2021	Soleado con nubosidad		15º	5º	OTOÑO
14/03/2021	Nublado		14º	5º	OTOÑO
15/03/2021	Soleado con nubosidad		15º	5º	OTOÑO
16/03/2021	Soleado con nubosidad		16º	5º	OTOÑO
17/03/2021	Soleado con nubosidad		16º	5º	OTOÑO
18/03/2021	Presencia de lluvia		10º	6º	OTOÑO
19/03/2021	Soleado con nubosidad		15º	4º	OTOÑO
20/03/2021	Soleado con nubosidad		15º	4º	OTOÑO
21/03/2021	Soleado con nubosidad		16º	5º	OTOÑO
22/03/2021	Soleado con nubosidad		12º	6º	OTOÑO
23/03/2021	Soleado con nubosidad		13º	5º	OTOÑO
24/03/2021	Soleado con nubosidad		16º	5º	OTOÑO
25/03/2021	Soleado con nubosidad		17º	5º	OTOÑO
26/03/2021	Soleado con nubosidad		18º	5º	OTOÑO
27/03/2021	Soleado con nubosidad		17º	5º	OTOÑO
28/03/2021	Soleado con nubosidad		15º	5º	OTOÑO

29/03/2021	Soleado con nubosidad		15º	4º	OTOÑO
30/03/2021	Soleado con nubosidad		16º	4º	OTOÑO
31/03/2021	Nublado		13º	4º	OTOÑO
1/04/2021	Soleado con nubosidad		15º	5º	OTOÑO
2/04/2021	Soleado con nubosidad		16º	3º	OTOÑO
3/04/2021	Nublado		13º	5º	OTOÑO
4/04/2021	Nublado		12º	5º	OTOÑO
5/04/2021	Soleado con nubosidad		13º	5º	OTOÑO
6/04/2021	Soleado con nubosidad		14º	5º	OTOÑO
7/04/2021	Soleado con nubosidad		15º	6º	OTOÑO
8/04/2021	Soleado con nubosidad		17º	3º	OTOÑO
9/04/2021	Soleado con nubosidad		15º	5º	OTOÑO
10/04/2021	Soleado con nubosidad		15º	4º	OTOÑO
11/04/2021	Soleado con nubosidad		15º	5º	OTOÑO
12/04/2021	Soleado con nubosidad		15º	4º	OTOÑO
13/04/2021	Soleado con nubosidad		15º	5º	OTOÑO
14/04/2021	Soleado con nubosidad		14º	5º	OTOÑO
15/04/2021	Soleado despejado		17º	2º	OTOÑO
16/04/2021	Soleado despejado		18º	1º	OTOÑO
17/04/2021	Soleado despejado		18º	0º	OTOÑO
18/04/2021	Soleado con nubosidad		18º	0º	OTOÑO
19/04/2021	Soleado con nubosidad		17º	-1	OTOÑO
20/04/2021	Soleado con nubosidad		17º	-1	OTOÑO
21/04/2021	Soleado con nubosidad		17º	1º	OTOÑO
22/04/2021	Soleado con nubosidad		16º	1º	OTOÑO
23/04/2021	Soleado con nubosidad		15º	0º	OTOÑO
24/04/2021	Soleado con nubosidad		19º	1º	OTOÑO
25/04/2021	Soleado con nubosidad		17º	0º	OTOÑO
26/04/2021	Soleado con nubosidad		16º	0º	OTOÑO
27/04/2021	Soleado con nubosidad		16º	0º	OTOÑO
28/04/2021	Soleado con nubosidad		17º	1º	OTOÑO
29/04/2021	Soleado con nubosidad		16º	0º	OTOÑO
30/04/2021	Soleado con nubosidad		17º	-1º	OTOÑO
1/05/2021	Soleado con nubosidad		16º	-1º	OTOÑO
2/05/2021	Soleado despejado		17º	-1º	OTOÑO
3/05/2021	Soleado con nubosidad		17º	-1º	OTOÑO
4/05/2021	Soleado con nubosidad		18º	1º	OTOÑO
5/05/2021	Soleado con nubosidad		17º	1º	OTOÑO
6/05/2021	Soleado con nubosidad		18º	-1º	OTOÑO
7/05/2021	Soleado con nubosidad		16º	0º	OTOÑO
8/05/2021	Soleado con nubosidad		15º	3º	OTOÑO

9/05/2021	Soleado despejado		16º	-1º	OTOÑO
10/05/2021	Soleado con nubosidad		16º	0º	OTOÑO
11/05/2021	Soleado con nubosidad		18º	1º	OTOÑO
12/05/2021	Soleado con nubosidad		16º	2º	OTOÑO
13/05/2021	Soleado con nubosidad		16º	1º	OTOÑO
14/05/2021	Soleado con nubosidad		15º	1º	OTOÑO
15/05/2021	Soleado con nubosidad		16º	2º	OTOÑO
16/05/2021	Soleado con nubosidad		16º	-1º	OTOÑO
17/05/2021	Soleado con nubosidad		15º	-1º	OTOÑO
18/05/2021	Soleado con nubosidad		16º	0º	OTOÑO
19/05/2021	Soleado con nubosidad		16º	-1º	OTOÑO
20/05/2021	Soleado con nubosidad		16º	-2º	OTOÑO
21/05/2021	Soleado con nubosidad		16º	-2º	OTOÑO
22/05/2021	Soleado despejado		17º	-2º	OTOÑO
23/05/2021	Soleado con nubosidad		15º	-2º	OTOÑO
24/05/2021	Presencia de lluvia		15º	0º	OTOÑO
25/05/2021	Presencia de lluvia		14º	0º	OTOÑO
26/05/2021	Soleado con nubosidad		15º	0º	OTOÑO
27/05/2021	Soleado con nubosidad		16º	0º	OTOÑO
28/05/2021	Soleado con nubosidad		18º	-1º	OTOÑO
29/05/2021	Soleado con nubosidad		18º	0º	OTOÑO
30/05/2021	Soleado con nubosidad		17º	0º	OTOÑO
31/05/2021	Soleado con nubosidad		16º	0º	OTOÑO
1/06/2021	Soleado con nubosidad		18º	-3º	INVIERNO
2/06/2021	Soleado con nubosidad		16º	-2º	INVIERNO
3/06/2021	Soleado con nubosidad		17º	2º	INVIERNO
4/06/2021	Soleado con nubosidad		15º	0º	INVIERNO
5/06/2021	Soleado con nubosidad		16º	-2º	INVIERNO
6/06/2021	Soleado con nubosidad		16º	-3º	INVIERNO
7/06/2021	Soleado con nubosidad		17º	-3º	INVIERNO
8/06/2021	Soleado con nubosidad		17º	-2º	INVIERNO
9/06/2021	Soleado con nubosidad		17º	-3º	INVIERNO
10/06/2021	Soleado con nubosidad		16º	-2º	INVIERNO
11/06/2021	Soleado con nubosidad		17º	-1º	INVIERNO
12/06/2021	Soleado con nubosidad		15º	-4º	INVIERNO
13/06/2021	Soleado despejado		15º	-4º	INVIERNO

Tubo de Borosilicato

CARACTERÍSTICAS:

- El componente clave de nuestras termas solares es el tubo al vacío de vidrio de Borosilicato con gran transparencia y resistencia al impacto, que absorben no solamente los rayos solares (radiación solar directa), sino también, el calor del medio ambiente aún cuando está nublado (radiación solar difusa). La captación de la energía solar se realiza por medio de los tubos de borosilicato, que están cerrados al vacío, produciendo un aislamiento térmico muy eficiente. Al ser transparente, los rayos inciden en el tubo interior. Los tubos llegan a obtener una absorbencia del 94% y una reflexión de solo el 6%.

TUBOS DE VIDRIO DE BOROSILICATO

Conocido también como Pyrex, estos pueden ser comparados a un termo para conservar agua. El termo está hecho de vidrio aislado al vacío, lo que permite que el café permanezca caliente durante varios días.

RESISTENCIAS CLIMATOLÓGICAS

Resiste vientos hasta 120 km/h. Resiste el granizo de 25mm. Rango de temperatura de trabajo -20°C/99°C

FORMA DE LOS TUBOS

La forma cilíndrica de los tubos y la separación entre ellos, permite que el viento pueda circular libremente entre los tubos. Este hecho, hace que estos colectores sean más resistentes a los vientos fuertes. Además el granizo no se acumula en los planos y son más limpios por acumular menos polvo y suciedad.



ALUMINIO NITROGENADO

Tubo interno de aluminio nitrogenado de color azul oscuro, con mínimas propiedades refractivas que maximizan la absorción de la radiación solar.

TECNOLOGÍA AL VACÍO

El vacío provee mayor eficiencia de la captación solar, debido al vacío de los tubos evitan la pérdida del calor conductivo, al estar sellados al vacío solo absorben el calor y preservan el agua caliente por varios días, esto los hace duraderos y fiables, requiriendo un mantenimiento mínimo.



Fabricados según procesos aprobados con la norma de calidad ISO 9001.

