



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

**Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“Colector solar térmico de calentamiento de agua para
confort térmico en el aseo de estudiantes de la I.E.
10817 Marayhuaca”**

Autor:

Br. Reyes Lumbré, Alexander Ivan

Asesor:

Dr. Ing. Daniel Carranza Montenegro

LAMBAYEQUE – PERÚ

12 de junio 2026



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“Colector solar térmico de calentamiento de agua para
confort térmico en el aseo de estudiantes de la I.E.
10817 Marayhuaca”**

Autor:

Bach. Reyes Lumbre, Alexander Ivan

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE	: M.Sc. Lic. Egberto Serafín Gutiérrez Atoche
SECRETARIO	: M.Sc. Ing. Robinson Tapia Asenjo
MIEMBRO	: M.Sc. Ing. Carlos Javier Cotrina Saavedra
ASESOR	: Dr. Ing. Daniel Carranza Montenegro

LAMBAYEQUE – PERÚ

12 de junio 2026



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

TITULO:

**“Colector solar térmico de calentamiento de agua
para confort térmico en el aseo de estudiantes de
la I.E. 10817 Marayhuaca”**

CONTENIDOS

CAPITULO I	: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.
CAPITULO II	: MARCO TEÓRICO.
CAPITULO III	: MARCO METODOLÓGICO.
CAPITULO IV	: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.
CAPITULO V	: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Bach. Reyes Lumbré, Alexander Ivan

M.Sc. Lic. Egberto S. Gutiérrez Atoche
PRESIDENTE

M.Sc. Ing. Robinson Tapia Asenjo
SECRETARIO

M.Sc. Ing. Carlos J. Cotrina Saavedra
VOCAL

Dr. Ing. Daniel Carranza Montenegro
ASESOR

LAMBAYEQUE – PERÚ

12 de junio 2026

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA DECANATO



ACTA DE SUSTENTACION N°0166-2026-FIME



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 11:00 a.m. del día viernes 12 de junio 2026. Se reunieron los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°094-2026-D-FIME-UNPRG, de fecha 05 de junio 2026, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Tesis, conformado por los siguientes catedráticos:

- | | |
|---|------------|
| • M.Sc. Lic. EGBERTO SERAFIN GUTIÉRREZ ATOCHE | PRESIDENTE |
| • M.Sc. Ing. ROBINSON TAPIA ASENJO | SECRETARIO |
| • M.Sc. Ing. CARLOS JAVIER COTRINA SAAVEDRA | MIEMBRO |
| • Dr. Ing. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO | ASESOR |

Se recibió la Tesis titulada:

**"COLECTOR SOLAR TERMICO DE CALENTAMIENTO DE AGUA PARA
CONFORT TÉRMICO EN EL ASEO DE ESTUDIANTES DE LA I.E. 10817
MARAYHUACA."**

Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **REYES LUMBRE ALEXANDER IVAN.**

Finalizada la sustentación de la Tesis, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (16) en la escala vigesimal, mención BUENO. Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 11:45 am del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:


M.Sc. Lic. EGBERTO SERAFIN GUTIÉRREZ ATOCHE
PRESIDENTE


M.Sc. Ing. ROBINSON TAPIA ASENJO
SECRETARIO


M.Sc. Ing. CARLOS JAVIER COTRINA SAAVEDRA
MIEMBRO


Dr. Ing. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO
ASESOR

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, DANIEL CARRANZA MONTENEGRO usuario revisor de:

Tesis

☐

Trabajo de Suficiencia Profesional

☐

Trabajo Académico

☐

Titulado: "Colector solar térmico de calentamiento de agua para confort térmico en el aseo de estudiantes de la I.E. 10817 Marayhuaca"

Cuyo (s) autor (es) es (son):

ALEXANDER IVAN REYES LUMBRE DNI° 77156155

Declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud 15%, verificables en el Resumen del Reporte Automatizado de similitudes que se acompaña.

El (La/Los/Las) suscrito (a/s/as) analizó y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, 22 de Junio del 2026



Nombres y Apellidos: DANIEL CARRANZA MONTENEGRO

DNI°: 16477153

ASESOR

Defina la modalidad con (X)

Adjuntar

- Reporte Automatizado de similitudes
- Recibo Digital

REPORTE DEL TURNITIN

Colector solar térmico de calentamiento de agua para confort térmico en el aseo de estudiantes de la I.E. 10817 Marayhuaca

INFORME DE ORIGINALIDAD



15%	13%	4%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

NOMBRE: DANIEL CARRANZA MONTENEGRO
DNI: 16477153
ASESOR

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante	3%
3	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	pirhua.udep.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	1%
7	es.slideshare.net Fuente de Internet	1%
8	repositorio.autonoma.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad Autonoma de Chile Trabajo del estudiante	<1%
10	Submitted to Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac Trabajo del estudiante	<1%
11	Marrero, Ana Isabel Palmero. "Estudio de Un Sistema Solar termico Utilizando Dispositivos Sombreadores de Edificios", Universidad de La Laguna (Canary Islands, Spain), 2022 Publicación	<1%
12	moam.info Fuente de Internet	<1%

REGISTRO DEL TURNITIN



Recibo digital

NOMBRE: DANIEL CARRANZA MONTENEGRO
DNI: 16477153
ASESOR

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Alexander Ivan Reyes Lumbre
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: Colector solar térmico de calentamiento de agua para confort ...
Nombre del archivo: TESIS_FINAL_V1.docx
Tamaño del archivo: 2.53M
Total páginas: 86
Total de palabras: 13,686
Total de caracteres: 78,796
Fecha de entrega: 10-mar-2026 06:03p.m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2899885849



UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS
Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

"Colector solar térmico de calentamiento de agua para
confort térmico en el aseo de estudiantes de la I.E.
10817 Marayhuaca"

Autor:

Dr. Reyes Lumbre, Alexander Ivan

Asesor:

Dr. Ing. Daniel Carranza Montenegro

LAMBAYEQUE – PERÚ
2026

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado en primer lugar a Dios por siempre estar conmigo y darme la sabiduría necesaria para esta tesis, a mis padres y hermanas por su apoyo y ayuda moral necesaria en la culminación de esta tesis, a mi hijo por ser el motivo de avance y desarrollo personal necesario.

Bach. Reyes Lumbré, Alexander Ivan

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi asesor por brindarme su apoyo y conocimiento en la culminación de esta tesis y a aquellas personas que me brindaron su conocimiento y ayuda técnica en la finalización de esta tesis.

Bach. Reyes Lumbré, Alexander Ivan

RESUMEN

En el centro poblado Marayhuaca, distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe, Lambayeque, se ubica la Institución Educativa de Secundaria Menores N° 10817, con aproximadamente 200 estudiantes a 3630 m s. n. m., donde las bajas temperaturas y el agua cercana a 8 °C dificultan la higiene diaria y el confort térmico. Ante esta problemática, la investigación tuvo como objetivo diseñar un colector solar térmico para el calentamiento de agua destinado al aseo estudiantil. El análisis del recurso solar evidenció condiciones favorables, con una irradiación promedio de 4,97 kWh/m²·día, suficiente para su aprovechamiento energético. La demanda estimada fue de 600 L/día, equivalente a 13,95 kWh/día, base para el dimensionamiento del sistema. Mediante una matriz morfológica y evaluación técnico-económica se seleccionó un colector solar plano con componentes eficientes y de fácil mantenimiento. El diseño final consideró un área de captación de 6,5 m², tanque acumulador de 700 L y sistema auxiliar de 2 kW, logrando cubrir la demanda diaria de agua caliente. La inversión aproximada fue de S/ 16 038, con un ahorro anual cercano a S/ 1 660 y recuperación en alrededor de 10 años. Se concluye que el sistema es técnicamente viable y socialmente pertinente, al mejorar la higiene, el bienestar y el uso de energías renovables en el entorno escolar.

Palabras claves: Colector solar térmico, calentamiento de agua, confort térmico.

ABSTRACT

In the village of Marayhuaca, in the district of Incahuasi, province of Ferreñafe, Lambayeque, lies the Secondary School No. 10817, with approximately 200 students, located at an altitude of 3630 meters above sea level. The low temperatures and water temperatures of around 8°C make daily hygiene and thermal comfort difficult. To address this problem, the research aimed to design a solar thermal collector for heating water for student hygiene. Analysis of the solar resource revealed favorable conditions, with an average irradiation of 4.97 kWh/m²-day, sufficient for energy use. The estimated demand was 600 L/day, equivalent to 13,95 kWh/day, which served as the basis for sizing the system. Using a morphological matrix and a technical-economic evaluation, a flat-plate solar collector with efficient and easily maintained components was selected. The final design indicated a collector area of 6,5 m², a 700 L storage tank, and a 2 kW auxiliary system, successfully meeting the daily hot water demand. The approximate investment was S/ 16 038, with annual savings of approximately S/ 1 660 and a payback period of around 10 years. It is concluded that the system is technically viable and socially relevant, as it improves hygiene, well-being, and the use of renewable energy in the school environment.

Keywords: Solar thermal collector, water heating, thermal comfort.:

ÍNDICE

ACTA DE SUSTENTACIÓN	4
.....	4
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD	5
.....	5
REPORTE DEL TURNITIN	6
REGISTRO DEL TURNITIN.....	7
.....	7
DEDICATORIA	8
AGRADECIMIENTO	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
ÍNDICE.....	12
ÍNDICE DE TABLAS	14
INTRODUCCIÓN	15
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	17
1.1. Realidad Problemática	17
1.2. Formulación del Problema.....	21
1.3. Delimitación de la Investigación	21
1.4. Justificación e Importancia del estudio.....	22
1.5. Limitaciones de la Investigación.....	23
1.6. Objetivos de estudio	24
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	25
2.1. Antecedentes de Estudios.....	25
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado	34
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	39
3.1. Tipo y diseño de investigación	39
3.2. Población y muestra	40
3.3. Hipótesis	40
3.4. Variables - Operacionalización.....	41
3.5. Métodos y Técnicas de investigación.....	43
3.6. Descripción de los instrumentos utilizados	43
3.7. Análisis estadístico e interpretación de los datos	44

CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS ...	46
4.1. Recurso solar existente en la Institución Educativa de Secundaria Menores N° 10817 Marayhuaca - Lambayeque – Perú.....	46
4.2. Demanda de agua caliente en la Institución Educativa de Secundaria Menores N° 10817 Marayhuaca - Lambayeque – Perú.....	48
4.3. Mediante una matriz morfológica los componentes del colector solar térmico	52
4.4. Cálculo y selección de los componentes del colector solar térmico de acuerdo a las características de la institución educativa	56
4.5. Presupuesto que involucra el sistema colector solar térmico.	70
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	78
5.1. Conclusiones.....	78
5.2. Recomendaciones.....	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
ANEXOS.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	42
Tabla 2: irradiación solar mensual estimada para Lambayeque (Perú)	48
Tabla 3: Demanda diaria de agua caliente sanitaria	52
Tabla 4: Matriz morfológica del colector solar térmico	53
Tabla 5: Criterios de evaluación y ponderación	54
Tabla 6: Ponderación del tipo de colector solar	55
Tabla 7: Selección de componentes del sistema	55
Tabla 8: Marcas y modelos referenciales de equipos	70
Tabla 8: Presupuesto suministro de equipos principales	71
Tabla 9: Presupuesto Sistema hidráulico.....	72
Tabla 10: Presupuesto Estructura y montaje	72
Tabla 11: Presupuesto Costos Indirectos	72
Tabla 12: Presupuesto Total.....	73
Tabla 13: Actividades de mantenimiento	73
Tabla 14: Ahorro energético anual.....	75

INTRODUCCIÓN

La importancia del confort térmico para estudiantes en instituciones educativas ubicadas a más de 3000 msnm radica en que las condiciones térmicas adversas afectan directamente su bienestar, capacidad de aprendizaje y productividad, impactando negativamente el desarrollo educativo. Estudios científicos y tesis coinciden en que las bajas temperaturas en zonas altoandinas generan discomfort térmico, el cual disminuye la sensación de bienestar y el desempeño académico de los estudiantes. En ambientes escolares de la zona altoandina, la exposición prolongada a bajas temperaturas durante las clases reduce la capacidad de aprendizaje y productividad, afectando el desarrollo educativo de los estudiantes. Por tanto, mantener condiciones adecuadas de confort térmico es fundamental para favorecer el proceso educativo (Ccama Condori, 2023). La percepción de confort térmico está ligada a la sensación de bienestar del estudiante. Por ejemplo, en aulas modificadas con tecnologías bioclimáticas se han encontrado temperaturas neutras más elevadas, lo que mejora la adaptación y el confort térmico percibido por los alumnos (estudio en aulas a más de 4000 msnm). La falta de confort térmico puede también derivar en problemas de salud, ya que las bajas temperaturas favorecen la aparición de virus respiratorios comunes en la sierra, incrementando el ausentismo escolar (tesis sobre infraestructura educativa y condiciones térmicas en la sierra central del Perú) (Casas Vásquez, 2024). Desde el punto de vista ambiental y arquitectónico, diseñar espacios con mejores condiciones térmicas, como el uso de tecnologías solares pasivas y aislamiento adecuado, es indispensable para lograr confort y mejorar la habitabilidad de los ambientes educativos en alturas extremas (Flores Martell, 2018).

En el primer capítulo se discute el problema de diseñar Colector solar térmico de calentamiento de agua para confort térmico en el aseo de estudiantes de la I.E. 10817 Marayhuaca. Esto da como resultado la creación del objetivo general y la propuesta de los objetivos específicos para lograrlo.

Los antecedentes, que incluyen estudios realizados sobre el tema y que sustentan la alternativa de solución planteada en esta tesis, se presentan en el Capítulo II. Así mismo, se presenta la teoría relacionada con el objeto de la investigación.

El tercer capítulo explica cómo se recopilará y procesará la información, así como las herramientas que se utilizarán.

El cuarto capítulo se presenta los resultados alcanzados, y la selección de los equipos, el cálculo del costo del sistema planificado y la evaluación de indicadores financieros.

