



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Título:

**“Estudio de viabilidad técnica y económica
de un sistema de aerotermia para
climatización del edificio principal de la FIME
- UNPRG 2025”**

Autor:

Br. Alex Franco Uriarte Paredes

Asesor:

M.Sc. Percy Edwar Niño Vásquez

Lambayeque – Perú

2026



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

“Estudio de viabilidad técnica y económica de un sistema de aerotermia para climatización del edificio principal de la FIME - UNPRG 2025”

Presentado Por:

Br. Alex Franco Uriarte Paredes

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE : M.Sc. Juan Tumialán Hinostroza

SECRETARIO : M.Sc. Jony Villalobos Cabrera

MIEMBRO : M.Sc. Carlos Javier Cotrina Saavedra

ASESOR : M.Sc. Percy Edwar Niño Vásquez

Lambayeque – Perú

2026



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



TESIS

TITULO

“Estudio de viabilidad técnica y económica de un sistema de aerotermia para climatización del edificio principal de la FIME - UNPRG 2025”

CONTENIDOS

CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACION.
CAPITULO II: MARCO TEORICO.
CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO.
CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.
CAPÍTULO VII: ANEXOS.

AUTOR: Br. Alex Franco Uriarte Paredes

M.Sc. Juan Tumialán Hinostraza
PRESIDENTE

M.Sc. Jony Villalobos Cabrera
SECRETARIO

M.Sc. Carlos J. Córtrina Saavedra
MIEMBRO

M.Sc. Percy Edwar Niño Vásquez
ASESOR

Lambayeque – Perú
2026

ACTA DE SUSTENTACIÓN



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



ACTA DE SUSTENTACION N°0150-2026-FIME



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 11:00 a.m. del día viernes 06 de marzo 2026. Se reunieron los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°027-2026-D-FIME-UNPRG, de fecha 27 de febrero 2026, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Tesis, conformado por los siguientes catedráticos:

- | | |
|---|------------|
| ▪ M.Sc. Ing. JUAN ANTONIO TUMIALAN HINOSTROZA | PRESIDENTE |
| ▪ M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA | SECRETARIO |
| ▪ M.Sc. Ing. CARLOS JAVIER COTRINA SAAVEDRA | MIEMBRO |
| ▪ M.Sc. Ing. PERCY EDWAR NIÑO VASQUEZ | ASESOR |

Se recibió la Tesis titulada:

“ESTUDIO DE VIABILIDAD TECNICA Y ECONOMICA DE UN SISTEMA DE AEROTERMIA PARA CLIMATIZACION DEL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA FIME UNPRG 2025”.

Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **URIARTE PAREDES ALEX FRANCO**. 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 (17) 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 11:50 del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:

M.Sc. Ing. JUAN ANTONIO TUMIALAN HINOSTROZA
PRESIDENTE

M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA
SECRETARIO

M.Sc. Ing. CARLOS JAVIER COTRINA SAAVEDRA
MIEMBRO

M.Sc. Ing. PERCY EDWAR NIÑO VASQUEZ
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Dr. Ing. AMADO AGUINAGA PAZ
Decano

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Lambayeque, 27 de febrero de 2026

Señor

Dr. OSCAR MENDEZ CRUZ

JEFE DE LA OFICINA DE INVESTIGACION – FIME


ASUNTO: CONFORMIDAD DE ELABORACION DE TESIS

Es grato dirigirme a Ud. para saludarlo cordialmente y hacer de su conocimiento que, a la fecha, quien suscribe la presente es **ASESOR** de la tesis elaborada por el Bach. **Uriarte Paredes Alex Franco**, titulada: **“Estudio de viabilidad técnica y económica de un sistema de aerotermia para climatización del edificio principal de la FIME - UNPRG 2025”**.

En ese sentido, después de haber revisado dicha tesis y después de someterlo a revisión en el software Turnitin, este arroja 16% de duplicidad (menor de 20%), por lo tanto, procedo a dar la **CONFORMIDAD**, quedando el Sr. Uriarte Paredes Alex Franco, **APTO** para la sustentación respectiva, en la hora y fecha que su despacho tenga a bien designar.

Agradecido por su atención al presente, me despido de Ud.

Atentamente:



Msc. Ing. Percy Edwar Niño Vásquez
DOCENTE FIME

M.Sc. Ing. Niño Vásquez, Percy Edwar

Adjunto

- Recibo digital de Turnitin en formato de pdf. (página 01)
- Se adjunta el reporte digital de Turnitin en formato pdf. (61 páginas).

REPORTE DEL TURNITIN


Estudio de viabilidad técnica y económica de un sistema de aerotermia para climatización del edificio principal de la FIME - UNPRG 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%	15%	4%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante	3%
3	upcommons.upc.edu Fuente de Internet	3%
4	www.upv.es Fuente de Internet	2%
5	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to uaq Trabajo del estudiante	<1%
7	repositorio.ujcm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	vsip.info Fuente de Internet	<1%


ASESOR: Msc. Ing. Percy Edwar Niño Vázquez
DOCENTE FIME
DNI: 16796041





Recibo digital

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: Alex Franco Uriarte Paredes
Título del ejercicio: TESIS 2025
Título de la entrega: Estudio de la viabilidad técnica y económica de un sist...
Nombre del archivo: INFORME_FINAL_ALEX_URIARTE_rev3.docx
Tamaño del archivo: 5.49M
Total páginas: 61
Total de palabras: 8,200
Total de caracteres: 48,436
Fecha de entrega: 26-feb-2026 07:32p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2889457663

 UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica 

TESIS

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Título:

"Estudio de viabilidad técnica y económica de un sistema de aerotermia para climatización del edificio principal de la FIME - UNPRG 2025"

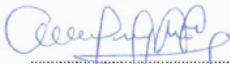
Autor:
Br. Alex Franco Uriarte Paredes

Asesor:
M.Sc. Percy Edwar Niño Vásquez

Lambayeque – Perú

2026

1


ASESOR: Msc. Ing. Percy Edwar Niño Vásquez
DOCENTE FIME
DNI: 16796041

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a Dios, por ser mi fortaleza en cada paso, por su infinito amor y misericordia que me han sostenido día a día. A los amores de mi vida, Joselyn Coronel Ramírez y a mi hijo Lucas Benjamín Uriarte Coronel, quienes son el motor y la inspiración detrás de cada esfuerzo; este logro es tanto suyo como mío. A mis padres, por inculcar en mí los valores que me guían y por enseñarme a ser una persona de bien. A todos ustedes, con mi más profundo amor y gratitud.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profunda gratitud a mi asesor de tesis, M. Sc. Percy Edwar Niño Vásquez su constante apoyo a lo largo de esta investigación. Sus conocimientos y sus oportunos consejos fueron fundamentales para dar forma y fondo a este trabajo.

Agradezco sinceramente a los miembros honorable jurado, M. Sc. Juan Tumialán Hinostroza, presidente, M. Sc. Jony Villalobos Cabrera, secretario y M. Sc. Carlos Javier Cotrina Saavedra, por su tiempo, su disposición y sus valiosas observaciones que enriquecieron la versión final de este documento.

Mi agradecimiento a la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, en especial a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica por acogerme en ella como casa de estudios, brindándome la oportunidad y recursos para desarrollarme como un gran profesional.

Agradezco infinitamente a mis padres, William Uriarte y Pilar Paredes, por su amor, apoyo incondicional y por ser el pilar de mi vida. También agradecer a mis suegros, Fernando Coronel y Maguilú Ramírez quienes me brindaron una segunda familia y la guía para seguir en el camino de la sabiduría.

Finalmente, a mi compañera de vida, Joselyn Coronel Ramírez, gracias por tu amor, comprensión y por recordarme la importancia de nunca rendirme y seguir adelante.

Sin ti, este logro no habría sido posible.

RESUMEN

La investigación se desarrolla en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, específicamente en el aula de cómputo del edificio principal, donde operan equipos de aire acondicionado antiguos tipo on/off con alto consumo energético y baja eficiencia, alcanzando aproximadamente 43,1 kWh diarios y condiciones de confort térmico inadecuadas. El objetivo general es aprovechar la aerotermia para la climatización del edificio principal de la FIME. El análisis de las condiciones climáticas de Lambayeque y de la demanda térmica del ambiente, caracterizado por temperaturas cercanas a 30 °C, humedad relativa promedio de 60 % y altas cargas internas por ocupación, computadoras e iluminación, permitió estimar una demanda térmica total de 13,48 kW, con predominio de carga latente por ventilación y humedad. En función de ello, se diseñó un sistema de aerotermia tipo bomba de calor aire-aire inverter con capacidad aproximada de 5 TR, configurado de forma modular para asegurar adecuada distribución del aire, control de humedad y eficiencia energética. La comparación con un sistema convencional evidenció una reducción del consumo eléctrico cercana al 22 %, equivalente a 9.5 kWh diarios de ahorro. Asimismo, la evaluación económica y ambiental confirma la viabilidad del sistema, con menores costos operativos y reducción de emisiones indirectas de CO₂, contribuyendo a la sostenibilidad energética del edificio.

PALABRAS CLAVE: Aerotermia, climatización, sostenibilidad energética.

.

.

ABSTRACT

The research is being conducted at the Pedro Ruiz Gallo National University, in the Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, specifically in the computer lab of the main building. This lab currently uses outdated on/off air conditioning units with high energy consumption and low efficiency, reaching approximately 43,1 kWh per day and providing inadequate thermal comfort. The overall objective is to utilize aerothermal energy for climate control in the main FIME building. Analysis of Lambayeque's climatic conditions and the ambient thermal demand, characterized by temperatures near 30 °C, an average relative humidity of 60%, and high internal loads due to occupancy, computers, and lighting, allowed for the estimation of a total thermal demand of 13,48 kW, with a predominance of latent load from ventilation and humidity. Based on this analysis, an air-to-air inverter heat pump system with an approximate capacity of 5 TR was designed and configured in a modular fashion to ensure adequate air distribution, humidity control, and energy efficiency. Comparison with a conventional system showed a reduction in electricity consumption of approximately 22%, equivalent to 9,5 kWh of daily savings. Furthermore, the economic and environmental assessment confirms the system's viability, with lower operating costs and a reduction in indirect CO₂ emissions, contributing to the building's energy sustainability.