Tubos concéntricos al vacío con triple capa

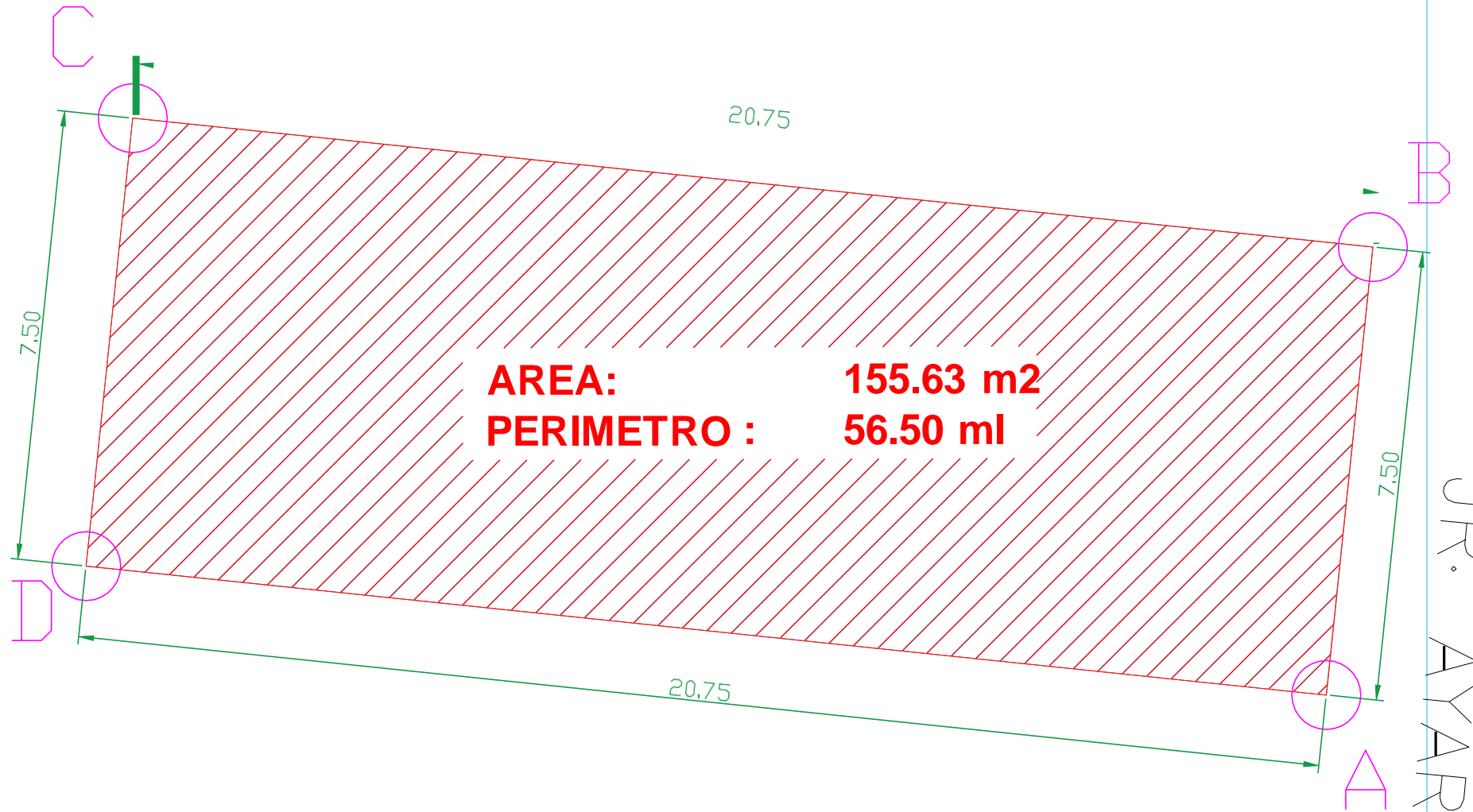
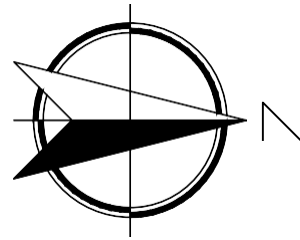
Observación	
Material del tubo	Vidrio de Borosilicato
Diámetro exterior (mm)	58
Longitud del vidrio (mm)	1800
Resistencia al viento (Km/h)	120
Resistencia al granizo (mm)	25
Rango de temperatura de trabajo (°C)	- 20/99



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Estos pueden ser comparados a un termo para conservar agua.
- Los tubos están hechos sellados al vacío, lo que permite que conserve el agua caliente durante varios días

Anexo M. Planos.

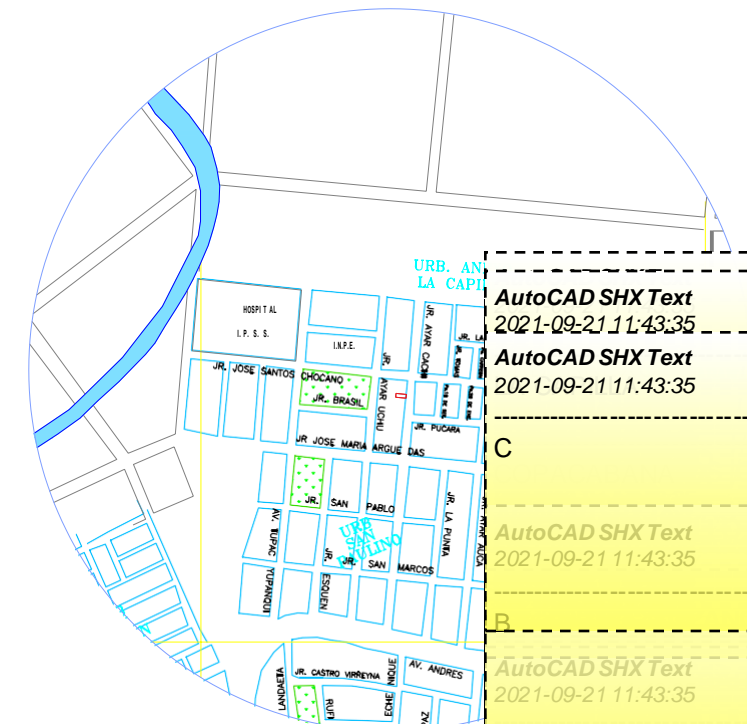


AREA: 155.63 m²
PERIMETRO: 56.50 ml

REGIÓN: PUNO
 PROVINCIA: SAN ROMAN
 DISTRITO: JULIACA
 URB.: LA CAPILLA

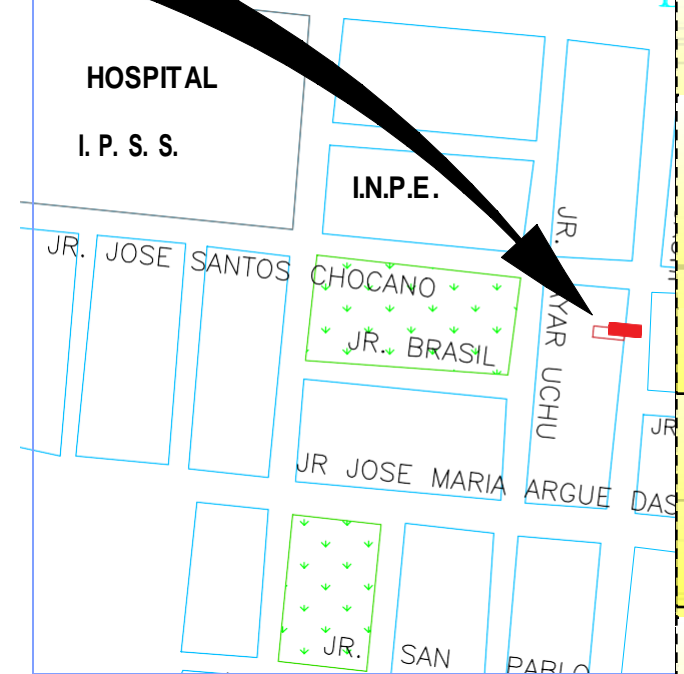
PLANO PERIMÉTRICO

Escala 1: 100



PLANO DE LOCALIZACIÓN

Escala 1: 15000



PLANO DE UBICACIÓN

Escala 1: 5000

DATOS TECNICOS				COORDENADAS		AREA CONSTRUIDA	
Puntos	Lados	Distancia	Ángulos	Este	Norte	Nivel	m ²
P-A	A - B	15.00 m.l	90°	375328.740	8287045.076	01	126.77
P-B	B - C	20.75 m.l	90°	375321.280	8287045.852	02	140.75
P-C	C - D	15.00 m.l	90°	375319.134	8287025.213	Azotea	-
P-D	D - A	20.75 m.l	90°	375326.594	8287024.437		



PROYECTO: "ANALISIS COMPARATIVO DE LA TERMAS SOLARES DE TRES COLORES DE TUBO ANGULOS DE INCLINACION DE 25° Y 35° PA"