Las conclusiones y sugerencias se exponen en el quinto capítulo.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

La problemática del confort térmico de los estudiantes en instituciones educativas ubicadas en altitudes de más de 3000 msnm a nivel mundial, basada en tesis y artículos científicos, se centra en varios aspectos clave que afectan su bienestar, salud y rendimiento académico. Aunque la mayoría de los estudios específicos son regionales o de zonas andinas, las problemáticas identificadas pueden generalizarse a contextos similares de alta montaña en el mundo. En zonas de alta altitud, las temperaturas internas de las aulas frecuentemente están por debajo del rango térmico confortable para estudiantes (alrededor de 18–21 °C), lo que genera discomfort térmico severo y afecta la concentración y el aprendizaje. Los estudios muestran que estas temperaturas bajas pueden estar alrededor de 6.6 °C o inferiores en algunas aulas de zonas altoandinas. Las escuelas suelen tener construcciones con alta transmitancia térmica y baja resistencia térmica, lo que favorece la pérdida de calor y la dificultad para mantener temperaturas interiores adecuadas durante el horario escolar. (Cuzcano Huamancha & Robles Cabrera, 2021). La falta de implementación de estrategias arquitectónicas y técnicas pasivas para el confort térmico limita la capacidad de las aulas para mantener condiciones ambientales favorables. Las tecnologías y modelos bioclimáticos presentan beneficios, pero su aplicación es aún limitada en muchas regiones (Cuzcano Huamancha & Robles Cabrera, 2021).

La problemática del confort térmico de los estudiantes en instituciones educativas ubicadas en altitudes de más de 3000 msnm en el Perú, basada en tesis y artículos

científicos, se resume en los siguientes puntos: En zonas altoandinas como Puno, se han registrado temperaturas internas en aulas convencionales alrededor de 6.6 °C a 8.6 °C, muy por debajo del rango confortable (18–21 °C), lo que genera discomfort térmico severo, disminuye la capacidad de aprendizaje y afecta el desarrollo educativo de los estudiantes. Por ejemplo, un estudio en la I.E.S. Pacaje en Macusani (4345 msnm) reporta una temperatura neutral percibida de 8.6 °C en aulas convencionales y 12.82 °C en aulas con tecnologías bioclimáticas (tesis doctoral, Universidad Nacional del Altiplano, Puno) (Ccama Condori, 2023). La exposición continua a bajas temperaturas favorece la aparición de enfermedades respiratorias como influenza y virus sincitial respiratorio, elevando el ausentismo escolar y afectando el bienestar integral de los estudiantes (Vivas Romero, 2024). La ausencia de estrategias bioclimáticas y pasivas en el diseño arquitectónico impide mantener condiciones térmicas confortables. Estudios proponen modelos bioclimáticos para centros educativos en zonas altoandinas, pero aún hay poca aplicación generalizada debido a costos y desconocimiento (investigación en la URP y modelación en Cusco) (Cuzcano Huamancha & Robles Cabrera, 2021).

En el centro poblado Marayhuaca, ubicado en el distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque, se localiza la Institución Educativa de Secundaria Menores N° 10817 Marayhuaca, la cual cuenta con una población aproximada de 200 estudiantes y se encuentra a una altitud cercana a los 3630 m s. n. m. La mayoría de los alumnos proviene de comunidades aledañas, por lo que requieren realizar su aseo antes de ingresar a clases; sin embargo, debido a las condiciones climáticas propias de la zona altoandina, la temperatura del agua se mantiene alrededor de 8 °C, lo que desincentiva la higiene personal y genera

problemas como malos olores, afecciones cutáneas y sensaciones de frío intenso. A esta altitud, la exposición al agua fría provoca respuestas fisiológicas como escalofríos y disminución de la temperatura en extremidades —manos, pies y orejas— que pueden descender por debajo de los 20 °C, y si no se restablece el equilibrio térmico, existe riesgo de enfriamiento corporal progresivo. De acuerdo con registros del SENAMHI para el año 2024, la localidad presenta temperaturas mínimas mensuales que oscilan entre aproximadamente 2 °C y 6 °C a lo largo del año, evidenciando un ambiente frío que refuerza la necesidad de implementar soluciones de calentamiento de agua para mejorar las condiciones de higiene y confort térmico de los estudiantes.

El problema del limitado aseo personal y del bajo confort térmico en la Institución Educativa de Secundaria Menores N° 10817 Marayhuaca se origina por la combinación de factores geográficos, climáticos, técnicos y sanitarios propios del contexto altoandino donde se ubica la localidad. La elevada altitud, cercana a los 3630 m s. n. m., genera un ambiente frío durante gran parte del año, con temperaturas mínimas que pueden descender hasta aproximadamente 2 °C, lo que influye directamente en la temperatura del agua disponible para el aseo, que se mantiene alrededor de 8 °C. Estas condiciones provocan incomodidad fisiológica en los estudiantes, manifestada en escalofríos, enfriamiento de las extremidades y rechazo al uso de agua fría, desincentivando prácticas adecuadas de higiene diaria. A ello se suma la ausencia de sistemas de calentamiento de agua en la institución educativa y la limitada infraestructura sanitaria con condiciones de confort térmico, lo que dificulta el aseo antes del ingreso a clases, especialmente considerando que la mayoría de los estudiantes proviene de comunidades cercanas y requiere realizar

su higiene al llegar. Esta situación favorece la presencia de malos olores, afecciones cutáneas y riesgos de enfriamiento corporal, afectando la salud, el bienestar y el rendimiento escolar, y evidenciando la necesidad de implementar soluciones tecnológicas sostenibles que permitan disponer de agua caliente sanitaria en la institución.

Si esta problemática no se soluciona, se generarían consecuencias negativas en los ámbitos sanitario, educativo y social de los estudiantes de la Institución Educativa de Secundaria Menores N° 10817 Marayhuaca. La persistencia del uso de agua fría para el aseo en condiciones de bajas temperaturas ambientales desincentivaría la higiene personal, favoreciendo la aparición de afecciones cutáneas, infecciones dérmicas y malos olores corporales, además de incrementar el riesgo de enfriamiento corporal y malestar físico. Estas condiciones impactarían directamente en el bienestar de los alumnos, reduciendo su comodidad durante la jornada escolar y afectando su concentración y rendimiento académico. Asimismo, podrían generarse problemas de convivencia escolar asociados a la falta de higiene, como rechazo social, baja autoestima y dificultades en la interacción entre compañeros. A largo plazo, la ausencia de soluciones para el calentamiento de agua limitaría la implementación de hábitos saludables, mantendría condiciones sanitarias inadecuadas dentro de la institución y perpetuaría un entorno educativo con deficiencias en confort térmico y calidad de vida estudiantil, evidenciando la necesidad urgente de adoptar medidas tecnológicas sostenibles que garanticen el acceso a agua caliente sanitaria.

Las variables en esta investigación son:

Variable Dependiente: *Confort térmico en el aseo de los estudiantes*

Variable Independiente: *Colector solar térmico de calentamiento de agua*

1.2. Formulación del Problema

¿De qué manera el diseño e implementación de un sistema de colector solar térmico para el calentamiento de agua permitirá mejorar el confort térmico en el aseo de los estudiantes de la Institución Educativa de Secundaria Menores N° 10817 Marayhuaca, ubicada en el distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe, región Lambayeque?

1.3. Delimitación de la Investigación

La presente investigación se delimita espacialmente en la Institución Educativa de Secundaria Menores N° 10817 Marayhuaca, ubicada en el centro poblado Marayhuaca, distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque, Perú, zona altoandina situada aproximadamente a 3630 m s. n. m. Desde el punto de vista temático, el estudio se enfoca en el diseño y evaluación de un sistema de colector solar térmico destinado al calentamiento de agua para el aseo de los estudiantes, considerando el recurso solar disponible, la demanda de agua caliente sanitaria y las condiciones climáticas locales. En el ámbito poblacional, la investigación toma como referencia a los estudiantes de nivel secundario de la institución educativa, estimados en alrededor de 200 alumnos. Metodológicamente, el estudio se desarrolla bajo un enfoque aplicado y de carácter técnico-descriptivo, orientado al dimensionamiento y selección de los componentes del sistema solar térmico, sin incluir la construcción o implementación física del sistema. Temporalmente, la investigación se circunscribe al periodo de análisis de

datos climáticos recientes y al desarrollo del diseño técnico durante el año académico correspondiente al estudio. Finalmente, el alcance del trabajo se limita al calentamiento de agua sanitaria para el aseo estudiantil, sin considerar otras aplicaciones energéticas dentro de la institución educativa.

1.4. Justificación e Importancia del estudio

1.4.1. Justificación:

a presente investigación se justifica en la necesidad de mejorar las condiciones de higiene y confort térmico de los estudiantes de la Institución Educativa de Secundaria Menores N° 10817 Marayhuaca, ubicada en una zona altoandina caracterizada por bajas temperaturas ambientales y agua fría disponible para el aseo personal. Estas condiciones dificultan la adopción de hábitos adecuados de higiene, generando riesgos para la salud, incomodidad física y posibles afecciones dermatológicas, lo que repercute en el bienestar y desempeño escolar de los alumnos. Frente a esta problemática, el diseño de un sistema de colector solar térmico para el calentamiento de agua constituye una alternativa tecnológica viable, sostenible y acorde con las condiciones climáticas de la zona, aprovechando el recurso solar disponible para garantizar el acceso a agua caliente sanitaria sin depender de fuentes energéticas convencionales.

1.4.2. Importancia:

La importancia del estudio radica en su contribución técnica, social y ambiental. Desde el punto de vista técnico, permite desarrollar un modelo de dimensionamiento y selección de componentes de un sistema solar térmico aplicable a instituciones educativas rurales de características similares. En el

ámbito social, favorece la mejora de las condiciones de higiene, salud y calidad de vida de los estudiantes, promoviendo entornos escolares más seguros y adecuados. Asimismo, desde la perspectiva ambiental y energética, fomenta el uso de energías renovables y la reducción del consumo de recursos convencionales, alineándose con estrategias de sostenibilidad y eficiencia energética en zonas rurales altoandinas. De esta manera, la investigación aporta soluciones concretas a una problemática real y replicable en otras comunidades educativas con condiciones climáticas similares.

1.5. Limitaciones de la Investigación

La presente investigación presenta limitaciones relacionadas con el alcance técnico, metodológico y contextual del estudio. En primer lugar, el trabajo se centra en el diseño y dimensionamiento de un sistema de colector solar térmico para el calentamiento de agua sanitaria, sin contemplar la construcción, implementación ni evaluación experimental del sistema en condiciones reales de operación, por lo que los resultados obtenidos corresponden a estimaciones teóricas basadas en parámetros técnicos y climáticos disponibles. Asimismo, el análisis del recurso solar y de las condiciones climáticas se fundamenta en datos referenciales y registros meteorológicos disponibles para la zona de Marayhuaca, los cuales pueden presentar variaciones estacionales o microclimáticas no consideradas en detalle. Otra limitación está asociada a la estimación de la demanda de agua caliente sanitaria, la cual se realiza mediante supuestos técnicos sobre hábitos de uso, número de estudiantes y condiciones de operación, pudiendo diferir del comportamiento real de los usuarios. Finalmente, la investigación se restringe al uso del sistema solar térmico para el aseo de los estudiantes dentro de la institución

educativa, sin extender su aplicación a otros servicios o instalaciones, lo que delimita su alcance funcional y de impacto dentro del entorno escolar.

1.6. Objetivos de estudio

1.6.1. Objetivo General

Diseñar un colector solar térmico de calentamiento de agua para el confort térmico en el aseo de los estudiantes de la Institución Educativa N° 10817 Marayhuaca – Lambayeque - Perú”.

1.6.2. Objetivo Específicos

- Determinar el recurso solar existente en la Institución Educativa de Secundaria Menores N° 10817 Marayhuaca - Lambayeque – Perú.
- Calcular la demanda de agua caliente en la Institución Educativa de Secundaria Menores N° 10817 Marayhuaca - Lambayeque – Perú.
- Determinar mediante una matriz morfológica los componentes del colector solar térmico
- Calcular y seleccionar los componentes del colector solar térmico de acuerdo a las características de la institución educativa.
- Determinar el presupuesto que involucra el sistema colector solar térmico

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudios

2.1.1. A nivel Internacional

En Colombia, Cárdenas Acosta, (2020), en la investigación titulada “Diseño e implementación de un colector solar para calentamiento de agua de ducha en el sector de deportes de la UTP”, En el presente trabajo de grado se lleva a cabo una detallada descripción de los diferentes tipos de colectores solares que existen. El enfoque principal de esta investigación se centra en el diseño y la modificación de un colector solar de tubo de evacuación, el cual ha sido instalado específicamente en los baños destinados a los profesores y personal administrativo en la zona dedicada a actividades deportivas de la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP). En el proceso de creación y ajuste del colector solar, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de varios factores clave que pueden influir en su rendimiento. Estos factores incluyeron aspectos como la temperatura ambiental, el ángulo de inclinación de la cubierta que lo alberga, la radiación solar disponible, la forma en que la luz solar incide sobre la superficie del colector, el diseño del sistema hidráulico utilizado, el estudio estructural del mismo, y otros elementos relevantes. Todo esto se realizó con el objetivo de garantizar que el colector estuviera ubicado en la posición más adecuada, lo que resultaría en un funcionamiento óptimo para maximizar la captación de energía solar, permitiendo así el calentamiento eficaz de un fluido. En lo que respecta a la instalación del colector, se presenta un detallado enfoque sobre el proceso constructivo necesario. Este enfoque toma en consideración las determinantes relevantes que afectan la instalación, lo que permite implementar las modificaciones adecuadas y pertinentes. De esta

manera, se garantiza un óptimo funcionamiento del colector al momento de captar la radiación solar, con el objetivo de alcanzar la máxima temperatura posible en el fluido que se utiliza en el sistema. (Cárdenas Acosta, 2020)