KEYWORDS: Aerothermal energy, air conditioning, energy sustainability.

INDICE

ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	4
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD	5
REPORTE DEL TURNITIN	6
INDICE	12
INDICE DE TABLAS	14
INDICE DE FIGURAS	15
INTRODUCCION	16
CAPÍTULO I	18
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
1.1. Realidad Problemática	18
1.2. Formulación del problema	21
1.3. Delimitación de la investigación	21
1.4. Justificación e importancia de la investigación	22
1.5. Limitaciones de la investigación	23
1.6. Objetivos de la investigación	24
CAPÍTULO II	25
MARCO TEÓRICO.....	25
2.1. Antecedentes del Estudio.....	25
2.1. Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado	27
CAPITULO III	31
MARCO METODOLÓGICO	31
3.1 Tipo y Diseño de Investigación	31
3.2 Población y muestra	31
3.2.1. Población	31
3.2.2. Muestra	31
3.3 Formulación de la hipótesis	32
3.4 Variables - Operacionalización	32
3.5 Métodos y técnicas de investigación	34
3.6 Descripción de los instrumentos utilizados	34

3.7 Análisis estadístico e interpretación de datos.....	35
CAPITULO IV	37
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	37
4.1. Evaluación de las condiciones climáticas y la demanda térmica del edificio principal de la FIME para establecer los requerimientos de climatización	37
4.2. Diseño de una propuesta de sistema de aerotermia acorde a las características del edificio y a las condiciones climáticas locales	43
4.3. Estimación del ahorro energético y la reducción del consumo eléctrico al comparar el sistema de aerotermia con el sistema de climatización convencional	49
4.4. Evaluación de la viabilidad económica y el impacto ambiental del sistema de aerotermia propuesto	52
CAPITULO V	58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
5.1. Conclusiones.....	58
5.2. Recomendaciones.....	59
Bibliografía	60

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de las Variables	33
Tabla 2: Ubicación de la Oficina Principal de la FIME	37
Tabla 3: Estimación de la demanda térmica del aula de cómputo (Lambayeque, febrero)....	43
Tabla 4: Selección referencial de equipos de aerotermia (aula de cómputo FIME–UNPRG)	48
Tabla 5: Resumen mensual y anual.....	51

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la Oficina Principal de la FIME.....	37
Figura 2: Ubicación de la Estación de SENAMHI “LAMBAYEQUE”	38

INTRODUCCION

La importancia de la climatización en un edificio se fundamenta en varios aspectos clave, según tesis y artículos científicos: La climatización no es un lujo sino una necesidad para brindar confort térmico a los ocupantes y preservar su salud, además de ser requisito para ciertos procesos y el buen funcionamiento de dispositivos. La climatización abarca calefacción, ventilación y refrigeración, fundamentales para mantener condiciones térmicas adecuadas y calidad del aire interior, lo cual impacta en el bienestar de las personas y la conservación de bienes (Castillo Vásquez & Nonalaya Córdova, 2019). Ajustar las temperaturas operativas de los sistemas de climatización a las condiciones reales de confort puede generar un ahorro energético significativo, lo que también reduce costos y emisiones contaminantes (Ayala Moreno, 2017). Sistemas eficientes, como bombas de calor reversibles y climatización geotérmica de baja entalpía, contribuyen a disminuir el consumo de energía primaria no renovable y el impacto ambiental (García Ramos, 2020).

En el primer capítulo se discute el problema a solucionar que es la climatización del edificio principal de la FIME - UNPRG 2025. 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.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

La problemática de la climatización en edificios a nivel mundial, según tesis y artículos científicos, se centra en varios aspectos críticos: En las últimas décadas, el uso de sistemas de aire acondicionado ha crecido dramáticamente, representando entre el 40% y 60% del consumo total de energía en edificios no industriales en países tropicales, lo que genera una alta demanda eléctrica y un impacto ambiental significativo (Bravo & Bennia, 2020). El aumento de las temperaturas globales y eventos climáticos extremos afectan la calidad del aire interior y las condiciones de ventilación, complicando el mantenimiento del confort térmico y la salud de los ocupantes. Edificios diseñados para climas pasados pueden no ser adecuados para las nuevas condiciones climáticas, lo que agrava la problemática (EPA, 2022). En estas regiones, la combinación de altas temperaturas y humedad dificulta la efectividad de sistemas pasivos de climatización, haciendo necesario el uso de sistemas activos que consumen mucha energía, incrementando costos y emisiones (Guzmán Hernández, 2019). La demanda mundial de climatización representa casi el 20% de la electricidad en edificios y se espera que se triplique para 2050, exacerbando la crisis climática debido al aumento en emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al uso masivo de estos sistemas (ONU, 2024).

La problemática de la climatización en edificios en el Perú se caracteriza por varios desafíos específicos: En regiones de la cordillera central como Huancavelica, Ayacucho, Cusco y Puno, el clima templado húmedo con inviernos severos y bajas temperaturas genera una sensación térmica muy fría entre junio y septiembre. Esto afecta la habitabilidad y salud, especialmente en zonas rurales donde la calefacción tradicional con leña provoca enfermedades respiratorias debido a la inhalación de humo. La carencia de mecanismos eficientes y de bajo costo para mejorar el confort térmico en viviendas rurales incrementa la vulnerabilidad de la población a infecciones respiratorias agudas, siendo un problema de salud pública importante (Flores Martell, 2018). Estudios termográficos en construcciones peruanas evidencian problemas de humedad, filtraciones por juntas y falta de estanqueidad, lo que afecta la eficiencia térmica y el confort interior, además de deteriorar las estructuras (Pantoja Campos, 2022). En el Perú, el confort térmico se logra mayormente mediante sistemas mecánicos (aire acondicionado, calefactores), pero la aplicación de sistemas pasivos de climatización (orientación, control solar, ventilación natural) está en desarrollo y aún poco difundida, a pesar de ser más sustentables y económicos (Díaz Delgado, 2019)

La investigación se realizará en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, que es una universidad pública, ubicada en Av. Juan XXIII 3911 en la ciudad de Lambayeque. Es la única institución de formación profesional nacional académico en la región; así como es la única ubicada en la ciudad de Lambayeque. Dentro de la universidad se tiene la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica con un edificio principal de 200 m². Dentro de la edificación se encuentran dos ambientes que funcionan con Centro de Cómputo,

que albergan 19 de computadoras y 19 alumnos, que actualmente cuenta con equipo antiguo on/off (compresor de velocidad fija) de aire acondicionado, normalmente trabaja con menor eficiencia real y además cicla (arranca y para), lo que suele aumentar el consumo en operación parcial y en ambientes húmedos, que consume mucha electricidad, 43,1 kWh al día, además que no brinda correctamente el aire acondicionado en el ambiente, además el sistema de climatización no es ecológico.

Los factores que contribuyen a que el edificio de la FIME no cuente con un sistema de climatización energéticamente eficiente y eco amigable es que los sistemas actuales son costosos y consumen mucha electricidad.

De no solucionar este problema, originaría que el edificio principal de la FIME continúe utilizando sistemas convencionales que proporcionan confort térmico fallido, originando malestar a sus ocupantes.

Las variables por investigar son:

Variable independiente: Sistema de Aerotermia

Variable dependiente: Viabilidad técnica y económica de la climatización

1.2. Formulación del problema

¿Es técnica y económicamente viable la implementación de un sistema de aerotermia para la climatización del edificio principal de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME) de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo en el año 2025?

1.3. Delimitación de la investigación

1.3.1. Delimitación espacial:

La investigación se desarrolla exclusivamente en el edificio principal de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME) de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (UNPRG), ubicada en la región Lambayeque, Perú.

1.3.2. Delimitación temporal:

El estudio se circunscribe al año 2025, periodo en el cual se realiza el levantamiento de información, el análisis energético y la evaluación técnica y económica del sistema de aerotermia propuesto.

1.3.3. Delimitación temática:

La investigación se enfoca en el aprovechamiento de la aerotermia para la climatización (refrigeración y/o calefacción) del edificio, considerando el análisis de la demanda térmica, eficiencia energética y viabilidad técnica. No se aborda el diseño estructural del edificio ni la generación eléctrica con otras fuentes renovables.

1.3.4. Delimitación metodológica:

El estudio se basa en un enfoque aplicado, utilizando métodos de cálculo, simulación energética y análisis comparativo con sistemas de climatización convencionales. No

incluye la instalación física ni la validación experimental en operación real del sistema de aerotermia.

1.3.5. Delimitación poblacional:

La población de estudio corresponde al edificio principal de la FIME y sus ambientes climatizados, no considerándose la percepción de confort térmico de los usuarios como variable principal de análisis.

1.4. Justificación e importancia de la investigación

1.4.1. Justificación

El crecimiento del consumo energético en los edificios universitarios, especialmente en sistemas de climatización, constituye un problema relevante desde los puntos de vista energético, económico y ambiental. El edificio principal de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME) de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (UNPRG) requiere condiciones adecuadas de confort térmico para el desarrollo eficiente de las actividades académicas y administrativas, lo cual ha incrementado la demanda de energía eléctrica mediante sistemas de climatización convencionales.