PLANO PLANO PERIMÉTRICO, UBICACIÓN Y LOG

TESISTA Bach. Ing. STACY QUISPE CHA - U-2

ESCALA INDICADA FECHA INDICADA

AutoCAD SHX Text 2021-09-21 11:43:35

AutoCAD SHX Text 2021-09-21 11:43:35

AutoCAD SHX Text 2021-09-21 11:43:35

AutoCAD SHX Text 2021-09-21 11:43:35

AutoCAD SHX Text 2021-09-21 11:43:35

AutoCAD SHX Text 2021-09-21 11:43:35

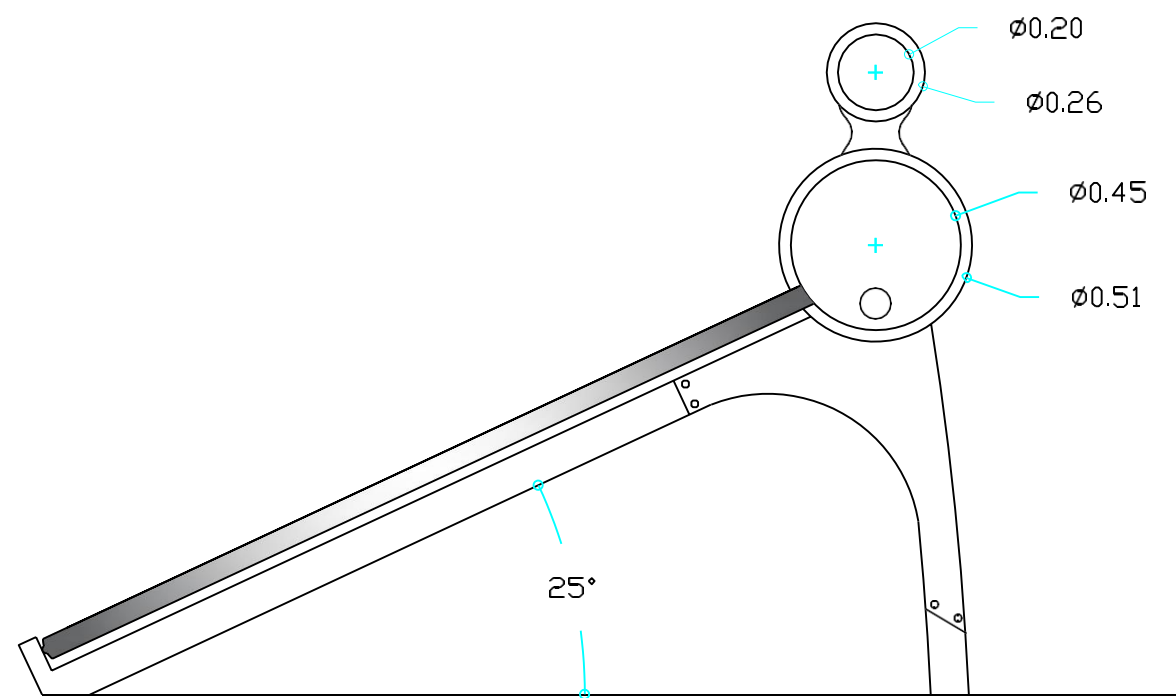
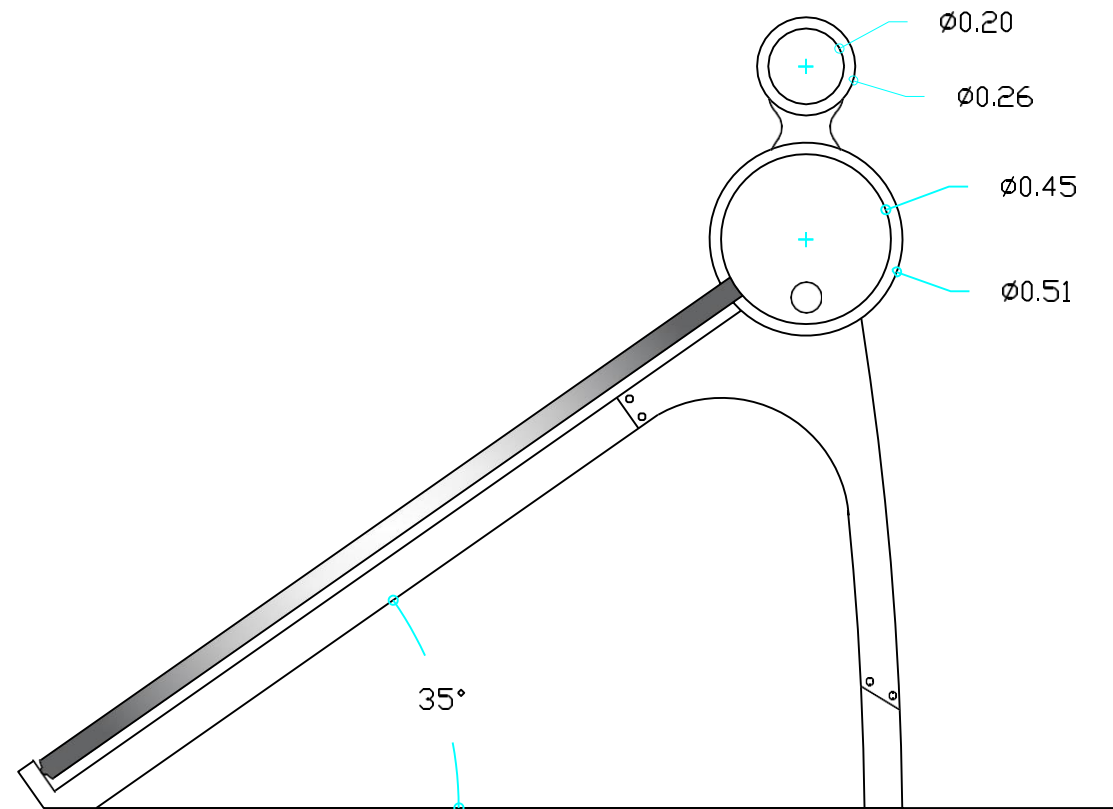
AutoCAD SHX Text 2021-09-21 11:43:35

AutoCAD SHX Text 2021-09-21 11:43:35

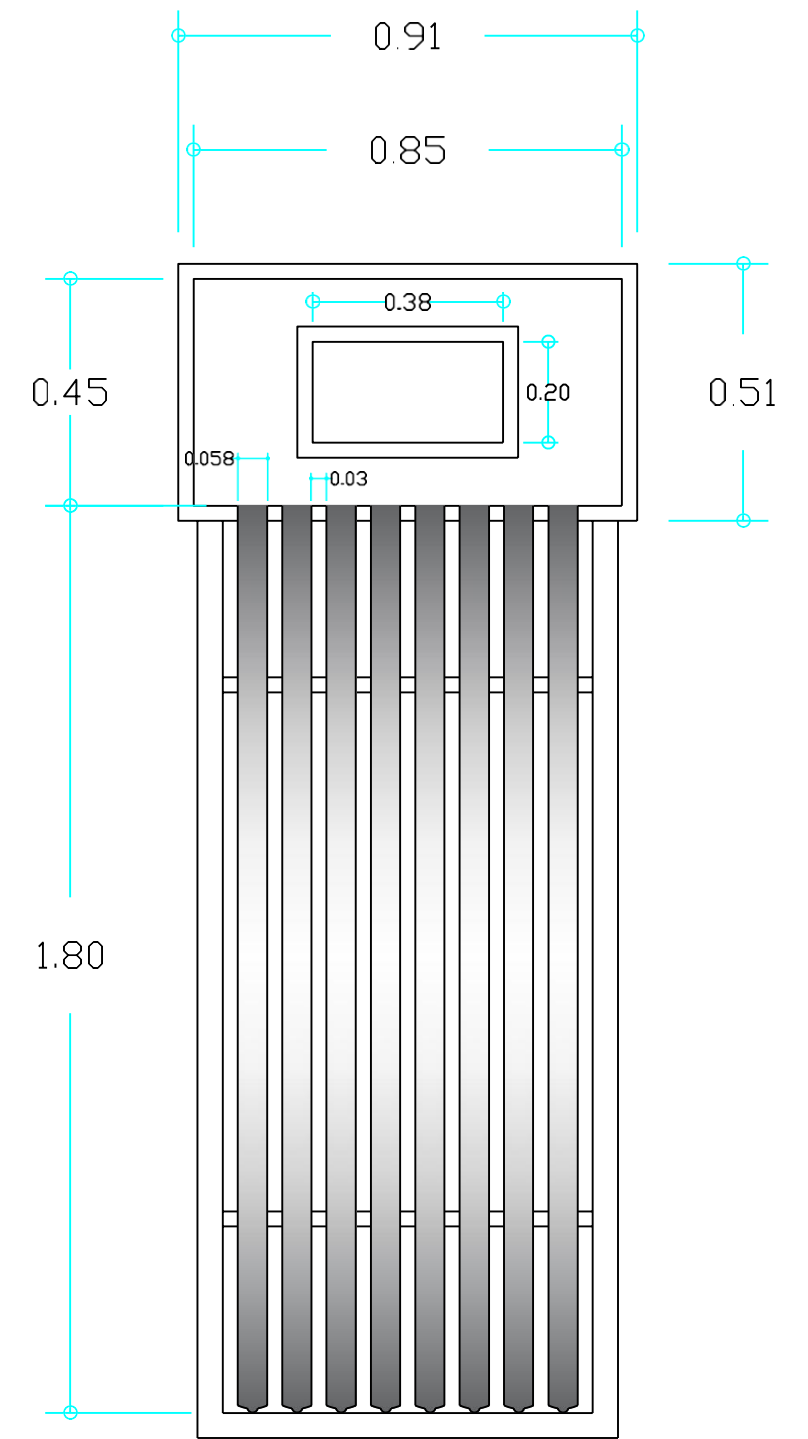
AutoCAD SHX Text 2021-09-21 11:43:35


AutoCAD SHX Text 2021-09-21 11:43:35

AutoCAD SHX Text 2021-09-21 11:43:35




DETALLE ELEVACION TERMAS 25° Y 35°
 Escala 1:20




DETALLE PLANTA TERMAS
 Escala 1:10

UNW



PROYECTO: "ANALISIS COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA TERMICA EN TERMAS SOLARES DE TRES COLORES, DE TUBOS DE VACIO, PARA DOS ANGULOS DE INCLINACION DE 25° Y 35° ULIACA"