En Ecuador, Chisaguano Chisaguano & Valdivieso Yerovi, (2021), en el trabajo de investigación: “Diseño y construcción de un prototipo de colector solar para el calentamiento de agua con materiales reciclables para una vivienda”, El trabajo de investigación que se llevó a cabo tiene como objetivo principal presentar un diseño innovador, así como la construcción de un prototipo de colector solar, que está destinado específicamente al calentamiento de agua en el contexto de una vivienda. Este prototipo ha sido cuidadosamente elaborado utilizando materiales reciclables que son tanto accesibles como sostenibles, tales como botellas de plástico PET, bolsas de leche, pallets de madera y manguera negra, además de otros materiales esenciales que fueron requeridos durante el proceso de construcción. Este prototipo se basa en el uso del agua como su fluido principal para el funcionamiento. A medida que el agua circula, transita a través de una serie de tubos y mangueras que están recubiertos con botellas hechas de plástico PET. Este diseño ingenioso crea un efecto invernadero en el interior del sistema, lo que resulta en un notable calentamiento del agua a medida que avanza por el conducto. Se empleó el colector solar original como base para llevar a cabo una serie de adecuaciones que dieron como resultado la creación de tres prototipos diferentes. Estos prototipos fueron sometidos a rigurosas pruebas durante el período comprendido entre el 11 y el 19 de diciembre del año 2020. Las pruebas se realizaron en un horario específico,

comenzando a las 9:00 de la mañana y finalizando a la 1:00 de la tarde. Durante este tiempo, se realizaron lecturas de datos experimentales cada 10 minutos. El objetivo de estas pruebas era verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los prototipos y también obtener una serie de valores de temperatura en relación con el tiempo, considerando la cantidad de radiación solar que se recibió en la ciudad de Quito. A través de las pruebas que se han llevado a cabo y el cálculo detallado del calor que ha sido absorbido, se ha determinado que en el prototipo número 2 se obtuvo un valor de 144,96 [Wh]. Este prototipo logró alcanzar una temperatura máxima de 41,3 [°C] gracias a la implementación de un fondo negro. En el caso del prototipo número 1, que está compuesto por botellas de PET, el valor de calor absorbido se registró en 94,38 [Wh], alcanzando así una temperatura máxima de 30,1 [°C]. Por otro lado, en el prototipo número 3, que cuenta con una cubierta plástica, se obtuvo un valor de calor absorbido de 93,41 [Wh], logrando alcanzar una temperatura máxima de 32,6 [°C]. Se llevó a cabo un exhaustivo análisis económico que compara un sistema alternativo para calentar agua con las opciones tradicionales de ducha eléctrica y el uso de gas licuado de petróleo (GLP). Este estudio revela que, para la instalación de un colector solar, se requiere una inversión inicial de doscientos dólares, siempre y cuando se adquieran los materiales de primera mano. Es importante resaltar que el costo para calentar 20 litros de agua utilizando esta tecnología solar es absolutamente cero, lo cual implica que este método no produce ningún tipo de contaminación ambiental. Esto contrasta significativamente con las opciones de ducha eléctrica y GLP, que presentan costos para calentar la misma cantidad de agua que varían entre 0,03 y 0,06 dólares. Además, es crucial mencionar que

la producción de estas alternativas no renovables implica la quema de combustibles fósiles, lo que a su vez genera emisiones nocivas a la atmósfera, contribuyendo al fenómeno del efecto invernadero. (Chisaguano Chisaguano & Valdivieso Yerovi, 2021)

2.1.2. A nivel nacional

En Lima, Clemente De La Cruz, (2022), en su trabajo de investigación “Configuración de un sistema colector solar de incidencia indirecta para generar energía térmica en condiciones climatológicas de Huancayo-Perú”, La energía solar, en el ámbito global, ha estado experimentando un crecimiento significativo y sostenido, gracias a su naturaleza respetuosa con el medio ambiente y al hecho de ofrecer

Existen dos enfoques o vertientes principales en esta área: por un lado, las tecnologías fotoeléctricas y, por otro, las térmicas. En el caso de las térmicas, hasta este momento, su uso se ha centrado principalmente en aplicaciones a baja temperatura. No obstante, hay un gran potencial para expandir su aprovechamiento hacia aplicaciones que requieran temperaturas medias y altas. Con este propósito en mente, se ha comenzado a llevar a cabo una investigación específica en un contexto particular del Perú, concretamente en la región del Valle del Mantaro, donde se busca explorar y desarrollar estas posibilidades. El objetivo principal de esta investigación fue establecer y organizar los diversos componentes que conforman un sistema solar de incidencia indirecta, el cual está compuesto por un conjunto de elementos que incluyen; un.

Un helióstato, que actúa como un dispositivo de orientación solar, junto con

un atenuador que regula la intensidad de la luz, un concentrador que enfoca la radiación solar y un receptor diseñado para captar esa energía.

Se refiere a la energía térmica de elevada temperatura, específicamente aquella que supera los 200 grados Celsius en el punto focal del concentrador. Con el fin de alcanzar este objetivo específico, se hizo uso de varias bases de datos diferentes que se consideraron relevantes para obtener la información necesaria.

Se llevó a cabo la adquisición de una variedad de artículos, patentes y tesis, los cuales aportaron valiosa información que ha sido fundamental para la justificación y el desarrollo de esta investigación en particular. El enfoque que se ha empleado para llevar a cabo esta investigación ha sido el método sistémico, ya que se decidió abordar el tema en cuestión al interrelacionar todos los componentes de manera integral y considerando su conexión con el contexto general. Además, se clasifica como una investigación aplicada, y el nivel de desarrollo alcanzado hasta este momento es el experimental. El esquema de diseño que se ha utilizado en este estudio es un diseño factorial de tipo 2^3 . Esta elección se debe a que se llevó a cabo la manipulación de diversas variables, que incluyen el helióstato, el atenuador y el concentrador, cada una de ellas evaluada en dos niveles distintos, que se clasifican como bajo y alto. Como resultado de estas manipulaciones, se estableció que la variable respuesta que se estaría analizando sería la temperatura que se registra en el absorbedor, específicamente en el foco del concentrador. El resultado que se consiguió fue una temperatura máxima registrada de 215.6°C en el absorbedor, resultado del efecto combinado de varios factores. En particular, se consideró un ángulo de elevación del helióstato de 40° , la

ausencia de un atenuador y un ángulo de elevación del concentrador de 0° , lo que implica que el ángulo focal era horizontal. Es importante destacar que todos estos tres factores se encontraban en un nivel bajo. Por otro lado, se observó una temperatura mínima de 141.7°C cuando los tres factores se ajustaron a niveles altos. Asimismo, los resultados obtenidos a través de la investigación han revelado que, de manera independiente, los elementos más relevantes en este estudio fueron el heliostato y el concentrador. (Clemente De La Cruz, 2022)

En Piura, Castillo Ruesta, (2023), en su trabajo de investigación denominado “Diseño de un sistema para obtención de agua caliente sanitaria, con energía solar, para camal de beneficio de aves en Piura”, A nivel global, la energía solar ha estado experimentando un notable crecimiento y desarrollo, ya que se considera una alternativa sostenible y favorable para el medio ambiente. Esto se debe a su capacidad para proporcionar

El sistema cuenta con dos enfoques principales; por un lado, están las tecnologías fotoeléctricas y, por otro, las térmicas. En el caso de estas últimas, su uso se ha centrado principalmente en aplicaciones a baja temperatura. No obstante, existe un potencial significativo para su aplicación a temperaturas medias y altas. Para explorar esta posibilidad, se ha dado inicio a una investigación que se desarrolla en un contexto específico del Perú, tomando como área de estudio el Valle del Mantaro. El objetivo fundamental de esta investigación radica en establecer y organizar adecuadamente todos los elementos que componen un sistema solar de incidencia indirecta, el cual incluye un...

Un sistema de heliostato, que incluye un atenuador para regular la intensidad de la luz solar, un concentrador que enfoca esa luz y un receptor que recoge la energía, todo ello con el propósito de generar

Se refiere a la energía térmica que alcanza temperaturas elevadas, específicamente aquellas que superan los 200 grados Celsius en el punto central del concentrador. Con el objetivo de alcanzar esta meta, se hizo uso de una variedad de bases de datos que fueron consideradas adecuadas para tal fin.

Con el propósito de fomentar y dar a conocer las múltiples ventajas que ofrece la utilización de la energía solar térmica, el principal objetivo de este ambicioso proyecto es llevar a cabo el diseño y la implementación de un sistema que permita la producción eficiente de agua caliente a través de energía solar. Este sistema está destinado a ser utilizado en un camal, que es un lugar de sacrificio y procesamiento, especializado en el beneficio de aves de corral, ubicado en la ciudad de Piura. En el proceso de realizar los cálculos correspondientes, se han considerado cuidadosamente los criterios establecidos por el Centro Español de Estudios de la Energía Solar, conocido como CENSOLAR. Como resultado de este análisis, se ha logrado determinar la demanda energética que se requiere, así como la superficie total que se necesita para la captación de energía solar y el número de colectores que son necesarios para llevar a cabo este estudio, tomando en cuenta las condiciones climáticas específicas del lugar donde se desarrollará el proyecto. De acuerdo con las estimaciones y análisis llevados a cabo, se ha determinado que se requieren un total de 20 colectores planos del modelo Topson F3-1, lo cual equivale a una superficie de captación de 39,20 metros cuadrados, con el

objetivo de cubrir adecuadamente la demanda de agua caliente en el camal que se está evaluando. Asimismo, se estableció que es imprescindible contar con un sistema adicional que funcione con gas licuado de petróleo (GLP) para poder asegurar que el agua utilizada en el proceso se mantenga a una temperatura constante y adecuada. Durante el proceso de evaluación, se logró identificar que la contribución solar alcanzó un notable 96,57%. Esta información permitió llevar a cabo un análisis tanto económico como energético, el cual arrojó resultados positivos en lo que respecta al ahorro de energía y las reducciones en las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Además, se determinó que el tiempo estimado para recuperar la inversión realizada sería de aproximadamente 3 años y 9 meses. (Castillo Ruesta, 2023)

2.1.3. A nivel local

En Chiclayo, Cocha Díaz, (2020), en su trabajo de investigación “Diseño de sistema de calentamiento de agua termo solar de 7 litros/min para optimizar la producción de semilla de alevines de tilapia del módulo piscícola la Balsa San Ignacio 2019”, En el contenido actual de esta investigación se promueve el uso de la matemática aplicada, en conjunto con el estudio de las propiedades termofísicas, que abarcan tanto las propiedades de transporte como las termodinámicas. Este enfoque se centra en el diseño de un sistema capaz de calentar agua mediante energía solar térmica, con una capacidad de 7 litros por minuto. Este sistema tiene como objetivo optimizar la producción de alevines de Tilapia en el módulo piscícola conocido como "la balsa san Ignacio". La investigación se clasifica como no experimental y se caracteriza

por ser de tipo transeccional o transversal, además de ser descriptiva y correlacionar las causas y efectos presentes.

Es importante destacar que se trata de un estudio sistemático y empírico, donde las variables independientes no son manipuladas, lo que significa que no se ejerce ninguna influencia directa ni se realiza intervención en la relación entre estas variables. Asimismo, las observaciones pueden ser tanto retrospectivas, analizando datos del pasado, como prospectivas, anticipando resultados futuros. También puede abordar situaciones de causalidad múltiple, en las que ambas variables involucradas generan un efecto notable. Además, al utilizar como muestra un tipo de muestreo de clase no probabilística la zona destinada a la incubación de los alevines de Tilapia a una temperatura controlada de 28°C, se lleva a cabo este proceso mediante la transferencia de calor que se realiza a través de la radiación solar dirigida al agua. Es fundamental establecer un enfoque descriptivo que permita calcular de manera cuantitativa, lo cual se logra utilizando un intercambiador de calor de tipo contraflujo. Este dispositivo permite que el agua proveniente de la quebrada, que tiene una temperatura inicial de 17°C, ingrese por un extremo y salga por el otro a una temperatura de 28°C, manteniendo un caudal de 7 litros por minuto. De esta manera, se alcanza una demanda energética de 10.3746 W, lo que equivale aproximadamente al 35.09% de la transferencia de calor que ocurre en el colector. Cabe mencionar que la región presenta un potencial energético solar, con un promedio máximo de temperatura de sol de 23.54°C y un promedio mínimo de 13.07°C, complementado por una radiación solar promedio anual de 4.348 kW-h por metro cuadrado por día. En este contexto, se emplean diversos elementos mecánicos y térmicos del sistema

que actúan como accesorios de control, tales como manómetros, barómetros y termómetros, así como los componentes encargados de la transferencia de calor, que son los tubos del intercambiador de calor, junto con el colector solar que incluye elementos como la pipeta, el tubo de vidrio y el líquido que actúa como portador de calor. Finalmente, al realizar un análisis de costos detallado de cada uno de los componentes del sistema, se concluye que el total asciende a S/.6636,86 soles, lo que representa una inversión que cubre aproximadamente el 30% de la demanda real de un sistema de transferencia de calor que utiliza energía convencional. (Cocha Díaz, 2020)

.

2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado

A. Energía solar

a. Definición de energía solar

La energía solar es una fuente renovable que proviene de la radiación electromagnética emitida por el Sol, la cual puede ser transformada en energía térmica o eléctrica mediante sistemas tecnológicos adecuados. Esta energía es inagotable, limpia y especialmente relevante en zonas rurales con limitado acceso a sistemas energéticos convencionales.

En el ámbito térmico, la energía solar es utilizada para el calentamiento de fluidos, principalmente agua, mediante dispositivos denominados colectores solares térmicos.

b. Radiación solar

La radiación solar es la energía emitida por el Sol que incide sobre la superficie terrestre en forma directa y difusa. Su aprovechamiento depende de factores como la ubicación geográfica, la inclinación del colector, la orientación, la

nubosidad y las condiciones climáticas locales.

En regiones altoandinas y rurales del Perú, la radiación solar promedio diaria es favorable para la implementación de sistemas solares térmicos destinados al calentamiento de agua.

