

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“Diagnóstico estructural de edificaciones patrimoniales
mediante la termografía infrarroja en la capilla Señor de
Huayopampa - Huánuco - 2022”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Cristóbal Encarnación, Noel Yordan

ASESORA: Boyanovich Ordoñez, Lili Tatiana

HUÁNUCO – PERÚ

2024



U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Gestión en la construcción

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 72737549

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 41948561

Grado/Título: Maestra en gestión pública

Código ORCID: 0000-0003-1751-1336

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769
2	Aguilar Alcantara, Leonel Marlo	Maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de la construcción	43415813	0000-0002-0877-5922
3	Valdivieso Echevarria, Martin Cesar	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002-0579-5135

D

H

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO

(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 9:00 horas del día **jueves 15 de febrero de 2024**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

- | | |
|--|--------------|
| ❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO | - PRESIDENTE |
| ❖ MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA | - SECRETARIO |
| ❖ MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA | - VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 0192-2024-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES PATRIMONIALES MEDIANTE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN LA CAPILLA SEÑOR DE HUAYOPAMPA - HUÁNUCO - 2022.", presentado por el (la) Bachiller. **Bach. Noel Yordan CRISTOBAL ENCARNACION**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) *Aprobado* por *Unanimidad* con el calificativo cuantitativo de *1.4* y cualitativo de *Suficiente* (Art. 47).

Siendo las *10:20* horas del día 15 del mes de febrero del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO
DNI: 41891649
ORCID: 0000-0001-8392-1769
Presidente

MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA
DNI: 43415813
ORCID: 0000-0002-0877-5922
Secretario

MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA
DNI: 22416570
ORCID: 0000-0002-0579-5135
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, Lili Tatiana Boyanovich Ordoñez, asesor(a) del PA Ingeniería Civil y designado(a) mediante documento RESOLUCIÓN N°2647-2023-D-FI-UDH del estudiante **NOEL YORDAN CRISTÓBAL ENCARNACIÓN**, de la investigación titulada **“DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES PATRIMONIALES MEDIANTE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN LA CAPILLA SEÑOR DE HUAYOPAMPA - HUÁNUCO - 2022”**

Puedo constar que la misma tiene una similitud del 24% verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Antiplagio Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 07 de MARZO de 2024

.....
Mg. Lili Tatiana Boyanovich Ordoñez

DNI: 41948561

Código ORCID: 0000-0003-1751-1336

TRABAJO DE INVESTIGACION FINAL CRISTOBAL

ORIGINALITY REPORT

24%

SIMILARITY INDEX

23%

INTERNET SOURCES

8%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	www5.uva.es Internet Source	4%
2	idoc.pub Internet Source	2%
3	sistemamid.com Internet Source	2%
4	mef.gob.pe Internet Source	2%
5	repositorio.udh.edu.pe Internet Source	1%
6	hdl.handle.net Internet Source	1%
7	resarquitectura.blogs.upv.es Internet Source	1%
8	Francisco Javier Gómez Patrocinio. "Arquitectura Tradicional de Tierra en España. Caracterización Constructiva, Fenómenos de Degradación y Dinámicas de Intervención.", Universitat Politecnica de Valencia, 2018 Publication	1%

.....
Mg. Lili Tatiana Boyanovich Ordoñez

DNI: 41948561

Código ORCID: 0000-0003-1751-1336

DEDICATORIA

A Dios y la vida por permitirme desarrollarme como profesional.

A mis padres, a mi hermana y a mi novio por brindarme todo su apoyo constante durante la elaboración de este proyecto.

AGRADECIMIENTO

A mi asesora de tesis, Mg. Lili Tatiana Boyanovich Ordoñez, por el apoyo y el tiempo aportado durante el proceso de desarrollo de esta investigación.

A la Arq. Julia R. Castro Morante de Enciso, Coordinadora ECZ Huayopampa; y al Rvdo. P. Rubén Jara Trinidad, Párroco Parroquia Virgen del Carmen, por brindarme las facilidades para iniciar con la ejecución de esta investigación.

A la Dirección de Cultura de Huánuco (DDC) y profesionales que lo integran, por brindarme las facilidades para la ejecución de esta investigación.

A mi alma máter, la Universidad de Huánuco, por mi formación universitaria.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIII
CAPÍTULO I.....	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	15
1.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS.....	15
1.3. OBJETIVOS.....	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	16
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	16
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	17
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.....	19
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	19
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	21
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	23
2.2. BASES TEÓRICAS	24
2.2.1. CAPILLA SEÑOR DE HUAYOPAMPA.....	24
2.2.2. DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL.....	27

2.2.3.	TERMOGRAFÍA INFRARROJA	43
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES	73
2.4.	HIPÓTESIS.....	75
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL.....	75
2.4.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	75
2.5.	VARIABLES.....	76
2.5.1.	VARIABLE DEPENDIENTE	76
2.5.2.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	76
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	76
CAPITULO III.....		77
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		77
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	77
3.1.1.	ENFOQUE	77
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL	78
3.1.3.	DISEÑO	78
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	80
3.2.1.	POBLACIÓN	80
3.2.2.	LA MUESTRA	80
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .81	
3.3.1.	PARA LA RECOLECCION DE DATOS.....	81
3.3.2.	PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	82
3.3.3.	PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	82
CAPITULO IV.....		83
RESULTADOS.....		83
4.1.	PROCESAMIENTO DE DATOS	83
4.1.1.	ENSAYO N°01	84
4.1.2.	ENSAYO N°02	88
4.1.3.	ENSAYO N°03	92
4.1.4.	ENSAYO N°04	96
4.1.5.	ENSAYO N°05	100
4.1.6.	ENSAYO N°06	104
4.1.7.	ENSAYO N°07	108
4.1.8.	ENSAYO N°08	112
4.1.9.	ENSAYO N°09	116

4.1.10. ANÁLISIS DINÁMICO MODAL	120
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	138
CAPITULO V.....	139
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	139
5.1. 5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	139
CONCLUSIONES	142
RECOMENDACIONES.....	144
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	145
ANEXOS.....	148

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Propiedades térmicas de materiales de materiales de construcción aislantes.....	60
Tabla 2 Escala de valoración 01	85
Tabla 3 Escala de valoración 02.....	89
Tabla 4 Escala de valoración 03.....	93
Tabla 5 Escala de valoración 04.....	97
Tabla 6 Escala de valoración 05.....	101
Tabla 7 Escala de valoración 06.....	105
Tabla 8 Escala de valoración 07.....	109
Tabla 9 Escala de valoración 08.....	113
Tabla 10 Escala de valoración 09.....	117
Tabla 11 Periodos y formas de modo de la estructura analizada	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Los actores del acto termográfico y los fenómenos físicos que intervienen en la medición	47
Figura 2 Los dos tipos de detectores infrarrojos	48
Figura 3 Indicatrices de emisión del cuerpo negro, del cuerpo gris y de los dos tipos de materiales.....	49
Figura 4 Balance de la energía recibida por la cámara infrarroja en el caso más general	50
Figura 5 Variación del NETD con el tiempo de integración.....	52
Figura 6 Escalas de temperatura	55
Figura 7 Flujo de calor	56
Figura 8 Transmisión de calor.....	56
Figura 9 Imagen infrarroja del interior de un local de cemento y ladrillos calefactado a 21°C.....	63
Figura 10 Imágenes de un cubo de agua	64
Figura 11 Transmisión de calor por radiación.....	66
Figura 12 Toma termográfica 01	81
Figura 13 Identificación de elemento en planimetría.....	81
Figura 14 Interpretación gráfica de escala de valoración 01	83
Figura 15 Toma termográfica 02.....	85
Figura 16 Identificación de elemento en planimetría.....	85
Figura 17 Interpretación gráfica de escala de valoración 02.....	87
Figura 18 Toma termográfica 03.....	89
Figura 19 Identificación de elemento en planimetría.....	89
Figura 20 Interpretación gráfica de escala de valoración 03.....	91
Figura 21 Toma termográfica 04.....	93
Figura 22 Identificación de elemento en planimetría.....	93
Figura 23 Interpretación gráfica de escala de valoración 04.....	95
Figura 24 Toma termográfica 05.....	97
Figura 25 Identificación de elemento en planimetría.....	97
Figura 26 Interpretación gráfica de escala de valoración 05.....	99
Figura 27 Toma termográfica 06.....	101
Figura 28 Identificación de elemento en planimetría.....	101

Figura 29 Interpretación gráfica de escala de valoración 06.....	103
Figura 30 Toma termográfica 07.....	105
Figura 31 Identificación de elemento en planimetría.....	105
Figura 32 Interpretación gráfica de escala de valoración 07.....	107
Figura 33 Toma termográfica 08.....	109
Figura 34 Identificación de elemento en planimetría.....	109
Figura 35 Interpretación gráfica de escala de valoración 08.....	111
Figura 36 Toma termográfica 09.....	113
Figura 37 Identificación de elemento en planimetría.....	113
Figura 38 Interpretación gráfica de escala de valoración 09.....	115
Figura 39 Evaluación estructural de campo realizada en la estructura	112
Figura 40 Vista en planta de la estructura analizada	117
Figura 41 Características del material adobe, definido para el análisis	119
Figura 42 Definición de los elementos Shell para muros de 100cm	119
Figura 43 Definición de los elementos Shell para muros de 140cm	119
Figura 44 Definición de los elementos Shell para muros de 30cm	120
Figura 45 Definición de los elementos Shell para muros de 60cm	121
Figura 46 Definición de los elementos Shell para muros de 70cm	121
Figura 47 Definición de las grillas coincidiendo con elementos clave del modelo.....	122
Figura 48 Definición de las grillas coincidiendo con elementos clave del modelo.....	122
Figura 49 Construcción del modelo usando elementos Shell	123
Figura 50 Construcción del modelo usando elementos Shell	123
Figura 51 Aplicación de restricciones de una zona de un mallado a otro ..	124
Figura 52 Aplicación de la continuidad de elementos Shell	125
Figura 53 Modelo tridimensional del ala oeste.....	125
Figura 54 Modelo tridimensional del ala este.....	125
Figura 55 Vista semifrontal de la edificación y del modelo en SAP 2000 ..	125
Figura 56 Vista frontal en campo y del modelo en SAP 2000	126
Figura 57 Primera forma de modo de la estructura y campo de desplazamientos.....	127
Figura 58 Segunda forma de vibrar de la estructura y campo de desplazamientos	127

Figura 59 Grafica de contorno de desplazamientos en X	127
Figura 60 Tercera forma de vibrar de la estructura analizada	128
Figura 61 Gráfica de contornos en dirección X e Y.....	129
Figura 62 Variación del módulo de elasticidad de diferentes materiales refractarios con la temperatura	131
Figura 63 Variación máxima de la temperatura en la región de Cerro de Pasco	132

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “Diagnóstico Estructural De Edificaciones Patrimoniales Mediante La Termografía Infrarroja En La Capilla Señor De Huayopampa” tuvo como objetivo principal realizar el diagnóstico estructural a través de la termografía infrarroja para determinar y evaluar las patologías más incidentes y el estado actual de la edificación patrimonial en que se encuentra. Se tuvo consideración la evaluación a través de una cámara termográfica que permitió realizar ensayos no destructivos para evitar realizar daños a la edificación patrimonial. Para el desarrollo de esta investigación previo al registro de datos se realizó diversas visitas a la edificación, del cual se recolectó información acerca de la Capilla Señor de Huayopampa, tanto información de campo como información técnica e histórica.

Se realizó el registro de datos a través de una cámara termográfica, lo cual posteriormente se interpretó e identificó patologías comunes que presentan este tipo de edificaciones, posterior a ello se realizó un modelamiento estructural de la edificación para ello se usó el software estructural SAP2000, esto nos permitió la representación espacial de las masas de la estructura como de las rigideces. Se usó elementos Shell, los cuales son elementos de área. Lo cual finalmente nos permitió conocer las principales características dinámicas de la estructura como; las formas de modo y periodos asociados a las formas modales. A través del estudio realizado se concluye que a través de termografía infrarroja se puede determinar zonas de afección (patologías) en la estructura, pero la variación de temperatura respecto al módulo de elasticidad del adobe no tiene un efecto significativo. Por ende, las patologías deterioran la edificación durante el paso del tiempo, mientras que estructuralmente y por la irregularidad de la edificación se vería seriamente afectando ante un movimiento sísmico.

Palabras claves: Termografía, patologías, modelamiento, capilla, edificación.

ABSTRACT

The present research work entitled "Structural Diagnosis Of Heritage Buildings Through Infrared Thermography In The Señor De Huayopampa Chapel" had as main objective to carry out the structural diagnosis through infrared thermography to determine and evaluate the most incident pathologies and the current state of the heritage building in which it is located. The evaluation was taken into consideration through a thermographic camera that allowed performing non-destructive tests to avoid damage to the heritage building. For the development of this research, prior to the data recording, several visits were made to the building, from which information was collected about the Señor de Huayopampa Chapel, both field information and technical and historical information.

Data was recorded through a thermographic camera, which was later interpreted and identified common pathologies that these types of buildings present. Afterwards, a structural modeling of the building was carried out using SAP2000 structural software, which allowed us the spatial representation of the masses of the structure as well as the stiffnesses. Shell elements were used, which are area elements. This finally allowed us to know the main dynamic characteristics of the structure such as; the mode shapes and periods associated to the modal shapes. The study concluded that through infrared thermography it is possible to determine areas of affection (pathologies) in the structure, but the variation of temperature with respect to the modulus of elasticity of the adobe does not have a significant effect. Therefore, the pathologies deteriorate the building over time, while structurally and due to the irregularity of the building, it would be seriously affected by a seismic movement.

Key words: Thermography, pathologies, modeling, chapel, building

INTRODUCCIÓN

Actualmente se viene teniendo mucha consideración en la conservación de edificaciones patrimoniales por el gran valor histórico que conllevan. En la actualidad muchas de estas estructuras están con falta de mantenimiento y accionar de las Entidades correspondientes. Por ello mediante esta investigación se busca a través de la termografía infrarroja generar un antecedente para posteriores estudios de restauración y conservación de nuestras edificaciones patrimoniales.

De ello enfocado en las Capilla Señor de Huayopampa, nace la problemática de conocer acerca de un diagnóstico estructural y patologías que afectan a la edificación, se justifica la investigación de esta manera también buscar soluciones para recolectar datos, lo cual se realizará con una cámara termográfica y algunas limitaciones como la obtención de datos históricos o antecedentes de la edificación a estudiar.

El objetivo principal de esta investigación tuvo como principal fin obtener el diagnóstico estructural de la edificación patrimonial en estado actual, también de representar el diagnóstico mediante imágenes termográficas, pautas y consideraciones para la restauración y descripción de las patologías. Se emplearon técnicas de observación de campo y recolección de datos mediante instrumentos como fichas, escalas de Likert o valoración, análisis de los documentos y modelamiento a través de un software. Se ha obtenido fuentes de información de investigaciones realizadas a nivel internacional y nacional como también de manera local desde la Dirección de Cultura de Huánuco.

Se termina por concluir que la Capilla Señor de Huayopampa incide altamente como peligro latente tanto a nivel de patologías como estructural. Lo cual se evaluó, determinó y suscribió de manera sustentada a través de registro termográficos y un modelamiento estructural de la edificación.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la región de Huánuco, a lo largo del tiempo las edificaciones patrimoniales de dicha región han presentado diversas patologías estructurales como filtraciones, humedad, deformación, fragilidad, etc. Principalmente provocado por efecto de la antigüedad, estragos de la naturaleza o acciones del propio ser humano, estas edificaciones, principalmente son de material rústico; paredes de tapial, techo de teja y estructuras complementarias de madera.

El estado de conservación actual de las edificaciones patrimoniales durante el tiempo ha estado en pleno deterioro y cada vez se vuelven más inhabitables por el riesgo que conllevan, lo cual pone a estas edificaciones fuera de sus funciones. Estas estructuras de gran valor cultural para el país, la región de Huánuco, su población y mucho más a los devotos que añoran el ambiente de estas estructuras por el gran valor espiritual desde tiempos inmemorables.

Durante la última década, el presente deterioro ha llevado a buscar muchos tipos de soluciones para recuperar de manera eficiente la estructura de estas edificaciones, por lo que representa en la región. A lo largo de este periodo la Iglesia San Cristobal, Iglesia de la Merced, Iglesia Cristo Rey y la Capilla Señor de Huayopampa presentaron afecciones en la parte estructural, por ende, también ha provocado una deformación arquitectónica de estas mismas.

La falta de soluciones inmediatas conlleva a buscar soluciones aptas de acorde al tiempo, por ello para realizar un correcto diagnóstico estructural utilizando ensayos no destructivos como la termografía infrarroja que permita determinar las patologías a través de la temperatura; este ensayo se adapta para la evaluación, preservación arquitectónica, estructural para plantear soluciones específicas, de manera adicional esto

es un punto a favor ya que en cuanto a costo y tiempo tendrá un ahorro considerable.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es diagnóstico estructural de edificaciones patrimoniales mediante la termografía infrarroja en la Capilla Señor de Huayopampa – Huánuco - 2022?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS

¿Cuál es el análisis realizado para el diagnóstico estructural de edificaciones patrimoniales mediante la termografía infrarroja en la Capilla Señor de Huayopampa– Huánuco - 2022?

¿Cuál es el sistema de rehabilitación y reforzamiento estructural para edificaciones patrimoniales?

¿Cuál es la patología estructural que afecta mayormente a las edificaciones patrimoniales?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el diagnóstico estructural de edificaciones patrimoniales mediante la termografía infrarroja en la Capilla Señor de Huayopampa – Huánuco– 2022.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Establecer el análisis del diagnóstico estructural de edificaciones patrimoniales mediante la termografía infrarroja en la Capilla Señor de Huayopampa.

Precisar el sistema de rehabilitación y reforzamiento estructural para edificaciones patrimoniales.

Indicar las patologías estructurales en la edificación patrimonial.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Por su significado histórico para el Perú y la región de Huánuco, este esfuerzo puede ser racionalizado a nivel conceptual como una contribución a la sociedad en la forma de preservación del patrimonio cultural. Esto se debe al hecho de que el trabajo se llevó a cabo en el contexto de la preservación del patrimonio cultural. En consecuencia, queremos incentivar la preservación de nuestro pasado a partir de investigaciones que ayuden a definir un diagnóstico de manera aceptable y, posteriormente, aportar remedios en cada área que se evalúe.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

En un plano más pragmático, se buscan soluciones a las patologías que se desarrollan con el paso del tiempo; por ello, se llevarán a cabo ensayos no destructivos (END), en particular la aplicación de la termografía infrarroja para las estructuras de material rústico. Gracias a este método, la estructura histórica podrá contar con esta prueba como base fiable y, al mismo tiempo, según este método, se evitarán pruebas superfluas que podrían causar más daños a la estructura. Las edificaciones patrimoniales están expuestas a un conjunto de factores que pueden causar daños estructurales, como el paso del tiempo, los fenómenos naturales, el uso inadecuado y el vandalismo. Es importante detectar y reparar estos daños de manera oportuna para evitar que se agraven y pongan en peligro la integridad de la edificación. La termografía infrarroja es un ensayo no destructivo que permite detectar anomalías en la temperatura de una superficie. Estas anomalías pueden ser indicativas de daños estructurales, como grietas, fisuras, roturas o corrosión. La aplicación de la termografía infrarroja a la Capilla Señor de Huayopampa permitirá identificar los daños estructurales que se han

desarrollado con el paso del tiempo.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La elección de una metodología de investigación para conseguir los objetivos planteados es fundamental. La metodología de esta investigación se basa principalmente en la observación de campo no experimental y recopilación de datos. Por ello al elegir como punto de partida la Preservación del Patrimonio Cultural, la elección de la metodología no experimental se justifica por la necesidad de minimizar cualquier intervención física en la estructura, lo cual pondría en riesgo la integridad de la edificación. La termografía infrarroja permite evaluar la condición estructural sin dañar la edificación, lo cual es coherente con el objetivo que se busca, que es la conservación. Por otro lado, el acceso limitado por ser una edificación de carácter patrimonial, la observación de campo no experimental se justifica como alternativa viable sin necesidad de solicitar permisos especiales, no obstante, para una mejor evaluación se solicitará el acceso especial a la Dirección Desconcentrada de Cultura de Huánuco (DDC-HCO). Para el caso de disponibilidad de datos históricos, se recopilará los necesarios y de esta manera nutrir con información acerca del diagnóstico estructural. Del mismo modo la observación de campo no experimental y la recopilación serán mas económicas y menos riesgosas.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Falta de estudios con termografía infrarroja aplicados a edificaciones en la ciudad de Huánuco.