PLANO DETALLE DE TERMAS 25° Y 35°

TESISTA Bach. Ing. STACY QUISPE CHAMBI

ESCALA **FECHA**

AutoCAD SHX Text
 2021-09-21 11:42:50

- A-1

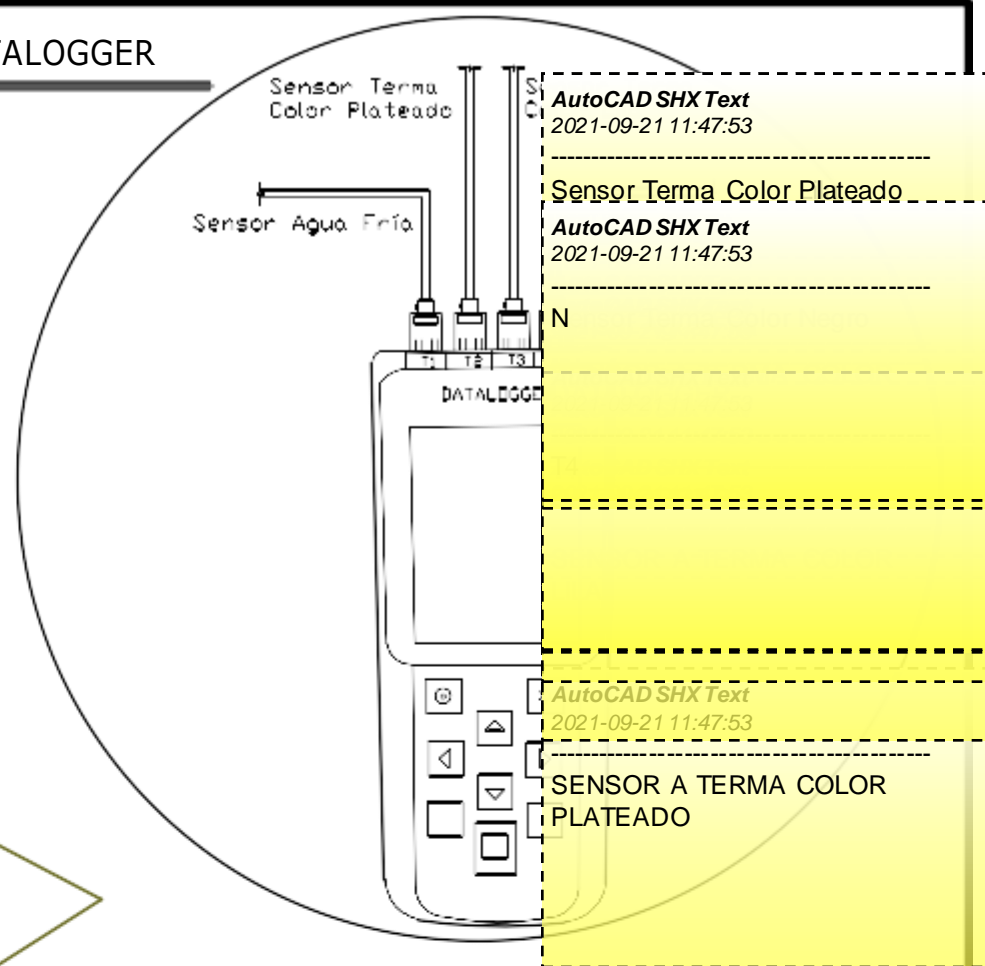
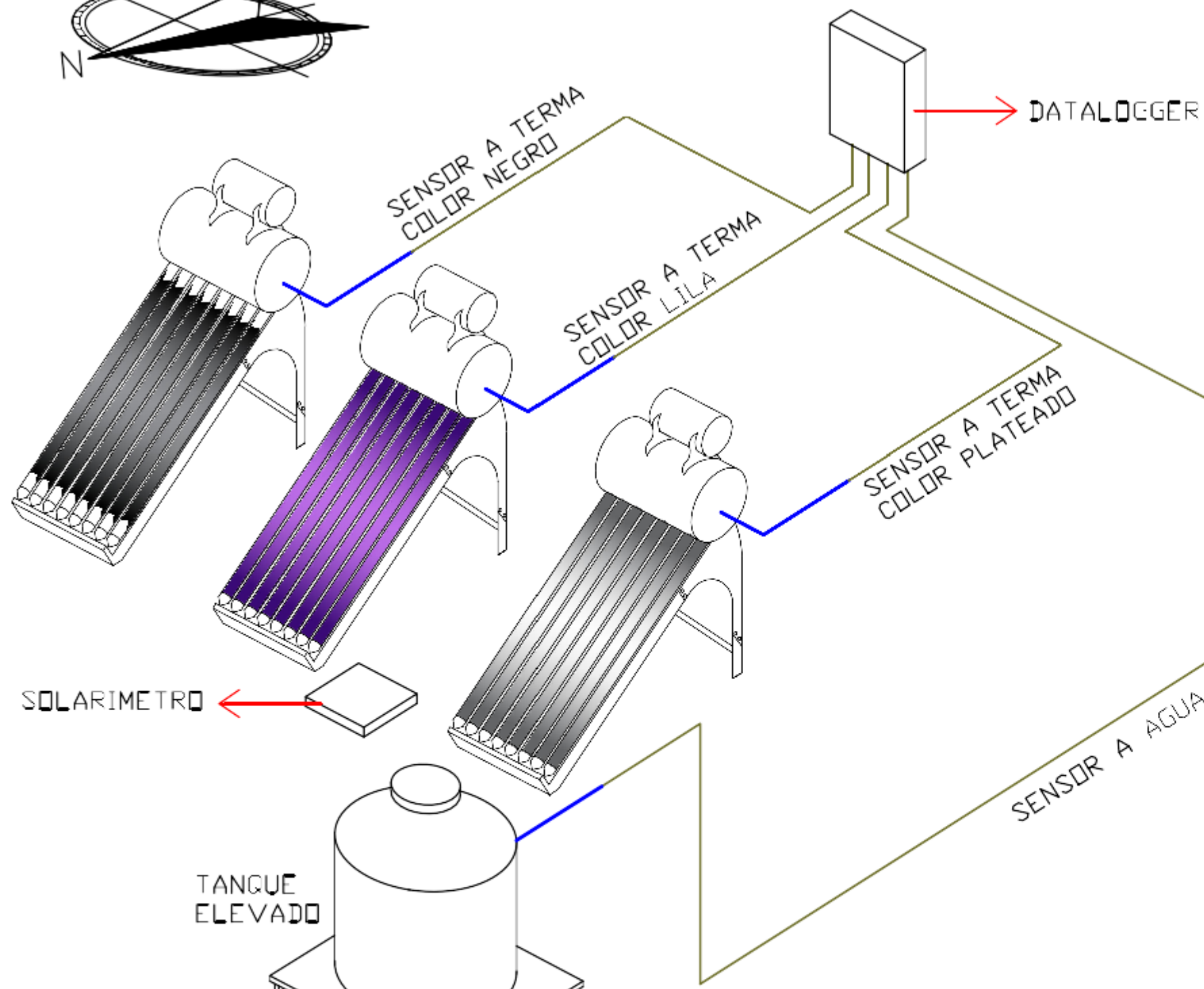
A-1