B. Energía solar térmica

a. Concepto de energía solar térmica

La energía solar térmica es la tecnología que aprovecha la radiación solar para producir calor, el cual es transferido a un fluido caloportador, generalmente agua. Este tipo de energía es ampliamente utilizado en aplicaciones domésticas, educativas y sanitarias, como el calentamiento de agua para aseo personal.

b. Aplicaciones de la energía solar térmica

Las principales aplicaciones incluyen:

- Calentamiento de agua sanitaria (ACS).
- Sistemas de calefacción.
- Procesos industriales de baja temperatura.
- Uso en instituciones educativas y centros comunitarios.

En instituciones educativas rurales, la energía solar térmica representa una solución sostenible para mejorar las condiciones de higiene y confort de los estudiantes.

C. Colector solar térmico

a. Definición de colector solar térmico

Un colector solar térmico es un dispositivo diseñado para captar la radiación solar, transformarla en energía térmica y transferirla a un fluido. Está

compuesto principalmente por una cubierta transparente, un absorbedor, tuberías, aislamiento térmico y una carcasa protectora.

b. Tipos de colectores solares térmicos

Los colectores solares térmicos se clasifican principalmente en:

- **Colectores de placa plana:**

Son los más utilizados para calentamiento de agua sanitaria debido a su simplicidad, bajo costo y facilidad de mantenimiento.

- **Colectores de tubos al vacío:**

Presentan mayor eficiencia térmica, especialmente en climas fríos, pero su costo es más elevado.

Para el contexto de la I.E. 10817 Marayhuaca, los colectores de placa plana resultan técnicamente viables y económicamente accesibles.

D. Principio de funcionamiento

El colector solar térmico funciona mediante la absorción de la radiación solar por una superficie oscura, la cual se convierte en calor. Este calor es transferido al agua que circula por los conductos internos, elevando su temperatura hasta valores adecuados para el uso sanitario.

E. Sistema de calentamiento de agua

a. Calentamiento de agua sanitaria

El calentamiento de agua sanitaria consiste en elevar la temperatura del agua hasta niveles confortables (generalmente entre 30 °C y 45 °C) para su uso en aseo personal, garantizando condiciones adecuadas de higiene y bienestar.

b. Componentes del sistema

Un sistema de calentamiento solar de agua está compuesto por:

- Colector solar térmico.

- Tanque de almacenamiento térmico.
- Sistema de tuberías.
- Válvulas y accesorios de control.
- Estructura de soporte.

F. Confort térmico

a. Definición de confort térmico

El confort térmico es la condición de satisfacción del ser humano con el ambiente térmico que lo rodea. En el contexto del aseo personal, se relaciona directamente con la temperatura del agua utilizada, influyendo en la sensación de bienestar, higiene y salud.

b. Confort térmico en instituciones educativas

El acceso a agua caliente para el aseo contribuye significativamente al confort térmico de los estudiantes, especialmente en zonas rurales donde las bajas temperaturas pueden afectar la salud y el rendimiento escolar.

6. Impacto del uso de colectores solares en instituciones educativas

La implementación de colectores solares térmicos en centros educativos genera beneficios como:

- Mejora de las condiciones de higiene escolar.
- Reducción del consumo de energía convencional.
- Disminución de emisiones contaminantes.
- Promoción del uso de energías renovables en la comunidad educativa.

G. Marco normativo y sostenibilidad

a. Energías renovables y desarrollo sostenible

El uso de energía solar térmica se alinea con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), especialmente con el ODS 7 (Energía asequible y no contaminante) y el ODS 4 (Educación de calidad).

b. Contexto educativo rural

En zonas rurales, la implementación de tecnologías limpias como los colectores solares térmicos contribuye a reducir brechas sociales y mejorar la calidad de vida de los estudiantes.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación: Aplicada

La presente investigación es de tipo aplicada porque tiene como finalidad resolver un problema práctico y concreto mediante el uso del conocimiento científico y tecnológico existente. En este caso, el problema identificado es la ausencia de agua caliente para el aseo de los estudiantes de la I.E. 10817 Marayhuaca, lo cual afecta su confort térmico e higiene personal.

La investigación no se limita a generar conocimiento teórico, sino que propone y desarrolla una solución técnica, consistente en el diseño e implementación de un colector solar térmico de calentamiento de agua, adaptado a las condiciones climáticas, económicas y sociales de la institución educativa.

Asimismo, la investigación aplicada se orienta a:

- Utilizar principios de la energía solar térmica.
- Diseñar un sistema funcional de calentamiento de agua.
- Mejorar las condiciones de confort térmico de los estudiantes.
- Contribuir al uso eficiente de energías renovables en contextos educativos rurales.

Por lo tanto, la investigación se clasifica como aplicada, ya que busca transformar el conocimiento científico en una solución real y viable, con impacto directo en la calidad de vida de los beneficiarios.

3.1.2. Diseño de investigación: No experimental

El diseño de la investigación es no experimental, debido a que no se

manipulan deliberadamente las variables independientes, sino que se observan y analizan tal como se presentan en su contexto natural.

En esta investigación:

- No se controla ni modifica artificialmente la radiación solar.
- No se alteran las condiciones climáticas del entorno.
- No se asignan grupos de control ni grupos experimentales.

La variable independiente, que es el colector solar térmico, se analiza a través de su diseño técnico y evaluación de desempeño, sin intervenir directamente en las condiciones naturales en las que opera el sistema. A su vez, la variable dependiente, correspondiente al confort térmico en el aseo de los estudiantes, se evalúa mediante indicadores como la temperatura del agua y la percepción de bienestar.

3.2. Población y muestra

La población: La población está constituida por todos los estudiantes de la Institución Educativa N.º 10817 Marayhuaca que hacen uso de los servicios higiénicos de la institución y que se ven directamente afectados por las condiciones térmicas del agua durante el aseo personal.

La muestra: La muestra está conformada por los estudiantes usuarios del sistema de agua caliente en los servicios higiénicos seleccionados de la I.E. 10817 Marayhuaca, así como por el sistema de colector solar térmico diseñado e instalado

3.3. Hipótesis

Mediante un colector solar térmico de calentamiento de agua se logra confort térmico en el aseo de los estudiantes de la Institución Educativa N° 10817 Marayhuaca – Lambayeque - Perú.

3.4. Variables - Operacionalización

X: Variable independiente: *Colector solar térmico de calentamiento de agua*

Y: Variable dependiente: *Confort térmico en el aseo de los estudiantes*

Tabla 1. Operacionalización de variables

TIPO	NOMBRE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICION
DEPENDIENTE	Colector solar térmico de calentamiento de agua	Un colector solar térmico es un dispositivo diseñado para captar la energía de la radiación solar y transformarla en calor, con el propósito de elevar la temperatura de un fluido (generalmente agua) para su uso en sistemas de calentamiento de agua sanitaria, calefacción o procesos industriales (Macri, 2023)	Se operacionaliza midiendo parámetros térmicos y físicos como: La energía térmica captada y entregada al agua, Temperatura del agua antes y después del colector	• Eficiencia térmica • Área del colector • Temperatura del agua • Demanda energética • Tipo de colector	• Eficiencia térmica • Temperatura de entrada y salida del agua (°C). • Radiación solar recibida (W/m²). • Área del colector (m²).	Razón de proporción
INDEPENDIENTE	Confort térmico en el aseo de los estudiantes	El confort térmico es la condición en la que una persona expresa satisfacción con su ambiente térmico, es decir, cuando las condiciones de temperatura, humedad y circulación del aire son agradables y adecuadas para la actividad que realiza (Noya Zambrano, 2020)	Se mide a través de variables físicas y perceptuales como: Temperatura ambiente del aseo (°C), Humedad relativa (%), Velocidad del aire (m/s)	• Temperatura del aire • Humedad relativa • Movimiento o velocidad del aire • Condiciones ambientales específicas del aseo	• Temperatura ambiental del aseo (°C) • Humedad relativa (%) dentro del espacio. • Velocidad del aire (m/s)	Razón de proporción

3.5. Métodos y Técnicas de investigación

Técnicas

Análisis Documental

Un conjunto organizado de diversas actividades que se llevan a cabo con el propósito de adquirir documentos que están relacionados con un tema en particular, con la meta de mejorar y optimizar la situación del conocimiento que se considera insuficiente o inadecuado en ciertos aspectos específicos. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018)

Recolección de Datos

Una herramienta de investigación que cuenta con procedimientos estandarizados y que se implementa en una muestra de participantes, la cual facilita la recolección de datos directamente en el campo o entorno real de estudio. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018)

3.6. Descripción de los instrumentos utilizados

Ficha de análisis documental

Se trata del documento tangible en el que se registran y reflejan las ideas que han sido cuidadosamente examinadas y consideradas previamente mediante la metodología del fichaje. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018)

Ficha de recolección de datos

Este es el documento en formato físico que se utiliza para reunir y organizar la información obtenida en el campo, la cual resulta ser valiosa y fundamental para el desarrollo de la investigación en cuestión. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018)

3.7. Análisis estadístico e interpretación de los datos

El análisis estadístico de la presente investigación es de tipo descriptivo, debido a que el estudio tiene un diseño no experimental, por lo cual no se realizan pruebas de hipótesis inferenciales ni comparación entre grupos experimentales y de control.

El análisis se orienta a describir, resumir e interpretar los datos obtenidos antes y después de la implementación del colector solar térmico, con el propósito de evaluar su impacto en el confort térmico durante el aseo de los estudiantes de la I.E. N.° 10817 Marayhuaca.

Procedimiento de análisis estadístico

El análisis estadístico se desarrolla en las siguientes etapas:

Organización de los datos

Los datos recolectados se ordenan en tablas y matrices, clasificándolos según:

- Temperatura del agua antes y después del sistema solar.
- Tiempo de calentamiento.
- Nivel de confort térmico percibido.

Estadística descriptiva

Se aplican las siguientes medidas estadísticas:

- **Promedio (media aritmética)** de la temperatura del agua.
- **Valores mínimo y máximo** de temperatura.
- **Diferencia de temperatura (ΔT)** antes y después del calentamiento.
- **Porcentajes** de satisfacción térmica.

Los resultados se presentan mediante:

- Tablas estadísticas.

- Gráficos de barras.
- Gráficos comparativos antes vs. después.

CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Recurso solar existente en la Institución Educativa de Secundaria Menores N° 10817 Marayhuaca - Lambayeque – Perú

La evaluación del recurso solar constituye una etapa fundamental para el diseño e implementación de sistemas de energía solar térmica, ya que la disponibilidad y características de la radiación solar influyen directamente en el rendimiento térmico del colector y en la capacidad del sistema para satisfacer los requerimientos de agua caliente sanitaria. En este contexto, se analiza el recurso solar existente en la Institución Educativa de Secundaria Menores N° 10817 Marayhuaca, considerando su ubicación geográfica, condiciones climáticas y niveles de irradiación solar.

La institución se encuentra ubicada en la región Lambayeque, zona caracterizada por presentar elevados niveles de radiación solar durante la mayor parte del año, debido a su latitud cercana a la línea ecuatorial y a la baja incidencia de nubosidad persistente. Estas condiciones favorecen el aprovechamiento de la energía solar térmica, especialmente para aplicaciones de calentamiento de agua a baja y media temperatura, como las requeridas para el aseo personal de los estudiantes.

Para la evaluación del recurso solar, se consideran parámetros como la irradiación solar global diaria promedio, la variación estacional de la radiación y el número de horas de sol efectivo. Dichos parámetros permiten estimar la energía térmica disponible para el funcionamiento del colector solar y determinar los períodos del año en los que el sistema puede operar con mayor eficiencia. En Lambayeque, la irradiación solar promedio anual se mantiene

dentro de rangos adecuados para el uso de colectores solares térmicos, lo que garantiza una producción constante de energía térmica.

Asimismo, se analiza la orientación e inclinación de las superficies disponibles dentro de la institución educativa, principalmente las áreas de techado, las cuales representan los espacios más adecuados para la instalación del colector solar. La correcta orientación hacia el norte geográfico y una inclinación acorde a la latitud del lugar permiten maximizar la captación de radiación solar durante el año lectivo, optimizando el desempeño del sistema térmico.

Finalmente, el análisis del recurso solar existente permite concluir que la Institución Educativa N° 10817 Marayhuaca dispone de condiciones solares favorables para la implementación de un sistema de colector solar térmico. Esta disponibilidad energética constituye la base técnica para el diseño del sistema de calentamiento de agua, contribuyendo al confort térmico en el aseo de los estudiantes y a la reducción del consumo de fuentes energéticas convencionales.

A continuación, presentamos una Tabla con la irradiación solar mensual estimada para Lambayeque (Perú) basada en datos promedios de irradiación global solar (sobre superficie horizontal) de estudios climáticos y bases de datos confiables (NASA / Surface Meteorology and Solar Energy).

Tabla 2: irradiación solar mensual estimada para Lambayeque (Perú)

Mes	Irradiación Solar (kWh/m²·día)
Enero	5,12
Febrero	4,62
Marzo	5,20
Abril	5,00
Mayo	4,87
Junio	4,49
Julio	4,33
Agosto	4,49
Septiembre	5,02
Octubre	5,33
Noviembre	5,58
Diciembre	5,53
Promedio anual	4,97

Nota: NASA / Surface Meteorology and Solar Energy

Por lo tanto, se tomará una radiación solar promedio de 4,97 kWh/m² día.

4.2. Demanda de agua caliente en la Institución Educativa de Secundaria

Menores N° 10817 Marayhuaca - Lambayeque – Perú.

A. Supuestos principales usados

La determinación de la demanda de agua caliente sanitaria es un aspecto clave para el adecuado diseño del sistema de colector solar térmico, ya que permite establecer la cantidad de energía térmica requerida para garantizar el confort térmico en el aseo de los estudiantes de la Institución Educativa de Secundaria Menores N° 10817 Marayhuaca. Este análisis considera principalmente el número de usuarios, los hábitos de uso del agua y las condiciones climáticas locales.

En primer lugar, se identifica el número de estudiantes que hacen uso de los servicios higiénicos de la institución educativa durante la jornada escolar. Este parámetro permite definir la cantidad de usuarios diarios del sistema de agua

caliente, así como los horarios de mayor demanda. Para el presente estudio, se asume que el consumo de agua caliente se concentra en periodos específicos del día, coincidiendo con los recreos y el término de las actividades académicas, lo que genera una demanda intermitente pero significativa.