El tiempo, ya que esto permitiría mayor cantidad de registros con la cámara termodinámica y su adecuado registro e interpretación.

La obtención de planos y/o detalles representativos gráficos de la edificación, si bien al principio da inicio a una limitación. El investigador tendrá que sobrellevar esta limitación de la mejor manera para proceder

con la investigación.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación que aquí se presenta se ocupa principalmente de los campos descriptivo y aplicativo. Por lo tanto, posee la capacidad requerida para hacer esta contribución a la sociedad, alcanzar el tiempo definido dirigido por un cronograma, y exponer los resultados al final de la investigación. De igual forma, sugerir posibles alternativas de solución tras el examen estructural que se realizó con la ayuda de la termografía infrarroja en este edificio histórico o patrimonial predominantemente de material rústico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Pérez & Gonzáles (2021) en su tesis titulado *“Estudio de las tecnologías utilizadas en el levantamiento, diagnóstico y conservación del patrimonio arquitectónico y su viabilidad de aplicación en el Patrimonio de Cartagena de Indias”* realizado en la Universidad de Cartagena de Colombia, se planteó como objetivo general que para ayudar a los futuros investigadores y organizaciones encargadas del mantenimiento y restauración del patrimonio en la ciudad colombiana de Cartagena de Indias a elegir las técnicas o implementos más apropiados, prácticos y asequibles, se está realizando un análisis de las tecnologías utilizadas en los procesos de preservación y difusión del patrimonio arquitectónico a nivel local, nacional e internacional. En esta investigación los resultados indican lo siguiente: Mediante un análisis crítico, pudimos identificar equipos y metodologías asequibles, versátiles y fáciles de usar que dan excelentes resultados en diversos ámbitos de la conservación del patrimonio. Entre las tecnologías más destacadas se encuentran los sensores de monitorización, que permiten una evaluación continua del estado de las estructuras; el software de modelado estructural e interactivo en 3D es muy beneficioso para modelar, analizar e interactuar digitalmente con las estructuras; y tecnologías como los medidores de humedad, las cámaras termográficas, los esclerómetros, los comprobadores de resistencia del mortero, la nivelación láser, los acelerómetros y los medidores de vibración son muy beneficiosos cuando se aplican al legado arquitectónico de Cartagena.

Flores, Herr, Gonzáles & Gea (2019) en su artículo titulado *“Termografía infrarroja aplicada al Cabildo de Salta. Un primer paso*

hacia la rehabilitación energética de edificios históricos” realizado en el Universidad Nacional del Salta de Argentina, se planteó como objetivo utilizar la termografía infrarroja para identificar los materiales y sistemas constructivos utilizados en el Cabildo de Salta. El uso de una técnica de diagnóstico no destructiva es necesario en este caso, como en muchos otros debido a su designación como Monumento Histórico Nacional. Como parte del estudio se realizaron mediciones termográficas in situ, y la información recopilada fue luego analizada e integrada a los modelos de simulación térmica. El estudio también incluyó una encuesta y un examen de fuentes de documentación anteriores. En esta investigación los resultados indican lo siguiente: Bajo el enlucido se descubrieron diversos elementos, muchos de ellos invisibles para el ojo inexperto: piedra, adobe, ladrillo cerámico macizo y refuerzos estructurales de hormigón armado y madera. Además, se descubrieron muros con una combinación de materiales; se calculó la superficie de cada muro y se eligió el modelo térmico de muro óptimo para incorporarlo a la simulación térmica. Para realizar una simulación térmica del edificio con el objetivo de rehabilitarlo energéticamente, esta investigación es un primer paso esencial.

Silva, Lordsleem, Ruiz & Rocha (2021) en su artículo titulado *“Inspección de manifestaciones patológicas en edificios con cámara térmica integrada en Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT)”* realizado por la Revista ALCONPAT de México, se planteó como objetivo demostrar cómo pueden llevarse a cabo los procedimientos de inspección de edificios utilizando la cámara termográfica integrada en los vehículos aéreos no tripulados. La aparición de los vehículos aéreos no tripulados, las características y funcionalidades de las cámaras termográficas y las variables que afectan a la identificación de los signos clínicos se examinaron en un análisis exhaustivo de la bibliografía pertinente, que sirvió de base para la creación de este trabajo. En esta investigación los resultados indican lo siguiente: Es factible confirmar que la termografía incorporada al VANT se muestra

como una técnica capaz de reconocer anomalías térmicas vinculadas con síntomas clínicos en base a lo discutido y a los datos suministrados. Además, se ha confirmado que este mecanismo no sólo proporciona datos más rápidos y precisos que ayudarán en las pruebas de inspección y recuperación de las estructuras, sino que también optimiza los procesos de inspección previos al campo, permitiendo la caracterización de zonas de difícil acceso sin poner en peligro la seguridad de los colaboradores. La capacidad de carga del VANT, las oscilaciones climáticas experimentadas durante el vuelo y en los datos del termograma, así como los reflejos de objetos cercanos que podrían empañar los resultados, se descubrieron como algunas de sus continuas limitaciones. Así, las principales aportaciones del trabajo comprenden un protocolo de vuelo detallado para la utilización de una cámara termográfica integrada en el VANT, así como una revisión bibliográfica sobre los conceptos y métodos implicados en este proceso. Todo ello sirve de base para las investigaciones y estudios relativos al crecimiento y desarrollo de los modelos de monitorización que, junto con los avances tecnológicos, pretenden mitigar los inconvenientes y garantizar la eficacia de dicha herramienta.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Vargas, Rodríguez & Achahui (2021) en su artículo titulado *“Patologías mecánicas en elementos líticos de las Iglesias Patrimoniales en la Plaza Mayor de Cusco”* realizado por la revista *Devenir* de la Universidad Nacional de Ingeniería, se planteó como objetivo utilizar un método no invasivo y no destructivo para descubrir patologías actuales que puedan presentarse en otros monumentos. El patrimonio cultural puede sufrir daños irreversibles o reversibles por sustancias químicas contaminantes, presentes en todas las estructuras como consecuencia de la exposición y el paso del tiempo. En esta investigación los resultados indican lo siguiente: Se registraron siete patologías líticas, todas ellas clasificadas como pertenecientes al grupo mecánico. Estas patologías se observaron en la cúpula,

estallido, erosión y fragmentación a lo largo del frontispicio y ambas torres. Mientras que la patología de la fragmentación era evidente en la cruz latina, donde estas últimas piezas pertenecían al cuerpo lateral de la fachada, los pináculos presentaban estadillo, desintegración, corrosión y fragmentación. En el frontispicio se observaron patologías en torno a la puerta tachonada, como grietas, reventones, perforaciones y fisuras en el frontispicio. La patología de la fragmentación queda demostrada por el recoveco ciego y la pilastra corintia.

Silva (2020) en su tesis titulado *“Aplicación De Termografía Infrarroja Para El Diagnóstico Estructural De Edificaciones Históricas De Adobe Y Quincha”* realizado en la Pontificia Universidad Católica del Perú, se planteó como objetivo investigar, desde un punto de vista cualitativo, el uso de la termografía infrarroja pasiva y activa como técnica no destructiva de diagnóstico estructural. Para ello, se realizó un estudio de la bibliografía sobre el uso de la termografía infrarroja en ingeniería civil. Además, se llevaron a cabo dos estudios de caso en laboratorio con pruebas de termografía infrarroja pasiva y activa para evaluar las ventajas de cada enfoque a la hora de ver inserciones y anomalías estructurales. A continuación, se desarrollaron procedimientos para la recopilación de datos, el pos-procesamiento de datos (integrando la termografía infrarroja con la fotogrametría) y las pruebas de termografía infrarroja pasiva y activa. Por último, se verificaron los procedimientos sugeridos aplicándolos al examen estructural de la fachada de un módulo de adobe y de una vivienda de adobe y quincha del siglo XX en Lima. En esta investigación los resultados indican lo siguiente: Esta tesis investigó el uso de la termografía infrarroja pasiva y activa como técnica no destructiva de diagnóstico estructural. Se realizaron estudios de termografía en especímenes en el laboratorio y en una estructura patrimonial de tierra, una vivienda limeña construida en el siglo XX con adobe y quincha. Además, se sugirieron y verificaron métodos de recolección de datos, post-procesamiento y pruebas de termografía infrarroja

pasiva y activa. La distribución de la temperatura superficial de un objeto puede determinarse de forma no destructiva mediante termografía infrarroja. El contraste térmico mostrado en un termograma puede indicar la existencia de un material distinto o de una anomalía estructural o térmica. Además, en función de las características de la fuente de calor empleada, la duración del calentamiento y la superficie estudiada, la termografía activa se clasifica a su vez en cuatro categorías (PT, PPT, LT o SH).

Aparco (2019) en su tesis titulado *“Patologías Térmicas De Origen Físico En La Envolvente Del Pabellón “O” Correspondiente A La Escuela Profesional De Ingeniería Civil, Mediante Termografía Infrarroja”* realizado en la Universidad Nacional de Huancavelica, se planteó como objetivo determinar las patologías térmicas de origen físico existentes en elementos de la envolvente del pabellón “O” correspondiente a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil-Huancavelica en el año 2019. En esta investigación los resultados indican lo siguiente: Los fallos de aislamiento se encuentran principalmente en el alzado oeste, más concretamente en la segunda planta de este alzado, que corresponde a la segunda fase de construcción. Esta elevación se compone principalmente de los laboratorios de Ingeniería Civil PE. Se constata que estos elementos tienen tendencia a perder calor más fácilmente durante el día que los elementos estructurales (vigas y pilares), con una variación térmica de unos 8°C. Los resultados relativos a la humedad capilar indican que la mayor parte de la patología se encuentra en las paredes de yeso cementoso y pintura que están en contacto con el suelo. Esta patología se encuentra principalmente en el alzado este, situado en la segunda planta, que corresponde a la primera fase de construcción. El aula O-AU-21 del PE de Ingeniería Civil ocupa la mayor parte de esta zona, aproximadamente 5,75 m².

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

En el medio local el uso de la termografía infrarroja en la

construcción se usa de manera independiente, debido a esto no se cuenta con antecedentes respecto a este tema.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. CAPILLA SEÑOR DE HUAYOPAMPA

2.1.1.1. PATRIMONIO CULTURAL DE LA NACIÓN

A fines del siglo XIX, existía la leyenda de que en la hacienda de Huayopampa, antiguamente conocida como Huallaupampa, había una capilla que llevaba el nombre de Huallaupampa. Este rumor se refería a la ubicación de la capilla. No fue posible determinar la ubicación específica de esta capilla en el tiempo o en el espacio, ni se pudo establecer sus características con algún grado de precisión. Además de la prominente familia Pardavé, la hacienda pertenecía al Convento y Hospital de la Misericordia de naturales (indígenas), ambos fundados durante el reinado de Carlos V, entre los años 1550 y 1560. La familia Pardavé era la propietaria de la hacienda. La Orden de San Juan de Dios tomó el control de la administración de la hacienda en el año 1700 y continuó desempeñando ese papel hasta la actualidad. Según los planos y la memoria descriptiva, la Municipalidad Distrital Metropolitana de Amarilis hizo entrega al Obispado de Huánuco, el 13 de junio de 1996, de un terreno en donación ubicado en la zona de Huayopampa. La parcela en cuestión comprende una extensión total de 2,994.61 m² y tiene un perímetro que mide un total de 234.60 ml. Asimismo, se ha delimitado el terreno adjudicado. Sus linderos son los siguientes: al norte, colinda con la sección AB de ochenta y un metros lineales y veinte centímetros lineales (81.20 ml) que colinda con el camino colector 5; al este, colinda con la sección BC de treinta y nueve metros lineales y veinte centímetros lineales (39. 20 ml) que colinda con la calle B; y al sur, colinda con la sección CD de setenta y siete (77. 00ml). Asimismo, es importante señalar que la región de Huayopampa se distinguía por la presencia de un puente hecho de palos con el mismo nombre. Este puente ha servido desde entonces como sitio de conmemoración de la "Rebelión de Huánuco de 1812",

también conocida como la "Rebelión de Huánuco, de los Panatahuas y Huamales" o como la "Rebelión de Juan José Crespo y Castillo". Fue en este puente donde se produjo el primer enfrentamiento entre los que permanecían leales al Rey y los que apoyaban a los rebeldes. En este puente se produjo la primera concentración de fuerzas enfrentadas. A pesar de que el puente de tablones original fue reconstruido como puente colgante en 1903 con seis cables, tres a cada lado, la Capilla y el puente están inextricablemente unidos en la memoria local en la conmemoración de la gran rebelión de 1812. Y ello a pesar de que su traslado permitió a las fuerzas avanzar hacia la toma de la ciudad. En consecuencia, el puente y la Capilla están íntimamente ligados en la memoria de los lugareños en la conmemoración de la gran rebelión de 1812. Fue necesario hacer sitio en el puente para dar cabida a un volumen de tráfico cada vez mayor. Según la Dirección de Patrimonio Histórico, Colonial y Republicano, la Capilla de Huayopampa se encuentra en el interior y al fondo de un solar que está delimitado por un muro de ladrillo y se alinea en dirección de Sur a Norte. La nave rectangular está elevada a un nivel de +0.60 m. con respecto al nivel de la calle accediendo a ella a través de tres escalones; presenta gruesos muros de adobe, paredes simples sin ornamentación en las que se abren tres ventanas con vanos abocinados (lado de la Epístola); que, sobre los muros descansan las reverentes reliquias de los santos. Lo único que se puede descubrir en el coro son las vigas de madera que se utilizaron en la construcción del suelo del coro. Esta sala no cuenta con barandilla, balaustrada, ni piso; el vano de acceso a la misma se encuentra en el muro de la Epístola, y se accede a través de una escalera de dos tramos cuyo vano se encuentra actualmente tapiado; en la zona de fieles, se han ejecutado dos pequeños nichos con imágenes contemporáneas de yeso de la Virgen de Guadalupe y Cristo hacia el muro de la Epístola, mientras que el muro del Evangelio presenta muros ciegos sin ornamentación ni vanos; Por otra parte, se señala que se han realizado intervenciones en la Capilla, ya que originalmente de acuerdo a las evidencias (fotografías y planos

incluidos en el expediente), contaba con una sola nave y acceso al coro alto, y al campanario, habiéndose agregado volúmenes a la mampostería original; sin embargo, es importante señalar que estas intervenciones se han realizado en años recientes. De este modo, hemos constatado que el muro que rodea la Epístola cuenta con dos estancias que se designan como altar y adoratorio respectivamente. Estas salas se construyeron para dar cabida al campanario que se levantó posteriormente.

Por la mencionada escalera se accede a la segunda planta del edificio, que alberga dos amplias salas de exposición. Se utiliza adobe en la construcción de los volúmenes suplementarios, que también presentan un entramado formado por vigas de madera redondas y un tejado inclinado hacia abajo. Destaca en ella un pronunciado arco carpanel a modo de arco de abrigo que protege la entrada de la Capilla cuyo vano es en arco de medio punto enmarcado únicamente en la parte superior por una moldura plana; que, la entrada se ubica un vano rectangular correspondiente a la ventana del coro alto, que presenta reja de hierro forjado; hacia el muro de la Epístola el campanario de sección cuadrada y pequeño diafragma; que, la entrada se localiza un vano rectangular correspondiente a la construcción de la Capilla incluye cimientos de piedra, muros de adobe y barro, suelos de hormigón, zócalo de cemento, cubiertas con cerchas de teja cocida, revestimientos de yeso, carpintería de madera con puertas y portones de madera de la capilla, huecos de ventanas con paredes abocinadas en la sacristía y en la parte superior del muro del Evangelio, y carpintería de madera con puertas y ventanas de madera con marcos de madera y rejas de hierro. De la evaluación y análisis realizado por el área técnica, se puede concluir que la Capilla de Huayopampa tiene valor arquitectónico por ser un ejemplo de edificación religiosa tradicional de la época republicana en el ámbito rural de la región Huánuco, presentando características morfológicas influenciadas por la arquitectura colonial; tiene valor histórico por ser un testimonio físico del siglo XIX de la evolución arquitectónica,

religiosa y social del pueblo de Huayopampa, vinculado a las diversas costumbres y tradiciones de la zona; Tiene valor tecnológico por conservar gran parte de los sistemas constructivos y materiales de la fábrica original del siglo XIX; tiene valor simbólico por ser un hito urbano relacionado con el puente del mismo nombre de importante valor histórico y presente en la memoria colectiva de la población; si bien tiene ambientes añadidos que alteran la volumetría original, son aspectos que pueden ser eliminados permitiendo el retorno de la unidad arquitectónica original, tomando en consideración la documentación gráfica de sus características originales. (Diario Oficial El Peruano, 2012, pág. 10)

2.2.2. DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL

2.2.2.1. PATOLOGÍAS EN EDIFICACIONES PATRIMONIALES

2.2.2.1.1. LESIÓN POR AGENTES ATMOSFÉRICOS

Aunque hay otras circunstancias que pueden causar degradación, el contacto directo con los productos químicos del aire es, con mucho, la razón más común del deterioro de las construcciones de tierra. De hecho, muchas enfermedades producidas por otros agentes, como las inducidas por la falta de cuidados regulares, son peligrosas en la medida en que privan a los muros de tierra de los componentes que deberían impedir el contacto directo del agua con la masa del suelo. Debido a la importancia de los elementos de protección en la base y la coronación del muro, los muros de adobe pueden permanecer prácticamente indefinidamente siempre que la mampostería esté suficientemente protegida del agua. Esto se debe a que la base y la corona del muro de adobe es donde se encuentran estos elementos. En la base del muro, esto es de suma importancia. (Gómez Patrocinio et al., 2017)

2.2.2.1.2. MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN LA BASE DEL MURO

Cuando se trata del mantenimiento de muros de adobe, la cimentación es un componente increíblemente crucial, sobre todo en el caso de muros que están en contacto directo con el suelo. Si hay agua presente en el suelo, la acción capilar puede hacer que esta agua sea arrastrada hacia arriba, hacia la masa del muro. El resultado es un aumento del contenido de humedad del muro, que a su vez provoca un lento deterioro del adobe. En las primeras fases de la acción capilar, el ascenso del agua puede provocar cambios cromáticos en la superficie del muro. Además, tiene el potencial de inducir un cambio en las condiciones higrométricas del muro, lo que, a su vez, tiene el potencial de dar lugar al desarrollo de manchas de humedad. Sin embargo, en circunstancias en las que estos mecanismos siguen funcionando durante un periodo de tiempo prolongado, tienen el potencial de crear pérdidas masivas de sección en la base del muro, lo que a su vez pone en peligro la estabilidad del muro. Estas pérdidas de sección pueden producirse de diferentes maneras. La eflorescencia es el nombre dado a los depósitos de sal que se formarán si las condiciones que conducen a la humedad en la masa del suelo siguen presentes. Es probable que esta condición se desencadene por la presencia de agua en la masa del suelo, lo que provocará la migración de sales solubles a la superficie de la pared. Aumenta considerablemente la posibilidad de que estas anomalías se desarrollen después de que se hayan utilizado materiales cementosos en cualquier trabajo de reparación futuro. Este peligro se hace significativamente más probable. En ocasiones, las sales transportadas por el agua se depositarán en una zona poco profunda dentro de la

masa del muro, dando lugar a la creación de criptoflorescencias. Este fenómeno puede observarse en varias cuevas. Este tipo específico de depósito es muy perjudicial para la mampostería porque, cuando se acumula, las sales pueden aumentar de volumen, lo que provoca la disolución de la superficie de los ladrillos de adobe. (Gómez Patrocinio et al., 2017)

Del mismo modo, la presencia constante de humedad en la base del muro favorece la formación de condiciones ideales para el crecimiento de hongos, mohos y líquenes. Estos organismos irán erosionando lenta pero inexorablemente la cohesión de las caras exteriores del muro, lo que en última instancia provocará su desmoronamiento. El simple hecho de humedecer la base del muro produce el reblandecimiento de la masa de tierra, lo que restablece temporalmente su anterior condición plástica (AA. VV. 2006). El resultado es que el muro se debilita. Esto ocurre independientemente de la presencia o no de moho o criptoflorescencias. La erosión superficial que se produce por esta humectación se acumulará si no se toman medidas para restringir el flujo capilar del agua. Esto hará que la porción del muro que está cerca de su base se haga más pequeña, lo que eventualmente podría llevar al colapso del muro. Es práctica habitual construir una base de otro material, como ladrillo o mampostería, entre el suelo y el muro para evitar que el agua ya presente en el suelo suba hasta el muro. Esto se hace para evitar que el muro resulte dañado. En la mayoría de los casos, esta barrera artificial consigue evitar daños graves, además de reforzar la resistencia de los muros de adobe a la humedad absorbida por capilaridad. Sin embargo, hay situaciones en las que la cimentación no es suficiente y la humedad del suelo alcanza el comienzo del muro de tierra. Esta

situación puede ser peligrosa. Esto provoca un tipo de lesión muy específica, que es el desprendimiento de una franja horizontal que puede verse después de que se haya producido el daño.