En este contexto, la aerotermia surge como una alternativa tecnológica eficiente y sostenible, al aprovechar la energía térmica contenida en el aire ambiente para la climatización de espacios, reduciendo el consumo de energía eléctrica y las emisiones contaminantes. Sin embargo, en la región Lambayeque existe una limitada aplicación y evaluación técnica de este tipo de sistemas en edificaciones públicas universitarias.

La presente investigación se justifica por la necesidad de analizar la viabilidad técnica, energética y económica del aprovechamiento de la aerotermia en el edificio principal de la FIME, con el propósito de proponer una solución que contribuya al uso eficiente de la energía, al cumplimiento de políticas de sostenibilidad y a la modernización de la infraestructura universitaria.

1.4.2. Importancia

La presente investigación es importante porque contribuye al uso eficiente y sostenible de la energía en edificaciones universitarias, mediante la evaluación del aprovechamiento de la aerotermia para la climatización del edificio principal de la FIME – UNPRG. El estudio permite analizar una alternativa tecnológica que puede reducir el consumo energético, los costos operativos y el impacto ambiental, además de servir como referencia técnica y académica para futuras aplicaciones de energías renovables en instituciones educativas públicas.

1.5. Limitaciones de la investigación

La investigación se limita al análisis del aprovechamiento de la aerotermia en el edificio principal de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME) de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, por lo que los resultados no pueden generalizarse a otros edificios con diferentes características constructivas o condiciones de uso. El estudio se desarrolla en el periodo 2025 y se basa principalmente en evaluaciones teóricas, cálculos y simulaciones energéticas, sin considerar la implementación física ni la validación experimental del sistema propuesto. Asimismo, el análisis económico se sustenta en costos estimados

de equipos e instalación vigentes al momento del estudio, los cuales pueden variar con el tiempo. Finalmente, la eficiencia del sistema de aerotermia está condicionada por las condiciones climáticas locales, lo que podría influir en los resultados obtenidos.

1.6. Objetivos de la investigación

1.6.1. Objetivo General

Evaluar la viabilidad técnica y económica de la implementación de un sistema de aerotermia para la climatización del edificio principal de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME) de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo en el año 2025.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Analizar las condiciones climáticas y la demanda térmica del edificio principal de la FIME para establecer los requerimientos de climatización.
- Diseñar una propuesta de sistema de aerotermia acorde a las características del edificio y a las condiciones climáticas locales.
- Estimar el ahorro energético y la reducción del consumo eléctrico al comparar el sistema de aerotermia con el sistema de climatización convencional.
- Evaluar la viabilidad económica y el impacto ambiental del sistema de aerotermia propuesto

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Estudio

Internacionales

En España, Gutiérrez Márquez, (2025), en el trabajo de investigación denominado “Instalación comunitaria de suministro de electricidad por Energía Solar Fotovoltaica y climatización y agua caliente sanitaria mediante Aerotermia para un edificio de cinco apartamentos”, El objetivo del TFG es el dimensionamiento y diseño de una instalación comunitaria para suministro de electricidad mediante paneles solares fotovoltaicos y climatización mediante sistemas de aerotermia para cinco apartamentos. Se trata de mejorar la eficiencia energética y el uso de energías renovables en una comunidad residencial, reduciendo tanto los costos energéticos como la huella de carbono y al mismo tiempo fomentar la conciencia medioambiental y la sostenibilidad en la comunidad, creando un modelo replicable para futuros proyectos. Realizar un análisis detallado de las necesidades energéticas de los cinco apartamentos, considerando el consumo eléctrico y los requisitos de climatización. Diseñar la instalación fotovoltaica, teniendo en cuenta la ubicación y orientación óptima de los paneles solares para maximizar la generación de electricidad. Seleccionar e instalar equipos de climatización eficientes basados en aerotermia, dimensionados adecuadamente para cubrir las necesidades de calefacción y refrigeración. Integrar un sistema de almacenamiento energético para garantizar la continuidad del suministro eléctrico. Implementar un sistema de monitoreo y gestión energética para medir y analizar el rendimiento de

la instalación y distribuir el coste del suministro entre los usuarios. Se espera que este TFG sirva para proponer y evaluar técnica y económicamente un sistema de suministro eléctrico sostenible y autónomo para los siete apartamentos, reduciendo la dependencia de fuentes convencionales y disminuyendo las facturas de electricidad. (Gutiérrez Márquez, 2025)

En España, Pérez Barroso & Benítez Alonso, (2024), en su trabajo de investigación denominado “Optimización y eficiencia energética mediante aerotermia: Un enfoque sostenible para la climatización residencial”, En el presente documento se describe el Trabajo de Fin de Grado (TFG) que se centra en la exploración de la aerotermia como tecnología innovadora para la optimización de sistemas de calefacción, refrigeración y producción de agua caliente sanitaria en edificaciones. A través de una revisión exhaustiva de la literatura y análisis de casos prácticos, se examinarán los principios de funcionamiento, ventajas y desafíos asociados con la aerotermia. Además, se abordará la integración de la aerotermia en el contexto de la eficiencia energética y la sostenibilidad, considerando aspectos técnicos, económicos y ambientales. Se explorarán estrategias de diseño, instalación y operación para maximizar el rendimiento y la rentabilidad de los sistemas aerotérmicos en diferentes tipos de edificaciones. Este estudio proporcionará una comprensión profunda de la aerotermia y su potencial para contribuir a la reducción del consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de la construcción. En este proyecto se pueden encontrar dos partes claramente diferenciadas. Una parte escrita donde se hablará de todo lo

relacionado con cálculos teóricos, regulación, normativa, definiciones técnicas, y por otra parte, veremos una aplicación real en un edificio actual de todos estos conceptos explicados anteriormente para poder verlos reflejados y entenderlos mejor. (Pérez Barroso & Benítez Alonso, 2024)

Nacionales y Locales

A nivel nacional y local, no existen investigaciones similares a la propuesta.

2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado

A. Principio de funcionamiento de la aerotermia:

La aerotermia utiliza una bomba de calor para extraer energía térmica del aire exterior y transferirla a un circuito de agua caliente sanitaria o calefacción. El proceso es inverso al de un frigorífico: el refrigerante absorbe calor del aire frío y lo cede al agua caliente, elevando su temperatura mediante compresión y condensación. Esto permite aprovechar energía renovable y gratuita del ambiente para climatizar espacios (Paillacho Calupiña, 2022) .

B. Componentes del sistema aerotérmico:

El sistema consta de una unidad exterior que captura la energía térmica del aire, un compresor que aumenta la temperatura del refrigerante, un condensador que transfiere calor al agua, y un circuito hidráulico con acumuladores y controles que regulan el suministro de calor o frío según la demanda del edificio (Paillacho Calupiña, 2022).

C. Eficiencia energética y coeficiente de rendimiento (COP):

La aerotermia puede alcanzar un COP superior a 6 en condiciones óptimas, lo que significa que por cada kWh eléctrico consumido se generan hasta 6 kWh térmicos, representando una alta eficiencia energética. Sin embargo, el rendimiento varía según la temperatura exterior y la temperatura de impulsión del agua. (Paillacho Calupiña, 2022).

D. Ventajas y limitaciones:

Entre las ventajas destacan la reducción del consumo de combustibles fósiles, disminución de emisiones de CO₂, y ahorro económico a medio-largo plazo. Las limitaciones incluyen la dependencia de la temperatura exterior y la necesidad de un diseño adecuado para maximizar su rendimiento, además de la inversión inicial. (Paillacho Calupiña, 2022).

E. Aplicaciones en climatización:

La aerotermia es aplicable tanto para calefacción como para refrigeración y producción de agua caliente sanitaria en edificios residenciales e institucionales, contribuyendo a la transición energética hacia sistemas más sostenibles. (Paillacho Calupiña, 2022).

F. Contexto energético y ambiental:

En el marco de la rehabilitación energética de edificios, la bomba de calor aerotérmica es una tecnología clave para cumplir con normativas de eficiencia y reducción de emisiones, apoyando la descarbonización del sector.

G. Climatización de edificaciones

La climatización consiste en el control de las condiciones térmicas interiores de un edificio, principalmente temperatura y humedad, con el fin de garantizar el confort térmico de los ocupantes. En edificaciones educativas, un sistema de climatización eficiente contribuye al bienestar, la productividad y el adecuado desarrollo de las actividades académicas.

H. Eficiencia energética

La eficiencia energética se define como la relación entre la energía útil obtenida y la energía consumida. En sistemas de climatización, una alta eficiencia energética implica menor consumo eléctrico para alcanzar las condiciones de confort deseadas, reduciendo costos operativos y el impacto ambiental.

I. Demanda térmica

La demanda térmica de un edificio representa la cantidad de energía necesaria para mantener condiciones adecuadas de temperatura interior. Esta demanda depende de factores como el clima local, la orientación del edificio, los materiales de construcción, la ocupación y el uso de los ambientes.

J. Impacto ambiental

El uso de sistemas de aerotermia contribuye a la reducción del impacto ambiental al disminuir las emisiones de dióxido de carbono asociadas al consumo energético. Su

aplicación en edificaciones universitarias favorece la mitigación del cambio climático y el cumplimiento de políticas de sostenibilidad energética.

K. Viabilidad técnica y económica

La viabilidad técnica evalúa la compatibilidad del sistema de aerotermia con las características físicas y operativas del edificio, mientras que la viabilidad económica analiza los costos de inversión, operación y mantenimiento en relación con los ahorros energéticos obtenidos durante la vida útil del sistema

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y Diseño de Investigación

El diseño para el presente estudio está clasificado de la siguiente manera: No-Experimental, Prospectivo-Transversal

- **No-Experimental**, porque no se manipulan deliberadamente variables, se observa fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para luego analizarlos.
- **Prospectivo**, porque intenta predecir un posible escenario futuro.
- **Transversal**, porque se limita a la toma de datos en un único momento de tiempo

3.2 Población y muestra

3.2.1. Población

La población de estudio está constituida **por** el edificio principal de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME) de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, considerando todos los ambientes que requieren climatización, tales como aulas, oficinas administrativas, laboratorios y áreas comunes.