INDICADA
DICADA

IN



DETALLE DATALOGGER
Escala: S/E

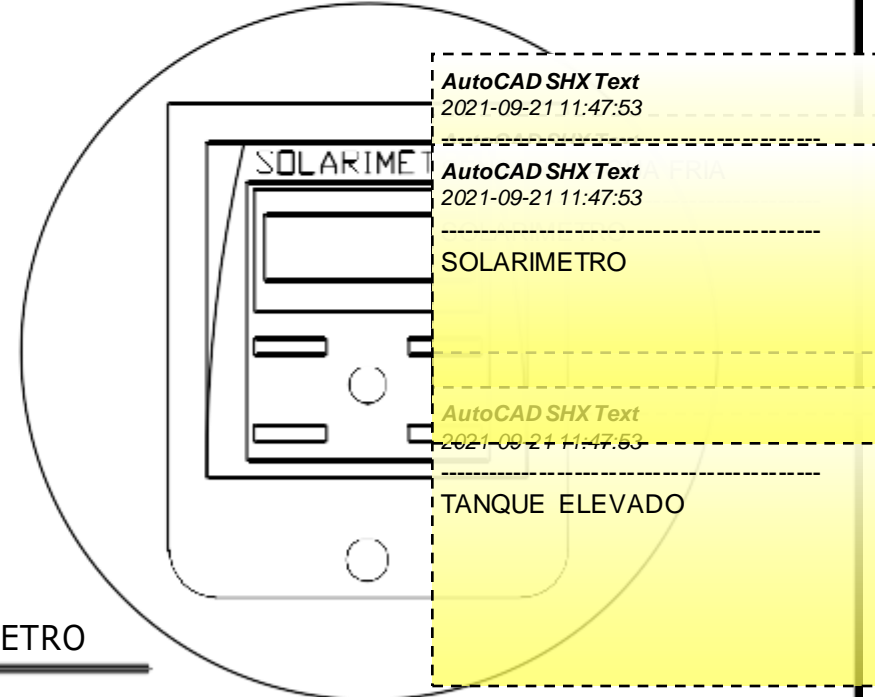


AutoCAD SHX Text
2021-09-21 11:47:53

Sensor Terma Color Plateado
AutoCAD SHX Text
2021-09-21 11:47:53

SENSOR A TERMA COLOR PLATEADO

DETALLE SOLARIMETRO
Escala: S/E



AutoCAD SHX Text
2021-09-21 11:47:53

SOLARIMETRO

TANQUE ELEVADO

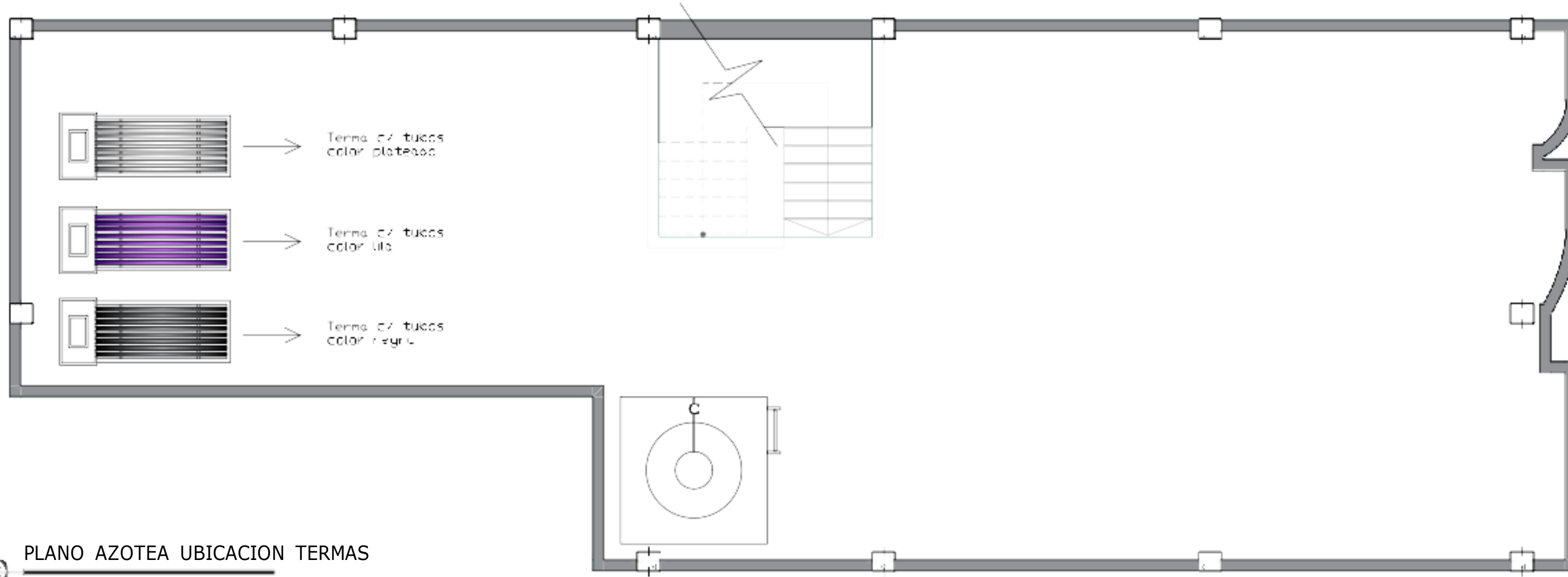
ESQUEMA DE CONEXIÓN TERMAS
Escala S/E



PROYECTO: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA TÉRMICA EN TERMAS SOLARES DE TRES COLORES, DE TUBOS DE VACÍO, PARA DOS ÁNGULOS DE INCLINACIÓN DE 25° Y 35° EN LA CIUDAD DE YAGUAJAY"

PLANO	ESQUEMA DE CONEXION DE TERMAS Y DE	AutoCAD SHX Text 2021-09-21 11:47:53
TESISTA	Bach. Ing. STACY QUISPE CHAMBI	- A-2
ESCALA	INDICADA	FECHA INDICADA

A-2



PLANO AZOTEA UBICACION TERMAS

Escala 1:50

AutoCAD SHX Te
2021-09-21 11:48:

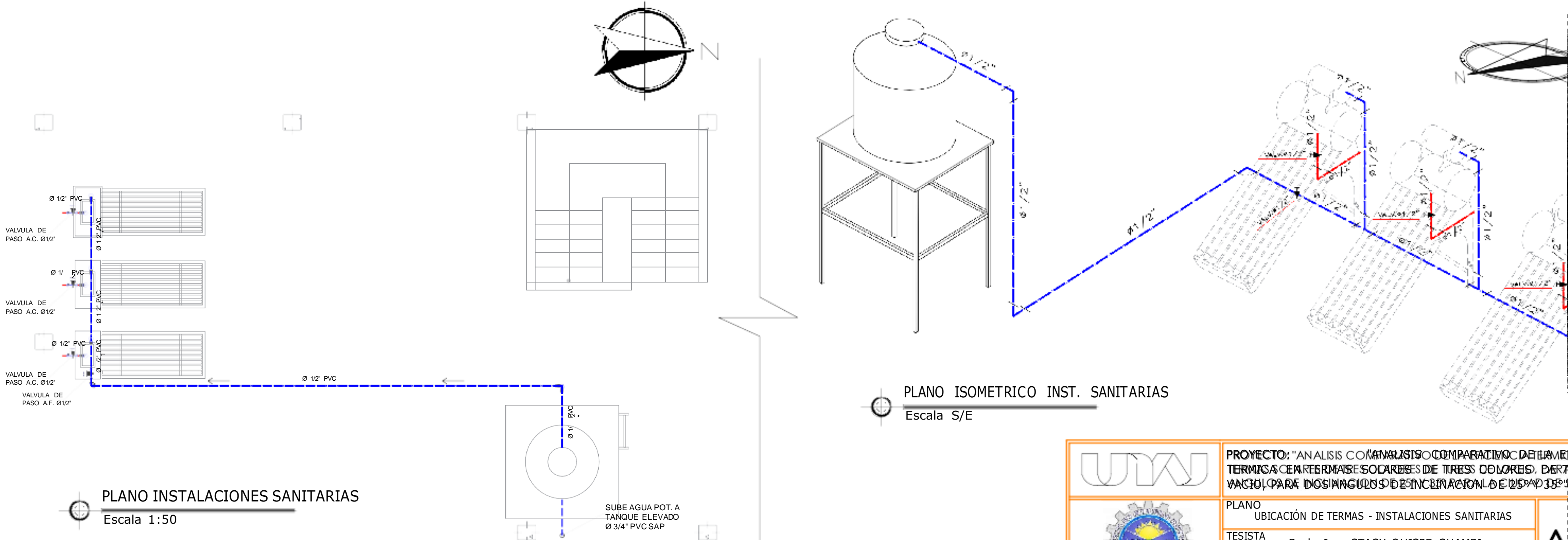
Terma c/ tubos

AutoCAD SHX Te
2021-09-21 11:48:

Terma c/ tubos

AutoCAD SHX Te
2021-09-21 11:48:

Terma c/ tubos



PLANO ISOMETRICO INST. SANITARIAS

Escala S/E

PLANO INSTALACIONES SANITARIAS

Escala 1:50

AutoCAD SHX Te

AutoCAD SHX Te
2021-09-21 11:48:

AutoCAD SHX Te
2021-09-21 11:48:

%%C1/2"

VALV.-%C1/2"

%%C1/2"



PROYECTO: "ANALISIS COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA TERMICA EN REFRMAS SOLARES DE TRES COLORES, DE TUBOS DE VACIO, PARA DOS ANGULOS DE INCLINACION DE 25° Y 35°"