Aunque el agua que ya hay en el suelo es la principal fuente de humedad en la base de los muros, hay otras vías por las que la humedad puede llegar a la masa de tierra. Tanto la pendiente del terreno, que puede hacer que la escorrentía se dirija contra el edificio, como la propia acción de la lluvia, son factores adicionales que deben tenerse en cuenta. Cuando se trata de edificios que no tienen zócalo, otra cosa en la que hay que pensar es en el efecto de las precipitaciones que salpican elementos duros e impermeables, como baldosas de cerámica o suelos de hormigón. Se trata de una consideración importante, ya que puede causar daños al edificio.

En estos casos, el daño que se ha generado no se debe sólo al aporte de humedad, sino también a la acción mecánica que producen las gotas al impactar contra el paramento de tierra. Es decir, el daño ha sido causado tanto por la acción mecánica como por el aporte de humedad. Además del daño producido por el aporte de humedad, se ha infligido este daño. (Gómez Patrocinio et al., 2017)

2.2.2.1.3. MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN LA CORONACIÓN

En este sentido, el comienzo de los muros de adobe se asemeja a la corona en que es una región especialmente vulnerable a la influencia de los factores ambientales. Sin embargo, el agua que ya está presente en el suelo es el principal contribuyente a la humedad en la

zona inferior de los muros de tierra. Por otro lado, la acción de la lluvia es el principal contribuyente a la humedad en la zona superior de los muros de tierra. El moho y los cambios de color son dos ejemplos de alteraciones que pueden crearse por la exposición prolongada a la humedad y que pueden detectarse en esta parte concreta del muro. Estos cambios fueron causados por la presencia de humedad durante un largo periodo de tiempo. Por otro lado, las coronas suelen estar suficientemente ventiladas, y la aparición de este tipo de lesiones es bastante infrecuente. En la mayoría de los casos, se encuentran en las paredes orientadas al norte de los edificios que tienen un alero saliente que las cobija. El agua de lluvia que penetra por la parte superior de una pared desprotegida tendrá el efecto de arrastrar sales solubles a la superficie de la pared. Esto puede provocar la aparición de eflorescencias y criptoeflorescencias en el muro. La eflorescencia que resulta de este proceso es otro resultado potencial. Sin embargo, el perfil patológico que suelen mostrar los muros de adobe cuando su coronación no está protegida no suele estar relacionado con la presencia de humedad en su masa de forma consistente. Más bien, suele estar asociado a la acción intensiva del agua durante los periodos de transición. Cuando la lluvia cae sobre la parte superior de un muro de adobe, el agua se derrama por las paredes de adobe y se filtra hacia la tierra que hay debajo. Este procedimiento continuará hasta que el agua se evapore o alcance la parte superior del muro, lo que ocurra primero. A veces, el revestimiento del muro impide que el agua se filtre por la parte superior del muro y salga del edificio por arriba. Esto ocurre cuando el revestimiento de la pared está mal instalado. Esto ocurre cuando el revestimiento no recibe el mantenimiento adecuado. En circunstancias como ésta, la humedad se abrirá paso a través del interior de la

mampostería hasta los cimientos, arrastrando partículas de tierra a su paso. Esto provoca un lavado en el interior de la mampostería de adobe, que la va debilitando con el paso del tiempo. Cuando el lavado se produce en el interior del muro, y no en el exterior, la integridad volumétrica del muro se mantiene durante más tiempo que cuando se produce en el exterior. Por otra parte, el desarrollo del mecanismo no está tan claro, y es posible que no se identifique hasta que haya alcanzado un alto grado de desarrollo. (Gómez Patrocinio et al., 2017)

2.2.2.1.4. MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN EL CUERPO Y LA SUPERFICIE DEL MURO

Las lesiones que pueden descubrirse en el cuerpo del muro son con frecuencia consecuencia de procesos de degradación que se iniciaron en la base o corona del muro y se han abierto paso hasta la porción central de la mampostería. Estos mecanismos de degradación pueden detectarse en el cuerpo del muro. Sin embargo, hay factores adicionales que pueden causar diversos daños que pueden estar directamente relacionados con esta región de los muros. Esta región de los muros es especialmente vulnerable. El efecto erosivo del viento es un ejemplo de tal componente, mientras que la escorrentía de las precipitaciones sobre la superficie de los muros es otro ejemplo. Ambas situaciones son posibles. Si un edificio no dispone de un alero suficientemente prominente y capaz de conducir el agua lejos de las fachadas del edificio, o si el edificio está sometido a la acción de la lluvia y del viento al mismo tiempo, la escorrentía a lo largo de las paredes exteriores del edificio es inevitable. La escorrentía a lo largo de las paredes exteriores de un edificio es inevitable. Este flujo descendente de agua lava los diversos componentes

que constituyen la mampostería, produciendo un mecanismo análogo al que se forma al lavar la corona de los muros de adobe, aunque a una escala más suave. El lavado de las caras exteriores de los muros de adobe incide inicialmente más en los elementos de acabado que en el propio acabado; pero, a medida que el proceso continúa, se acerca cada vez más a la superficie del acabado. Debido a que el enlucido de tierra es menos resistente a la acción del agua que los acabados de cal y yeso, este proceso es más notable cuando el revestimiento es un enlucido de tierra. Una vez alcanzada la superficie de la mampostería, las características del muro, así como la composición del adobe y de la sustancia aglutinante, definirán no sólo el aspecto de la erosión, sino también el ritmo al que se produzca. Cuando ambos componentes están formados por tierra plana y tienen una composición comparable, el lavado de la superficie crea un entorno homogéneo y provoca una reducción de la visibilidad de las juntas entre las partes. Esto confiere al muro un aspecto más uniforme y hace más difícil notar dónde se unen los dos muros. Por otro lado, no es raro encontrarse con muros de adobe en los que las secciones individuales del muro o el mortero que se utilizó para fijarlo se han reforzado con materiales que coagulan entre sí, como la cal o el yeso. Esto es algo que ocurre con bastante frecuencia. En estas condiciones, el material suplementado se deteriora más lentamente que los elementos que no se suplementaron y, en consecuencia, llega al plano antes que los materiales que no se suplementaron. El ajuste contribuye a la cohesión general del material suplementado. Es imprescindible destacar la importancia del viento como agente erosivo, a pesar de que el agua es el principal factor que contribuye al deterioro de las construcciones de tierra. Las partículas suspendidas en el aire son arrastradas por éste en su desplazamiento de

un lugar a otro. Cuando estas partículas entran en contacto con las paredes de adobe, desgastan la superficie de las secciones más expuestas a la intemperie, como las esquinas. Cuando se trata de estructuras sin revestimiento y situadas en zonas aisladas con pocos árboles, la actividad del viento es un factor que debe tenerse en cuenta como uno de los aspectos más esenciales. (Gómez Patrocinio et al., 2017)

2.2.2.1.5. LESIÓN POR CAUSAS BIOLÓGICAS

➤ DERIVADAS DE LA ACCIÓN DE ANIMALES

Las estructuras de adobe y el terreno que las rodea suelen servir de hábitat a una gran variedad de especies animales, cuyas acciones repercuten en el aspecto exterior de las propias estructuras de adobe. Debido a la relevancia del entorno en el que trabajan estos elementos, puede haber una gran variación tanto en su influencia como en las propias características de un edificio a otro. Por ello, desarrollar una categorización precisa de los numerosos mecanismos diferentes que pueden tener lugar y de los daños que pueden producir no es una tarea sencilla. Sin embargo, no es raro descubrir redes de perforaciones microscópicas en la mampostería de adobe como resultado directo de la creación de colonias de invertebrados, como nidos de hormigas o termitas. Esto se debe a que el adobe es un material naturalmente poroso. Normalmente, los edificios más antiguos tendrán instalado uno de estos sistemas. Del mismo modo, varias especies diferentes de roedores y mamíferos más pequeños harán sus madrigueras agujereando dichos muros (Keefe 2005). Además de generar cambios estructurales y fallos en la mampostería, la presencia de nidos de pájaros en las cavidades de los muros puede crear estos problemas.

Estos problemas pueden ser causados por la presencia de nidos de pájaros en las cavidades de los muros. Aunque no es muy habitual que estos animales abran huecos en los muros para construir sus nidos, la presencia continuada de aves provoca una acumulación de materia orgánica de desecho que puede aumentar el contenido de humedad en determinadas zonas de la construcción y provocar alteraciones en la albañilería como consecuencia de la acidez de sus excrementos. La presencia de aves provoca una acumulación de materia orgánica de desecho que puede aumentar el contenido de humedad en determinadas regiones. Aunque no es habitual que estos animales hagan agujeros en las paredes para construir sus nidos, la presencia de aves provoca una acumulación de material orgánico de desecho. Por otro lado, la actividad y presencia continuada de animales tiene el potencial de infligir una amplia variedad de daños a las estructuras destinadas a ser utilizadas en contextos agrícolas. Estos daños pueden incluir daños estructurales, daños causados por el agua, daños eléctricos, etc. La destrucción que estos animales causan en los muros de adobe es polifacética y puede adoptar distintas apariencias. Los problemas de humedad y erosión provocados por el roce y otras formas de tensión mecánica son algunos de ellos. (Gómez Patrocinio et al., 2017)

➤ **DERIVADAS DEL DESARROLLO DE VEGETACIÓN**

Debido a que los muros de adobe están contruidos con tierra, suelen constituir excelentes entornos en los que puede florecer la vida vegetal. Es posible que las semillas transportadas por el viento y depositadas en la mampostería germinen más fácilmente en un entorno con condiciones higrotérmicas favorables. Los muros que

presentan una elevada proporción de humedad tienen más probabilidades de favorecer el crecimiento de esta flora, que puede abarcar desde musgos hasta plantas superiores. Por lo tanto, los cimientos de muros que tienen problemas de capilaridad del agua o que incluyen mohos y líquenes que aumentan la retención de humedad son especialmente propensos al crecimiento de plantas.

A medida que crece, esta planta crea una red de raíces que se extiende por la masa del muro, provocando finalmente su agrietamiento y desintegración hasta poner en peligro su integridad estructural. El crecimiento de las plantas dentro de los muros de adobe es uno de los aspectos que contribuyen al deterioro del material con el paso del tiempo; sin embargo, no es la única razón.

El movimiento de las ramas en respuesta al movimiento del viento es un factor que puede contribuir al crecimiento de los árboles en las proximidades de las estructuras. Este movimiento hace que las ramas rocen continuamente los laterales de los edificios, lo que se debe al movimiento de las ramas. (Gómez Patrocinio et al., 2017)

2.2.2.1.6. LESIÓN POR CAUSAS ANTROPICAS

➤ LESIONES PRODUCIDAS POR ACTOS VANDÁLICOS

Se denominan actos de vandalismo los actos perjudiciales para una estructura que se realizan sobre ella con el objetivo expreso de causarle daños. Este concepto abarca cualquier comportamiento que perjudique de algún modo a un edificio. Actos como el vandalismo, el uso no autorizado de maquinaria y la quema de bienes son ejemplos del tipo de cosas que entran en esta categoría. Las consecuencias de tales actividades pueden ir desde

una pequeña alteración del aspecto del edificio hasta la demolición completa de la propia estructura. Los edificios abandonados y situados en las afueras de una ciudad son especialmente susceptibles de sufrir este tipo de destrucción debido a la facilidad con la que se puede acceder a ellos y al hecho de que están geográficamente aislados de las zonas pobladas. (Gómez Patrocinio et al., 2017)

➤ **LESIONES PRODUCIDAS POR UN INADECUADO MANTENIMIENTO**

Si un mantenimiento regular y minucioso es la mejor garantía para la correcta conservación de cualquier estructura, es de suma importancia que las estructuras que contienen muros de adobe sean sometidas a este tipo de mantenimiento de forma regular. Este estilo arquitectónico se construye con materiales que, para proporcionar los mayores niveles posibles de confort y durabilidad, exigen un mantenimiento riguroso y continuado. Estas actividades han sido históricamente un componente integral de la existencia cotidiana de las culturas rurales y con frecuencia se llevaban a cabo de forma concertada por los miembros de cada comunidad. Se celebraban en días predeterminados e incluían una serie de eventos y celebraciones diferentes que eran un elemento integral de la identidad cultural de cada comunidad. Por otro lado, en las últimas décadas se ha producido un progresivo alejamiento de la arquitectura rural y de los métodos de construcción que históricamente se han asociado a ella. Este cambio ha ido acompañado de un aumento del uso de técnicas de construcción modernas. Del mismo modo, las dinámicas sociales y culturales de las que formaban parte han experimentado alteraciones, y las tradiciones que estaban ligadas a la conservación comunal de las

construcciones ya no se ponen en práctica. Además, la dinámica social y cultural de la que formaban parte ha experimentado transformaciones. Por ello, una parte importante de estas estructuras no recibe el mantenimiento para el que fueron concebidas, por lo que han entrado en una etapa de deterioro que inevitablemente resultará en la pérdida de los componentes que fueron diseñados para proteger a los adobes de los efectos de la acción de la lluvia y el viento. Cuando un edificio permanece desocupado durante un periodo prolongado de tiempo, la carpintería suele ser el primer componente que se retira. Estos componentes son sencillos de retirar y, una vez retirados, suelen reciclarse o tirarse para utilizarlos como combustible. Como resultado de la retirada de la carpintería, ahora es posible que los pájaros entren en la estructura, lo que puede provocar cualquiera de las lesiones mencionadas anteriormente. Además, existe un mayor riesgo de que el edificio sea objeto de vandalismo, lo que provocará daños importantes en la estructura. La mayoría de las veces, cuando se retira la carpintería, el alféizar de la ventana queda al descubierto. Esto lo hace susceptible al efecto de las precipitaciones, lo que a su vez aumenta el riesgo de que se deteriore. Aunque los agentes patógenos puedan penetrar en el interior de la estructura, esto no cambiará el hecho de que así sea. (Gómez Patrocinio et al., 2017)

➤ **LESIONES PRODUCIDAS POR REPARACIONES INADECUADAS Y ELEMENTOS IMPROPIOS**

La realización de tareas de mantenimiento no siempre asegura la adecuada conservación de las estructuras de adobe, y hay ocasiones en las que reparaciones insuficientes pueden poner en marcha nuevos mecanismos

que contribuyan a la degradación del edificio. Uno de los errores más típicos que se pueden cometer en la conservación de las estructuras de adobe es sustituir el enlucido por materiales impermeables como el cemento o las pinturas plásticas. Esta es una de las causas más frecuentes de deterioro. Esto ocurre con mucha más frecuencia cuando las operaciones rutinarias de mantenimiento se llevan a cabo sin la dirección de un profesional experimentado. Para mantener los parámetros higrométricos en valores óptimos, los muros de tierra, por la propia naturaleza de su construcción, necesitan poder intercambiar humedad con el aire que los rodea. Para impedir este intercambio, se aplica a las superficies en cuestión un revestimiento no permeable al aire. La cantidad de agua contenida en el interior del adobe aumenta gradualmente hasta que se satura por completo al quedar aislado del mundo exterior. Esto hace que el adobe pierda una parte importante de su resistencia y aumenta considerablemente el peligro de daños causados por una cantidad excesiva de humedad. En una línea similar, la instalación de elementos inapropiados en la fachada del edificio, como conductos o elementos de iluminación exterior, se realiza con frecuencia sin respetar el carácter y el decoro de la estructura. Ejemplos de tales elementos son los elementos de iluminación exterior. La instalación de estos elementos puede ser problemática si se realiza de forma imprudente, lo que puede provocar la rotura de la mampostería y la introducción de materiales cementosos para su fijación. Esto se suma al hecho de que la inclusión de estas piezas alterará el aspecto de la estructura. Debido al hecho de que este tipo de intervención modifica la trayectoria de transferencia de carga, tiene el potencial de provocar la formación de eflorescencias o incluso inducir grietas en algunas zonas de la mampostería. La retirada de

estos objetos también puede convertirse en una causa de dificultad si no se tiene cuidado de llevarla a cabo de manera cuidadosa, así que asegúrese de prestar atención a lo que está haciendo. Es posible que la retirada de elementos que han sido tomados utilizando materiales que tienen un alto poder de agarre sea un procedimiento complicado. Ejemplos de este tipo de materiales son los morteros y las colas. Es esencial que esta retirada se lleve a cabo de forma que la pared sufra el mínimo daño adicional humanamente posible. (Gómez Patrocinio et al., 2017)

➤ **LESIONES PRODUCIDAS POR ACCIÓN DEL FUEGO**

Dado que los elementos de tierra no son inflamables, el fuego no supone una amenaza significativa para las barreras de arcilla. El fuego no es una fuerza especialmente destructiva para las barreras de arcilla. Por otra parte, los materiales combustibles como la madera o las fibras vegetales casi nunca se utilizan en la construcción de edificios de adobe, por lo que es bastante inusual descubrir tales componentes en las estructuras de adobe. La posible destrucción de estos componentes en caso de incendio pone en peligro toda la integridad estructural de la estructura. Existe una mayor probabilidad de que las llamas se propaguen por las estructuras como consecuencia de la acumulación de basura en su interior, además del hecho de que los vándalos tienen acceso a estos edificios. Además, materiales combustibles como la hierba seca y los excrementos de animales son dos ejemplos de cosas que pueden aumentar la probabilidad de que un edificio se incendie. Dado que todos estos factores están relacionados con el cuidado inadecuado de los edificios, la forma más eficaz de defensa es el mantenimiento preventivo de los mismos. (Gómez

Patrocinio et al.,2017)

2.2.2.1.7. LESIONES ESTRUCTURALES

➤ MECANISMOS DE DEGRADACION DEBIDO A ERRORES EN LA CONCEPCION DEL EDIFICIO

La frecuente aparición de grietas y deformaciones como consecuencia de un diseño estructural insuficiente durante la construcción de un edificio puede dar lugar a la aparición de una amplia variedad de mecanismos distintos de degradación estructural. Estos mecanismos pueden ser perjudiciales para la integridad del edificio. Estos problemas pueden remontarse a la forma en que se construyó el edificio. Según Vargas (2014), puede producirse un fuerte punzonamiento en un único punto de un muro de adobe cuando hay unadistribución desigual de las cargas causada por el techo o las losas sobre las vigas de soporte o cuando no hay componentes de distribución bajo las cabezasde las vigas. Ambos factores pueden contribuir al problema. El muro de adobe puede sufrir daños considerables como consecuencia de ello. Estas sobrecargas puntuales pueden identificarse por la formación de una grieta vertical llamativa que comienza en el apoyo de la viga y cae en la dirección de transmisión de la carga, desviándose con frecuencia hacia lugares débiles de la estructura como las esquinas superiores de los huecos de la fachada. Esta grieta es un signo revelador de que la estructura ha sido sometida a una sobrecarga puntual. La estructura ha sido sometida a una cantidad excesiva de fuerza en un lugar concreto, como puede deducirse del agrietamiento que puede verse aquí. De forma similar, el inevitable deterioro de los materiales a lo largo de su vida útil produce una pérdida de su resistencia, lo que obliga al edificio a deformarse para modificar su estructura hacia el esquema de transmisión de

cargas que provoquen la menor inestabilidad. De este modo, la degradación de los materiales refleja el deterioro de los materiales a lo largo de su vida útil. Este tipo particular de daño se manifiesta en forma de deformaciones retardadas o incluso de fallo total en elementos sometidos a tensión. Se manifiesta en elementos sometidos a esfuerzos. En cambio, son más perceptibles en el propio suelo. Esto se debe a que, en los años que siguen a la construcción de la estructura, el suelo se asienta bajo el peso del edificio. Esto da lugar a la introducción de grandes deformaciones y tensiones, y ambas tienen el potencial de generar grietas en la estructura que son significativas en escala. (Gómez Patrocinio et al., 2017)

➤ **MECANISMOS DE DEGRADACION DEBIDO A ALTERACIONES EN LA ESTRUCTURA**

Cada vez que se producen cambios en los componentes del edificio o en el entorno en el que se encuentran, es inevitable reevaluar la estrategia de transmisión de cargas de la estructura. Como consecuencia directa de ello, la estructura sufrirá una serie de movimientos y deformaciones mínimas, cuyo resultado será un aumento o disminución del nivel de tensión experimentado por la estructura. Operaciones como sobreelevaciones, sustitución de mampostería o incluso excavaciones en la vecindad del edificio pueden producir grietas en los edificios o incluso poner en riesgo su estabilidad si se llevan a cabo sin tener en cuenta las posibles repercusiones de dichas operaciones. La formación de aberturas importantes completamente nuevas es una ilustración frecuente de este fenómeno. El resultado es la introducción de tensiones de flexión en la mampostería superior, que los dinteles que conectan las

aberturas no siempre son capaces de absorber completamente debido a la naturaleza de la situación.