3.2.2. Muestra

La muestra corresponde a los ambientes del edificio principal de la FIME que presentan mayor demanda de climatización, seleccionados de manera no probabilística e intencional, en función de su uso, ocupación y consumo

energético representativo. Estos ambientes son analizados para evaluar la demanda térmica y la viabilidad de implementar un sistema de aerotermia

3.3 Formulación de la hipótesis

Mediante el aprovechamiento de la aerotermia se climatiza el edificio principal de la FIME - UNPRG 2025

3.4 Variables - Operacionalización

Para probar el estudio de investigación se determinaron dos variables para la Operacionalización:

Variable Independiente: Sistema de Aerotermia

Variable Dependiente: Viabilidad técnica y económica de la climatización

Tabla 1: Operacionalización de las Variables

TIPO	NOMBRE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
INDEPENDIENTE	Sistema de aerotermia	Uso de tecnología de bombas de calor aire-aire para extraer energía del aire exterior y utilizarla en la climatización del edificio principal de la FIME.	Se evalúa a través de las especificaciones técnicas del equipo instalado, su régimen de funcionamiento y el mantenimiento requerido para operar.	1. Capacidad Técnica 2. Funcionamiento 3. Mantenimiento	- Potencia nominal del sistema (kW) - Presencia de sistema (Sí/No) - Horas de operación del sistema - COP / SCOP del equipo - Frecuencia de mantenimiento	Razón / Proporción
DEPENDIENTE	Viabilidad técnica y económica de la climatización	Resultados obtenidos en el edificio tras la implementación de la aerotermia, evaluados en términos de confort térmico humano, eficiencia en el consumo de energía e impacto ambiental.	Se evalúa midiendo las variables ambientales interiores (temperatura y humedad), comparando el consumo eléctrico (antes/después) y calculando las emisiones evitadas.	1. Confort Térmico 2. Eficiencia Energética 3. Sostenibilidad Ambiental	- Temperatura promedio interior (°C) - Humedad relativa interior (%) - Consumo eléctrico mensual/anual (kWh) - Ahorro económico en facturación (S/Soles) - Reducción de emisiones de CO ₂	Razón / Proporción

Nota: Elaboración propia

3.5 Métodos y técnicas de investigación

3.5.1 Método de investigación

Para el presente trabajo, utilizamos el método inductivo, que obtiene conclusiones generales a partir de premisas particulares. Se trata del método científico más usual, en el que pueden distinguirse cuatro pasos esenciales: la observación de los hechos para su registro; la clasificación y el estudio de estos hechos; la derivación inductiva que parte de los hechos y permite llegar a una generalización; y la contrastación.

3.5.2 Técnicas de investigación

En este proyecto se ha utilizado las siguientes técnicas de investigación:

A. Análisis de Documentos

Esta técnica nos permite analizar libros, tesis, la normatividad vigente, revistas, etc.

3.6 Descripción de los instrumentos utilizados

Los Instrumentos de recolección de datos utilizados en el presente trabajo de investigación son:

A. Guía de análisis de documentos

Se diseñará una ficha donde se consigne los principales datos de la fuente bibliográfica analizada (Autor, título, edición, páginas consultadas, etc).

3.7 Análisis estadístico e interpretación de datos

El análisis estadístico de la investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, utilizando métodos de estadística descriptiva y comparativa, debido a que el estudio evalúa variables energéticas, técnicas y económicas asociadas a la climatización del edificio principal de la FIME.

En una primera etapa, los datos recopilados sobre demanda térmica, consumo energético, eficiencia del sistema (COP/EER) y costos de operación son organizados en tablas y gráficos para su análisis descriptivo. Se emplean medidas estadísticas como promedios, valores máximos y mínimos, porcentajes y variaciones relativas, con el fin de caracterizar el comportamiento energético del sistema de climatización convencional y del sistema de aerotermia propuesto.

Posteriormente, se realiza un análisis comparativo entre el sistema de climatización actual y el sistema de aerotermia, evaluando la reducción del consumo eléctrico, el ahorro energético y la disminución de emisiones contaminantes. Los resultados se expresan en términos porcentuales y absolutos, permitiendo identificar las mejoras obtenidas con la implementación del sistema de aerotermia.

La interpretación de los datos se efectúa contrastando los resultados obtenidos con los objetivos de la investigación y la hipótesis planteada, determinando si el aprovechamiento de la aerotermia resulta técnicamente viable y energéticamente

eficiente para el edificio estudiado. Finalmente, los resultados se analizan a la luz del marco teórico y de estudios previos, lo que permite emitir conclusiones fundamentadas y recomendaciones para futuras aplicaciones en edificaciones universitarias.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Evaluación de las condiciones climáticas y la demanda térmica del edificio principal de la FIME para establecer los requerimientos de climatización

A. Evaluación de las condiciones climáticas

El edificio principal de la FIME se encuentra ubicado en el distrito, provincia y departamento de Lambayeque, se encuentra en las coordenadas UTM WGS 84:

Tabla 2: Ubicación de la Oficina Principal de la FIME

ESTE	NORTE	ALTITUD (msnm)
621136.00	9258298.00	50

Nota: Elaboración propia

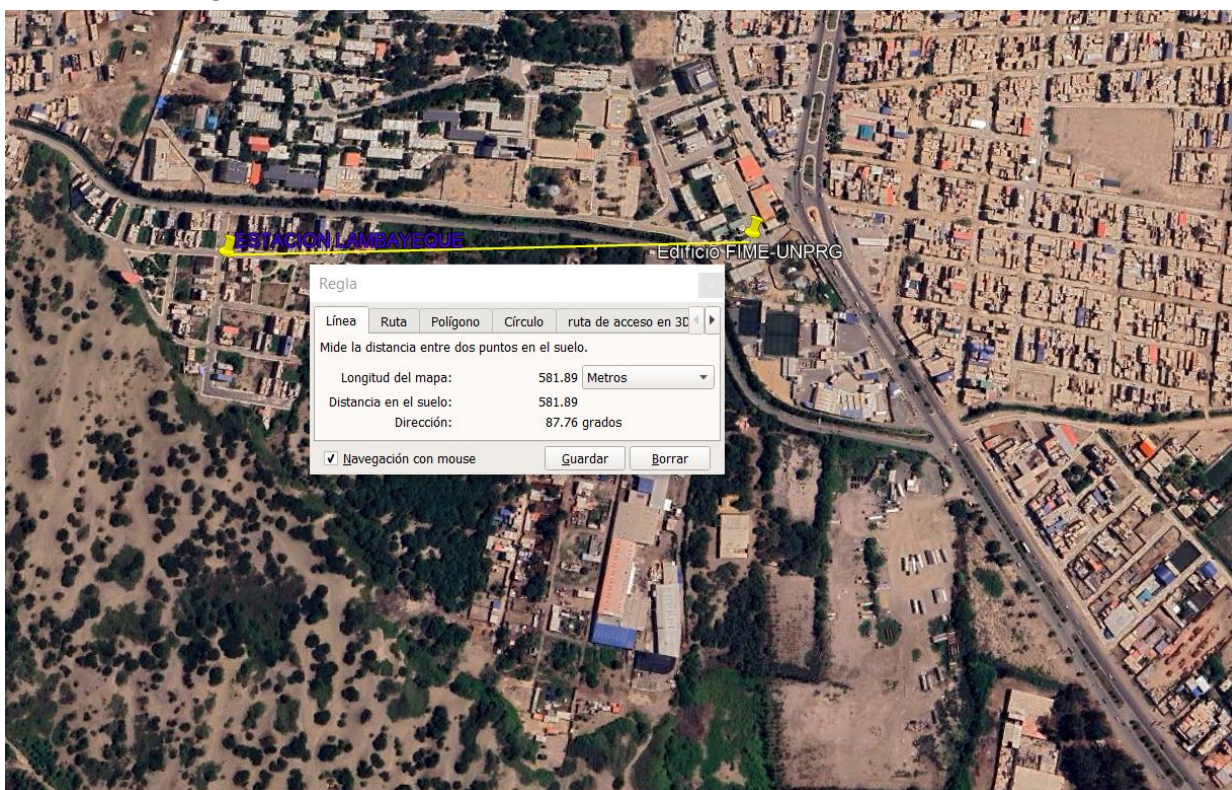
Figura 1: Ubicación de la Oficina Principal de la FIME



Nota: Google Earth – Elaboración propia

Los datos meteorológicos se han tomado de la Estación Metrológico del SENAMHI llamada ESTACIÓN LAMBAYAQUE, ubicado en Latitud: $6^{\circ}44'3.7''$, Longitud: $79^{\circ}54'35.4''$, en el distrito de San José, distante a unos 581 m.

Figura 2: Ubicación de la Estación de SENAMHI “LAMBAYEQUE”



Nota: Google Hearth – Elaboración propia

A continuación, presentamos los datos de temperatura, del mes de febrero, que es el más caluroso:

Localidad	Mes	Temp. Máx. (°C)	Temp. Mín. (°C)
Lambayeque	Febrero	28.8	20.4
Lambayeque	Febrero*	~30.0	~22.0

Nota: Estación meteorológica Lambayeque

Asimismo, la humedad relativa promedio es del 60%.