PLANO UBICACIÓN DE TERMAS - INSTALACIONES SANITARIAS

TESISTA Bach. Ing. STACY QUISPE CHAMBI

ESCALA INDICADA

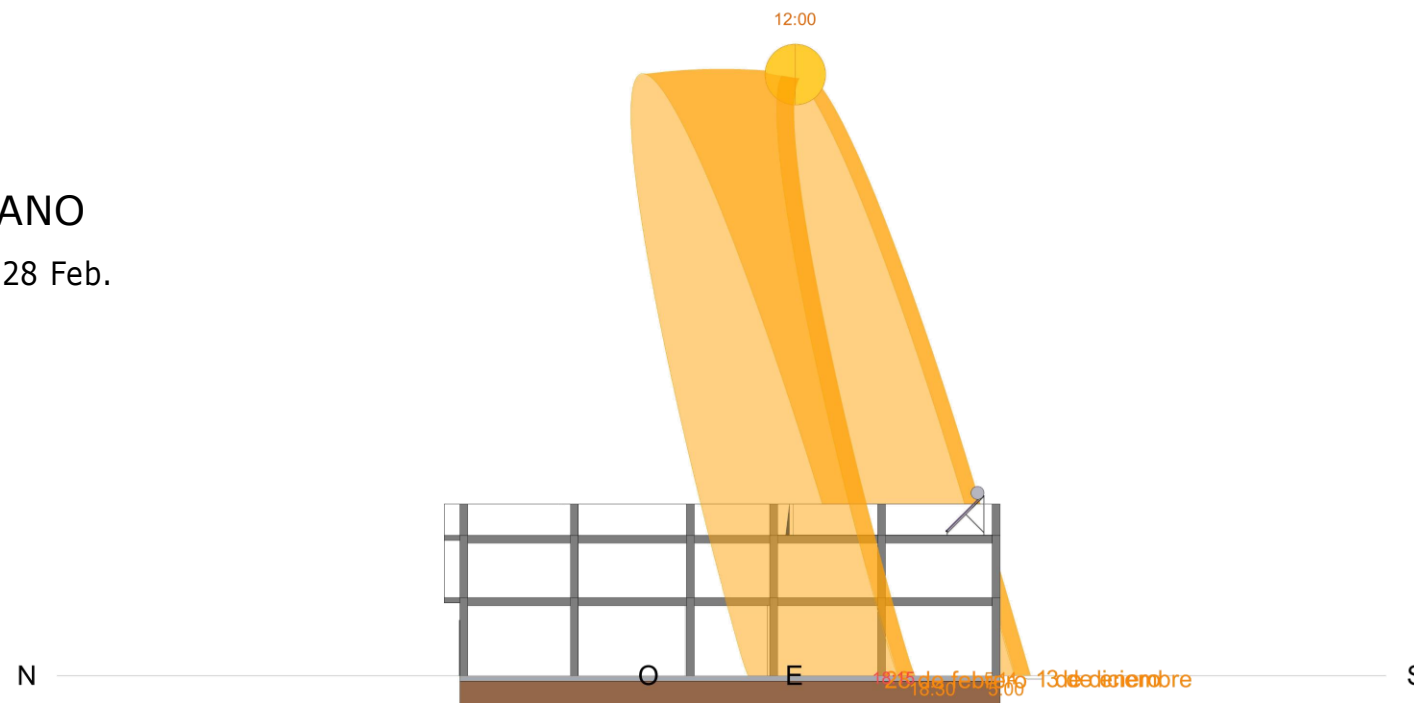
FECHA INDICADA

AutoCAD SHX Te
2021-09-21 11:48:

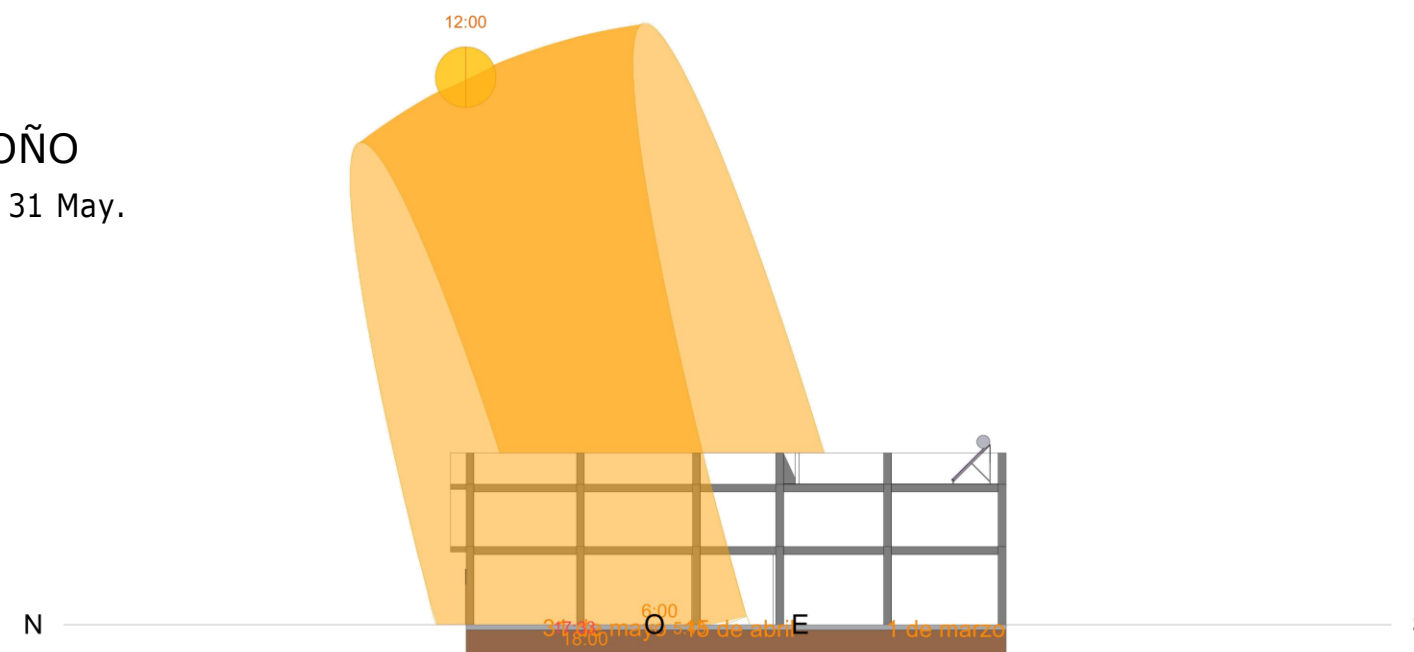
- A-3

A-3

VERANO
1 Dic. - 28 Feb.



OTOÑO
1 Mar. - 31 May.



PROYECTO: "ANALISIS COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA TERMICA EN TERMAS SOLARES DE TRES COLORES DE TUBOS DE VACIO, PARA DOS ANGULOS DE INCLINACION DE 25° Y 35°"