Debido a ello, la transmisión de las cargas introducidas por el muro superior se concentra en los sectores ciegos que flanquean las aberturas, lo que se traduce en un aumento del estado tensional de dichos sectores ciegos. Los signos más evidentes de la presencia de estas condiciones de tensión son la producción de grietas convexas por encima del vano o la aparición de grietas diagonales en las esquinas superiores de los vanos. Ambos tipos de grietas corresponden al desarrollo de un arco de relieve y al descenso del alma por debajo del mismo. (Gómez Patrocinio et al., 2017)

2.2.3. TERMOGRAFÍA INFRARROJA

2.2.3.1. INTRODUCCION

La termografía infrarroja es una tecnología que se utiliza con frecuencia en el campo de los ensayos no destructivos (END), a pesar de que el elevado coste del equipo necesario ha limitado en cierta medida el alcance de su aplicación. Este éxito se debe casi con toda seguridad a la amplia región que escapa de cubrir, así como a la rapidez con la que pueden obtenerse fotografías. En teoría, la aplicación de la técnica podría ser extremadamente sencilla, pero en la práctica no sería así. Como consecuencia directa de ello, a menudo nos encontramos con experimentadores descontentos con los resultados. Por ello, vamos a empezar por repasar algunas nociones fundamentales de la termografía para poner de relieve el grado de complejidad que entraña la utilización de este método. Este punto de vista va a basarse en una investigación del proceso de la termografía en sí mismo, de donde proceden las ideas de termografía pasiva y activa en particular. El segundo tipo de termografía es el más

fascinante, y vamos a examinar la amplia gama de estímulos que se pueden tener en cuenta en una gran variedad de campos de aplicación, uno de los cuales es el de los ensayos no destructivos (END). En concreto, investigaremos la forma en que puede utilizarse la temperatura para identificar defectos en el interior de un material. Es necesario conocer bien las características de las cámaras utilizadas y los procesos de tratamiento de imágenes que permiten mejorarlas; también es necesario conocer bien los principios de las transferencias de calor para interpretar correctamente las medidas; la modelización de los sistemas termografiados permite aumentar considerablemente la riqueza de la información derivada de la medida. De este análisis también extraeremos las siguientes conclusiones: es necesario un buen conocimiento de las características de las cámaras utilizadas y de los procesos de tratamiento de imágenes que las permiten. Al final, llegaremos a la conclusión de que estos principios hacen posible que el investigador aplique el enfoque a una amplia variedad de escenarios diversos, que analizaremos con más detalle más adelante. Como consecuencia de ello, se compensa, al menos en cierta medida, el gran gasto monetario que supuso la adquisición del equipo. (Balageas, 2007)

2.2.3.2. LA MEDICION TERMOGRÁFICA

La realización de pruebas con termografía es un escenario sustancialmente más difícil de lo que los operadores de termografía con poca o ninguna experiencia perciben que es. Esta complejidad es el resultado de una serie de factores, incluida la propia naturaleza física de la medición de la cámara, la complejidad del objeto observado (al que nos referiremos como "sistema" para enfatizar su complejidad), la presencia de transferencias de calor entre este sistema y el entorno circundante, y la presencia de otras posibles fuentes de calor.

Todos estos factores contribuyen a la complejidad de la situación. En el caso de la termografía activa, el operador puede tener cierto nivel de influencia sobre algunas de estas transferencias de calor; pero, en el caso de la termografía pasiva, el operador puede no tener influencia alguna sobre ninguna de estas transferencias de calor. Por lo tanto, se podría decir que la medición termográfica es un acto en el que intervienen tres actores diferentes que interfieren entre sí: el operador, ya sea en una prueba pasiva o activa, con su sistema para hacer termografía (cámara, sincronizador, lámparas, etc.); el sistema que se está supervisando; y el entorno o medio ambiente. En consecuencia, se podría decir que la medición termográfica es un acto en el que intervienen tres actores diferentes que interfieren entre sí. En consecuencia, consideramos necesario señalar que su característica principal es térmica. Esto indica que hace uso de los tres métodos de transporte de calor (radiación, convección y conducción), además de producir una variedad de fuentes de calor. Se ha determinado que no es posible realizar un diagnóstico termográfico de calidad suficiente sin disponer de la siguiente información: información sobre la cámara y sus características metrológicas; información sobre la constitución del sistema observado y el entorno (estructuras, materiales, propiedades, etc.); un mínimo de conocimientos en transferencia de calor. Esto se debe al hecho de que no es posible realizar un diagnóstico sin obtener información sobre la cámara y sus propiedades metrológicas, así como sobre la composición de la cámara y el entorno circundante. (Balageas, 2007)

2.2.3.3. LA CÁMARA TERMOGRÁFICA

2.2.3.3.1. LOS DETECTORES INFRARROJOS

Casi todas las cámaras de infrarrojos fabricadas hoy en día tienen detectores, y el conjunto de estos detectores

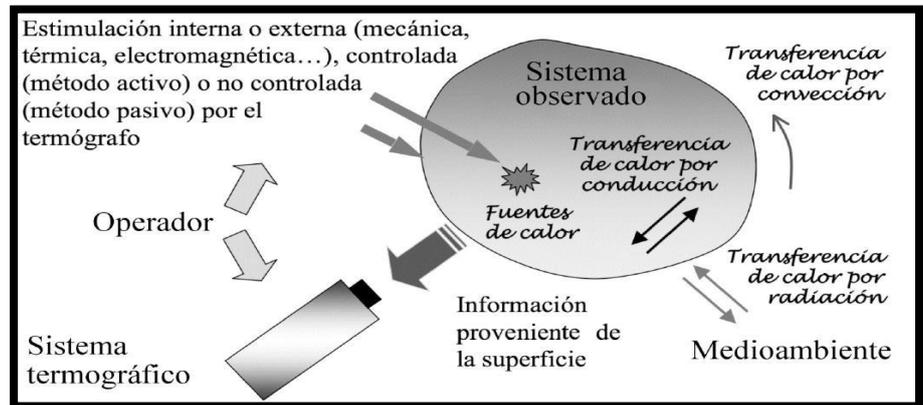
se denomina FPA (Focal Plane Array). El tamaño de las imágenes viene determinado por el número de detectores, que se expresa en número de píxeles. Los detectores cuánticos, que suelen estar refrigerados, y los microbolómetros, que no lo están, son las dos categorías principales de detectores. Los primeros son fotodetectores que se han unido a un sustrato para generar la salida eléctrica de la lectura de píxeles (también conocida como ROIC, que significa circuito integrado de lectura). La combinación de óptica y electrónica es lo que se denomina hibridación. Es posible tener una alta frecuencia de refresco (cientos de hercios, o fotogramas por segundo). Los segundos son como termómetros: cuando llega un fotón, el detector lo detecta por un cambio en su temperatura. Este cambio de temperatura provoca un cambio en la conductividad del material, que se mide a través del cambio en la intensidad de una corriente de referencia que circula por el dispositivo. Tanto el aislamiento térmico como la conductividad eléctrica son requisitos del receptor en relación con el ROIC. El hecho de que funcione según el principio del efecto fotoconductor impone un límite a la frecuencia de actualización, que suele fijarse en 25 Hz. (Balageas, 2007)

APLICACIÓN: El concepto de que todos los cuerpos emiten y absorben radiación en cantidades diferentes según la longitud de onda es la base de la aplicación de la termografía al estudio de las estructuras de los edificios. Gracias a este método podemos obtener información sobre la estructura del edificio, incluida su distribución, así como sobre su pasado reciente. La realización de una CARTOGRAFÍA O MAPA DE HUMEDAD se ha logrado con la ayuda de esta tecnología cuando se aplica a fachadas. Además, para identificar la pérdida de cohesividad, ya que

una región menos cohesiva emitiría una radiación infrarroja distinta en comparación con otras regiones. (Broto, 2005)

Figura 1

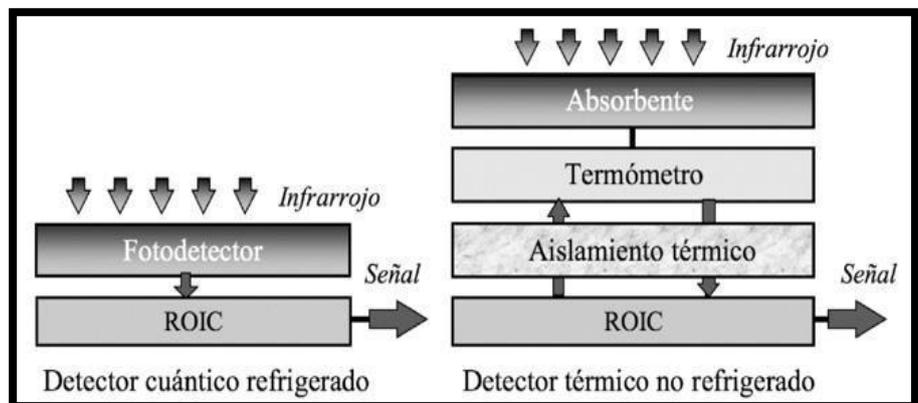
Los actores del acto termográfico y los fenómenos físicos que intervienen en la medición



Nota. Adaptado de Balageas (2007)

Figura 2

Los dos tipos de detectores infrarrojos



Nota. Adaptado de Balageas (2007)

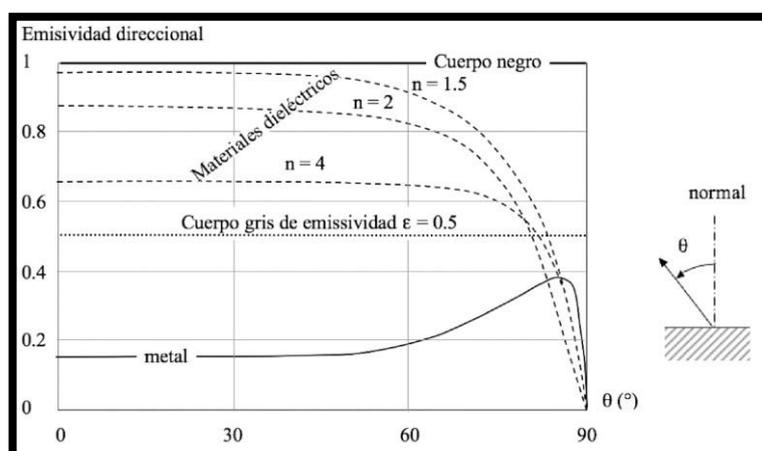
2.2.3.3.2. ANÁLISIS DE LA MEDICIÓN EN TERMOGRAFÍA

La cámara, independientemente del tipo de detector utilizado, producirá una señal relacionada con la cantidad de energía radiactiva recibida. Esta señal dependerá de la temperatura de la superficie del cuerpo observado,

suponiendo que la entidad observada sea opaca y que el sistema investigado esté completamente aislado del resto del mundo. Esta dependencia, en su sentido más amplio, puede adoptar la forma de una complicada función que varía en función de la longitud de onda, la temperatura y la orientación del foco. En otras palabras, el foco, la temperatura y la longitud de onda desempeñan un papel. Existe la creencia generalizada de que es posible especificar una emisividad media para un cuerpo negro o gris que sea independiente de la longitud de onda de la luz que se mide. En este caso concreto, la calibración se lleva a cabo con la ayuda de un cuerpo negro extendido y se utiliza el factor de emisividad adecuado. En el caso de una estructura de sistema tridimensional, es vital tener en cuenta el efecto de la dirección en la que apunta la cámara. Esto se debe a que la dirección tiene un efecto sobre cómo se recogen los datos. Existen métodos capaces de tener en cuenta esta nueva variable o complejidad; sin embargo, aún no existen en el mercado productos que pongan en práctica estos métodos. (Balageas, 2007)

Figura 3

Indicatrices de emisión del cuerpo negro, del cuerpo gris y de los dos tipos de materiales



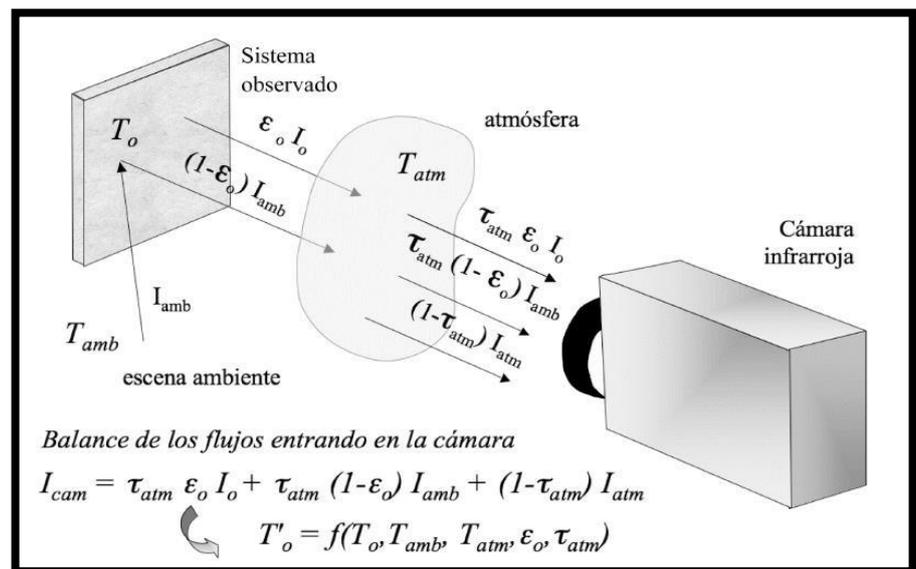
Nota. Adaptado de Balageas (2007)

La circunstancia que se acaba de detallar no es excesivamente complicada. En la práctica, no se puede considerar que el sistema observado sea el único objeto responsable del flujo de fotones recogido por la lente y que llega a los detectores. Esto se debe a que el sistema observado no es lo único que hayen el entorno. La figura 4 ilustra el equilibrio global de todos los flujos de energía. Hay fotones en el entorno que son emitidos por los distintos elementos que lo componen, como el operador y la atmósfera, que pueden no ser completamente transparentes. El uso de la calibración que se realizó con el cuerpo negro teniendo en cuenta la emisividad del elemento conduce a errores que pueden ser bastante grandes cuando se aplican en este escenario. La temperatura así determinada, $T'o$, es función de las temperaturas del objeto termografiado, T_o , del entorno presuntamente isotérmico, T_{amb} , y de la atmósfera, T_{atm} , así como de las emisividades del objeto, ϵ_o , y de la transmisión de la atmósfera, T_{atm} . Para que la medición tenga una correlación que sólo pueda explicarse por la temperatura del objeto observado, ¿qué requisitos deben cumplirse? Esto ocurre cuando ϵ_o es igual a 1 y T_{atm} también es igual a 1. Esta es la razón por la que se utiliza un revestimiento de emisividad unitaria siempre que sea posible. Cuando se realizan mediciones a grandes distancias o con una cámara de onda corta (3-5,5 μ), en primer lugar, se encuentra el problema de la transmisión del entorno ($T_{atm} < 1$). Cuando la temperatura del objeto observado es significativamente superior a la del entorno, también se produce una medición sencilla. En este escenario, y suponiendo que el objeto no tenga una emisividad extremadamente baja, el flujo que es reflejado por el objeto puede considerarse casi insignificante. Estas reflexiones pueden utilizarse para obtener lecturas precisas de la temperatura absoluta. Sin

embargo, es importante tener en cuenta que la gran mayoría de las aplicaciones de END no requieren una medición absoluta, sino una medición relativa entre dos estados (como en el caso de la termografía activa). Si este es el caso, podemos suponer que la temperatura del entorno es estable. Esto significa que cualquier cambio en el flujo registrado por la cámara es atribuible únicamente a cambios en la temperatura del objeto termografiado, independientemente de la emisividad del objeto. (Balageas, 2007)

Figura 4

Balance de la energía recibida por la cámara infrarroja en el caso más general



Nota. Adaptado de Balageas (2007)

2.2.3.3.3. CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA

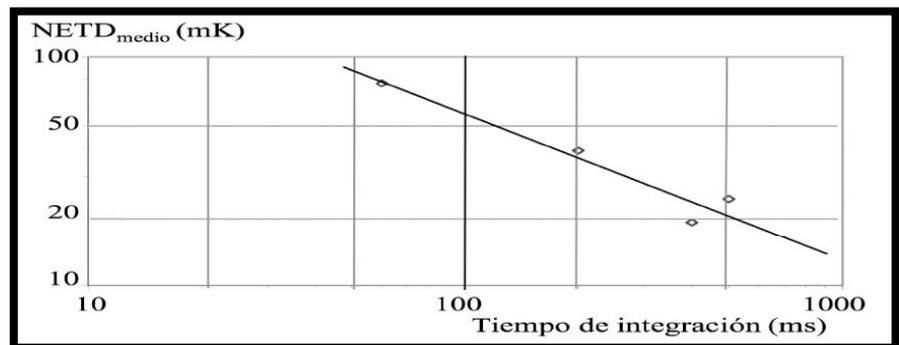
Las principales características que distinguen a una cámara de infrarrojos de las de otros tipos son su sensibilidad al calor, precisión, resolución espacial y frecuencia de imagen. Analicémoslas desde el punto de vista de su uso en END en diversas situaciones. (Balageas, 2007)

➤ SENSIBILIDAD TÉRMICA

En el contexto de los ensayos no destructivos (END), la sensibilidad térmica, también conocida como diferencia de temperatura equivalente al ruido (NETD) o ruido igual a la temperatura mínima detectable (LDT), es de suma importancia. De hecho, cuanto menor sea la NETD, mayor será la probabilidad de que pueda apreciarse un gran contraste térmico visible que emerja por encima del nivel de ruido producido por el sistema. La NETD de las cámaras bolométricas es del orden de 50 a 100 m.K, mientras que la NETD de las cámaras con detectores cuánticos refrigerados puede alcanzar sólo un poco menos de 20 m.K. Cuando se trabaja en condiciones que requieren un alto nivel de sensibilidad, se recomienda hacer uso del segundo tipo de cámara. Es esencial llamar la atención del lector sobre el hecho de que la sensibilidad que anuncian los fabricantes de cámaras de infrarrojos sólo puede alcanzarse utilizando el mayor tiempo de integración posible. Sin embargo, este tiempo de integración no es aplicable en todas las circunstancias. En particular, cuando el campo observado presenta grandes cambios de temperatura, es imperativo reducir el tiempo de observación del campo. (Balageas, 2007)

Figura 5

Variación del NETD con el tiempo de integración.