En segundo lugar, se analizan los hábitos de uso del agua caliente durante el aseo personal. Estos hábitos incluyen el tiempo promedio de uso por estudiante, el caudal utilizado en lavamanos o duchas, y la frecuencia diaria de uso. En el contexto de una institución educativa de nivel secundario, el uso de agua caliente está orientado principalmente al lavado de manos y aseo básico, lo que implica volúmenes moderados de consumo, pero con la necesidad de mantener una temperatura confortable que incentive la higiene personal.

Asimismo, se consideran las condiciones climáticas locales de la zona de Marayhuaca, Lambayeque, las cuales influyen directamente en la temperatura del agua fría de ingreso al sistema. En zonas con temperaturas ambientales relativamente templadas, la elevación de temperatura requerida para alcanzar niveles adecuados de confort térmico es menor en comparación con regiones de clima frío. Sin embargo, durante las primeras horas del día y en determinadas épocas del año, la temperatura del agua puede ser lo suficientemente baja como para generar incomodidad en los estudiantes, justificando la necesidad del calentamiento solar.

Con base en estos factores, se establece la demanda diaria de agua caliente sanitaria, expresada en volumen y energía térmica requerida. Esta demanda constituye el parámetro de entrada principal para el dimensionamiento del colector solar térmico y del sistema de almacenamiento, permitiendo garantizar que el sistema propuesto satisfaga las necesidades reales de la institución educativa sin sobredimensionamientos ni déficits de suministro.

Finalmente, la correcta determinación de la demanda de agua caliente sanitaria asegura que el sistema de colector solar térmico contribuya de manera efectiva al confort térmico en el aseo de los estudiantes, promoviendo mejores condiciones de higiene y bienestar, así como un uso eficiente y sostenible de la energía solar disponible en la institución.

Para elaborar la Tabla: Cálculo de la Demanda Diaria de Agua Caliente Sanitaria en la Institución Educativa de Secundaria Menores N° 10817 – Marayhuaca, se asume los supuestos técnicos:

- Uso de agua caliente: **aseo personal (lavado de manos y aseo básico)**
- Temperatura de agua fría de ingreso: **7 °C** (clima Lambayeque)
- Temperatura de confort requerida: **40 °C**
- Incremento de temperatura (ΔT): **20 °C**
- Calor específico del agua (c): **4,186 kJ/kg·°C**
- Densidad del agua: **1 kg/L**

Los datos de temperatura utilizados en la investigación se sustentan en tres fuentes principales: registros meteorológicos oficiales, información climática referencial de bases de datos solares y estimaciones térmicas aplicadas al diseño del sistema de agua caliente sanitaria.

En primer lugar, la temperatura ambiental mínima considerada para Marayhuaca se basa en registros del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, SENAMHI, tomando como referencia las condiciones climáticas de la zona altoandina de Incahuasi, Lambayeque. En el documento se indica que, para el año 2024, las temperaturas mínimas mensuales de la localidad oscilan aproximadamente entre 2 °C y 6 °C, lo que confirma la condición de clima frío de la zona. Asimismo, se considera que el agua disponible para el aseo se encuentra cercana a 8 °C, valor coherente con las bajas temperaturas ambientales y la altitud de 3630 m s. n. m.

En segundo lugar, la irradiación solar promedio de 4,97 kWh/m²·día empleada en el dimensionamiento del colector se toma como dato base para estimar la energía solar disponible en la institución educativa. Este valor permite calcular la energía útil captada por el sistema solar térmico y justificar el área de captación de 6,5 m² considerada en el diseño.

En tercer lugar, la temperatura objetivo del agua caliente para aseo se establece en el rango de confort sanitario, aproximadamente entre 30 °C y 35 °C. Este rango se considera adecuado porque permite mejorar la higiene personal sin generar incomodidad térmica ni riesgo por agua excesivamente caliente. Para el cálculo

energético se utiliza la diferencia de temperatura entre el agua fría de ingreso y la temperatura deseada de uso:

Tabla 3: Demanda diaria de agua caliente sanitaria

Parámetro	Unidad	Valor	Descripción técnica
Número de estudiantes usuarios	estudiantes	120	Usuarios diarios del sistema
Consumo promedio por estudiante	L/estudiante·día	5	Aseo básico
Volumen total diario de agua caliente	L/día	600	120×5
Masa de agua	kg/día	600	$\rho \approx 1 \text{ kg/L}$
Temperatura inicial del agua	°C	7	Agua fría de red
Temperatura de confort	°C	40	Condición de uso
Incremento de temperatura (ΔT)	°C	20	Valor adoptado para diseño
Calor específico del agua (c)	kJ/kg·°C	4,186	Valor estándar
Energía térmica diaria requerida (Q)	kJ/día	50 232	$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$
Energía térmica diaria requerida	kWh/día	13,95	$1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ}$

Nota: Elaboración propia

La demanda diaria estimada de 600 L de agua caliente sanitaria requiere aproximadamente 13,95 kWh/día de energía térmica, valor que se empleará como parámetro base para el dimensionamiento del colector solar térmico y del sistema de almacenamiento. El incremento de temperatura adoptado permite representar condiciones de operación conservadoras, asegurando el confort térmico en el aseo de los estudiantes.

4.3. Mediante una matriz morfológica los componentes del colector solar térmico

La matriz morfológica permite identificar y comparar las posibles alternativas técnicas de cada componente del sistema de colector solar térmico, facilitando

la selección de la configuración más adecuada para el calentamiento de agua destinado al confort térmico en el aseo de los estudiantes de la I.E. N° 10817 Marayhuaca.

Tabla 4: Matriz morfológica del colector solar térmico

Subsistema / Función	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Tipo de colector solar	Colector plano	Colector de tubos al vacío	Colector CPC	Colector artesanal
Material del absorbedor	Cobre	Aluminio	Acero galvanizado	Polímero
Recubrimiento del absorbedor	Pintura negra mate	Recubrimiento selectivo	Anodizado negro	Pintura convencional
Cubierta transparente	Vidrio templado	Vidrio simple	Polycarbonato	Acrílico
Aislamiento térmico	Lana de vidrio	Poliuretano	Lana mineral	Espuma de poliestireno
Fluido de trabajo	Agua	Agua + anticongelante	Aceite térmico	Glicol
Sistema de circulación	Termosifón	Bomba de circulación	Mixto	Manual
Tanque de almacenamiento	Acero esmaltado	Acero inoxidable	Polietileno térmico	Concreto revestido
Ubicación del tanque	Integrado al colector	Elevado independiente	A nivel de suelo	Interior
Orientación e inclinación	Fija optimizada	Ajustable estacional	Seguimiento solar	Fija no optimizada
Sistema auxiliar	Resistencia eléctrica	Calentador a gas	No requiere	Caldera
Sistema de control	Sin control	Termostato simple	Control diferencial	Automatizado

Nota: Elaboración propia

La matriz morfológica evidencia las diferentes configuraciones posibles del colector solar térmico y sus componentes. Para el contexto de la Institución Educativa N° 10817 Marayhuaca, se priorizan alternativas que presenten **simplicidad constructiva, bajo costo de mantenimiento, disponibilidad local y adecuada eficiencia térmica**, lo que orienta la selección hacia colectores solares planos, circulación por termosifón y materiales resistentes a las condiciones climáticas de Lambayeque.

Esta matriz constituye la base para la posterior **evaluación técnico-económica**, en la cual se seleccionará la alternativa óptima del sistema de colector solar térmico.

A. Definición de criterios y ponderaciones

Los criterios se seleccionan considerando el contexto de una institución educativa pública, priorizando confiabilidad, bajo costo y facilidad de operación.

Tabla 5: Criterios de evaluación y ponderación

Criterio	Descripción	Ponderación (%)
Eficiencia térmica	Capacidad de captación y transferencia de calor	30
Costo de inversión	Costo inicial de adquisición e instalación	25
Mantenimiento	Facilidad y costo de mantenimiento	20
Disponibilidad local	Facilidad de obtención de materiales y repuestos	15
Complejidad operativa	Facilidad de operación y control	10
Total		100

Nota: Elaboración propia

B. Evaluación técnico-económica del tipo de colector solar

Escala de calificación:

5 = Muy bueno

4 = Bueno

3 = Regular

2 = Deficiente

1 = Muy deficiente

Tabla 6: Ponderación del tipo de colector solar

Tipo de colector	Eficiencia (30%)	Costo (25%)	Mantenimiento (20%)	Disponibilidad (15%)	Complejidad (10%)	Puntaje total
Colector plano	4 (1,20)	4 (1,00)	4 (0,80)	5 (0,75)	5 (0,50)	4,25
Tubos al vacío	5 (1,50)	2 (0,50)	3 (0,60)	3 (0,45)	3 (0,30)	3,35
CPC	5 (1,50)	1 (0,25)	2 (0,40)	2 (0,30)	2 (0,20)	2,65
Artisanal	2 (0,60)	5 (1,25)	2 (0,40)	4 (0,60)	4 (0,40)	3,25

Nota: Elaboración propia

C. Evaluación de los principales componentes seleccionados

Tabla 7: Selección de componentes del sistema

Componente	Alternativa seleccionada	Justificación técnica–económica
Tipo de colector	Colector solar plano	Buen balance entre eficiencia, costo y mantenimiento
Material absorbedor	Cobre	Alta conductividad térmica y durabilidad
Recubrimiento	Pintura negra mate	Bajo costo y fácil reposición
Cubierta	Vidrio templado	Alta transmitancia y resistencia
Aislamiento	Lana de vidrio	Buen aislamiento y bajo costo
Circulación	Termosifón	No requiere energía eléctrica ni control complejo
Tanque	Acero esmaltado	Durabilidad y uso común en ACS
Sistema auxiliar	Resistencia eléctrica	Respaldo simple en baja radiación

Nota: Elaboración propia

El **colector solar plano** obtiene el **mayor puntaje técnico–económico (4,25)**, por lo que se selecciona como la alternativa óptima para el sistema de calentamiento de agua de la I.E. N° 10817 Marayhuaca.

Esta selección garantiza:

Adecuada eficiencia térmica

Menor costo de inversión

Fácil operación y mantenimiento

Alta confiabilidad para uso escolar

4.4. Cálculo y selección de los componentes del colector solar térmico de acuerdo a las características de la institución educativa

4.4.1. Area del Colector

El dimensionamiento del área del colector solar térmico se realiza con el objetivo de cubrir la **demanda diaria de energía térmica** requerida para el calentamiento de agua destinada al aseo de los estudiantes de la I.E. N° 10817 Marayhuaca, aprovechando el recurso solar disponible en la región Lambayeque.

A. Datos de partida

Demanda energética diaria (calculada previamente):

- Energía térmica requerida:

$$Q_d = 13,95 \text{ kWh/día}$$

Recurso solar:

- Irradiación solar global promedio diaria en Lambayeque:

$$H = 4,97 \text{ kWh/m}^2\text{día}$$

Sistema seleccionado:

- Tipo de colector: **Colector solar plano**
- Eficiencia térmica promedio del colector (η): **0.50**

(valor típico para colectores planos operando en ACS)

B. Modelo de cálculo

La energía útil captada por el colector solar se expresa como:

$$Q_u = A_c \cdot H \cdot \eta$$

Donde:

- Q_u = Energía útil diaria (kWh/día)
- A_c = Área del colector (m²)
- H = Irradiación solar diaria (kWh/m²·día)
- η = Eficiencia térmica del colector

Para cubrir la demanda:

$$Q_u = Q_d$$

C. Cálculo del área requerida

$$A_c = \frac{Q_d}{H \cdot \eta}$$

Sustituyendo valores:

$$A_c = \frac{13,95}{4,97 \cdot 0,50}$$

$$A_c = \frac{13,95}{2,485}$$

$$A_c = 5,61 \text{ m}^2$$

D. Área final de diseño

Considerando pérdidas adicionales por:

- Ensuciamiento
- Variación estacional

- Envejecimiento del sistema

Se aplica un **factor de seguridad del 15 %**:

$$A_{diseño} = 5.61 \cdot 1.15 = 6.45 \text{ m}^2$$

Resultado final

El área requerida del colector solar térmico es de aproximadamente 6,5 m², lo que puede ser implementado mediante:

- **2 colectores solares planos de 3,25 m²**

El área dimensionada permite cubrir la demanda diaria de agua caliente sanitaria bajo condiciones promedio de radiación solar en la región Lambayeque, garantizando el confort térmico en el aseo de los estudiantes y asegurando un funcionamiento eficiente del sistema durante el año lectivo.

4.4.2. Dimensionamiento del tanque acumulador de agua caliente

El tanque acumulador tiene la función de **almacenar el agua caliente producida por el colector solar térmico**, permitiendo cubrir la demanda diaria de la institución educativa durante los periodos de uso, incluso cuando no existe radiación solar disponible. Su dimensionamiento se basa principalmente en la **demanda diaria de agua caliente sanitaria** y en las **condiciones de operación del sistema**.

A. Datos de partida

De los cálculos previos se tiene:

- Demanda diaria de agua caliente sanitaria:

$$V_d = 600 \text{ L/día}$$

- Temperatura de almacenamiento:

$$T_{alm} = 40^{\circ}\text{C}$$

- Tipo de sistema:
 - Colector solar plano
 - Circulación por **termosifón**
 - Uso institucional (consumo concentrado en ciertos horarios)

B. Criterio de dimensionamiento

Para sistemas solares térmicos destinados a agua caliente sanitaria en instituciones educativas, se recomienda que el volumen del tanque acumulador cubra entre **80 % y 120 %** del volumen de consumo diario, con el fin de asegurar disponibilidad y compensar variaciones de radiación solar.