PLANO ESTUDIO ASOLEAMIENTO

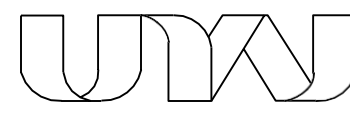
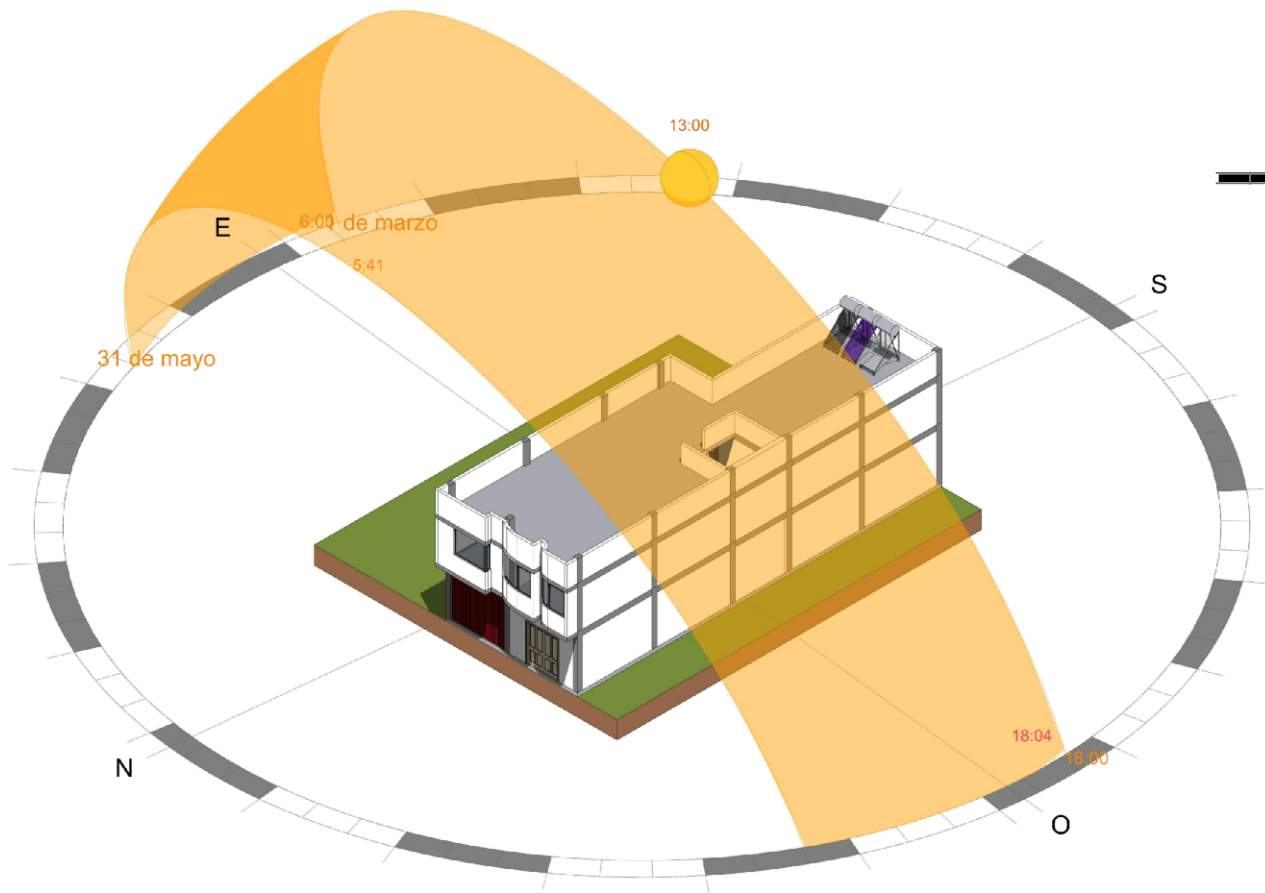
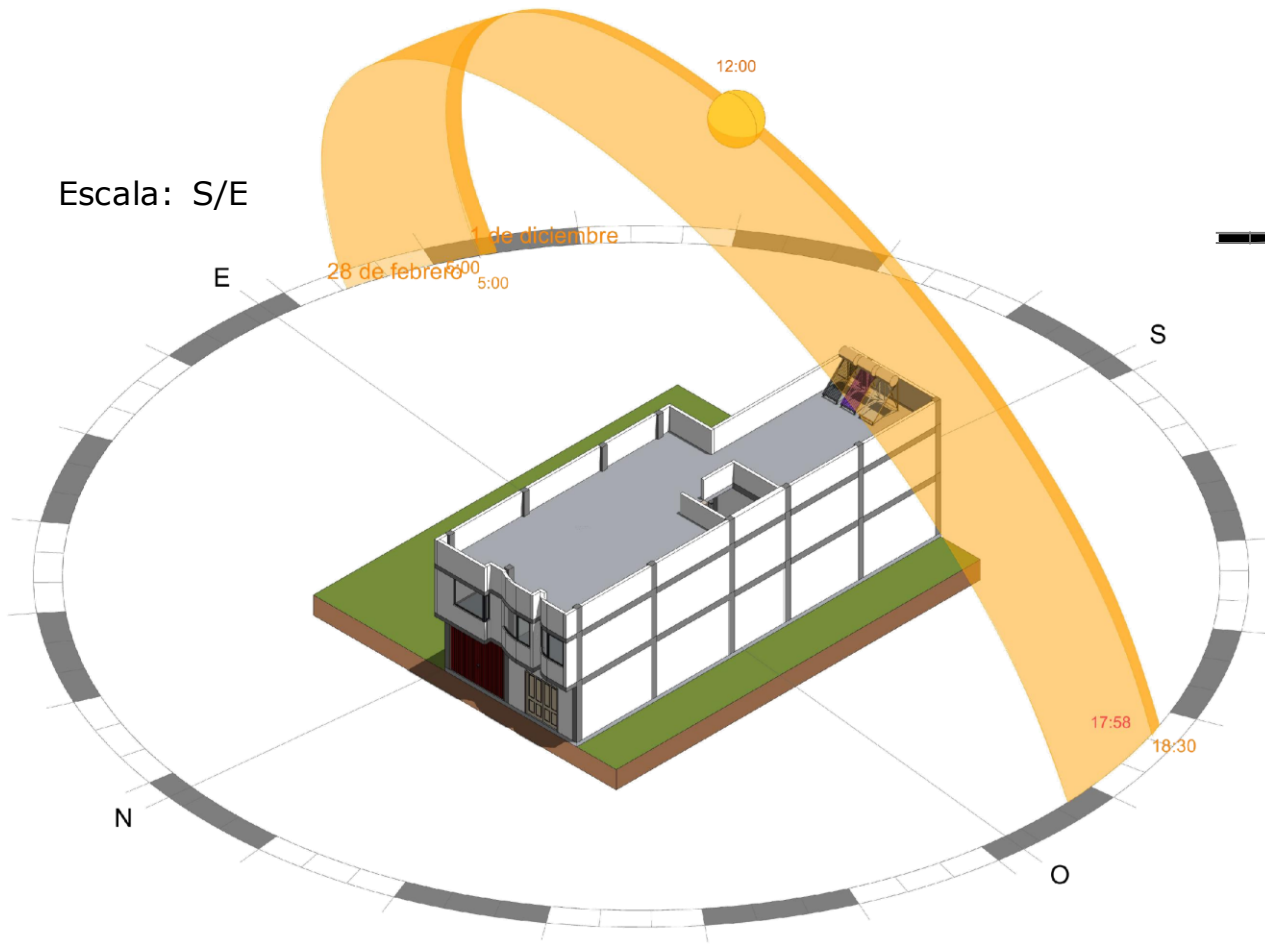
TESISTA Bach. Ing. STACY QUISPE CHAMBI



Escala: S/E

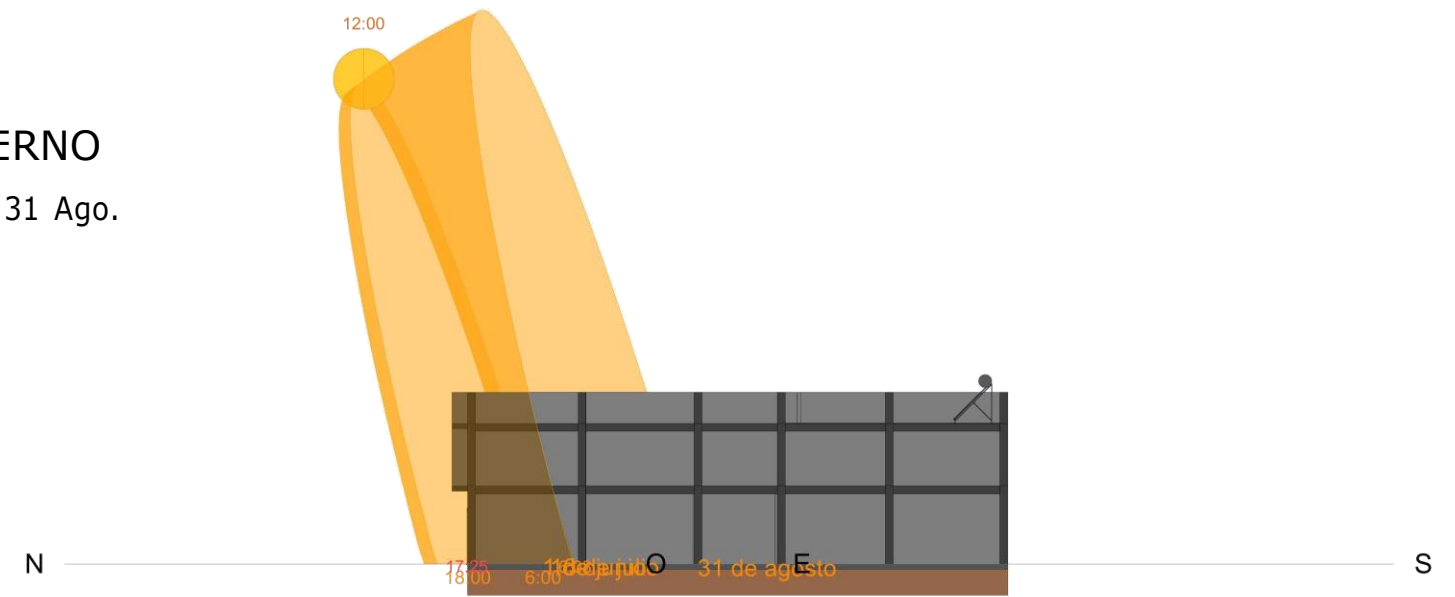
ESCALA INDICADA

FECHA INDICADA

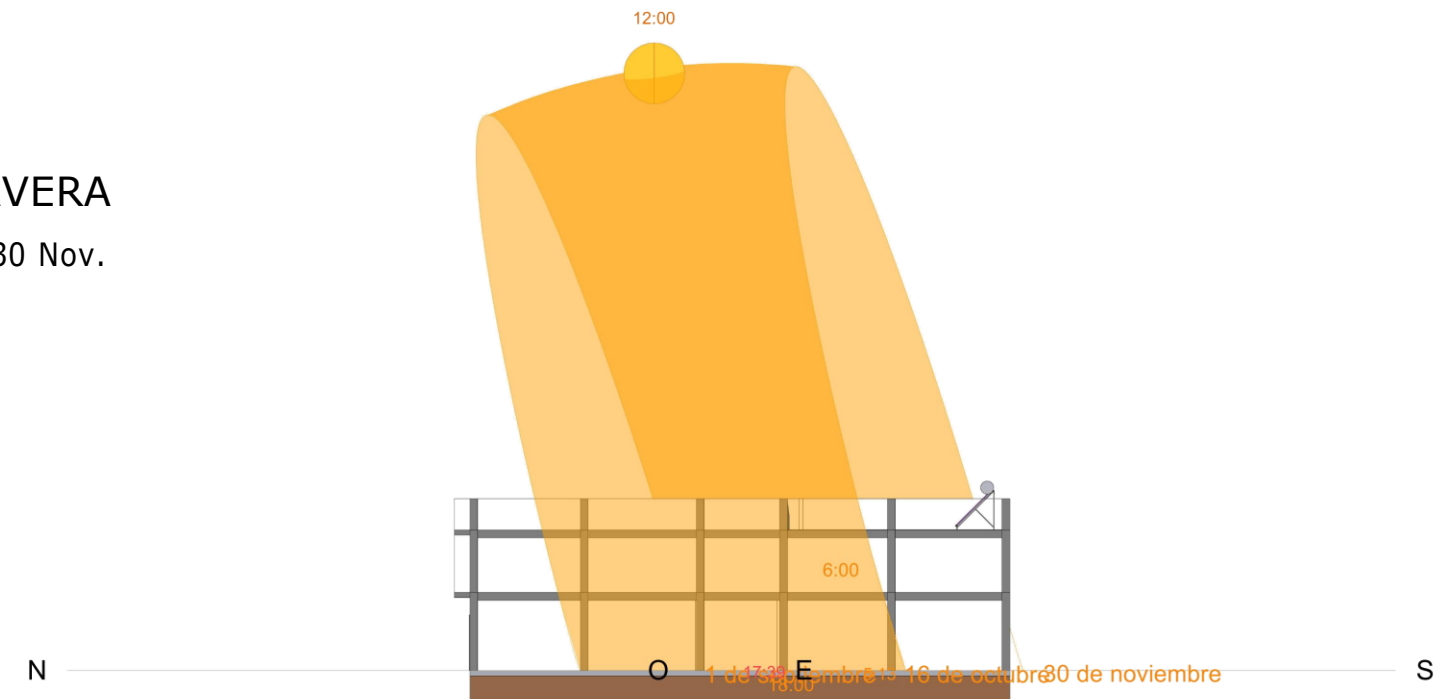


PROYECTO: "ANALISIS COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA TERMICA EN TERMAS SOLARES DE TRES COLORES DE TUBOS DE VACIO, PARA DOS ANGULOS DE INCLINACION DE 25° Y 35° PARA LA CIUDAD DE JULIACA"

INVIERNO
1 Jun. - 31 Ago.