Nota. Adaptado de Balageas (2007)

➤ **PRECISIÓN**

Es una medida del grado de correspondencia entre la temperatura que se ha medido en un objeto y la temperatura real del mismo. Casi todas las cámaras actuales son capaces de alcanzar una precisión de ± 2 grados centígrados, o un $\pm 2\%$, en todos sus rangos. Para las pruebas termográficas pasivas no destructivas (NDT), es vital tener este nivel de precisión. (Balageas, 2007)

➤ **RESOLUCIÓN ESPACIAL**

Este campo de visión específico ha recibido el apelativo de campo de visión instantáneo. Para expresarlo se utilizan miliradianes, y se refiere a la cantidad de terreno que recorre un sensor remoto en el transcurso de un tiempo determinado. En la respuesta a esta pregunta intervienen tanto las dimensiones del objetivo como las del detector. Esta característica es sumamente importante para los END, ya que permite detectar hasta los defectos más pequeños del producto. (Balageas, 2007)

➤ **FRECUENCIA DE LA IMAGEN**

La frecuencia de cuadro de una imagen presentada en tiempo real puede aproximarse a cientos de hercios (Hz). Este es el caso, por ejemplo, de las cámaras que utilizan conjuntos de detectores cuánticos refrigerados. Además, una amplia variedad de cámaras actuales ofrece la oportunidad de reducir el tamaño de las imágenes que se recogen y, al mismo tiempo, permiten aumentar la frecuencia de actualización, que puede alcanzar varios miles de hercios (Hz). Cuando el sistema observado es un buen conductor del calor, lo que significa periodos característicos muy cortos, este atributo es extremadamente importante, ya que revela cómo actúa el sistema. (Balageas,

2007)

2.2.3.4. ASPECTOS SOBRE EL CALOR Y TEMPERATURA

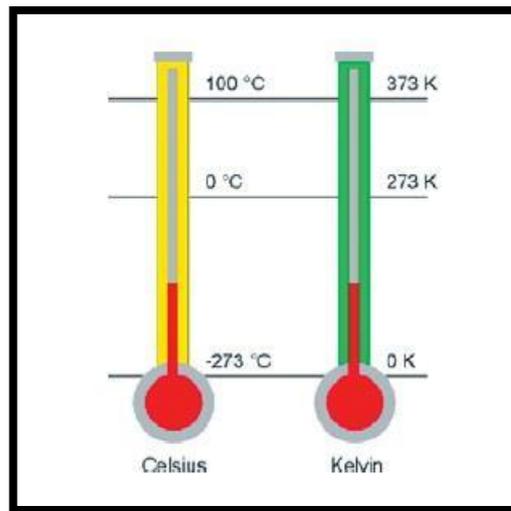
A pesar de que desde que tenemos uso de razón se nos han enseñado los conceptos de calor y temperatura, siguen siendo dos principios que no deberían resultar demasiado difíciles de comprender. A pesar de que es evidente que están asociados de algún modo, hay que distinguir entre ambos conceptos. Es recomendable que profundicemos en esta cuestión; sin embargo, no hablaremos de la termodinámica, que es la rama de la ciencia que explora cómo la energía térmica, también denominada calor, se mueve, se transforma y afecta a la materia. Cuando hablamos de calor, nos referimos a la transferencia de energía entre varias partes de un mismo cuerpo o entre partes distintas de un mismo cuerpo que se encuentran a temperaturas diferentes. Este flujo siempre se produce desde el cuerpo con mayor temperatura hacia el cuerpo con menor temperatura, produciéndose la transferencia de calor hasta que ambos cuerpos se encuentran en equilibrio térmico. El flujo se produce siempre en sentido contrario, desde el cuerpo con mayor temperatura hacia el cuerpo con menor temperatura. Por lo tanto, la cantidad de energía térmica que contiene un objeto es directamente proporcional a la energía cinética total de las moléculas que lo componen, también conocida como el movimiento de las moléculas que constituyen el elemento. Esto se debe a que la cantidad de energía térmica que posee un objeto es equivalente a la cantidad de movimiento en que se encuentran las moléculas que lo componen. La capacidad de realizar un trabajo puede denominarse energía, y puede existir de diversas formas. Las moléculas que componen cualquier cosa están en constante movimiento, en mayor o menor medida; las moléculas de un objeto más caliente se moverán más rápido, chocando entre sí, mientras que las moléculas de un objeto más

frío se moverán más lentamente. Debido a la forma en que los cuerpos responden al calor, una determinada temperatura corresponde a un cierto nivel de movilidad de sus moléculas. Sin embargo, esta relación sólo es válida para la misma cosa en todo momento y circunstancia. El calor se genera cada vez que se produce una transferencia de energía, que tiene lugar durante procesos como la combustión, el movimiento y la fricción, entre otros procesos de naturaleza similar. Los julios, abreviados como "J", son las unidades de medida utilizadas para el calor, además de la energía y el trabajo. La temperatura, por su parte, puede considerarse una medida relativa porque permite comparar las temperaturas de diversos cuerpos, mientras que el calor es una cantidad que puede medirse y cuantificarse. Del mismo modo, cada cuerpo tiene su propia capacidad térmica, que puede describirse como la capacidad de absorber o almacenar calor. Dado que el agua y el aire tienen capacidades térmicas diferentes, un termógrafo puede aprovechar esta distinción para determinar la cantidad de líquido que contiene un depósito opaco. Se trata de un bien inmueble que aporta mucho dinero. El término "temperatura" se refiere a la cantidad de energía interna que está asociada al movimiento de las partículas que componen un sistema termodinámico. La temperatura es una magnitud que puede medirse en un sistema termodinámico. La velocidad a la que se desplazan las partículas puede considerarse una medida de la temperatura. La temperatura puede considerarse una medida. La temperatura puede expresarse en grados Celsius o Kelvin, según las circunstancias. El valor de este parámetro contribuye a definir el estado de un objeto. La cantidad de energía que posee un objeto determina su temperatura, que es una medida relativa que indica dónde se encuentra una cosa respecto a otra. La temperatura es el resultado de la cantidad de energía que contiene un objeto. La energía es una magnitud que puede considerarse absoluta, a diferencia de la temperatura, que sólo es relativa. Además, mostrará la facilidad con la que el

objeto podrá transferir ese calor a otras cosas. Existen muchas escalas de temperatura diferentes, que pueden dividirse en dos categorías: absoluta (Kelvin) y relativa (Celsius, Fahrenheit). Pasar de una a otra no plantea grandes dificultades. (Melgosa, 2011)

Figura 6

Escalas de temperatura



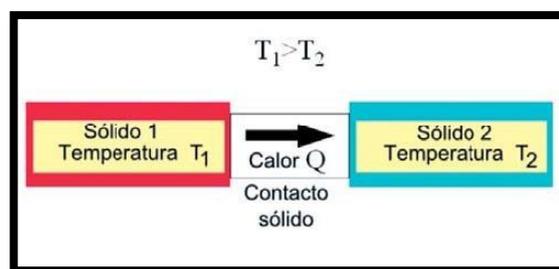
Nota. Adaptado de Melgosa (2011)

A lo largo de todo este libro, será útil tener presentes, incluso en un sentido más genérico, dos importantes leyes de la termodinámica que se refieren al comportamiento del calor. La Primera y la Segunda Ley de la Termodinámica son los nombres que reciben estas dos afirmaciones. A lo largo de todo este libro, es útil tener en mente, aunque sea en un sentido general, dos importantes Leyes de la Termodinámica que pertenecen al comportamiento del calor. Estas Leyes se denominan Primera y Segunda Leyes de la Termodinámica. La Primera y la Segunda Ley de la Termodinámica son los nombres que reciben estas dos afirmaciones. Según el principio conocido como la regla de conservación de la energía, la cantidad total de energía que puede encontrarse dentro de un sistema cerrado permanecerá invariable. Esta idea también se conoce como principio de

conservación de la energía, que afirma que la energía no puede crearse ni destruirse, sino que sólo puede alterarse. La ley de transferencia de calor rige el movimiento involuntario de calor desde regiones con temperaturas más altas a otras con temperaturas más bajas. El diferencial de temperatura que existe entre ambos lugares es lo que impulsa el flujo de calor entre ellos. (Melgosa, 2011)

Figura 7

Flujo de calor



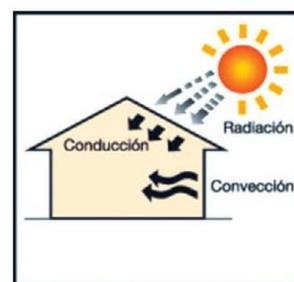
Nota. Adaptado de Melgosa (2011)

2.2.3.4.1. TRANSMISIÓN DE CALOR. MÉTODOS

El calor se transfiere entre objetos, con diferente temperatura. A continuación, se expone la manera en que se transfiere el calor y las tres maneras de transferencia.

Figura 8

Transmisión de calor



Nota. Adaptado de Melgosa (2011)

La transferencia de energía térmica de un sistema a otro a través del contacto directo de las partículas de ambos sistemas durante un proceso conocido como conducción del calor se produce cuando no hay movimiento neto global de las partes constituyentes del sistema. También tiende a igualar la temperatura tanto dentro de un cuerpo como entre distintos cuerpos que están en contacto mediante ondas. Esto ocurre tanto dentro del cuerpo como entre los cuerpos. La convección es un tipo de transferencia de calor que tiene lugar cuando un fluido (como el aire o el agua) transporta calor de un lugar a otro que está a diferente temperatura. Esto puede ocurrir cuando hay una diferencia de temperatura entre las dos regiones. El proceso de transferencia de calor de un objeto a otro mediante la emisión y absorción de radiación térmica se denomina radiación térmica. Dependiendo de la forma en que se aplique cualquiera de estas tres estrategias, es posible que esa estrategia sea estable o inestable. En la práctica, los flujos de calor son inestables y muestran cierto grado de volatilidad; por lo tanto, probablemente sea seguro asumir que no existe tal cosa como un flujo de calor estable ideal. Cuando la transferencia de calor se produce en un estado estable, tanto la tasa de transferencia de calor como la dirección en la que se produce permanecerán invariables. (Melgosa, 2011)

2.2.3.4.2. CONDICIONES ESTACIONARIAS Y TRANSITORIAS

Se ha demostrado que, de hecho, sólo es válida en condiciones de inmovilidad, que son extremadamente infrecuentes; sin embargo, a efectos de nuestra investigación, siempre se pueden suponer condiciones estacionarias durante un solo instante. La transmisión de

calor siempre dependerá de estas dos situaciones típicas, y la fórmula demuestra que realmente sólo es aplicable en condiciones estacionarias. Cuando no hay cambios de temperatura y hay un flujo constante de calor, también conocido como que las potencias de calentamiento y enfriamiento son iguales entre sí (lo que entra es igual a lo que sale), se dice que las condiciones son estacionarias y están en estado estacionario. Esto también se conoce como que las potencias de calentamiento y enfriamiento son iguales entre sí (lo que entra es igual a lo que sale). Por otro lado, se dice que un proceso es transitorio si se producen fluctuaciones en el flujo de calor y temperatura durante el proceso. Este tipo de enfoque es mucho más comparable al trabajo que realizamos a diario, así como a las estructuras que investigamos. (Melgosa, 2011)

2.2.3.4.3. CONDUCCIÓN

Cuando dos moléculas de objetos o cuerpos diferentes se aproximan y entran en contacto, la que tiene una temperatura más alta tendrá un mayor movimiento en sus moléculas. Como resultado de las colisiones entre ellas, una parte de esa energía se transferirá a las moléculas del objeto o cuerpo que tiene moléculas que se mueven más lentamente. Aunque la conducción puede tener lugar en fluidos (incluidos líquidos y gases), el entorno más típico de este fenómeno son los sólidos. Los sólidos son el contexto más habitual de este fenómeno. Para calcular con exactitud la cantidad de calor que se transfiere por este método, es fundamental conocer a fondo los factores que intervienen y su papel en la conducción del calor. A continuación, se enumeran algunos de estos factores en los que hay que pensar:

$$P(W) = (k \cdot A(T1 - T2))/L$$

El valor del flujo térmico es directamente proporcional a la conductividad térmica del elemento, a la sección transversal por la que circula el calor y a la diferencia de temperatura entre los puntos del cuerpo estudiado en condiciones estacionarias. En otras palabras, el valor del flujo de calor es directamente proporcional a la disparidad de temperaturas entre los puntos del cuerpo estudiado. (Melgosa, 2011)

Es también inversamente proporcional a la longitud, o distancia entre ambos puntos.

La transmisión de calor por conducción se ve afectada por 4 factores:

- $(W/m \cdot K)$ conductividad térmica del material.
- $A: (m^2)$ área de la sección transversal.
- $T_1 - T_2: (K)$ diferencia de temperatura.
- L : conducción

Para obtener la energía (trabajo) basta con multiplicar por el factor tiempo.

¿A qué se refiere exactamente la "conductividad térmica k "? Es la capacidad de un material para trasladar calor de un lugar a otro. La conducción térmica es el proceso por el cual el calor se transfiere de zonas de alta temperatura a zonas de baja temperatura, ya sea dentro del mismo material o entre cuerpos distintos. Esto puede ocurrir dentro del mismo material o entre materiales distintos. En el Sistema Internacional, las unidades de conductividad térmica son $W/(mK)$, pero también se expresa como $kcal/(hmoC)$. La equivalencia entre estos dos sistemas

es la siguiente: $1 \text{ W/(mK)} = 0,86 \text{ kcal/(hm } ^\circ\text{C)}$. La capacidad de conducir el calor aumenta proporcionalmente con la conductividad del material. Por tanto, podemos hablar de materiales aislantes, como las espumas, y conductores, como los metales. Un ejemplo de material conductor es el metal. La inversa de la conductividad, o $1 / k$, es la fórmula de la resistencia térmica. Para que un material aisle eficazmente el calor, debe tener una conductividad térmica baja y, en consecuencia, una resistencia térmica alta. (Melgosa, 2011)

Tabla 1

Propiedades térmicas de materiales de construcción aislantes

MATERIAL	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/ (kg. K))	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/ (m.K))	DIFUSIVIDAD TÉRMICA (m ² /s) (x10-6)
Acero	7.850	460	47-58	13,01-16,06
Agua	1.000	4.186	0.58	0,139
Aire	1.2	1.000	0,026	21,67
Aluminio	2.700	909	209-232	85,16-94,53
Amianto	383-400	816	0,078-0,113	0,250-0,346
Arcilla refractoria	2.000	879	0,46	0,261
Arena húmeda	1.640	-	1,13	-
Arena seca	1,400	795	0,33-0,58	0,296-0,521
Asfalto	2.120	1.700	0,74-0,76	0,205-0,211
Baldosas cerámicas	1.750	-	0,81	-
Bloques cerámicos	730	-	0,37	-
Bronce	8.000	360	116-186	40,28-64,58
Carbón (antracita)	1.370	1.260	0,238	0,139
Cartón	-	-	0,14-0,35	-

Cemento (duro)	-	-	1,047	-
Cinc	7.140	389	106-140	38,16-50,41
Cobre	8.900	389	372-385	107,45-111,20
Corcho (expandido)	120	-	0,036	-
Corcho (tableros)	120	1.880	0,042	0,186
Espuma poliuretano	40	1.674	0,029	0,433
Espuma de vidrio	100	-	0,047	-
Estaño	7.400	251	64	34,46
Fibra de vidrio	220	795	0,035	0,200
Goma dura	1.150	2.009	0,163	0,070
Goma esponjosa	224	-	0,055	-
Granito	2.750	837	3	1,303
Hierro	7.870	473	72	19,34
Hormigón	2.2	837	1,4	0,761
Ladrillo común	1.800	840	0,8	0,529
Ladrillo mampostería	1.700	837	0,658	0,462
Lana de vidrio	100-200	670	0,036-0,040	0,537-0,299
Latón	8.550	394	81-116	24,04-34,43
Madera	840	1.381	0,13	0,112
Madera de arce	750	1.591	0,349	0,292
Madera de chopo	650	1.340	0,152	0,175
Madera de pino	650	1.298	0,163	0,193
Madera de roble	850	2.386	0,209	0,103
Mármol	2.400	879	2,09	0,991
Mortero cal / cemento	1.900	-	0,7	-

Mortero de cemento	2.100	-	1,4	-
Mortero de yeso	1.000	-	0,76	-
Níquel	8.800	460	52,3	12,92
Oro	19.330	130	308,2	122,65
Pizarra	2.650	758	0,42	0,209
Placas de yeso	600-1200	-	0,29-0,58	-
Plata	10.500	234	418	170,13
Plomo	11.340	130	35	23,74
Poliestireno	1.050	1.200	0,157	0,125
Porcelana	2.350	921	0,81	0,374
Tejas cerámicas	1.650	-	0,76	-
Vidrio	2.700	833	0,81	0,360
Yeso	1.800	837	0,81	0,538

Nota. Adaptado de Melgosa (2011)

Donde:

- **Densidad (ρ):** masa de material por unidad de volumen: $\rho = m / V$ (kg/m³).
- **Calor específico (C):** cantidad de energía que debe emplearse para elevar un grado centígrado la temperatura de un kilogramo de material. Indica la dificultad que tiene una sustancia para soportar los cambios de temperatura cuando está sometida a un suministro de calor. Cabe esperar propiedades aislantes de las sustancias que tienen un calor específico elevado. En el Sistema Internacional, sus valores son J/ (kg. K), aunque lo más habitual es indicarlo como kcal/ (kg. °C). Una caloría equivale a 4,184 J. Por otro lado, la inercia térmica de una sustancia se caracteriza por el producto de la densidad de dicha sustancia multiplicada por su calor

específico, que se denota mediante la notación ($\rho \cdot C$). Representa la capacidad de almacenamiento de energía de la sustancia.

- **Conductividad térmica (k):** Capacidad de un material para transportar calor de un lugar a otro. Es el proceso por el cual el calor se transfiere de regiones de alta temperatura a regiones de baja temperatura dentro del mismo material o entre cuerpos distintos. Esto puede ocurrir dentro del mismo cuerpo o entre materiales distintos. También es posible expresar la conductividad térmica en términos de $\text{kcal}/(\text{h} \cdot \text{m} \cdot ^\circ\text{C})$, siendo el equivalente el siguiente $1 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K}) = 0,86 \text{ kcal}/(\text{h} \cdot \text{m} \cdot ^\circ\text{C})$. Las unidades de conductividad térmica en el Sistema Internacional son $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Sin embargo, también es posible expresar la conductividad térmica en términos de $\text{kcal}/(\text{h} \cdot \text{m} \cdot ^\circ\text{C})$.
- **Difusividad térmica (α):** propiedad que define la rapidez con la que se cambia la temperatura del material cuando se somete a tensión térmica, como cuando se produce un cambio brusco en la temperatura de la superficie. Es posible determinar su valor mediante la siguiente expresión:

$$\alpha = \frac{k}{\rho \cdot C}, \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right)$$

Es evidente que existe una diferencia significativa entre las cualidades de unos materiales y otros, ya que algunos materiales son conductores de electricidad hasta 70.000 veces más potentes que otros. La buena noticia es que, como consecuencia de ello, se mostrarán contrastes considerables en los termogramas. (Melgosa, 2011)

- Conductividad de dos materiales:

Figura 9

Imagen infrarroja del interior de un local de cemento y ladrillos calefactado a 21°C



$$P (W) = \frac{k \cdot A (T1 - T2)}{L}$$

Nota. Adaptado de Melgosa (2011)

El termograma de la figura 09 se obtuvo en una habitación que se había calentado a una temperatura de 21 grados centígrados. Se pueden distinguir tanto los ladrillos ($k = 0,8 \text{ W/mK}$) como el cemento ($k = 1,047 \text{ W/mK}$) que los mantiene unidos. La temperatura exterior es de aproximadamente 6 grados Celsius. Tanto L como A son invariables debido a que el grosor de la pared es (o al menos debería ser) constante y la superficie medida es invariable. Por lo tanto, lo único que puede cambiar la cantidad de calor que se transporta es la conductividad de los propios materiales. El cemento tiene una conductividad mayor que otros materiales, por eso aparece en el extremo más azul de la escala de temperaturas. El ladrillo es un excelente aislante tanto por el material del que está hecho como por los espacios de aire que contiene. (Melgosa, 2011)