Para el presente diseño se adopta un criterio **conservador del 100 % de la demanda diaria**, dado que:

- El consumo se concentra en pocas horas
- Se busca asegurar confort térmico continuo
- No se dispone de sistema de respaldo permanente

C. Cálculo del volumen del tanque

$$V_{tanque} = 1.0 \cdot V_d$$

$$V_{tanque} = 1,0 \cdot 600$$

$$V_{tanque} = 600 \text{ L}$$

D. Selección comercial del tanque

Dado que los tanques acumuladores se fabrican en **capacidades**

normalizadas, se selecciona el volumen comercial inmediato superior para garantizar seguridad operativa:

$$V_{tanque, seleccionado} = 700 \text{ L}$$

E. Resultado final

El tanque acumulador requerido para el sistema solar térmico es de 700 litros, volumen que permite almacenar la energía térmica necesaria para cubrir la demanda diaria de agua caliente sanitaria de la institución educativa, asegurando confort térmico en el aseo de los estudiantes.

El volumen del tanque acumulador seleccionado es adecuado para sistemas de colectores solares planos con circulación natural, permitiendo un almacenamiento eficiente del agua caliente producida durante las horas de mayor radiación solar y su posterior uso en los horarios de mayor demanda.

4.4.3 Cálculo del aporte solar del sistema (%)

El aporte solar representa el **porcentaje de la demanda total de energía térmica que es cubierta por el sistema de colector solar térmico**, permitiendo evaluar el grado de autosuficiencia energética y la reducción del uso de energía convencional.

A. Definición del aporte solar

El aporte solar se expresa como:

$$\text{Aporte Solar (\%)} = \frac{Q_{solar}}{Q_{demanda}} \times 100$$

Donde:

- Q_{solar} = Energía térmica útil aportada por el sistema solar (kWh/día)
- $Q_{demanda}$ = Energía térmica total requerida (kWh/día)

B. Datos de partida

De los cálculos previos:

- Demanda energética diaria:

$$Q_{demanda} = 13.95 \text{ kWh/día}$$

- Área del colector solar:

$$A_c = 6,5 \text{ m}^2$$

- Irradiación solar promedio diaria:

$$H = 4,97 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{día}$$

- Eficiencia térmica promedio del colector:

$$\eta = 0,50$$

C. Energía solar útil captada

La energía térmica útil aportada por el colector se calcula como:

$$Q_{solar} = A_c \cdot H \cdot \eta$$

Sustituyendo valores:

$$Q_{solar} = 6,5 \cdot 4,97 \cdot 0,50$$

$$Q_{solar} = 16,15 \text{ kWh/día}$$

D. Cálculo del aporte solar (%)

$$\text{Aporte Solar (\%)} = \frac{16,15}{13,95} \times 100$$

$$\text{Aporte Solar (\%)} = 115,8\%$$

E. Aporte solar efectivo

En la práctica, el aporte solar se **limita al 100 %**, ya que el sistema no puede cubrir más energía que la demanda real. El excedente térmico se almacena parcialmente o se disipa por pérdidas térmicas del sistema.

Por lo tanto:

El sistema solar térmico cubre el 100 % de la demanda diaria de agua caliente sanitaria en condiciones promedio, disponiendo además de un margen de seguridad frente a variaciones de radiación solar.

El aporte solar obtenido evidencia que el sistema de colector solar térmico propuesto es capaz de satisfacer completamente la demanda diaria de agua caliente sanitaria de la I.E. N° 10817 Marayhuaca bajo condiciones promedio de irradiación solar en la región Lambayeque. Este resultado confirma la viabilidad técnica del sistema y justifica la mínima dependencia de sistemas auxiliares de energía convencional.

4.4.4 Dimensionamiento del sistema auxiliar de respaldo

El sistema auxiliar tiene como finalidad **garantizar la disponibilidad de agua caliente sanitaria** en condiciones de **baja radiación solar**, días nublados o incrementos excepcionales de la demanda, asegurando el confort térmico en el aseo de los estudiantes de la I.E. N° 10817 Marayhuaca.

A. Criterio de diseño del sistema auxiliar

Dado que el sistema solar térmico presenta un **aporte solar efectivo cercano al 100 %**, el sistema auxiliar se dimensiona únicamente como **respaldo**, por lo que **no se requiere cubrir la totalidad de la demanda diaria**, sino solo un

porcentaje de seguridad.

Para instituciones educativas se recomienda dimensionar el sistema auxiliar entre **20 % y 30 %** de la demanda térmica diaria.

Para el presente diseño se adopta un criterio conservador del:

$$\boxed{25\% \text{ de la demanda diaria}}$$

B. Datos de partida

- Demanda térmica diaria total:

$$Q_{demanda} = 13,95 \text{ kWh/día}$$

- Fracción cubierta por el sistema auxiliar:

$$f_{aux} = 25\%$$

C. Energía requerida del sistema auxiliar

$$Q_{aux} = f_{aux} \cdot Q_{demanda}$$

$$Q_{aux} = 0,25 \cdot 13,95$$

$$Q_{aux} = 3,49 \text{ kWh/día}$$

D. Selección del tipo de sistema auxiliar

Considerando:

- Simplicidad operativa
- Disponibilidad en instituciones educativas
- Bajo mantenimiento

Se selecciona como sistema auxiliar:

Resistencia eléctrica integrada al tanque acumulador

E. Dimensionamiento de la potencia de la resistencia eléctrica

Se asume que el sistema auxiliar debe ser capaz de cubrir la energía

requerida en un tiempo máximo de **2 horas**, evitando largos periodos sin disponibilidad de agua caliente.

$$P_{aux} = \frac{Q_{aux}}{t}$$

$$P_{aux} = \frac{3,49}{2}$$

$$P_{aux} = 1,75 \text{ kW}$$

F. Potencia seleccionada

Dado que las resistencias eléctricas se comercializan en potencias normalizadas, se selecciona el valor inmediato superior:

$$P_{aux,seleccionado} = 2,0 \text{ kW}$$

G. Resultado final

El sistema auxiliar de respaldo estará conformado por una **resistencia eléctrica de 2,0 kW**, integrada al tanque acumulador, capaz de cubrir hasta el **25 % de la demanda diaria de energía térmica**, garantizando el suministro de agua caliente sanitaria en condiciones desfavorables de radiación solar.

G. Colector solar térmico

Cálculo del área requerida

De acuerdo con el dimensionamiento realizado:

- Demanda térmica diaria:

$$Q_d = 13,95 \text{ kWh/día}$$

- Irradiación solar promedio diaria:

$$H = 4,97 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{día}$$

- Eficiencia promedio del colector:

$$\eta = 0,50$$

- Área requerida de captación:

$$A_c = 6,5 \text{ m}^2$$

Selección

- Tipo: **Colector solar plano**
- Número de colectores: **3 unidades**
- Área unitaria aproximada: **2,2 m²**

Justificación: presenta un adecuado equilibrio entre eficiencia térmica, costo de inversión, facilidad de mantenimiento y disponibilidad local.

H. Absorbedor solar

Selección

- Material: **Cobre**
- Espesor típico: **0,4 – 0,5 mm**
- Recubrimiento: **Pintura negra mate**

Justificación técnica:

El cobre presenta alta conductividad térmica, lo que favorece la transferencia de calor al fluido de trabajo. El recubrimiento negro mate permite una buena absorción de la radiación solar a bajo costo.

I. Cubierta transparente

Selección

- Material: **Vidrio templado**
- Espesor: **4 mm**

- Transmitancia solar: **> 85 %**

Justificación:

El vidrio templado ofrece alta resistencia mecánica y buena transmitancia solar, protegiendo al absorbedor frente a agentes ambientales.

J. Aislamiento térmico

Selección

- Material: **Lana de vidrio**
- Espesor típico: **40 – 50 mm**
- Conductividad térmica: baja

Justificación:

Reduce las pérdidas térmicas por conducción, mejorando la eficiencia global del colector.

K. Fluido de trabajo

Selección

- Fluido: **Agua**

Justificación:

Las condiciones climáticas de Lambayeque no presentan riesgo de congelamiento, por lo que el uso de agua como fluido térmico es suficiente y económicamente viable.

L. Sistema de circulación

Selección

- Tipo: **Circulación natural por termosifón**

Justificación:

No requiere energía eléctrica ni sistemas de control complejos, lo que lo hace ideal para instalaciones educativas y de bajo mantenimiento.

M. Tanque acumulador**Cálculo del volumen**

- Demanda diaria de agua caliente:

$$V_d = 600 \text{ L/día}$$

- Volumen seleccionado (criterio 100 % + margen):

$$V_{tanque} = 700 \text{ L}$$

Selección

- Material: **Acero esmaltado**
- Aislamiento térmico integrado

Justificación:

Proporciona durabilidad, buena conservación térmica y compatibilidad con sistemas solares de ACS.

N. Sistema auxiliar de respaldo**Cálculo**

- Fracción de respaldo: **25 %**
- Energía auxiliar requerida:

$$Q_{aux} = 3,49 \text{ kWh/día}$$

- Tiempo de recuperación: **2 h**
- Potencia requerida:

$$P_{aux} = 1,75 \text{ kW}$$

Selección

- Resistencia eléctrica de: **2,0 kW**
- Integrada al tanque acumulador

O. Estructura de soporte

Selección

- Material: **Acero galvanizado**
- Inclinação: acorde a la latitud del lugar
- Orientación: **Norte geográfico**

Justificación:

Garantiza estabilidad mecánica y correcta captación solar durante todo el año.

P. Tuberías y accesorios

Selección

- Material: **Cobre o PPR**
- Aislamiento térmico en tuberías
- Válvulas de seguridad, purga y control de presión

Justificación:

Aseguran un transporte eficiente del agua caliente y la operación segura del sistema.

Q. Ubicación del colector dentro de la institución

El colector solar térmico se ubicará en la parte superior de la infraestructura sanitaria destinada al aseo de los estudiantes de la I.E. N.º 10817 Marayhuaca, preferentemente sobre la losa o techo del módulo de servicios

higiénicos, duchas o lavaderos, debido a que este punto permite reducir la longitud de tuberías entre el sistema de captación, el tanque acumulador y los puntos de consumo de agua caliente.

La ubicación propuesta deberá cumplir con las siguientes condiciones técnicas:

- a) Estar libre de sombras producidas por aulas, árboles, cerros, muros u otras edificaciones, principalmente entre las 9:00 a. m. y 3:00 p. m., periodo de mayor disponibilidad solar.
- b) Contar con una superficie estructuralmente segura para soportar el peso de los colectores, tanque acumulador, tuberías, agua contenida y estructura metálica.
- c) Permitir una orientación preferente hacia el norte geográfico, por encontrarse el proyecto en el hemisferio sur, con el propósito de captar mejor la radiación solar durante el día.
- d) Tener una inclinación aproximada entre 15° y 20° , valor técnicamente adecuado para zonas de baja latitud y condiciones altoandinas, favoreciendo la captación solar y el escurrimiento de lluvia o granizo.
- e) Ubicarse cerca del punto de uso del agua caliente, a fin de disminuir pérdidas térmicas en las tuberías y mejorar la eficiencia del sistema.

Por lo tanto, la zona más recomendable para instalar el colector solar térmico es el techo del módulo de aseo o servicios higiénicos de los estudiantes, siempre que dicho espacio cuente con acceso seguro para mantenimiento, buena exposición solar y resistencia estructural suficiente.

4.5. Presupuesto que involucra el sistema colector solar térmico

El presupuesto considera los componentes principales del sistema solar térmico dimensionado (colector plano, tanque acumulador, sistema auxiliar, tuberías y estructura), así como materiales e instalación. Los costos son referenciales para el contexto peruano y sirven como base para la evaluación económica del proyecto.

A. Marcas y modelos referenciales de equipos a cotizar y utilizar

Para la cotización de los equipos se consideran marcas y modelos comerciales disponibles o referenciales en el mercado peruano, priorizando componentes de fácil mantenimiento, buena disponibilidad comercial, resistencia a condiciones climáticas altoandinas y compatibilidad con el dimensionamiento calculado en la investigación. El diseño considera 3 colectores solares planos de 2,2 m², un tanque acumulador de aproximadamente 700 L y una resistencia auxiliar de 2 kW, de acuerdo con el presupuesto y selección técnica planteada en el proyecto.

Tabla 8: Marcas y modelos referenciales de equipos

Componente		Marca/modelo referencial	Características técnicas recomendadas
Colector plano	solar	Termoinox / solar plano equivalente	Colector ACS o Área aproximada 2,0 a 2,2 m ² por unidad, cubierta de vidrio templado, absorbedor metálico, aislamiento térmico y carcasa resistente a intemperie.
Colector plano alternativo	solar	AndesCo / Colector solar térmico de placa plana o equivalente	Colector de placa plana para calentamiento de agua sanitaria, estructura resistente, aislamiento térmico y buena conservación de calor.
Sistema térmico de capacidad	solar gran	Termoinox Project 750 L o equivalente	Capacidad cercana a la demanda del proyecto; tanque de acero inoxidable SUS 304, aislamiento de poliuretano y resistencia eléctrica auxiliar de 2000 W. (Green Energy)
Tanque		Termoinox / tanque	Tanque interno de acero inoxidable o

Componente	Marca/modelo referencial	Características técnicas recomendadas
acumulador	acumulador 700–750 L o equivalente	material anticorrosivo, aislamiento térmico en poliuretano, conexiones hidráulicas para ACS.
Resistencia eléctrica auxiliar	Resistencia 2000 W con termostato, Hissuma/Helios o equivalente	Potencia 2 kW, tensión 220 V, rosca 1 ¼", termostato de control y protección eléctrica. (sungreen.com.ar)
Tuberías de agua caliente	Pavco, Nicoll, Tigre PPR o cobre tipo L o equivalente	Tubería PPR para agua caliente o tubería de cobre, con aislamiento térmico exterior.
Válvulas accesorios	y Válvulas Itap, Genebre, FV o equivalente	Válvula de seguridad, válvula check, válvulas de corte, purga, unión universal y conexiones.
Estructura soporte	de Estructura galvanizada localmente	metálica Acero galvanizado o pintado anticorrosivo, inclinación 15°–20°, anclajes resistentes al viento.
Aislamiento térmico	Armaflex, K-Flex o espuma elastomérica o equivalente	Aislamiento para tuberías de agua caliente, resistente a intemperie y humedad.