PRIMAVERA
1 Set. - 30 Nov.



PROYECTO: "ANALISIS COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA TERMICA EN TERMAS SOLARES DE TRES COLORES DE TUBOS DE VACIO, PARA DOS ANGULOS DE INCLINACION DE 25° Y 35°"

PLANO ESTUDIO ASOLEAMIENTO

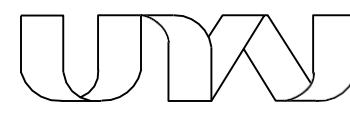
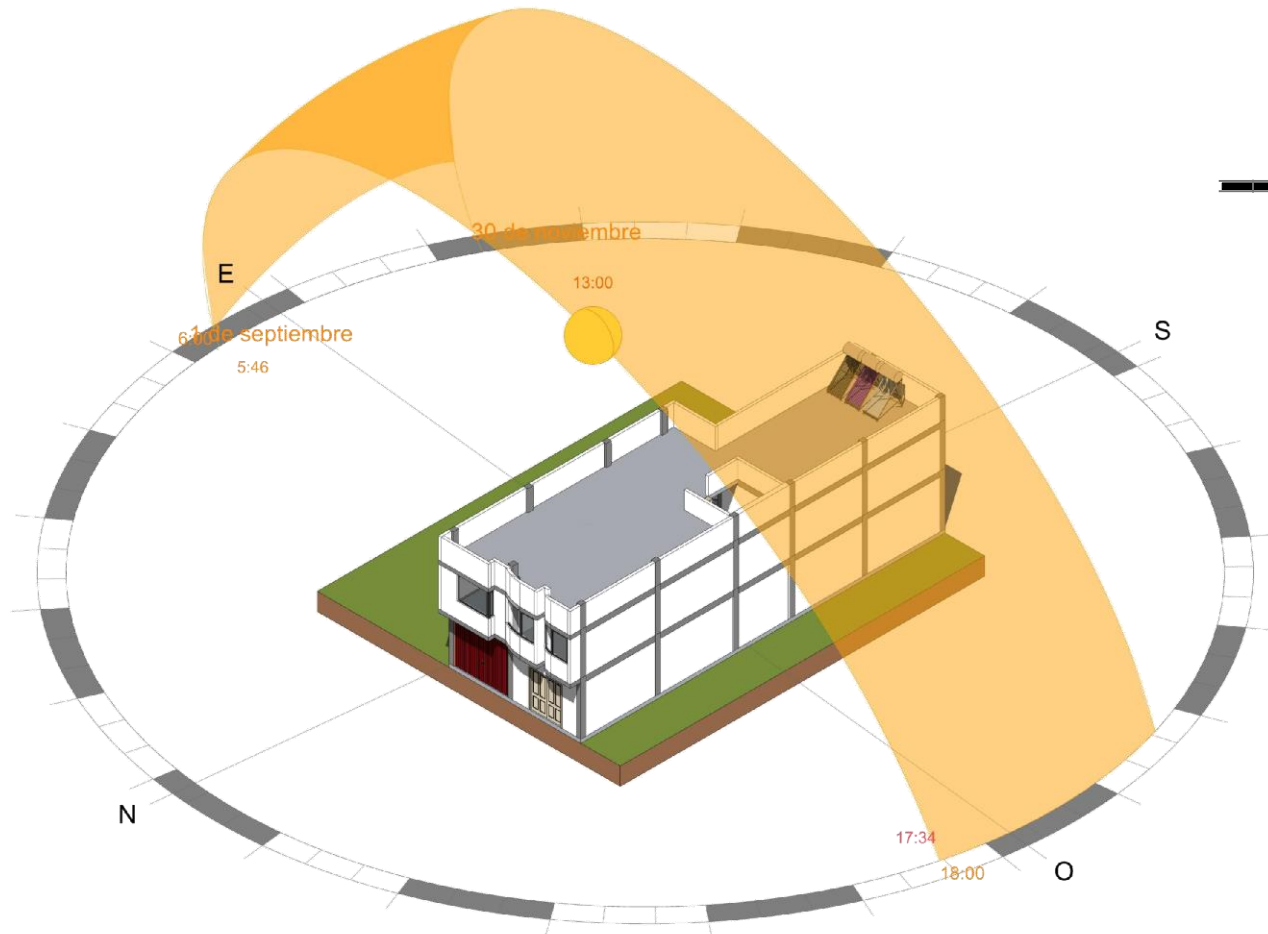
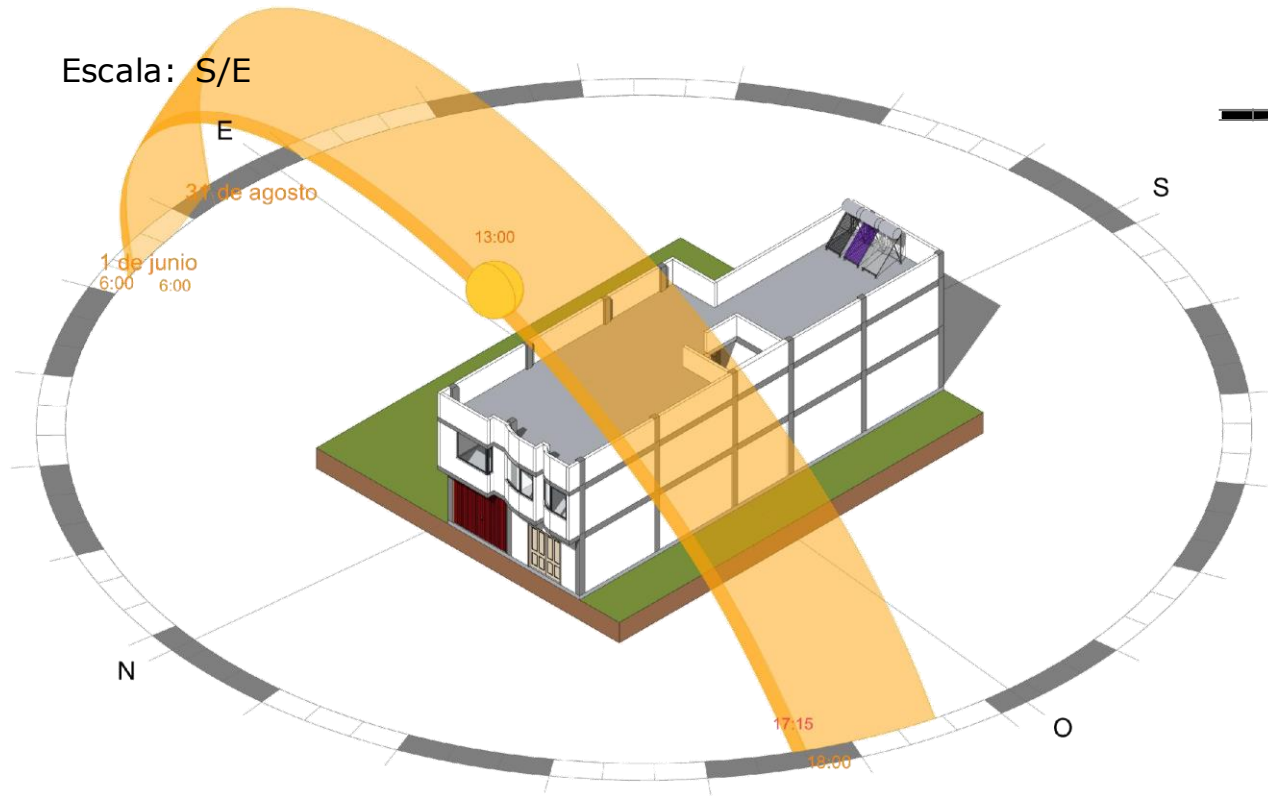
TESISTA Bach. Ing. STACY QUISPE CHAMBI



Escala: S/E

ESCALA INDICADA

FECHA INDICADA



PROYECTO: "ANALISIS COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA TERMICA EN TERMAS SOLARES DE TRES COLORES DE TUBOS DE VACIO, PARA DOS ANGULOS DE INCLINACION DE 25° Y 35° PARA LA CIUDAD DE JULIACA"