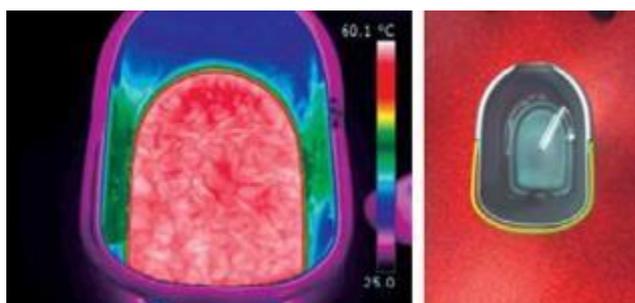
2.2.3.4.4. CONVECCIÓN

Se trata de una forma de transferencia de calor que consiste en transportar calor a través de un fluido (ya sea

líquido o gaseoso) mediante un transporte que viene dado por corrientes de masas circulantes. Este método puede utilizarse para transferir calor en ambas direcciones. El término "conducción" se refiere a la transferencia de calor que tiene lugar entre un fluido y la superficie que lo contiene, o en la superficie de fluidos que no se mezclan. Este tipo de transferencia de calor también puede tener lugar en la superficie de fluidos que no se mezclan. La convección, en cambio, se produce dentro del propio fluido y no fuera de él. El término "capa límite" se refiere a una capa de fluido relativamente estacionaria, relativamente fina y situada en la región inmediatamente próxima al sólido. Esta es la región en la que toda la transmisión de calor en el fluido se produce por conducción, y se denomina zona de convección. A pesar de que los sólidos son casi siempre el centro de la investigación de un termógrafo, la convección tiene una influencia considerable en las propiedades de estos objetos. (Melgosa, 2011)

Figura 10

Imágenes de un cubo de agua



Nota. Adaptado de Melgosa (2011)

La ilustración de la figura 10 muestra cómo el agua caliente y el agua fría pueden generar corrientes de convección. Debido al mayor movimiento molecular que se produce en las regiones del fluido que están más calientes, las moléculas de esas regiones están más separadas. El

volumen del fluido que está más caliente tiene una densidad menor debido a la mayor distancia entre ellas. La densidad es mayor en las regiones del fluido donde la temperatura es más baja. Como resultado de estas diferencias de densidad, la cantidad de atracción gravitatoria también es diferente en los distintos lugares. Dado que las regiones más frías se ven más afectadas por la fuerza de la gravedad que las regiones más calientes, las regiones más frías tendrán tendencia a hundirse, mientras que las regiones más calientes tendrán tendencia a elevarse. Como consecuencia de ello, el fluido comenzará a circular, lo que dará lugar a la transferencia de calor de un lugar a otro. La afirmación común de que "el calor asciende" es incorrecta; aunque los fluidos calientes efectivamente ascienden, el calor siempre viaja de las zonas más calientes a las más frías de un sistema. Dado que la fuerza de la gravedad es la responsable del movimiento del fluido, este fenómeno se denomina convección natural. La acción de un ventilador o una bomba, por ejemplo, puede dar lugar a un fenómeno conocido como convección forzada. Cuando las condiciones naturales de un proceso se alteran mediante la aplicación de medios artificiales, como el uso de un ventilador o una bomba para crear convección, esto se conoce como "convección de ingeniería". Por ejemplo, si usted está en una habitación con aire a 22 grados centígrados y conecta un ventilador, la mayor velocidad del ventilador hará que el aire de la habitación le parezca más frío. Esto sugiere que, si está realizando exámenes termográficos en el exterior, en situaciones en las que hay un viento importante, tendrá muchas más dificultades para realizar la tarea que si no hubiera viento (recuerde la cuarta gran directriz, que es que las condiciones meteorológicas son extremadamente importantes). Debe evitar realizar inspecciones cuando haya un viento fuerte porque aumenta

la probabilidad de que malinterprete las fotos y proporcione un informe inexacto. El viento puede alterar significativamente la distribución de la temperatura. Existe el malentendido común de que en los días ventosos se pueden ignorar los efectos del viento empleando el enfoque del diferencial de temperatura. Esto no es cierto, ya que el viento hace que las zonas más frías sean más frías que las secciones más cálidas, lo que hace que el diferencial de temperatura sea más variable. (Melgosa, 2011)

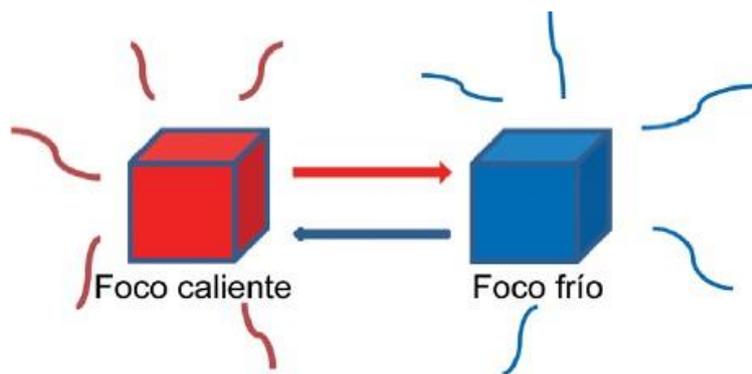
2.2.3.4.5. RADIACIÓN

Pasamos ahora a un nuevo método de transferencia de calor, distinto de los dos anteriores. En este caso, las moléculas no entran en contacto entre sí, ni se mueven libremente en respuesta a la atracción de la gravedad u otras influencias externas. La radiación no requiere la presencia de ningún medio material; de hecho, el entorno óptimo para la transferencia de este calor es uno completamente desprovisto de moléculas, como el vacío. El tipo de radiación electromagnética conocido como radiación térmica es la radiación térmica. Debido a su temperatura, todos los cuerpos emiten este tipo de radiación; cuanto mayor es la temperatura, mayor es la radiación térmica emitida; por el contrario, cuanto menor es la temperatura, menor es la radiación térmica emitida. La cantidad de radiación térmica que emite un cuerpo puede correlacionarse directamente con los tipos de materiales que lo componen. En consecuencia, quedará claro que ciertos materiales son superiores a otros en cuanto a la cantidad de radiación térmica que emiten. Además, se observará que la radiación térmica se propaga fácilmente a través de los gases, pero que es más difícil que lo haga a través de los líquidos y los sólidos, e incluso puede ser

bloqueada por ellos. La emisión y la absorción de radiación térmica son los dos procesos que constituyen la transferencia de calor por radiación. El hecho de que la transmisión de esta energía se produzca a la velocidad de la luz es una de las razones por las que la termografía es un método tan útil para detectar continuamente la radiación. En un momento dado, todo cuerpo emite y recibe simultáneamente radiación térmica. La diferencia entre la cantidad de calor que se ha absorbido y la que se ha emitido va a ser la cantidad de calor que se ha transportado neto. (Melgosa, 2011)

Figura 11

Transmisión de calor por radiación



Nota. Adaptado de Melgosa (2011)

2.2.3.5. APLICACIÓN DE CÁMARAS TÉRMICAS EN LA CONSTRUCCIÓN

Desde 1970, no hemos dejado de comprender que las reservas mundiales de energía son finitas y, por tanto, extremadamente valiosas. Con el uso de cámaras termográficas, pudimos identificar problemas en el aislamiento del edificio, así como otras irregularidades que eran invisibles a simple vista. Este método no sólo permite tomar medidas correctoras, sino también ahorrar energía. El sector de la construcción es responsable del cuarenta por ciento del consumo total de energía en la Unión Europea y presenta por sí solo la mayor oportunidad para la eficiencia energética. En vista de este gran potencial, la Comisión Europea ha elaborado una directiva para regular la eficiencia energética de los edificios. Muchas leyes nacionales ya se basan en esta directiva, por lo que su aplicación no debería ser demasiado difícil. Se prevé que la demanda de pruebas de estanqueidad y otros tipos de investigación sobre eficiencia energética aumente como resultado de los recientes paquetes de estímulo económico aplicados en varios países. La utilización de imágenes térmicas, ya sea como técnica independiente o junto con otras metodologías, acelera considerablemente la tarea al eliminar la necesidad de realizar pruebas perjudiciales para determinar con precisión dónde se debe hacer hincapié en los esfuerzos de ahorro energético. El uso de imágenes térmicas es el método más sencillo y rápido para determinar dónde se pierde energía en los edificios. El uso de una cámara térmica sirve para dirigir la atención de los inspectores y centra su atención donde debe estar, lo que les permite realizar un diagnóstico preciso de las regiones en las que se está perdiendo energía. (FLIR SYSTEMS, 2019)

2.2.3.5.1. RAZONES PARA USAR CÁMARAS TÉRMICAS

Diagnóstico rápido del estado de un edificio:

Utilizando una cámara térmica FLIR, que resalta las zonas problemáticas que no se pueden ver con el ojo humano, es posible revisar rápida y completamente los edificios. Los edificios pueden evaluarse con este método. A la hora de inspeccionar edificios, validar reparaciones o tratar asuntos relacionados con los seguros, disponer de esta competencia garantiza que se pueda preservar la integridad de los sistemas medioambientales y estructurales. (FLIR SYSTEMS, 2019)

Verificación fácil no invasiva y no destructiva: El uso de la termografía puede hacer que las reparaciones no sólo sean más rápidas, fáciles y seguras, sino también mucho más rentables que otras formas más tradicionales. Una cámara termográfica reduce la necesidad de deconstruir un edificio, ahorra tiempo y mano de obra al reducir el tiempo necesario para las reparaciones, reduce los gastos de mano de obra y las molestias causadas a los habitantes, y permite verificar que el trabajo se ha realizado correctamente. (FLIR SYSTEMS, 2019)

- Confirme que se ha comprobado la eficiencia energética.
- Determine en poco tiempo si el aislamiento es insuficiente en algunos lugares y zonas donde se pierde energía.
- Compruebe que todos los sistemas funcionan correctamente.

➤ CÁMARAS TÉRMICAS

- Una cámara digital o una cámara de vídeo no se

pueden comparar con lo sencillo que es manejar este aparato.

- Proporciona una ilustración completa del estado actual de las cosas
- Realiza inspecciones mientras el sistema funciona bajo carga
- Identifica y localiza el problema
- Mide las temperaturas
- Guarda la información junto con la imagen
- Le informa con precisión de lo que hay que reparar
- Localiza los fallos antes de que se conviertan en un verdadero problema
- Le ayuda a ahorrar tiempo y dinero

2.2.3.5.2. NORMATIVA VIGENTE (TERMOGRAFÍA INFRARROJA)

ISO 18251-1:2017: Esta norma internacional describe los componentes principales y sus características que constituyen un sistema de imágenes infrarrojas y equipos relacionados utilizados en pruebas no destructivas (NDT). También tiene como objetivo ayudar al usuario en la selección de un sistema apropiado para una tarea de medición particular. (ISO, 2017)

ASNT SNT-TC-1A: Esta es una práctica recomendada que proporciona directrices para los empleadores para establecer programas de certificación internos para la calificación y certificación del personal de NDT. Proporciona las recomendaciones educativas, de experiencia y de formación para cada método de NDT. (ASNT, 2020)

CEN 473: Esta norma se centra en la economía circular para desarrollar normas horizontales relacionadas con los requisitos específicos europeos, la legislación y la

política. Las normas tienen como objetivo proporcionar recomendaciones, requisitos, metodologías y herramientas para apoyar y medir la transición hacia una economía circular. (CEN, 2008)

ISO 18436: Esta norma especifica los requisitos para la calificación y certificación del personal que realiza el monitoreo de la condición industrial y el diagnóstico utilizando el análisis de vibraciones. (ISO, 2017)

ISO 9712: Esta norma especifica los requisitos para los principios de calificación y certificación del personal que realiza pruebas no destructivas industriales (NDT). (ISO, 2017)

ISO/TR 13154:2009: Esta norma proporciona directrices generales para el despliegue, implementación y operación de un termógrafo de detección destinado a ser utilizado para el cribado individual no invasivo de la temperatura febril de los humanos bajo condiciones ambientales interiores para prevenir la propagación de infecciones. (ISO, 2017)

NFPA 70B: Esta norma detalla el mantenimiento preventivo para sistemas y equipos eléctricos, electrónicos y de comunicación, como los utilizados en plantas industriales, edificios institucionales y comerciales, y grandes complejos residenciales multifamiliares, para prevenir fallos en los equipos y lesiones a los trabajadores. (NFPA, 2021)

NFPA 70E: Esta norma establece procesos de seguridad que utilizan políticas, procedimientos y controles del programa para reducir el riesgo asociado con el uso del equipo eléctrico. Originalmente desarrollada a petición de OSHA, NFPA 70E ayuda a las empresas y empleados a

evitar lesiones y muertes en el lugar de trabajo debido a choques, electrocuciones, flash de arco y explosiones de arco. (NFPA, 2021)

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Adobe. – El adobe es una medida de tierra cruda que, para aumentar su resistencia y longevidad, puede combinarse con paja o arena gruesa en determinadas proporciones. (Broto, 2005)

Arcilla. – La arcilla es el único material del suelo que es a la vez activo y necesario, y es con mucho el más abundante. En presencia de agua, se puede amasar, cambia su comportamiento a uno que es flexible, y tiene la capacidad de unir las partículas inertes restantes del suelo que componen la arcilla. Cuando la arcilla se seca, adquiere una resistencia en seco que la transforma en un material utilizable para la construcción. Contiene partículas de un tamaño inferior a dos micras (0,002 milímetros). (Broto, 2005)

Arriostre. – Elemento que impide en gran medida el libre movimiento del borde del muro y se considera un soporte. A esto nos referimos cuando hablamos de arriostamiento. Existen dos orientaciones posibles para el arriostamiento: vertical (un muro transversal o contrafuerte) y horizontal. (Broto, 2005)

Colapso. – El derrumbe inesperado de paredes o techos se denomina desplome. Existe la posibilidad de que se produzca un derrumbe total o parcial. (Broto, 2005)

Contrafuerte. - Es un arriostamiento vertical que se construyó con la única intención de cumplir esta función. Es preferible que sea del mismo material o de un material coherente con el original (por ejemplo, piedra). (Broto, 2005)

Termografía. – La termografía es el registro gráfico del calor irradiado por la superficie de un cuerpo en forma de radiación infrarroja. Esta técnica tiene diversas aplicaciones, entre ellas las de los campos de la medicina, la

ingeniería y la construcción de edificios. (Melgosa, 2011)

Calor. – Sensación que se experimenta cuando uno se expone a un ambiente con una temperatura elevada. (FLIR SYSTEMS, 2019)

Densidad. – La densidad es una magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo, y su unidad en el sistema internacional es el kilogramo. La densidad puede expresarse como una relación entre la masa y el volumen. (Broto, 2005)

Convección. – El movimiento de calor u otro tipo de cantidad física a través de un medio fluido debido a cambios en la densidad del medio se denomina convección. (Gómez Patrocinio et al., 2017)

Conductividad. – La conductividad es la propiedad de los materiales que les permite transferir calor o corriente eléctrica. (Melgosa, 2011)

Radiación. – La radiación es el proceso por el cual la energía o las partículas se transmiten de un lugar a otro. (Melgosa, 2011)

Estacionaria. – Lo que no cambia con el paso del tiempo se denomina estacionario y se utiliza para describir ciertos tipos de fenómenos físicos. (Melgosa, 2011) (Broto, 2005)

Humedad. – La mancha que se genera en la pared como consecuencia de la impregnación de agua se denomina humedad. (Broto, 2005)

Deformación. – La deformación puede definirse como el proceso por el cual un objeto o entidad pierde su estado natural o normal como consecuencia de la acción de agentes externos. (Broto, 2005)

Patrimonio histórico. – Se entiende el conjunto de bienes que un país ha acumulado a lo largo de su historia. Debido a la importancia cultural, artística o arqueológica de estos bienes, la ley les otorga un mayor nivel de protección que a otros tipos de bienes. (Gómez Patrocinio et al., 2017)

Tapial. – Tapial es el nombre que recibe un muro o segmento de

muro construido con tierra amasada. (Gómez Patrocinio et al., 2017)

Patología. – El estudio de los defectos y dificultades que presenta una estructura se denomina patología. (Broto, 2005)

Capilla. – Una capilla es una estructura anexa a una iglesia existente o un componente esencial de la misma. Las capillas suelen tener un altar y están dedicadas a un fin específico. (Gómez Patrocinio et al., 2017)

Edificación. – Un edificio puede definirse como cualquier construcción de grandes dimensiones y de diversos materiales destinada a albergar vidas humanas. (Gómez Patrocinio et al., 2017)

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Mediante el uso de la termografía infrarroja se determinará los componentes y patologías superficiales e interiores en, la edificación patrimonial, la Capilla Señor de Huayopampa – Huánuco – 2022.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

El análisis mediante la termografía infrarroja permitirá analizar las deficiencias estructurales de la edificación patrimonial – Huánuco – 2022.

El sistema de rehabilitación planteado permitirá mejorar el funcionamiento de la edificación de manera considerable, lo cual será evaluado con un software estructural.

Las patologías producen daños considerables a la edificación patrimonial, el que mayor daño físico causa es la humedad.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Diagnóstico estructural de edificaciones patrimoniales

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Uso de la termografía infrarroja.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	INDICADOR	MEDICIÓN	RANGO DE VARIABILIDAD
VARIABLE INDEPENDIENTE (X) Uso de la termografía infrarroja.	<ul style="list-style-type: none">• Calor• Conductividad térmica• Difusión térmica	<ul style="list-style-type: none">• Temperatura• Transferencia de energía• Temperatura local y temporal.	<ul style="list-style-type: none">• Variable de acuerdo a análisis.
VARIABLE DEPENDIENTE (Y) Diagnóstico estructural de edificaciones patrimoniales.	<ul style="list-style-type: none">• Humedad• Erosión• Materiales de construcción• Sistema estructural	<ul style="list-style-type: none">• De acuerdo a cambios atmosféricos.• Impacto de cambios climáticos a través del tiempo• Adobe, quincha, madera, etc• Irregularidades, deficiencias, etc.	<ul style="list-style-type: none">• Variable de acuerdo a análisis.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Dado que, de acuerdo con su propósito, esta investigación pretende conocer una realidad problemática y actuar sobre ella, se encuadra en la categoría de investigación conocida como de tipo aplicado. La investigación aplicada busca respuestas y formas de ponerlas en práctica, lo que la diferencia de la investigación fundamental en este sentido. En consecuencia, el enfoque principal de esta investigación se centra en las dificultades que se vinculan con las estructuras patrimoniales, y más específicamente con el patrimonio cultural en el contexto de la Capilla Señor de Huayopampa. (Borja, 2012)

Durante el paso del tiempo por distintos factores como, la antigüedad, efectos climáticos, falta de mantenimiento, todas las edificaciones patrimoniales van hacia una tendencia de deterioro y posterior colapso, por ello con ayuda de una cámara termográfica se determinará los materiales y el estado en que se encuentra la estructura. Posteriormente se actuará sobre la situación actual que presenta y se evaluará las soluciones más viables enfocando en los materiales que lo componen.

3.1.1. ENFOQUE

Debido a su fundamento en un proceso inductivo y contextualizado llevado a cabo en un entorno natural, la metodología de este estudio es cualitativa. El análisis y los resultados se presentan en forma de narración general que ilustra las unidades de análisis, las categorías y la forma en que se relacionan entre sí, así como las reflexiones, hipótesis y/o teorías.

El enfoque cualitativo emplea métodos como la observación no estructurada, las entrevistas en grupo, la valoración de experiencias individuales, el examen de historias de vida y la interacción en grupo

que no pretenden medir ni vincular medidas a valores numéricos. (Hé Hernández Sampieri et al., 2014)

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Esta investigación tendrá un alcance o nivel descriptivo, porque hará referencia a características y cualidades de las variables a estudiar. Las investigaciones descriptivas buscan identificar las propiedades y/o características de personas, grupos, procesos, comunidades, objetos u otros fenómenos donde sea necesario plantear un análisis. Es decir, que se mide o recolecta datos acerca de las variables que se tratan, sea de manera individual o colectiva. El fin no es precisar la relación entre estas. (Hé Hernández Sampieri et al., 2014)

3.1.3. DISEÑO

DISEÑO NO EXPERIMENTAL

Se realiza de forma que no modifica en absoluto las variables, es decir, tal y como aparecen en nuestro entorno a través de sus características y/o análisis por observación. Esto se hace para que podamos adquirir la información final. Es necesario proceder de este modo para adquirir la información. Por ello, se considera un diseño que no requiere realizar ningún tipo de experimentación. (Borja, 2012)

Por ello se trabajó el diseño en base y sin modificar de la siguiente manera:

➤ PASO 1: PREPARACIÓN Y SEGURIDAD

Antes de comenzar, se aseguró de que la edificación estuviera en condiciones seguras y de que no hubiera peligros evidentes. Se verificó que tanto la cámara FLIR ONE PRO como mi teléfono móvil tuvieran suficiente carga. También se tuvo en cuenta las condiciones climáticas y de iluminación, eligiendo un día sin luz solar directa para obtener imágenes más precisas.