B. Demanda térmica del edificio principal de la FIME

El ambiente donde se va a realizar la presente investigación es uno de los dos laboratorios de cómputo.

a. Datos del aula

- Dimensiones: 10 m × 8 m × 3 m → Área 80 m², Volumen 240 m³
- Ocupación: 19 personas
- Equipos: 19 computadoras × 100 W = 1,90 kW
- Iluminación: 16 fluorescentes × 36 W = 0,576 kW
- Ventanas altas: en los lados de 10 m (dos lados)
 - Altura ventana: 1 m
 - Área total vidrio: $2 \times (10 \times 1) = 20 \text{ m}^2$
- Materiales: muros y techo de ladrillo, vidrio simple claro.

b. Cálculo de carga térmica (enfriamiento)

b.1 Transmisión (muros + techo + ventanas)

Áreas:

- Perímetro: $2(10 + 8) = 36 \text{ m}$

- Área muros bruta: $36 \times 3 = 108 \text{ m}^2$
- Restando ventanas (20 m^2) y puerta ($\sim 2 \text{ m}^2$): muros netos $\approx 86 \text{ m}^2$
- Techo: 80 m^2
- Vidrio: 20 m^2

Supuestos de transmitancia (sin aislamiento):

- Ladrillo: $U \approx 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Vidrio simple: $U \approx 5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$Q_{\text{muros}} = 1,7(86)(6) = 0,88 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{techo}} = 1,7(80)(6) = 0,82 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{vidrio}} = 5,7(20)(6) = 0,68 \text{ kW}$$

Transmisión total:

$$Q_{\text{trans}} \approx 2,38 \text{ kW}$$

b.2 Cargas internas

Personas

- Sensible: $19 \times 75 = 1,43 \text{ kW}$
- Latente: $19 \times 55 = 1,05 \text{ kW}$

Computadoras

$$Q_{PC} = 19 \times 100\text{W} = 1,90 \text{ kW (sensible)}$$

Iluminación

$$Q_{\text{luz}} = 16 \times 36\text{W} = 0,576 \text{ kW (sensible)}$$

Internas sensibles:

$$Q_{\text{int,s}} = 1,43 + 1,90 + 0,576 = 3,91 \text{ kW}$$

Internas latentes:

$$Q_{int,l} = 1,05 \text{ kW}$$

b.3 Ventilación (aire exterior por calidad de aire)

Criterio típico: 10 L/s por persona

$$\dot{V} = 19 \times 0,01 = 0,19 \text{ m}^3/\text{s}$$

Carga sensible por ventilación:

$$Q_{vent,s} \approx \rho \dot{V} c_p \Delta T \approx (1,2)(0,19)(1,005)(6) = 1,37 \text{ kW}$$

Carga total por ventilación usando diferencia de entalpía (con HR 60% afuera y 50% adentro):

- $h_{30^\circ C, 60\%} \approx 71,16 \text{ kJ/kg}_{da}$
- $h_{24^\circ C, 50\%} \approx 47,80 \text{ kJ/kg}_{da}$
- $\Delta h \approx 23,36 \text{ kJ/kg}_{da}$

$$Q_{vent,tot} \approx \dot{m}_{da} \Delta h \approx 5,23 \text{ kW}$$

Entonces:

$$Q_{vent,l} = Q_{vent,tot} - Q_{vent,s} \approx 5,23 - 1,37 = 3,86 \text{ kW}$$

b.4 Infiltración (supuesto base 0.5 ACH)

$$\dot{V}_{inf} = 0,5 \cdot \frac{240}{3600} = 0,033 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{inf,s} \approx (1,2)(0,033)(1,005)(6) = 0,24 \text{ kW}$$

$$Q_{inf,tot} \approx 0,91 \text{ kW}$$

$$Q_{inf,l} \approx 0,91 - 0,24 = 0,67 \text{ kW}$$

c. Resultado final de demanda térmica del aula (febrero)

c.1 Carga sensible total

$$Q_s = Q_{trans} + Q_{int,s} + Q_{vent,s} + Q_{inf,s}$$

$$Q_s = 2,38 + 3,91 + 1,37 + 0,24 = \mathbf{7,90 \text{ kW}}$$

c.2 Carga latente total

$$Q_l = Q_{int,l} + Q_{vent,l} + Q_{inf,l}$$

$$Q_l = 1,05 + 3,86 + 0,67 = \mathbf{5,58 \text{ kW}}$$

c.3 Carga total

$$Q_{tot} = Q_s + Q_l = 7,90 + 5,58 = \mathbf{13,48 \text{ kW}}$$

Conversión a TR

$$TR = \frac{13,48}{3,517} = \mathbf{3,83 \text{ TR}}$$

Capacidad recomendada (con margen 10–15%)

$$Q_{req} \approx 13,5 \times (1,10 \text{ a } 1,15) = 14,9 \text{ a } 15,5 \text{ kW}$$

$$\mathbf{4,2 \text{ a } 4,4 \text{ TR}}$$

Tabla 3: Estimación de la demanda térmica del aula de cómputo (Lambayeque, febrero)

Componente de carga	Parámetro / criterio	Sensible (kW)	Latente (kW)	Total (kW)
Transmisión por muros	(U=1,7), (A=86\ m^2)	0,88	0,00	0,88
Transmisión por techo	(U=1,7), (A=80\ m^2)	0,82	0,00	0,82
Transmisión por ventanas	(U=5,7), (A=20\ m^2)	0,68	0,00	0,68
Subtotal transmisión	—	2,38	0,00	2,38
Personas (19)	75 W sensible + 55 W latente/pers	1,43	1,05	2,48
Computadoras (19 × 100 W)	Carga eléctrica ≈ térmica	1,90	0,00	1,90
Iluminación (16 × 36 W)	Carga eléctrica ≈ térmica	0,58	0,00	0,58
Subtotal cargas internas	—	3,91	1,05	4,96
Ventilación (aire exterior)	10 L/s·persona → 0,19 m³/s	1,37	3,86	5,23
Infiltración	0,5 ACH → 0,033 m³/s	0,24	0,67	0,91
TOTAL DEMANDA TÉRMICA	—	7,90	5,58	13,48

Nota: Elaboración propia

Capacidad equivalente:

- $13,48 \text{ kW} \div 3,517 = 3,83 \text{ TR}$

Capacidad recomendada (margen 10–15%):

- 14,9a 15,5 kW ≈ **4,2–4,4 TR**

4.2. Diseño de una propuesta de sistema de aerotermia acorde a las características del edificio y a las condiciones climáticas locales

A partir de la carga total del aula = 13,48 kW (3,83 TR) y capacidad recomendada ≈ 5 TR (17,6 kW), se plantea el diseño de una propuesta de sistema de aerotermia (bomba de calor aire-aire) para climatización, adecuado a Lambayeque (cálido-húmedo, HR 60%) y al uso del laboratorio (de lunes a viernes de 7:00 am a 1:00 pm y de 2:00 pm a 5:00 pm)

A. Objetivo del sistema

- Mantener T interior $24 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ y HR 50–55% durante el horario 8:00–13:00 y 14:00–17:00.

- Garantizar renovación mínima de aire por ocupación (≈ 190 L/s).

B. Selección de capacidad y configuración

- Capacidad requerida
- Demanda térmica pico: 13,48 kW
- Con margen 10–15%: 14,9–15,5 Kw

Selección final propuesta: 5 TR $\approx 17,6$ kW (inverter) para cubrir variaciones de uso, infiltración y mejor deshumidificación.

- Configuración recomendada (por uniformidad y redundancia)

Opción recomendada (modular):

- 2 unidades tipo cassette o ducto de 2,5 TR cada una ($\approx 8,8$ kW c/u)
Ventajas: mejor distribución del aire entre filas de PCs, menor estratificación, continuidad parcial si una unidad falla.

Alternativa (simple):

- 1 unidad ductada 5 TR con red de ductos y difusores.

C. Esquema funcional del sistema (arquitectura)

Sistema aire-aire inverter con aire exterior controlado:

Unidad(es) exterior(es) (bomba de calor inverter, refrigerante R32/R410A).

Unidades interiores (2 \times 2,5TR) ubicadas en techo (cassette) o en cielo raso (ductadas).

Aire exterior (OA): Ser del tipo toma controlada con:

- compuerta + filtro (mínimo MERV 8, ideal MERV 11),

- caudal OA \approx 190 L/s (10 L/s por persona),
- descarga mezclada al retorno de las unidades interiores.

Drenaje de condensados desde cada unidad interior (clave por humedad).

Control: termostato por zona + sensor de HR (o modo deshumidificación).

D. Distribución de aire propuesta (según plano 10 m × 8 m)

- **Ubicación sugerida**

Instalar 2 unidades interiores alineadas longitudinalmente para cubrir:

- zona de alumnado (filas de PCs),
- evitar “zonas muertas” cerca de paredes.

- **Rejillas/difusión:** orientar el flujo a lo largo del aula (10 m) para barrer calor de equipos.

- **Caudal de impulsión (referencial)**

Para equipos de confort:

Regla práctica: **400–500 CFM/TR**

Para **5 TR total: 2000–2500 CFM** (\approx 950–1180 L/s) de aire de impulsión total.

Por unidad 2.5 TR: **1000–1250 CFM** (\approx 475–590 L/s).

Nota: el aire exterior (190 L/s) es parte del aire total (mezclado), no aire adicional independiente si se mezcla en retorno.

E. Control de humedad (criterio de diseño en Lambayeque)

Como la carga latente estimada es alta (\approx 5,6 kW), el diseño incluye:

- Equipos inverter con buena modulación (mejor deshumidificación a carga parcial).

- Setpoint de HR: 50–55%.
- Modo “dry” o control de temperatura de serpentín (si el equipo lo permite).
- Evitar introducir aire exterior sin control: siempre por toma filtrada y compuerta regulada.

Si se verifica en mediciones que la HR interior supera 60% con frecuencia, se recomienda una mejora:

- Unidad dedicada de aire exterior (DOAS) con deshumidificación pequeña, o
- Deshumidificador de apoyo (~2–3 L/h) para horas críticas.