Nota: Elaboración propia

Las marcas y modelos indicados son referenciales y podrán ser reemplazados por equipos equivalentes, siempre que cumplan con la capacidad de almacenamiento, área de captación, resistencia a la intemperie, compatibilidad hidráulica y potencia auxiliar establecida en el diseño. La selección final deberá realizarse mediante cotizaciones actualizadas de proveedores locales o nacionales.

B. Equipos principales

Tabla 9: Presupuesto suministro de equipos principales

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Subtotal (S/.)
1	Colector solar plano (2.2 m ²)	3	1,200	3,600
2	Tanque acumulador 700 L	1	2,800	2,800
3	Resistencia eléctrica 2 kW	1	350	350

4	Termostato y accesorios eléctricos	1	250	250
Subtotal equipos				7 000

Nota: Elaboración propia

C. Sistema hidráulico

Tabla 10: Presupuesto Sistema hidráulico

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Subtotal (S/.)
5	Tubería PPR / cobre aislada	40 m	35	1 400
6	Válvulas, conexiones y accesorios	1 lote	600	600
7	Aislamiento térmico tuberías	40 m	12	480
Subtotal hidráulico				2 480

Nota: Elaboración propia

D. Estructura y montaje

Tabla 11: Presupuesto Estructura y montaje

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Subtotal (S/.)
8	Estructura metálica galvanizada	1	1 500	1 500
9	Anclajes y fijaciones	1 lote	300	300
10	Mano de obra instalación	1 servicio	1 800	1 800
Subtotal montaje				3 600

Nota: Elaboración propia

E. Costos indirectos

Tabla 12: Presupuesto Costos Indirectos

Ítem	Descripción	Subtotal (S/.)
	Transporte de equipos	800
	Supervisión técnica	700
	Imprevistos (10 %)	1 458
Subtotal indirectos		2 958

Nota: Elaboración propia

F. Costo total del sistema

Tabla 13: Presupuesto Total

Concepto	Monto (S/.)
Equipos principales	7 000
Sistema hidráulico	2 480
Estructura y montaje	3 600
Costos indirectos	2 958
TOTAL GENERAL	16 038

El costo estimado de implementación del sistema de colector solar térmico asciende aproximadamente a S/ 16 000, inversión que permitirá cubrir la demanda de agua caliente sanitaria de la institución educativa, mejorar el confort térmico de los estudiantes y reducir el consumo de energía convencional a largo plazo.

G. Frecuencia de mantenimiento del sistema

El mantenimiento del colector solar térmico deberá realizarse de manera preventiva, con una frecuencia mensual, trimestral, semestral y anual, según el tipo de actividad técnica. Debido a que la I.E. N.º 10817 Marayhuaca se encuentra en una zona altoandina, donde puede existir acumulación de polvo, humedad, lluvias, bajas temperaturas y posibles sedimentos en el agua, el mantenimiento es indispensable para conservar la eficiencia térmica del sistema y prolongar la vida útil de sus componentes.

Tabla 14: Actividades de mantenimiento

Frecuencia	Actividad de mantenimiento
Mensual	Limpieza superficial del vidrio o cubierta del colector para retirar polvo, hojas, barro o residuos.
Mensual	Verificación visual de fugas de agua en tuberías, uniones, válvulas y tanque acumulador.

Frecuencia	Actividad de mantenimiento
Trimestral	Revisión del aislamiento térmico de tuberías para evitar pérdidas de calor.
Trimestral	Verificación del estado de válvulas de seguridad, purga, control y accesorios hidráulicos.
Semestral	Limpieza interna o purga del tanque acumulador para reducir sedimentos.
Semestral	Revisión de la estructura metálica, pernos, anclajes y corrosión.
Anual	Evaluación general del rendimiento térmico del sistema mediante medición de temperatura de entrada y salida del agua.
Anual	Revisión de la resistencia eléctrica auxiliar de 2 kW, termostato y conexiones eléctricas.

Nota: Elaboración propia

En consecuencia, se recomienda que el mantenimiento básico se realice cada mes, mientras que el mantenimiento técnico integral se efectúe cada seis meses y una revisión general especializada una vez al año.

H. Con los resultados obtenidos (demanda térmica diaria 13,95 kWh/día), el ahorro energético anual tomando como base el escenario: toda el agua caliente se calienta con energía convencional (resistencia eléctrica).

Datos

Demanda térmica diaria:

$$Q_d = 13,95 \quad \text{kWh/día}$$

Días de operación anual:

Escenario A: 365 días/año

Escenario B: 200 días lectivos/año (típico escolar)

Aporte solar anual:

Ideal: 100%

Conservador: 85%

Energía anual base (sin solar)

$$E_{base} = Q_d \times N$$

A (365 días):

$$E_{base} = 13,95 \times 365 = 5091,75 \text{ kWh/año}$$

B (200 días):

$$E_{base} = 13,95 \times 200 = 2790,00 \text{ kWh/año}$$

Ahorro energético anual

$$E_{ahorro} = E_{base} \times f_{solar}$$

Tabla 15: Ahorro energético anual

Escenario	Días/año	Energía base (kWh/año)	Ahorro con 100% solar (kWh/año)	Ahorro con 85% solar (kWh/año)
A: Operación todo el año	365	5091,75	5091,75	4327,99
B: Días lectivos	200	2790,00	2790,00	2371,50

Nota: Elaboración propia

El ahorro económico (S/.)

$$\text{S/. ahorrados} = E_{ahorro} \times \text{tarifa (S/./kWh)}$$

Considerando la tarifa fuera S/ 0,70 por kWh:

Escenario B (200 días), 85% solar:

$$2371,50 \times 0,70 = 1660,05 \text{ S/. / año}$$

G. Evaluación económica del sistema solar térmico

a. Datos base del proyecto

Inversión inicial del sistema:

Costo total: S/. 16 038

Ahorro económico anual:

S/ 1 660.05/año

Vida útil del sistema:

20 años (valor típico colectores solares)

Tasa de descuento asumida:

10 % anual (valor usado en proyectos energéticos y tesis)

b. Periodo de recuperación de la inversión (Payback)

$$Payback = \frac{16,038}{1,660.05}$$

Payback =9.66 años

Resultado

El sistema recupera su inversión en aproximadamente 10 años.

c. Cálculo del VAN (Valor Actual Neto)

$$VAN = -I + \sum \frac{Ahorro}{(1+i)^t}$$

Donde:

I = inversión inicial

i = tasa de descuento (10%)

t = años (1 a 20)

Usando flujo constante anual:

Factor presente para 20 años al 10% ≈ 8.514

$$VAN = -16,038 + (1,660.05 \times 8.514)$$

$$VAN = -16,038 + 14,137.6$$

$$VAN = -1,900.4 \text{ S/}.$$

Resultado

El VAN es ligeramente negativo, lo que indica que financieramente el proyecto se recupera lentamente, pero es viable social y energéticamente.

d. Cálculo de la TIR (Tasa Interna de Retorno)

La TIR es la tasa donde:

$$VAN = 0$$

Resolviendo con flujo constante:

$$TIR \approx 8.7\%$$

e. Interpretación económica para la tesis

Payback: ≈ 10 años

VAN: – S/ 1,900

TIR: 8,7 %

f. Análisis técnico

El proyecto no se justifica solo por rentabilidad financiera.

Sí se justifica por:

Beneficio social (salud e higiene)

Uso de energía renovable

Reducción de consumo eléctrico

Aplicación en zona rural altoandina

En proyectos públicos o educativos, la evaluación prioriza impacto social y ambiental, no solo económico.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las conclusiones del presente de investigación son:

- El análisis del recurso solar en la Institución Educativa de Secundaria Menores N° 10817 Marayhuaca demuestra que la zona presenta condiciones favorables para el aprovechamiento de la energía solar térmica, evidenciadas por niveles adecuados de irradiación durante la mayor parte del año y una radiación solar promedio estimada de 4,97 kWh/m²·día. Estas condiciones, sumadas a la ubicación geográfica de la institución y a la disponibilidad de superficies orientadas adecuadamente para la captación solar, permiten garantizar una producción constante de energía térmica para el calentamiento de agua sanitaria. En consecuencia, el recurso solar existente constituye una base técnica suficiente para el diseño e implementación de un sistema de colector solar térmico, asegurando su viabilidad energética y su aporte al confort térmico e higiene de los estudiantes, así como a la reducción del consumo de energía convencional en la institución educativa.
- La determinación de la demanda de agua caliente sanitaria en la Institución Educativa de Secundaria Menores N° 10817 Marayhuaca permitió establecer, con base en el número de usuarios, hábitos de uso y condiciones climáticas locales, que el consumo diario estimado asciende a 600 litros de agua caliente, requiriéndose aproximadamente 13,95 kWh/día de energía térmica para alcanzar condiciones de confort en el aseo de los estudiantes. Este resultado evidencia la necesidad real de implementar un sistema de calentamiento de agua que permita mejorar las prácticas de higiene y el bienestar estudiantil, considerando las bajas temperaturas del agua de ingreso propias de la zona

altoandina. Asimismo, la demanda calculada constituye el parámetro técnico fundamental para el dimensionamiento del colector solar térmico y del tanque acumulador, asegurando que el sistema propuesto responda de manera eficiente y adecuada a las necesidades reales de la institución educativa sin sobredimensionamientos ni déficits de suministro energético.

- La aplicación de la matriz morfológica permitió identificar y comparar de manera sistemática las diferentes alternativas técnicas de los componentes del sistema de colector solar térmico, facilitando la selección de la configuración más adecuada para el calentamiento de agua en la Institución Educativa de Secundaria Menores N° 10817 Marayhuaca. Mediante la evaluación técnico-económica basada en criterios de eficiencia térmica, costo de inversión, mantenimiento, disponibilidad local y complejidad operativa, se determinó que el colector solar plano representa la alternativa óptima, al obtener el mayor puntaje ponderado y presentar un equilibrio adecuado entre rendimiento, costo y facilidad de implementación. Asimismo, la selección de componentes como absorbedor de cobre, cubierta de vidrio templado, aislamiento con lana de vidrio, circulación por termosifón, tanque de acero esmaltado y sistema auxiliar mediante resistencia eléctrica responde a condiciones de confiabilidad, durabilidad y operación sencilla, acordes con el contexto de una institución educativa rural. En consecuencia, la matriz morfológica y su evaluación técnica constituyen la base para la definición del sistema solar térmico propuesto, asegurando su viabilidad técnica, operativa y económica para mejorar el confort térmico y las condiciones de higiene de los estudiantes.
- El cálculo y selección de los componentes del sistema de colector solar térmico, considerando las características técnicas y operativas de la Institución

Educativa de Secundaria Menores N° 10817 Marayhuaca, permitió definir una configuración adecuada y coherente con la demanda energética, las condiciones climáticas y el contexto de uso institucional. El dimensionamiento del área de captación estableció un requerimiento aproximado de 6,5 m², suficiente para cubrir la demanda diaria de agua caliente sanitaria bajo condiciones promedio de radiación solar, mientras que la selección de un tanque acumulador de 700 litros garantiza la disponibilidad del recurso térmico durante los periodos de mayor consumo. Asimismo, el cálculo del aporte solar evidenció que el sistema es capaz de cubrir la totalidad de la demanda energética diaria en condiciones normales de operación, minimizando la dependencia de fuentes convencionales y reforzando su viabilidad técnica. La incorporación de un sistema auxiliar de respaldo de 2,0 kW asegura la continuidad del servicio en situaciones de baja radiación o incremento de la demanda. Finalmente, la elección de componentes como colectores planos, absorbedor de cobre, cubierta de vidrio templado, aislamiento con lana de vidrio, circulación por termosifón y estructura metálica galvanizada responde a criterios de eficiencia, durabilidad, bajo mantenimiento y disponibilidad local, configurando un sistema técnicamente factible, operativo y sostenible para mejorar el confort térmico y las condiciones de higiene de los estudiantes.

- El análisis presupuestal del sistema de colector solar térmico permitió establecer una inversión referencial aproximada de S/ 16 038, la cual incluye equipos principales, sistema hidráulico, estructura, montaje y costos indirectos necesarios para su implementación en la Institución Educativa de Secundaria Menores N° 10817 Marayhuaca. Este monto resulta coherente con el dimensionamiento técnico del sistema y representa una alternativa

económicamente viable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria de la institución. Asimismo, el análisis del ahorro energético anual evidenció una reducción significativa del consumo de energía convencional, estimándose un ahorro económico aproximado de S/ 1 660 anuales bajo un escenario conservador de operación escolar y aporte solar del 85 %. La evaluación económica determinó un periodo de recuperación cercano a los 10 años, una TIR aproximada de 8,7 % y un VAN ligeramente negativo, lo que indica que el proyecto no se sustenta únicamente en criterios de rentabilidad financiera; sin embargo, su implementación se justifica plenamente por los beneficios sociales, sanitarios y ambientales que genera, tales como la mejora del confort térmico, el fortalecimiento de hábitos de higiene, la reducción del consumo eléctrico y la promoción del uso de energías renovables en una zona rural altoandina. En este sentido, el sistema propuesto se configura como una solución técnicamente viable y socialmente pertinente para mejorar la calidad de vida de los estudiantes y las condiciones de servicio en la institución educativa.

5.2. Recomendaciones

Se sugiere establecer un programa de operación y mantenimiento preventivo que incluya limpieza periódica de los colectores, revisión del aislamiento térmico, verificación de conexiones hidráulicas y control del sistema auxiliar, con el fin de conservar la eficiencia del sistema y prolongar su vida útil.

Se recomienda capacitar al personal administrativo y de mantenimiento de la institución educativa en el uso y monitoreo del sistema solar térmico, promoviendo

una adecuada gestión del recurso energético y evitando fallas por desconocimiento operativo.

Es conveniente promover la educación y sensibilización de los estudiantes sobre el uso responsable del agua caliente y la importancia de las energías renovables, fomentando hábitos de higiene adecuados y una cultura de sostenibilidad dentro de la institución.