➤ PASO 2: CONFIGURACIÓN DE LA CÁMARA FLIR ONE PRO

- En el teléfono móvil, se abrió la aplicación FLIR ONE y se conectó la cámara termográfica según las instrucciones del fabricante. Luego, se ajustó la configuración de la cámara:
- Se seleccionó una paleta de colores que me permitiera visualizar claramente las diferencias de temperatura.
- Se ajustó la emisividad en la aplicación de acuerdo con el material de la superficie de la Capilla Señor de Huayopampa.
- Se aseguró que la distancia y el enfoque estuvieran configurados adecuadamente para obtener imágenes de alta resolución. Distancias admisibles hasta 30 metros en condiciones ideales, con un error que estén en el rango de +- 2 a 5 grados Celcius.

➤ PASO 3: TOMA DE IMÁGENES TERMOGRÁFICAS

Posicionado en un lugar seguro, se comenzó a explorar la edificación de manerasistemática. Se comenzó desde un extremo de la capilla y se avanzó lentamente,asegurándose de cubrir todas las áreas de interés. Se mantuvo una distancia constante entre la cámara FLIR ONE PRO y la superficie que estaba inspeccionando para obtener mediciones precisas. Se usó la aplicación FLIR ONE para capturar imágenes de las áreas que se consideraron relevantes, especialmente aquellas que podrían mostrar diferencias de temperatura.

➤ PASO 4: ANÁLISIS DE LAS IMÁGENES Y MODELAMIENTO ESTRUCTURAL

Después de tomar las imágenes termográficas, se revisó visualmente cada una de ellas en busca de áreas con temperaturas inusuales o puntos calientes/fríos. Se identificó cualquier anomalía que pudiera indicar problemas en la edificación, como fugas de calor, humedad o aislamiento deficiente. Se registraron los datos de temperatura y la ubicación de cualquier punto de interés en la ficha de observación. Posteriormente se realizó un modelamiento estructural

en el software SAP2000 para conocer los modos, desplazamientos y la influencia de la temperatura en la estructura.

➤ **PASO 5: INFORME Y RECOMENDACIONES**

Con los resultados de la inspección termográfica en mano, se preparó un informe que incluía las imágenes termográficas, las temperaturas identificadas y cualquier recomendación para abordar los problemas identificados en la Capilla Señor de Huayopampa. Este informe podría ser útil para futuras acciones de conservación y mantenimiento.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población es un conjunto de elementos del cual vamos a estudiar, y de acuerdo a nuestro tema de estudio sobre Diagnóstico Estructural De Edificaciones Patrimoniales Mediante La Termografía Infrarroja, la población de estudio, se define como una unidad de objeto que vienen a ser las iglesias y/o capillas patrimoniales de la ciudad de Huánuco.

3.2.2. LA MUESTRA

Debido a que el investigador ejercerá total autonomía en la selección de los componentes a muestrear, se realizará un muestreo no probabilístico de manera no planificada e improvisada.

En esta ocasión, hemos elegido como ejemplo la Capilla Señor de Huayopampa, que se encuentra en el barrio de Amarilis. Este edificio fue elegido según nuestros propios criterios. Esta muestra se determina definitivamente cuando se utilizan los instrumentos de medición para recoger la información. Esta muestra se toma con un análisis previo por observación realizada por el investigador evaluando visualmente el estado actual de la estructura. Esta muestra se toma con un análisis previo mediante observación realizada por el

investigador evaluando visualmente el estado actual de la estructura.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCION DE DATOS

➤ TÉCNICAS

Para obtener datos que vayan acorde y lo más preciso posible se realizará diversas visitas a campo, y la posterior búsqueda de todo tipo de información física o digital en la entidad local correspondiente o en las propias de la edificación.

OBSERVACION DE CAMPO NO EXPERIMENTAL. – Esta técnica se utilizó para evaluar el estado actual del lugar de la investigación. Con esta técnica se evaluará el estado actual del edificio para poder realizar las reparaciones necesarias.

RECOLECCIÓN DE BASE DATOS. – Se usará como técnica con el uso de internet para recolectar información clasificada acerca de la termografía aplicada a edificaciones y específicamente a edificaciones patrimoniales. También se buscará la información en las entidades locales y propias de la edificación para obtener la mayor cantidad de registros.

➤ INSTRUMENTOS

FICHAS. – Como parte de la investigación, se utilizó este instrumento, cuya elaboración será supervisada por el investigador. El objetivo de este instrumento es dejar constancia de las principales características del lugar de la investigación relacionadas con los trastornos. Se realizó una escala de valoración, escala Likert, en la evaluación para medir la intensidad del estado en que se encuentra la edificación estructural.

ANÁLISIS DOCUMENTAL. – Este instrumento se utilizó para

realizar un análisis de los datos históricos y contemporáneos relativos a la termografía aplicada a los edificios patrimoniales.

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

- Se presentará datos mediante gráficos estadísticos unidimensionales y bidimensionales. Respectivamente tiene una base interpretativa y comentario adicional por parte del investigador.
- A través del software FLIR se presenta imágenes termográficas representativas, procesamiento, análisis e interpretación respectiva.
- Posteriormente se presenta gráficos y cuadros representativos posterior al modelamiento estructural de la edificación patrimonial, respectivamente interpretado.

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

GRÁFICOS ESTADÍSTICOS. - En base a los instrumentos aplicados y resultados posteriores se realizará la representación gráfica del trabajo final.

SOFTWARE FLIR. – Se utilizó un software FLIR Tools Thermal Analysis and Reporting nos ayudará a importar y procesar todas las imágenes termográficas, emitido en informes de inspección profesional.

SOFTWARE ESTRUCTURAL. – También se usará como instrumento un software estructural posterior a la evaluación con la termografía aplicada a edificaciones y específicamente a edificaciones patrimoniales, por ende, se calculará los resultados en base a su modelamiento estructural.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Presentamos los resultados posteriores a los ensayos realizados en campo mediante la termografía infrarroja, la identificación de lesiones y patologías, sus alcances, descripción, análisis e interpretación y propuestas de alternativas de solución.

A continuación, se muestra un resumen de los formatos de ficha de observación recolectado en campo y que posteriormente se mostrará los resultados en una escala de valoración del estado de la Capilla Señor de Huayopampa.

Tabla 2

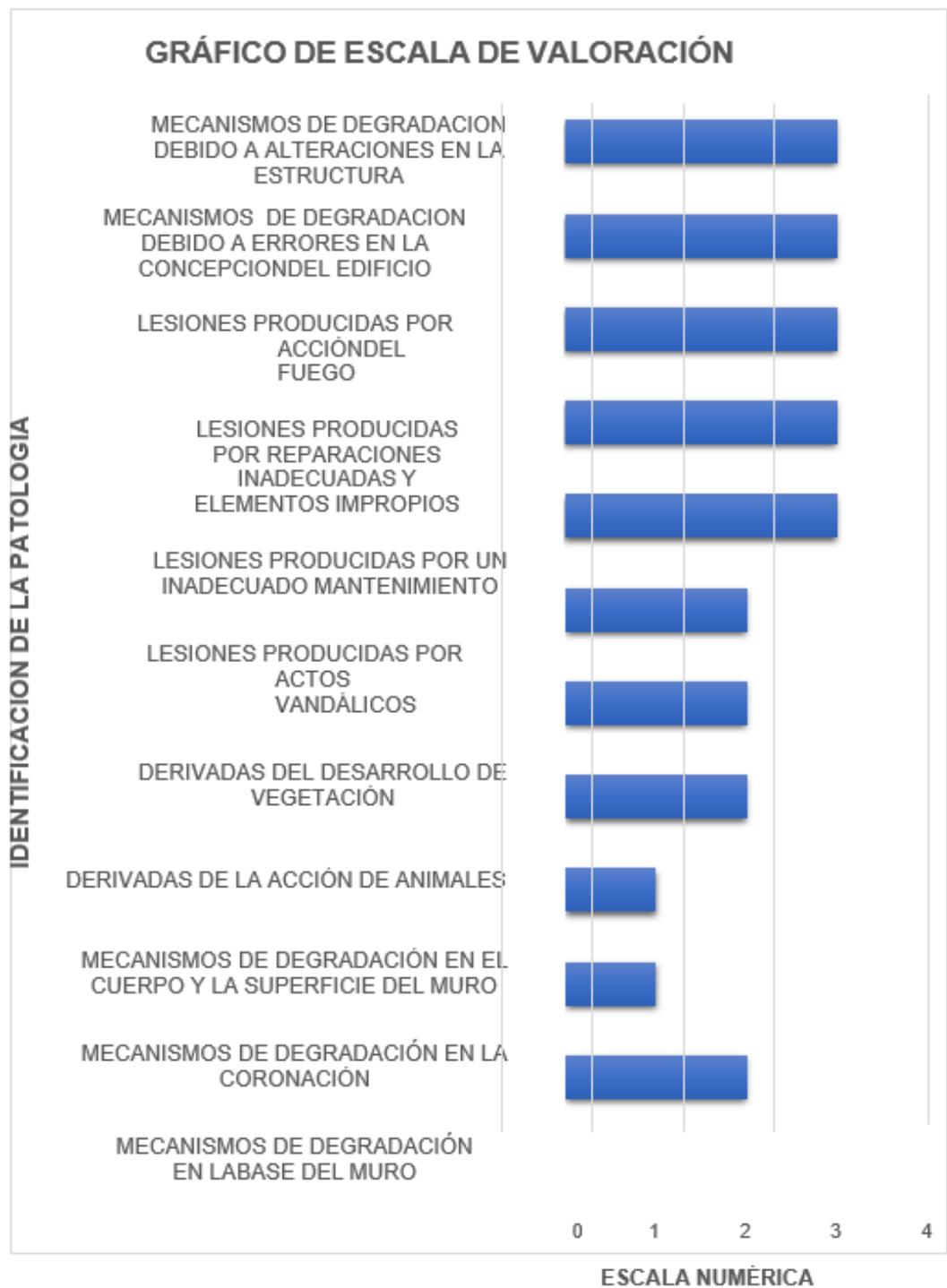
Escala de valoración 01

TIPO DE LESIÓN	IDENTIFICACIÓN DE LA PATOLOGÍA	ESCALA				
		5 (muy buena)	4 (buena)	3 (normal)	2 (mala)	1 (muy mala)
LESIÓN POR AGENTES ATMOSFÉRICOS	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN LA BASE DEL MURO				X	
	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN LA CORONACIÓN					X
	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN EL CUERPO Y LA SUPERFICIE DEL MURO					X
LESIÓN POR CAUSAS BIOLÓGICAS	DERIVADAS DE LA ACCIÓN DE ANIMALES				X	
	DERIVADAS DEL DESARROLLO DE VEGETACIÓN				X	
LESIÓN POR CAUSAS ANTROPICAS	LESIONES PRODUCIDAS POR ACTOS VANDÁLICOS				X	
	LESIONES PRODUCIDAS POR UN INADECUADO MANTENIMIENTO			X		
	LESIONES PRODUCIDAS POR REPARACIONES INADECUADAS Y ELEMENTOS IMPROPIOS			X		
	LESIONES PRODUCIDAS POR ACCIÓN DEL FUEGO			X		
LESIONES ESTRUCTURALES	MECANISMOS DE DEGRADACION DEBIDO A ERRORES EN LA CONCEPCION DEL EDIFICIO			X		
	MECANISMOS DE DEGRADACION DEBIDO A ALTERACIONES EN LA ESTRUCTURA			X		

Nota. Valoración numérica de la estructura en función al tipo de lesión.

Figura 14

Interpretación gráfica de escala de valoración 01



Nota. Gráfica de valoración numérica de la estructura en función al tipo de lesión.

INTERPRETACIÓN

A través de la toma visual termo gráfica del muro interior que da al acceso principal podemos identificar las siguientes lesiones:

- **Por agentes atmosféricos:** en las tomas fotográficas de temperatura de la Capilla Señor de Huayopampa revelan la presencia de anomalías en la temperatura de la base del muro, la coronación y la superficie del muro. Estas anomalías son indicativas de daños estructurales, que se han desarrollado debido a los cambios drásticos de temperatura durante periodos prolongados de lluvia y/o calor. Estos daños pueden debilitar la estructura de la capilla, lo que la hace más susceptible a otros tipos de daños, como los causados por terremotos, inundaciones o incendios.

- **Por causas biológicas:** se tiene la presencia de animales en el interior de la capilla, en este caso palomas, puede causar daños a los muros de la misma. Los excrementos de las palomas son ácidos y pueden corroer los materiales de construcción, como la piedra, el ladrillo o el yeso. Además, las palomas pueden anidar en los muros, lo que puede causar grietas y desprendimientos. Los daños causados por las palomas pueden afectar al estado general de los muros, lo que puede conllevar al deterioro del acabado en los mismos.

- **Por causas antrópicas:** no se ha contado con un adecuado mantenimiento a través de los años. En el caso de la Capilla Señor de Huayopampa, el deterioro que presenta es consecuencia de la falta de mantenimiento durante muchos años. Este deterioro puede tener consecuencias graves, como el colapso de la estructura o la pérdida de elementos históricos.

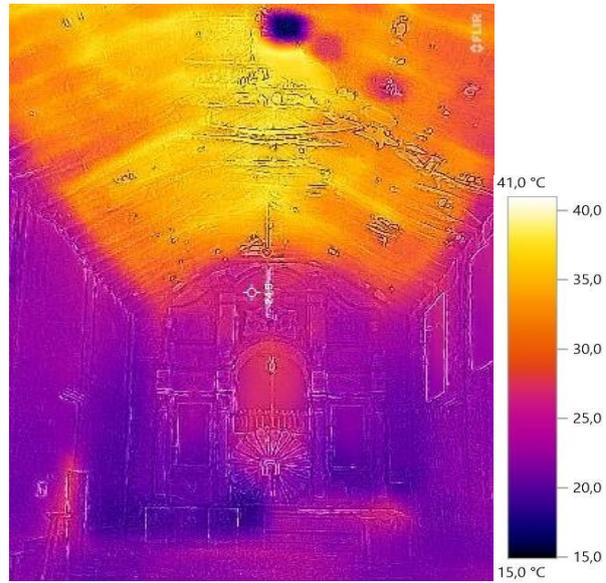
- **Por lesiones estructurales:** a observación simple se puede observar que la dimensión estructural de los muros es de forma variable, característica que es propia de la capilla, aunque con el paso del tiempo y deterioro de la estructura las dimensiones de los muros se han visto afectados, para conocer más acerca de su comportamiento estructural se realizará un análisis de toda la

estructura.

4.1.2. ENSAYO N°02

Figura 15

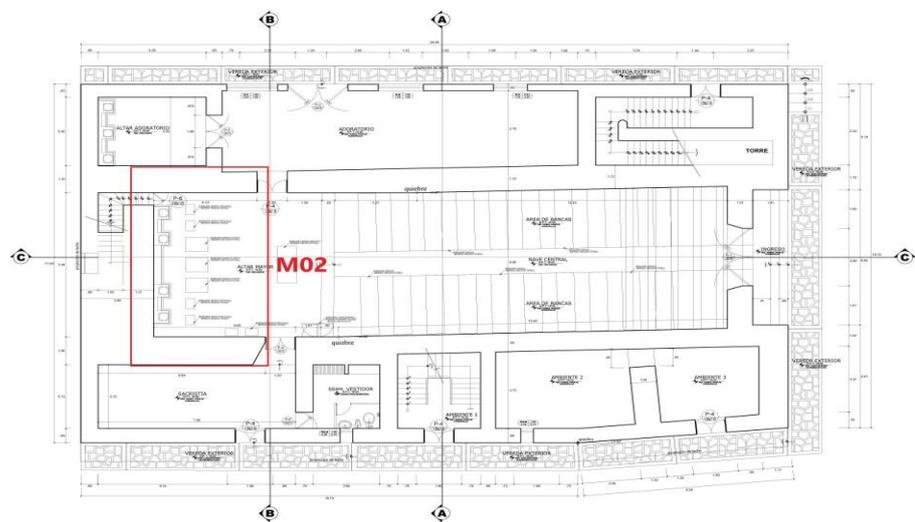
Toma termográfica 02



Nota. Imagen termográfica de objeto de estudio, con rangos de temperatura.

Figura 16

Identificación de elemento en planimetría



Nota. Adaptado de Dirección Desconcentrada de Huánuco (2023)

Tabla 3

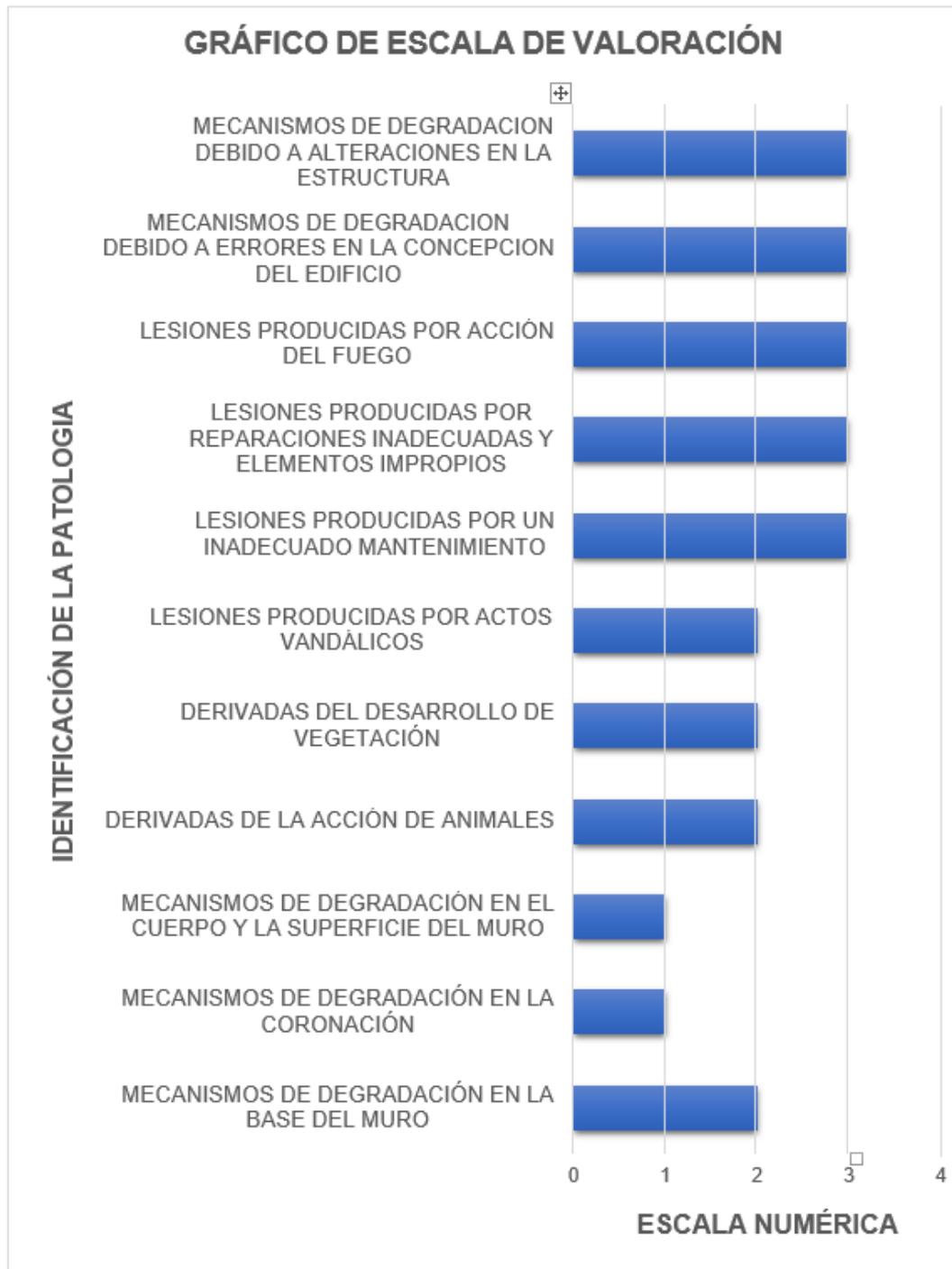
Escala de valoración 02

TIPO DE LESIÓN	IDENTIFICACIÓN DE LA PATOLOGÍA	ESCALA				
		5 (muy buena)	4 (buena)	3 (normal)	2 (mala)	1 (muy mala)
LESIÓN POR AGENTES ATMOSFÉRICOS	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN LA BASE DEL MURO				X	
	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN LA CORONACIÓN					X
	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN EL CUERPO Y LA SUPERFICIE DEL MURO					X
LESIÓN POR CAUSAS BIOLÓGICAS	DERIVADAS DE LA ACCIÓN DE ANIMALES				X	
	DERIVADAS DEL DESARROLLO DE VEGETACIÓN				X	
LESIÓN POR CAUSAS ANTROPICAS	LESIONES PRODUCIDAS POR ACTOS VANDÁLICOS				X	
	LESIONES PRODUCIDAS POR UN INADECUADO MANTENIMIENTO			X		
	LESIONES PRODUCIDAS POR REPARACIONES INADECUADAS Y ELEMENTOS IMPROPIOS			X		
	LESIONES PRODUCIDAS POR ACCIÓN DEL FUEGO			X		
	MECANISMOS DE DEGRADACION DEBIDO A ERRORES EN LA CONCEPCION DEL EDIFICIO			X		
LESIONES ESTRUCTURALES	MECANISMOS DE DEGRADACION DEBIDO A ALTERACIONES EN LA ESTRUCTURA			X		

Nota. Valoración numérica de la estructura en función al tipo de lesión.