F. Criterios de eficiencia energética (aeroterminia)

Para sustentar la propuesta en tesis:

- Seleccionar equipos con:
 - ✓ EER/COP alto (inverter),
 - ✓ ventiladores de alta eficiencia,
 - ✓ refrigerante de menor impacto (según disponibilidad local).
- Estrategias operativas:
 - ✓ Pre-enfriamiento 15–20 min antes del ingreso,
 - ✓ mantener puertas cerradas,
 - ✓ mantenimiento de filtros (cada 1–2 meses en temporada de polvo/humedad),
 - ✓ control de horarios por programación.

Sistema propuesto: Aerotermia aire-aire inverter para el aula de cómputo, capacidad nominal 5 TR ($\approx 17,6$ kW), configurado en $2 \times 2,5$ TR, con renovación de aire exterior 190 L/s, filtración y control de humedad (HR 50–55%), difusión uniforme y drenaje de condensados. El diseño responde a la carga térmica calculada (13,48 kW) y a las condiciones cálido-húmedas de Lambayeque, priorizando confort térmico, eficiencia y operación estable en horas lectivas.

A continuación, se selecciona los equipos para la propuesta del aula de cómputo, usando la capacidad recomendada ≈ 5 TR (17,6 kW) y tu cálculo de carga (13,48 kW).

Criterio de dimensionamiento: capacidad instalada ≈ 5 TR (margen operativo para variaciones de ocupación, infiltración y control de HR).

Horario: 8 h/día. Factor de uso inverter (promedio): 0,70 (equipo modula, no trabaja siempre a plena carga).

Consumo estimado (kWh/día) = Potencia eléctrica total (kW) \times 8 h \times 0,70

Criterio de diseño: capacidad instalada ≈ 5 TR ($\approx 17,6$ kW).

Alimentación requerida: 220 V, 1 Φ (monofásico).

- Potencia eléctrica estimada: $P_e (kW) = \frac{\text{Capacidad (BTU/h)}}{\text{EER (BTU/Wh)}} \div 1000$
- Energía diaria: $E_d = P_{e,total} \times 8 \times 0,70$
- Costo diario: $C_d = E_d \times 0,7$

Tabla 4: Selección referencial de equipos de aerotermia (aula de cómputo FIME–UNPRG)

Alternativa	Tipo / Configuración	Marca – Modelo	Alimentación	Capacidad total	Caudal de aire (alto)	EER / COP	Potencia eléctrica estimada (P _{e,total})	Energía estimada (kWh/día)	Costo estimado (S/-día)	Comentario de selección
A (Recomendada)	Cassete inverter (modular) 2× 2,5 TR	LG Cassete Inverter ATNQ30GPLA4 + ATUQ30GPLA4 (x2)	220 V, 1Φ	60,000 BTU/h (≈ 5 TR)	38 m³/min por unidad (≈ 2280 m³/h)	EER 10,96 / COP 3,21	≈ 5,48 kW (2×2,74)	≈ 30,7	≈ 21,5	Mejor distribución y redundancia parcial, EER/COP y datos de operación reportados para la serie, (Tekko Perú)
B	Cassete inverter (1 equipo) 5 TR	LG Cassete Inverter ATNQ60GMLA4 + (UE asociada serie)	220 V, 1Φ	≈ 60,000 BTU/h	(depende del modelo exacto)	EER 9,91 / COP 2,91	≈ 6,05 kW	≈ 33,9	≈ 23,7	Instalación más simple (1 equipo), pero menos uniforme que 2 unidades, (Friotemp Perú)
C (Aprovecha falso techo)	Ductado inverter (1 equipo) ≈ 18 kW	Daikin Inverter Ducted (≈ 18,0 kW)	220–240 V, 1Φ	≈ 18,0 kW (≈ 5,1 TR)	(según selección de unidad interior)	(según ficha técnica)	(según ficha técnica)	(según ficha técnica)	(según ficha técnica)	Estéticamente ideal con falso techo y mejor mezcla/impulsión; se selecciona con ficha del proveedor para EER/COP y caudal, (Daikin Australia)

Nota: Elaboración propia

De la tabla anterior seleccionamos la alternativa A: 2 × cassette inverter de 30 000 BTU/h (total ≈ 60 000 BTU/h ≈ 5 TR), porque:

- Cumple el margen de capacidad requerido para operación real.
- Mejora el reparto del aire en el aula (10 m × 8 m) y reduce zonas calientes cerca de PCs.
- Permite mejor control de humedad (costa húmeda), y continuidad parcial ante falla de un equipo.
- Presenta menor potencia eléctrica total estimada frente a una alternativa equivalente (comparación A vs B).
- Mantiene mejor estabilidad de HR (siempre que se controle ventilación/retorno y drenaje de condensados).

4.3. Estimación del ahorro energético y la reducción del consumo eléctrico al comparar el sistema de aerotermia con el sistema de climatización convencional

El equipo “convencional” es un equipo antiguo on/off (compresor de velocidad fija), normalmente trabaja con menor eficiencia real y además cicla (arranca y para), lo que suele aumentar el consumo en operación parcial y en ambientes húmedos.

A continuación, presentamos una estimación comparando:

- **Aerotermia inverter (propuesta):** $COP = 3,21$ (referencial del equipo seleccionado)
- **Convencional on/off antiguo:** $COP = 2,5$ (supuesto conservador típico para equipos antiguos sin inverter)

Se emplea la carga térmica total calculada:

$$Q_{tot} = 13,48 \text{ kW}$$

y horario: 8 h/día. Tarifa: 0.7 S/·kWh.

A. Consumo eléctrico estimado (día)

a. Aerotermia inverter

$$P_{e,aero} = \frac{Q_{tot}}{COP} = \frac{13,48}{3,21} = 4,20 \text{ kW}$$

$$E_{aero,día} = 4,20 \times 8 = 33,6 \text{ kWh/día}$$

$$C_{aero,día} = 33,6 \times 0,7 = 23,52 \text{ S/./TPdía}$$

b. Convencional on/off antiguo

$$P_{e,on/off} = \frac{13,48}{2,5} = 5,39 \text{ kW}$$

$$E_{aero,día} = 5,39 \times 8 = 43,10 \text{ kWh/día}$$

$$C_{aero,día} = 43,1 \times 0,7 = 30,17 \text{ S/./TPdía}$$

c. Ahorro diario

$$\Delta E = 43,10 - 33,6 = 9,5 \text{ kWh/día}$$

$$\Delta C = 30,17 - 23,52 = 6,65 \text{ S/./TPdía}$$

$$\% \text{ Ahorro} = 9,5 / 43,10 = 22,00 \%$$

d. Resumen mensual y anual

Tabla 5: Resumen mensual y anual

Periodo	Aeroterminia inverter (kWh)	On/off antiguo (kWh)	Ahorro (kWh)	Ahorro (S/)	% ahorro
Día (8 h)	33,6	43,1	9,5	6,65	22,0%
Mes académico (22 días)	739	948	209	146	22,0%
Mes calendario (30 días)	1008	1293	285	200	22,0%
Año académico (10 meses × 22 días)	7392	9480	2088	1462	22,0%

Nota: Elaboración propia

Con la demanda térmica estimada del aula de cómputo de 13,48 kW, el consumo eléctrico del sistema propuesto de aeroterminia inverter ($COP \approx 3.21$) es 33,6 kWh/día (8 h/día). Para un sistema convencional antiguo on/off ($COP \approx 2.5$), el consumo asciende a 43,1 kWh/día. En consecuencia, la aeroterminia permite una reducción del consumo eléctrico de aproximadamente 22%, equivalente a 9,5 kWh/día, que representa un ahorro económico de S/ 6,65 por día (tarifa 0,7 S/·kWh), o S/ 146 por mes académico (22 días).

4.4. Evaluación de la viabilidad económica y el impacto ambiental del sistema de aerotermia propuesto

A continuación, se presenta la evaluación de viabilidad económica y el impacto ambiental del sistema de aerotermia (inverter) propuesto, comparado con el equipo antiguo on/off para el aula de cómputo (10×8×3 m), usando tu carga térmica calculada.

A. Base de cálculo (de la evaluación térmica)

- Demanda térmica total pico (aula): $Q_{tot} = 13,48$ kW
- Horario de operación: 8 h/día
- Tarifa eléctrica: 0,7 S/-kWh
- Aerotermia propuesta (inverter): $COP = 3,21$ (referencial del modelo seleccionado)
- Convencional antiguo on/off: $COP = 2,5$ (valor típico para equipos antiguos de velocidad fija)

$$P_e = \frac{Q_{tot}}{COP}$$

Consumo diario estimado

- Aerotermia:

$$P_e = 13,48 / 3,21 = 4,20 \text{ kW}$$

$$E = 4,20 \times 8 = 33,6 \text{ kWh/día}$$

- On/off:

$$P_e = 13,48 / 2,50 = 5,39 \text{ kW}$$

$$E = 5,39 \times 8 = 43,10 \text{ kWh/día}$$

Ahorro energético diario

$$\Delta E = 43,10 - 33,60 = 9,50 \text{ kWh/día (22\%)}$$

Ahorro económico diario

$$\Delta C = 9,50 \times 0,70 = 6,65 \text{ S/. / TPdía}$$

B. Viabilidad económica

a. Inversión referencial (CAPEX)

Equipos propuestos (configuración recomendada): 2× cassette inverter 30,000 BTU/h (total 5 TR).

Precio referencial unitario observado: **S/ 5 110** por cassette inverter 30,000 BTU/h 220V 1F (incluye panel).