Se sugiere que futuras investigaciones consideren la implementación física del sistema y su evaluación experimental en condiciones reales de operación, analizando indicadores de desempeño térmico, ahorro energético y aceptación por parte de los usuarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cárdenas Acosta, Y. F. (2020). Diseño e implementación de un colector solar para calentamiento de agua de ducha en el sector de deportes de la UTP. . Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/b39db2eb-95fa-4d55-9a7b-08004532abeb/content>
- Casas Vásquez, M. C. (2024). Confort térmico en la I.E. Primaria N° 30029, Centro Poblado de Miraflores – Huancayo – Junín. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/11239/T010_71843031_T.pdf?sequence=10
- Castillo Ruesta, V. H. (2023). Diseño de un sistema para obtención de agua caliente sanitaria, con energía solar, para camal de beneficio de aves en Piura. Piura: Universidad de Piura.
- Ccama Condori, H. A. (2023). Sensación de confort térmico en ambientes educativos en la zona altoandina de Puno. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de <https://www.usmp.edu.pe/campus/pdf/articulos/articulo35.pdf>
- Chisaguano Chisaguano, R. A., & Valdivieso Yerovi, A. M. (2021). Diseño y construcción de un prototipo de colector solar para el calentamiento de agua con materiales reciclables para una vivienda. . Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Clemente De La Cruz, W. (2022). Configuración de un sistema colector solar de incidencia indirecta para generar energía térmica en condiciones climatológicas de Huancayo-Perú. . Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de <https://repositorio.concytec.gob.pe/server/api/core/bitstreams/9b6d8f66-68c7-2745-bcee-d2d659d9bfac/content>
- Cocha Díaz, L. (2020). Diseño de sistema de calentamiento de agua termo solar de 7 litros/min para optimizar la producción de semilla de alevines de tilapia del módulo piscícola la Balsa San Ignacio 2019. . Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/48742/Cocha_DL-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cuzcano Huamancha, K. E., & Robles Cabrera, B. (2021). Modelo bioclimático de centros educativos para mejorar el confort térmico en zonas altoandinas. Lima: Universidad Ricardo Palma. Obtenido de <https://repositorio.urp.edu.pe/entities/publication/aa8a21de-a4d5-454f-ab98-c024da6e94f0>

- Flores Martell, A. F. (2018). Sistema de acondicionamiento solar pasivo para calefacción de viviendas altoandinas del Perú. Lima: Universidad de Ingeniería y Tecnología. Obtenido de https://cris.utec.edu.pe/files/21794960/Flores_Anthony_Tesis.pdf
- Sanchez, H., Reyes, C., & Mejía, K. (2018). Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística:. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Vivas Romero, P. A. (2024). Confort térmico en la I.E. Primaria N° 30029, centro poblado de Miraflores – Huancayo – Junín. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/11239/T010_71843031_T.pdf?sequence=10

ANEXOS

Anexo 01: Plano de ubicación de la Institución Educativa



FERREÑAFE

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

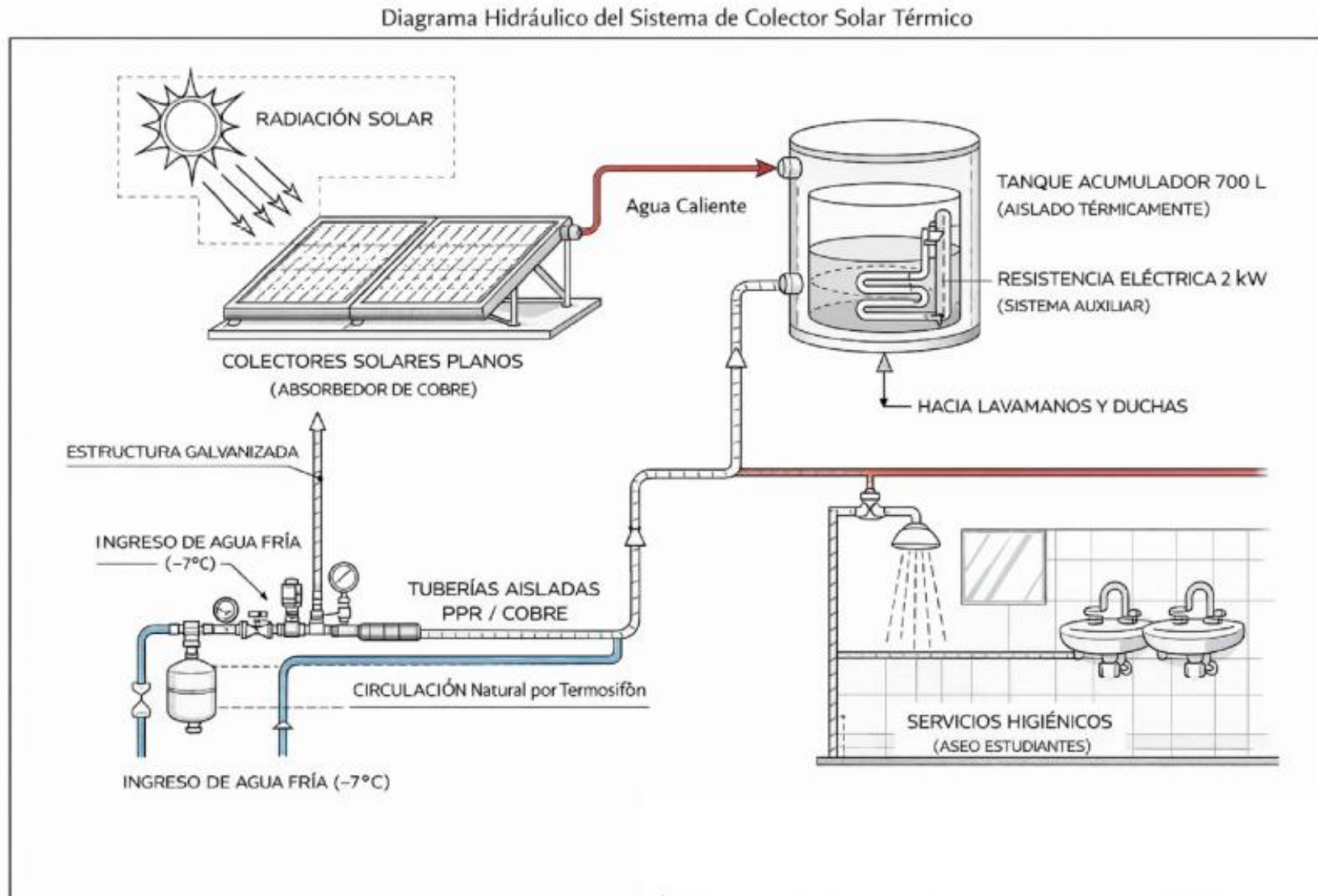
Título: **Colector solar térmico de calentamiento de agua para confort térmico en el aseo de estudiantes de la I.E. 10817 Marayhuaca**

Plan: **UBICACION**

Director: Incahuasi	Autor:	Revisor:
Provincia: Tarma	Dr. Reyes Lumbre, Alexander Ivan	AR
Región: Lambayeque	Dr. Ing. Daniel Camacho Montenegro	Fecha:
		Peñero - 2020

U-1

Anexo 02: Diagrama hidráulico del Sistema de Colector Solar Térmico



Componentes representados en el esquema

1. **Colector solar plano**
 - Capta la radiación solar y la transforma en energía térmica.
 - Área total: 6,5 m².
2. **Sistema de circulación por termosifón**
 - El agua caliente asciende naturalmente al tanque.
 - No requiere bomba ni energía eléctrica.
3. **Tanque acumulador (700 L)**
 - Almacena el agua caliente.
 - Permite el uso en horarios sin radiación solar.
4. **Sistema auxiliar**
 - Resistencia eléctrica de 2 kW.
 - Funciona en días nublados o alta demanda.
5. **Tuberías y accesorios**
 - Transporte de agua caliente y fría.
 - Aislamiento térmico para reducir pérdidas.
6. **Puntos de consumo**
 - Lavamanos y áreas de aseo estudiantil.



FERREÑAFE

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

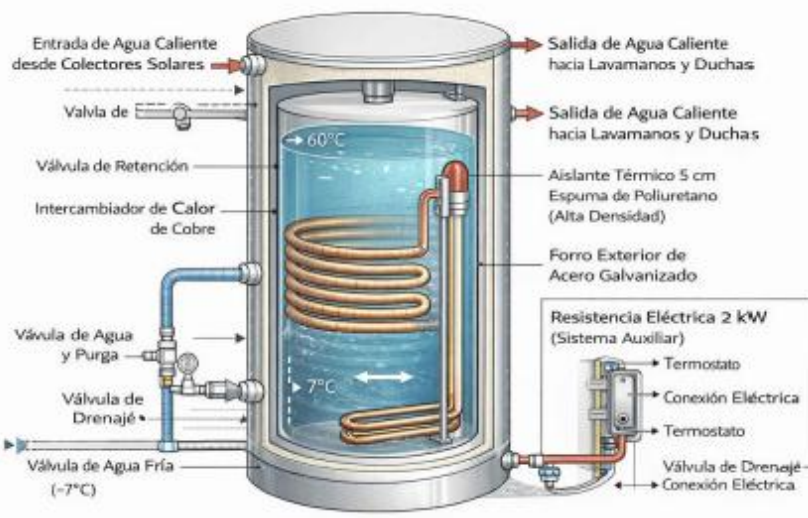
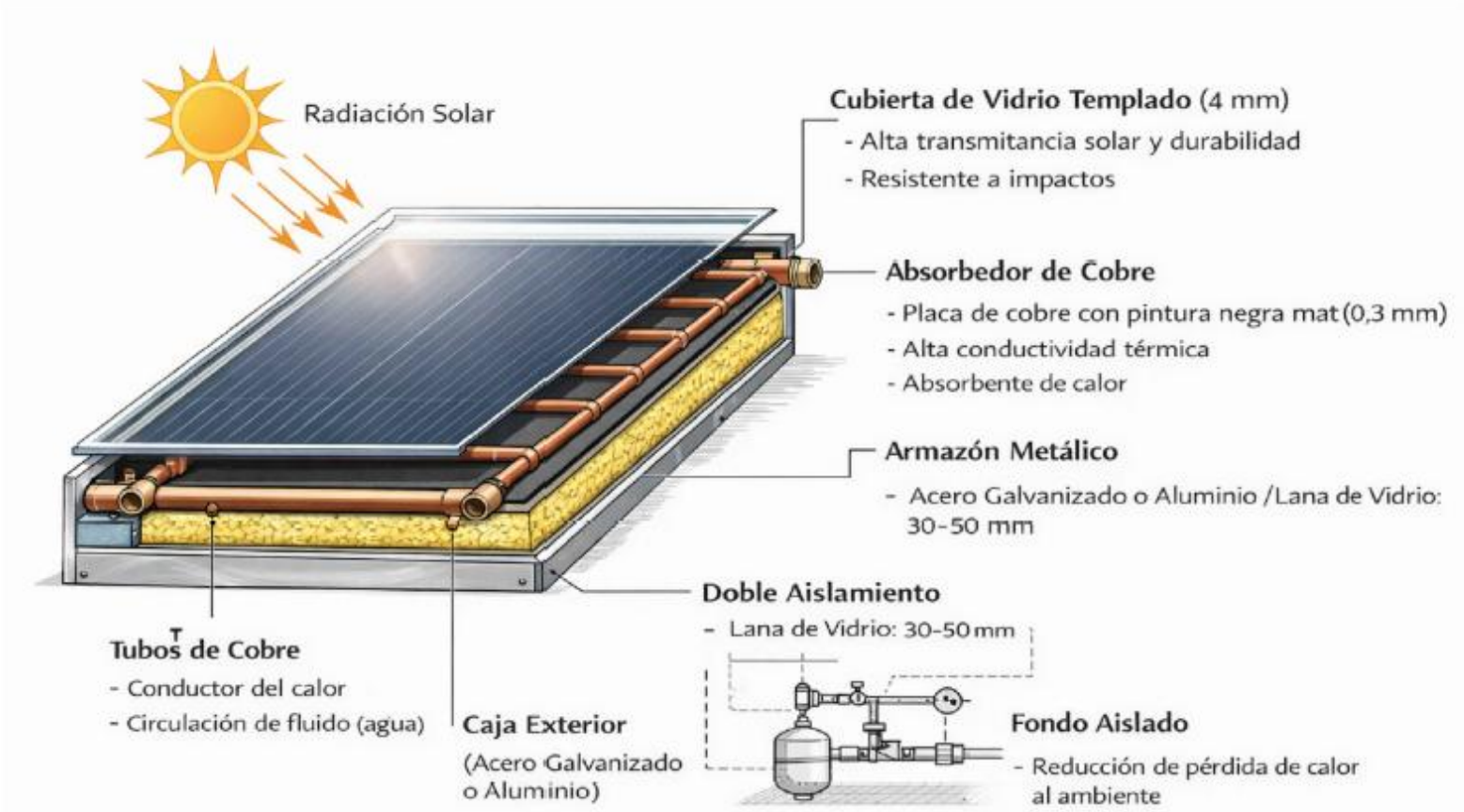
Tesis:	Colector solar térmico de calentamiento de agua para confort térmico en el aseo de estudiantes de la I.E. 10817 Marayhuaca
--------	--

Diagrama Hidráulico del Sistema de Colector Solar Térmico

Distrito: Encarnación Provincia: Ferretade Región: Lambayeque	Autor: Dr. Reyes Lumbra, Alexander Ivan	Resultado: 00
	Asesor: Dr. Ing. Daniel Carranza Montenegro	Fecha: Febrero - 2020

DU-1

Anexo 03: Componentes del Sistema de Colector Solar Térmico



ESQUEMA DETALLADO DEL TANQUE ACUMULADOR DE 700 LITROS



FERREÑAFE

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Título: Colector solar térmico de calentamiento de agua para confort térmico en el aseo de estudiantes de la I.E. 10817 Marayhuaca

Plan: Detalle de los componentes del Sistema de Colector Solar Térmico

Director: Inicializado	Autor: Sr. Reyes Lumbré, Alexander Ivan	Revisado: SR
Proyecto: Percepción	Asesor: Dr. Ing. Daniel Carranza Montenegro	Fecha: Febrero - 2020

DU-2