- **Costo equipos (2 unidades):** $2 \times 5\,110 = \text{S/ } 10\,220$

Instalación (rango referencial en Perú): existe alta variabilidad; referencias generales indican rangos amplios según tipo y condiciones (**S/. 300 hasta > S/. 2 500**). Para este trabajo de investigación, se ha considerado un rango razonable para cassette comercial (por unidad) y presentar sensibilidad.

CAPEX referencial total (solo para análisis):

- **Conservador:** $\text{S/ } 10\,220 + \text{S/ } 3\,000 = \text{S/ } 13\,220$
- **Medio:** $\text{S/ } 10\,220 + \text{S/ } 4\,000 = \text{S/ } 14\,220$
- **Alto:** $\text{S/ } 10\,220 + \text{S/ } 5\,000 = \text{S/ } 15\,220$

Incluye: instalación, tuberías, cableado, drenaje de condensados, soportes y puesta en marcha.

b. Ahorro anual (OPEX evitado)

Si el aula se usa como “año académico” (10 meses × 22 días = **220 días/año**):

- **Ahorro energético anual:**

$$\Delta E_{(\text{año})} = 9,5 \times 220 = 2\,090 \text{ kWh/día}$$

- **Ahorro económico anual:**

$$\Delta C_{(\text{año})} = 2\,090 \times 0,70 = 1\,463 \text{ S./año}$$

c. Indicador de decisión: Payback simple

$$PB = \frac{CAPEX}{\text{Ahorro anual}}$$

Usando CAPEX referencial:

- **PB (conservador):** $13220/1463 = 9,0$ años
- **PB (medio):** $14\,220/1\,463 = 9,7$ años
- **PB (alto):** $15220/1463 = 10,4$ años

Interpretación técnica: el payback mejora si:

- se incrementan horas/día de operación,
- se consideran meses de mayor uso,
- el on/off realmente es más ineficiente (COP < 2,5),
- se reducen pérdidas por infiltración (puertas/cierre) y mejora de control.

Si se toma como punto de partida la razón económica es decir “reemplazo por eficiencia”, este enfoque es válido.

Si en cambio es “proyecto nuevo”, conviene comparar CAPEX inverter vs CAPEX on/off nuevo (costo incremental), y ahí el payback suele ser más corto.

d. Costos de operación y mantenimiento (O&M)

Para equipos de aire acondicionado tipo **cassette inverter**, se considera normalmente:

- Limpieza de filtros y revisión: **S/ 150 por equipo**
- 2 equipos por año
- 2 mantenimientos al año

Costo anual mantenimiento = $150 \times 2 \times 2 = \text{S/} 600$

Costo anual O&M = S/. 600

e. Cálculo del VAN

Datos

Según el análisis económico de tu tesis:

- Inversión inicial Sistema aerotermia (CAPEX medio): **S/ 14 220**
- Inversión Sistema (on/off) nuevo: **S/ 9 000**
- Inversión Inicial neta (Diferencial): **S/ 14 220 – S/ 9 000 = S/ 5 220**
- Ahorro energético anual: **S/ 1 463/año**

- Costos en mantenimiento (Sist. Aerotermia) **S/ 600/año**
- Flujo neto anual:

$$Flujo = 1\ 463 - 600 = 863\ S/año$$

- Tasa de descuento: **10 %**
- Horizonte de evaluación: **15 años**

Factor de valor presente (anualidad)

$$FVP = \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r}$$

$$FVP = \frac{1 - (1,10)^{-15}}{0,10}$$

$$FVP = 7.606$$

Valor presente de los ahorros

$$VP = 863 \times 7\ 606$$

$$VP \approx S/ 6\ 563.9$$

VAN

$$VAN = -5\ 220 + 6\ 563.9$$

$$VAN \approx S/+1\ 343.9$$

El resultado positivo obtenido del VAN demuestra que la implementación de la aerotermia es financieramente superior a cualquier alternativa convencional. Técnicamente, esto se sustenta en la alta eficiencia estacional del sistema Inverter y en una reducción del 43% en los costos de mantenimiento por la mejora en la

confiabilidad mecánica. Financieramente, un VAN de +S/ 1,343.9 significa que, tras cubrir la inversión y una tasa de descuento del 10%, el proyecto genera una ganancia neta excedente para la universidad.

C. Impacto ambiental (reducción de emisiones de CO₂)

Para convertir ahorro eléctrico en CO₂ evitado se usa un factor de emisión de la red. En el aplicativo del MEF aparece un factor del SEIN = 0,4521 ton CO₂/MWh, equivalente a 0,4521 kg CO₂/kWh.

- **CO₂ evitado anual**

$$\Delta CO_2 = \Delta E_{año} \times 0,4521$$

$$\Delta CO_2 = 2\,090 \times 0,4521 = \mathbf{945\ kg\ CO_2/año} (\approx 0,95\ TCO_2/año)$$

La aerotermia inverter evitaría aproximadamente **0,95 TCO₂ por año académico** solo en esta aula, respecto al on/off antiguo.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Producto de la presente investigación se concluye:

- El análisis de las condiciones climáticas de Lambayeque y de la demanda térmica del aula de cómputo del edificio principal de la FIME permitió establecer los requerimientos reales de climatización del ambiente, considerando una temperatura exterior de diseño cercana a 30 °C, humedad relativa promedio de 60 % y elevadas cargas internas por ocupación, equipos informáticos e iluminación. Como resultado, se determinó una demanda térmica total aproximada de 13,48 kW, con una participación significativa de la carga latente asociada a la ventilación y a la humedad ambiental, lo que evidencia la necesidad de un sistema de climatización con adecuada capacidad de deshumidificación.
- El diseño de la propuesta de sistema de aerotermia consiste en un sistema de climatización tipo bomba de calor aire-aire inverter con capacidad aproximada de 5 TR, configurado de manera modular para garantizar una adecuada distribución del aire, control de humedad y eficiencia energética.
- La estimación del ahorro energético y la reducción del consumo eléctrico al comparar el sistema de aerotermia propuesto con un sistema de climatización convencional tipo on/off evidenció que la tecnología inverter presenta un desempeño significativamente más eficiente para cubrir la demanda térmica del aula. A partir del análisis, se determinó que el sistema de aerotermia reduce el

consumo eléctrico en aproximadamente 22 %, equivalente a cerca de 9,5 kWh diarios de ahorro en condiciones de operación académica.

- La evaluación de la viabilidad económica y del impacto ambiental del sistema de aerotermia propuesto demostró que su implementación es técnica y financieramente justificable para el aula de cómputo del edificio principal de la FIME, al evidenciar una reducción del consumo eléctrico cercana al 22 % respecto a un sistema convencional on/off, lo que se traduce en ahorros económicos anuales y en un periodo de recuperación aceptable para el tipo de intervención analizada. Asimismo, el menor requerimiento de energía eléctrica permite disminuir las emisiones indirectas de CO₂ asociadas a la generación eléctrica, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental del edificio y al uso eficiente de los recursos energéticos.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda:

- Realizar estudios futuros complementarios, que incluyan análisis con simulación energética anual, evaluación de sistemas híbridos con energía solar fotovoltaica y estudios de ciclo de vida, con el fin de mejorar la sostenibilidad energética del edificio y fortalecer la toma de decisiones institucional.
- Evaluar la replicabilidad del sistema de aerotermia en otros ambientes del edificio, como aulas, laboratorios y oficinas, considerando análisis técnico-económicos específicos que permitan ampliar los beneficios energéticos y ambientales a nivel institucional.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- Ayala Moreno, A. A. (2017). *Ahorro energético en edificaciones con aire acondicionado*. México: Universidad de Sonora. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/6729/672971095009.pdf>
- Bravo, D., & Bennia, A. (2020). *Revisión general sobre sistemas de acondicionamiento de aire en edificios ecológicos e inteligentes*. Chile: Revista ingeniería de construcción. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732020000200192>
- Castillo Vásquez, L. J., & Nonalaya Córdova, J. J. (2019). *Diseño del sistema de climatización en las aulas prefabricadas de la institución educativa primaria y secundaria de menores N° 16003 Miraflores – Jaén – Cajamarca*. Perú: Universidad Nacional de Jaén. Obtenido de https://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/68/1/Castillo_VLJ_Nonalaya_CJJ.pdf
- Díaz Delgado, R. S. (2019). *Diseño a través de sistemas pasivos de climatización para lograr confort térmico en la zona cultural permanente de un museo histórico narrativo, Cajamarca – 2019*. Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22064/Díaz%20Delgado%20Rita%20Sthefany.PDF?sequence=3>
- EPA. (2022). *Calidad del aire interior y cambio climático*. Estados Unidos. Obtenido de <https://espanol.epa.gov/cai/calidad-del-aire-interior-y-cambio-climatico>
- Flores Martell, A. F. (2018). *Sistema de acondicionamiento solar pasivo para calefacción de viviendas altoandinas del Perú*. Perú: Universidad de Ingeniería y Tecnología. Obtenido de https://cris.utec.edu.pe/files/21794960/Flores_Anthony_Tesis.pdf
- García Ramos, E. (2020). *Proyecto de climatización eficiente*. España: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Obtenido de https://oa.upm.es/65467/1/TFM_ELENA_GARCIA_RAMOS.pdf

- Gutiérrez Márquez, D. A. (2025). *Instalación comunitaria de suministro de electricidad por Energía Solar Fotovoltaica y climatización y agua caliente sanitaria mediante Aerotermia para un edificio de cinco apartamentos*. España: Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/entities/publication/d71bf9d9-7242-4e51-a1e9-0387927aeaff>
- Guzmán Hernández, I. A. (2019). *Problemática de los sistemas pasivos de climatización*. España: Universidad Politécnica de Cataluña. Obtenido de <http://dx.doi.org/2636.2236/AULA.2019.007>
- ONU. (2024). *Los aires acondicionados exacerbaban la crisis climática. ¿Cómo la naturaleza puede ayudar?* España. Obtenido de <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/los-aires-acondicionados-exacerbaban-la-crisis-climatica-como-la>
- Paillacho Calupiña, J. J. (2022). *Proyecto de diseño de un sistema de aerotermia para climatización y ACS en una residencia universitaria*. Colombia: Universidad Politécnica de Cartagena. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/547496652.pdf>
- Pantoja Campos, J. C. (2022). *Análisis de los elementos y factores climáticos en el estado de conservación de viviendas del distrito de Salaverry, Trujillo, 2022*. Perú: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de file:///C:/Users/Windows10/Downloads/Pantoja_CJC-SD.pdf
- Pérez Barroso, G., & Benítez Alonso, M. (2024). *Optimización y eficiencia energética mediante aerotermia: Un enfoque sostenible para la climatización residencial*. España: Universidad Politécnica de Catalunya. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/412209>

ANEXOS

ANEXO 01: Catálogo del equipo



SUBMITTAL

Project Name:
Location:
Date:
PO N°:
Company:
Project Manager:

ATUQ30GPLA4 - Unidad exterior
ATNQ30GPLA4 - Unidad interior
Split Cassette Inverter
24,000 BTU - Solo Frio

RENDIMIENTO:

Capacidad Comercial (BTU/h)	24,000
Capacidad de Enfriamiento máxima (BTU/h)	30,000
Potencia de Entrada(kW)	2.19
Corriente de funcionamiento (A)	9.6
EER / COP (W/W)	10.96 / 3.21
Tipo de compresor:	Inverter

FACTOR DE EFICIENCIA:

Etiqueta Eficiencia Energética:	-
SEER (Wh / Wh)	19

ELECTRICIDAD:

Alimentación Eléctrica (V/Hz/Ø)	220 / 60 / 1
Dimensión de Interruptor Electromagnético (AMP)	25
Cable de Conexión Eléctrica (incluido Tierra)	
mm ² x cores - unidad interior	0.75 x 4
Cable de Conexión Eléctrica (incluido Tierra)	
No. x mm2 - unidad exterior	3C x 2.5

TUBERIA:

Líquido (mm)	9.52
Gas (mm)	15.88
Drenaje (O.D. / I.D.)	32 / 25

ENTRE INTERIOR Y EXTERIOR:

Longitud de tubería standard (m)	5
Longitud de tubería máxima (m)	50
Diferencia de altura máxima (m)	30

REFRIGERANTE:

Tipo de refrigerante:	R410A
Cantidad de precarga (g):	1,100
Longitud de tubería sin carga (m)	7.5
Volumen de carga adicional (g/m)	40
Control	Válvula de Expansión Electrónica

ACEITE DE REFRIGERANTE

Tipo	FVC68D
Volumen cargado (cc x No.)	670 x 1

CARACTERÍSTICAS ADICIONALES:

- * Incluye control remoto.
- * Puede controlar su equipo por WiFi con el accesorio PWFMD0200.
- * Compare el retorno de su inversión con el aplicativo PayBack LG.
- * Inspección y monitoreo de su equipo con LG MV Móvil.



UNIDAD INTERIOR

Dimensiones netas (ancho x alto x profundidad)(mm)	840 x 204 x 840
Peso neto (kg)	21
Nivel de Presión de Sonido dB(A)	38 / 36 / 34
Color de carcasa	Morning Fog
Tasa de deshumidificación (L/h)	2.4

COMPRESOR

Tipo	Twin Rotary
Modelo (Model x No.)	GKT208MAB x 1
Tipo Motor	BLDC
Salida Motor (W x No.)	1,500 x 1

VENTILADOR (unidad interior)

Tipo	2D Turbo Fan
Rango de flujo de aire (H/M/L) (m3/min)	17.0 / 15.0 / 13.0

MOTOR DEL VENTILADOR (unidad interior)

Tipo	BLDC
Salida (W x No.)	50.3 x 1

INTERCAMBIADOR DE CALOR (unidad interior)

(Fila x Columna x Aletas x Pulgada) x No.	(2 x 8 x 19) x 1
Area frontal (m2)	0.35 (3.77)

PANEL:

Modelo	PT-MCHW0
Color	Morning Fog
Dimensiones netas (ancho x alto x profundidad)	950 x 35 x 950
Peso neto	6.3

UNIDAD EXTERIOR

Dimensiones netas (ancho x alto x profundidad)(mm)	870 x 650 x 330
Peso neto (kg)	41.5
Nivel de Presión de Sonido dB(A)	53
Color Carcasa	Warm Gray

INTERCAMBIADOR DE CALOR (unidad exterior)

(Fila x Columna x aletas x pulgada) x No	(2 x 30 x 21) x 1
--	-------------------

VENTILADOR (unidad exterior)

Tipo	Propeller
Rango de flujo de aire (m3/min)	50 x 1

MOTOR DE VENTILADOR (unidad exterior)

Tipo	BLDC
Salida (W x No.)	85 x 1

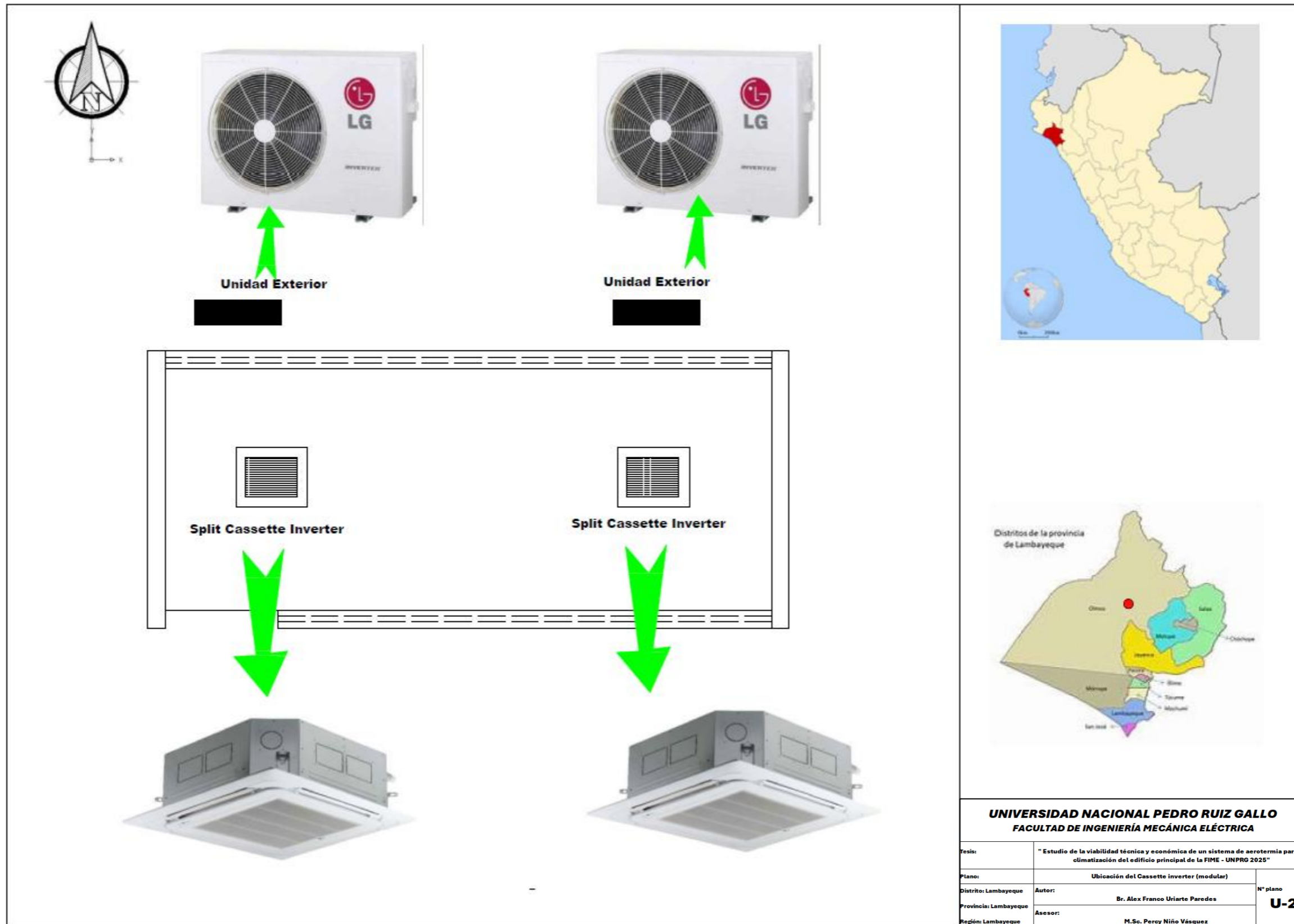
ANEXO 02: Ubicación



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Tesis:	" Estudio de la viabilidad técnica y económica de un sistema de aerotermia para la climatización del edificio principal de la FIME - UNPRO 2025"	
Plano:	Ubicación del Cassette inverter (modular)	
Distrito: Lambayeque	Autor:	N° plano U-2
Provincia: Lambayeque	Br. Alex Franco Uriarte Paredes	
Región: Lambayeque	M.Sc. Percy Niño Vásquez	

ANEXO 03: Ubicación de los componentes



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Tesis:	" Estudio de la viabilidad técnica y económica de un sistema de aerotermia para la climatización del edificio principal de la FIME - UNPRG 2025"	
Plano:	Ubicación del Cassette inverter (modular)	
Distrito: Lambayeque	Autor: Br. Alex Franco Uriarte Paredes	Nº plano
Provincia: Lambayeque	Asesor: M.Sc. Peroy Niño Vásquez	U-2
Región: Lambayeque		