Figura 17

Interpretación gráfica de escala de valoración 02



Nota. Gráfica de valoración numérica de la estructura en función al tipo de lesión.

INTERPRETACIÓN

A través de la toma visual y termográfica del muro interior que da al altar podemos identificar las siguientes lesiones:

- **Por agentes atmosféricos:** en las tomas fotográficas de temperatura se observa la degradación de la base del muro, coronación y la superficie del muro debido a los cambios drásticos de temperatura durante periodos prolongados de lluvia y/o calor, esto provoca a corto, mediano y largo plazo el deterioro exponencial de la estructura del patrimonio, lo cual se puede observar en los tonos de azul presencial de humedad alta.

- **Por causas biológicas:** se tiene la presencia de animales en el interior de la capilla, en este caso palomas, puede causar daños a los muros de la misma. Los excrementos de las palomas son ácidos y pueden corroer los materiales de construcción, como la piedra, el ladrillo o el yeso. Además, las palomas pueden anidar en los muros, lo que puede causar grietas y desprendimientos. Los daños causados por las palomas pueden afectar al estado general de los muros, lo que puede conllevar al deterioro del acabado en los mismos.

- **Por causas antrópicas:** no se ha contado con un adecuado mantenimiento a través de los años. En el caso de la Capilla Señor de Huayopampa, el deterioro que presenta es consecuencia de la falta de mantenimiento durante muchos años. Este deterioro puede tener consecuencias graves, como el colapso de la estructura o la pérdida de elementos históricos.

- **Por lesiones estructurales:** a observación simple se puede observar que la dimensión estructural de los muros es de forma variable, característica que es propia de la capilla, aunque con el paso del tiempo y deterioro de la estructura las dimensiones de los muros se han visto afectados, para conocer más acerca de su comportamiento estructural se realizará un análisis de toda la estructura.

Tabla 4

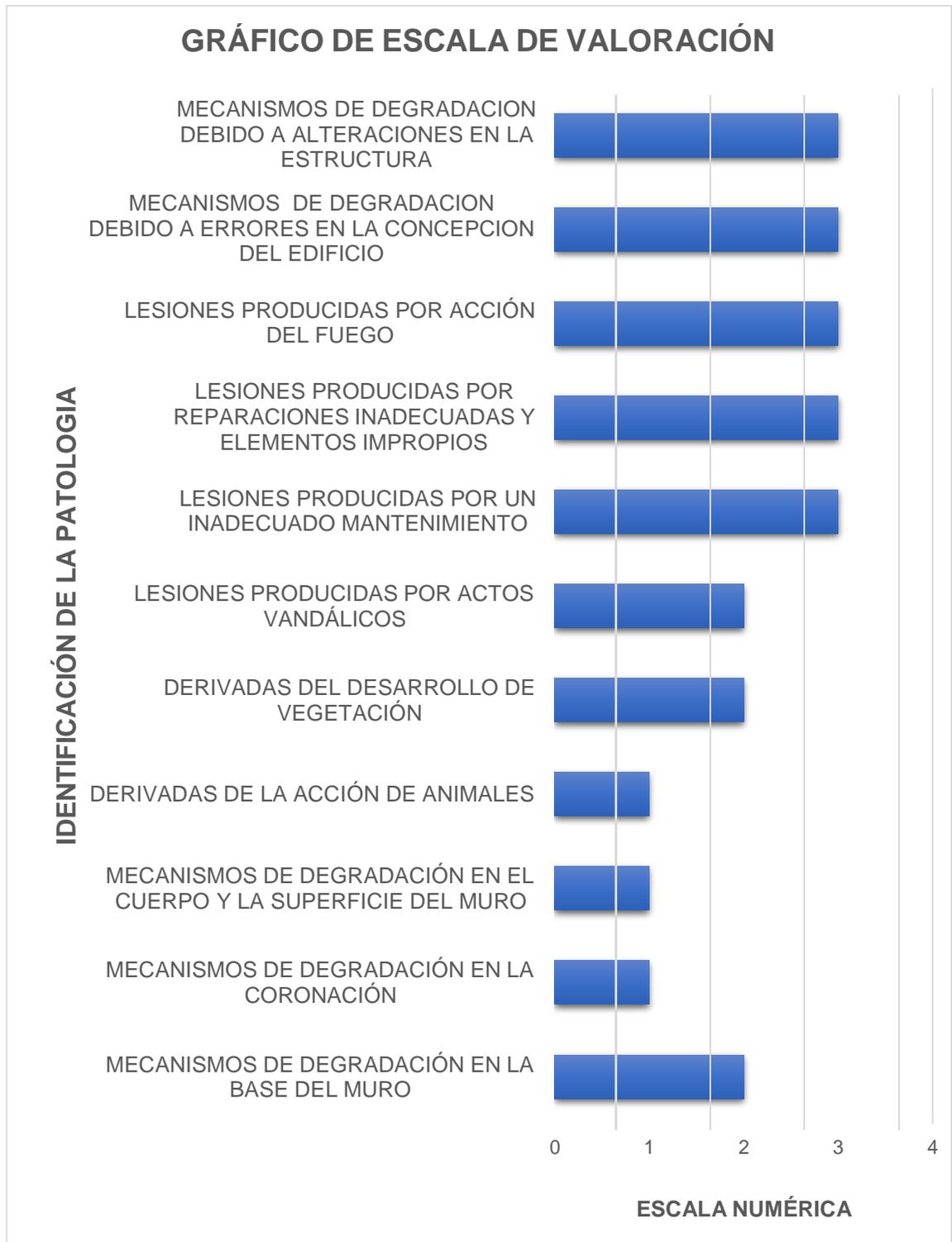
Escala de valoración 03

TIPO DE LESIÓN	IDENTIFICACIÓN DE LA PATOLOGÍA	ESCALA				
		5 (muy buena)	4 (buena)	3 (normal)	2 (mala)	1 (muy mala)
LESIÓN POR AGENTES ATMOSFÉRICOS	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN LA BASE DEL MURO				X	
	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN LA CORONACIÓN					X
	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN EL CUERPO Y LA SUPERFICIE DEL MURO					X
LESIÓN POR CAUSAS BIOLÓGICAS	DERIVADAS DE LA ACCIÓN DE ANIMALES					X
	DERIVADAS DEL DESARROLLO DE VEGETACIÓN				X	
LESIÓN POR CAUSAS ANTROPICAS	LESIONES PRODUCIDAS POR ACTOS VANDÁLICOS				X	
	LESIONES PRODUCIDAS POR UN INADECUADO MANTENIMIENTO			X		
	LESIONES PRODUCIDAS POR REPARACIONES INADECUADAS Y ELEMENTOS IMPROPIOS			X		
	LESIONES PRODUCIDAS POR ACCIÓN DEL FUEGO			X		
LESIONES ESTRUCTURALES	MECANISMOS DE DEGRADACION DEBIDO A ERRORES EN LA CONCEPCION DEL EDIFICIO			X		
	MECANISMOS DE DEGRADACION DEBIDO A ALTERACIONES EN LA ESTRUCTURA			X		

Nota. Valoración numérica de la estructura en función al tipo de lesión.

Figura 20

Interpretación gráfica de escala de valoración 03



Nota. Gráfica de valoración numérica de la estructura en función al tipo de lesión.

INTERPRETACIÓN

A través de la toma visual y termográfica del muro interior podemos identificar las siguientes lesiones:

- **Por agentes atmosféricos:** en las tomas fotográficas de temperatura se observa la degradación de la base del muro, coronación y la superficie del muro debido a los cambios drásticos de temperatura durante periodos prolongados de lluvia y/o calor, esto provoca a corto, mediano y largo plazo el deterioro exponencial de la estructura del patrimonio, lo cual se puede observar en los tonos de azul presencial de humedad alta (parte específica en el muro por donde ingresa la humedad cuando llueve).

- **Por causas biológicas:** se tiene la presencia de animales en el interior de la capilla, en este caso palomas, puede causar daños a los muros de la misma. Los excrementos de las palomas son ácidos y pueden corroer los materiales de construcción, como la piedra, el ladrillo o el yeso. Además, las palomas pueden anidar en los muros, lo que puede causar grietas y desprendimientos. Los daños causados por las palomas pueden afectar al estado general de los muros, lo que puede conllevar al deterioro del acabado en los mismos.

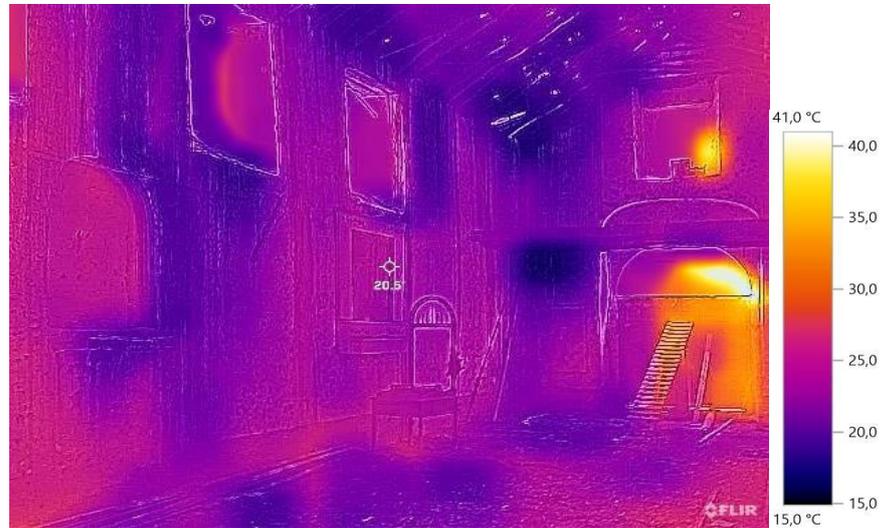
- **Por causas antrópicas:** no se ha contado con un adecuado mantenimiento a través de los años. En el caso de la Capilla Señor de Huayopampa, el deterioro que presenta es consecuencia de la falta de mantenimiento durante muchos años. Este deterioro puede tener consecuencias graves, como el colapso de la estructura o la pérdida de elementos históricos.

- **Por lesiones estructurales:** a observación simple se puede observar que la dimensión estructural de los muros es de forma variable, característica que es propia de la capilla, aunque con el paso del tiempo y deterioro de la estructura las dimensiones de los muros se han visto afectados, para conocer más acerca de su comportamiento estructural se realizará un análisis de toda la estructura.

4.1.4. ENSAYO N°04

Figura 21

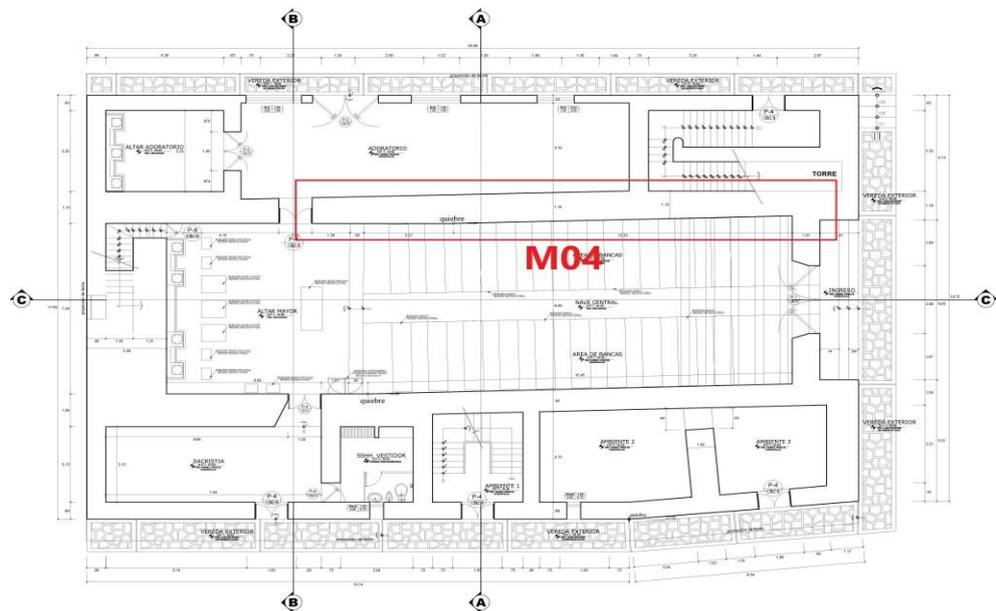
Toma termográfica 04



Nota. Imagen termográfica de objeto de estudio, con rangos de temperatura.

Figura 22

Identificación de elemento en planimetría



Nota. Adaptado de Dirección Desconcentrada de Huánuco (2023)

Tabla 5

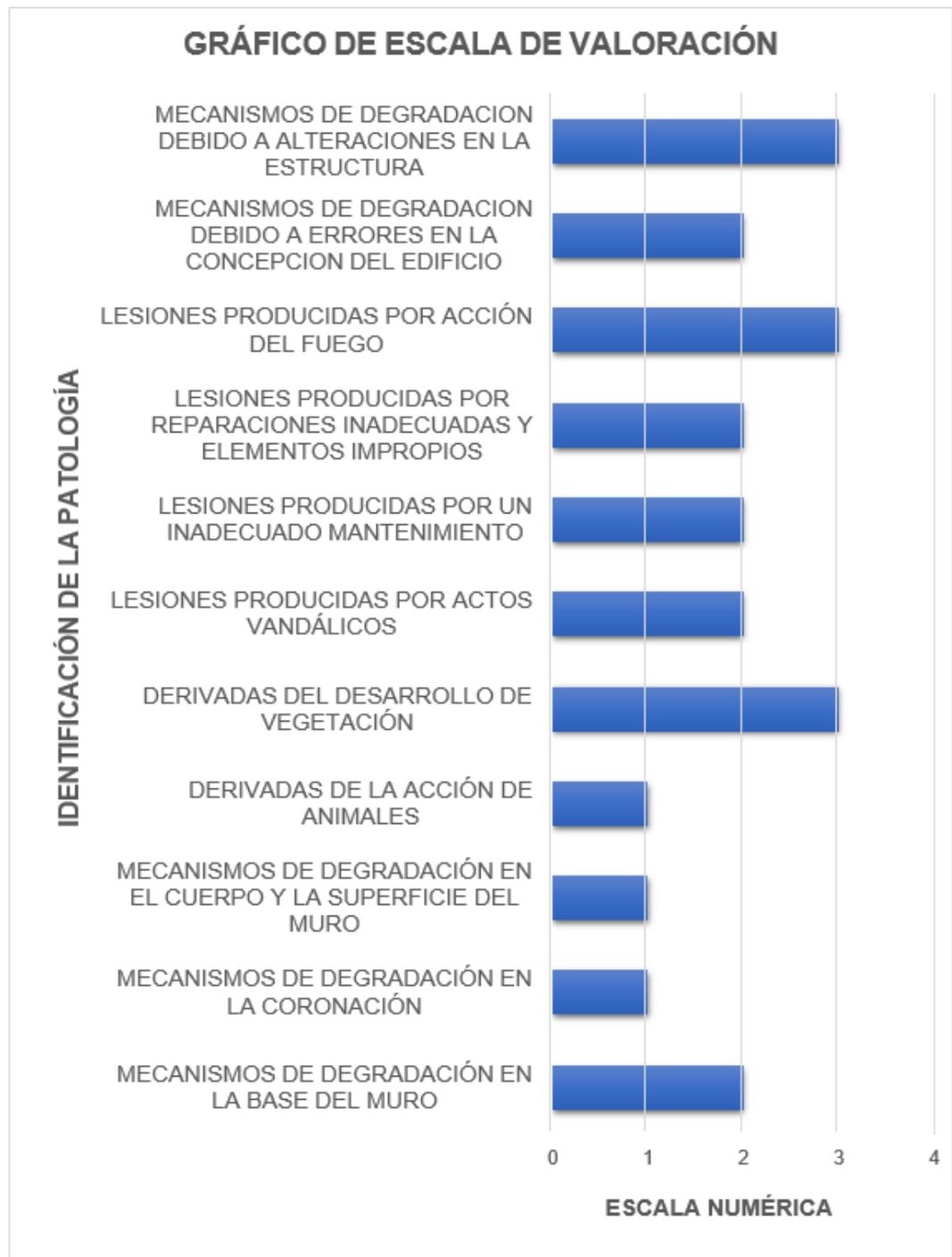
Escala de valoración 04

TIPO DE LESIÓN	IDENTIFICACIÓN DE LA PATOLOGÍA	ESCALA				
		5 (muy buena)	4 (buena)	3 (normal)	2 (mala)	1 (muy mala)
LESIÓN POR AGENTES ATMOSFÉRICOS	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN LA BASE DEL MURO				X	
	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN LA CORONACIÓN					X
	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN EL CUERPO Y LA SUPERFICIE DEL MURO					X
LESIÓN POR CAUSAS BIOLÓGICAS	DERIVADAS DE LA ACCIÓN DE ANIMALES					X
	DERIVADAS DEL DESARROLLO DE VEGETACIÓN			X		
LESIÓN POR CAUSAS ANTROPICAS	LESIONES PRODUCIDAS POR ACTOS VANDÁLICOS				X	
	LESIONES PRODUCIDAS POR UN INADECUADO MANTENIMIENTO				X	
	LESIONES PRODUCIDAS POR REPARACIONES INADECUADAS Y ELEMENTOS IMPROPIOS				X	
	LESIONES PRODUCIDAS POR ACCIÓN DEL FUEGO			X		
LESIONES ESTRUCTURALES	MECANISMOS DE DEGRADACION DEBIDO A ERRORES EN LA CONCEPCION DEL EDIFICIO				X	
	MECANISMOS DE DEGRADACION DEBIDO A ALTERACIONES EN LA ESTRUCTURA			X		

Nota. Valoración numérica de la estructura en función al tipo de lesión.

Figura 23

Interpretación gráfica de escala de valoración 04



Nota. Gráfica de valoración numérica de la estructura en función al tipo de lesión.

INTERPRETACIÓN

A través de la toma visual y termográfica del muro interior podemos identificar las siguientes lesiones:

- **Por agentes atmosféricos:** en las tomas fotográficas de temperatura se observa la degradación de la base del muro, coronación y la superficie del muro debido a los cambios drásticos de temperatura durante periodos prolongados de lluvia y/o calor, esto provoca a corto, mediano y largo plazo el deterioro exponencial de la estructura del patrimonio, lo cual se puede observar en los tonos de azul presencial de humedad alta (parte específica en el muro por donde ingresa la humedad cuando llueve)

- **Por causas biológicas:** se tiene la presencia de animales en el interior de la capilla, en este caso palomas, puede causar daños a los muros de la misma. Los excrementos de las palomas son ácidos y pueden corroer los materiales de construcción, como la piedra, el ladrillo o el yeso. Además, las palomas pueden anidar en los muros, lo que puede causar grietas y desprendimientos. Los daños causados por las palomas pueden afectar al estado general de los muros, lo que puede conllevar al deterioro del acabado en los mismos.

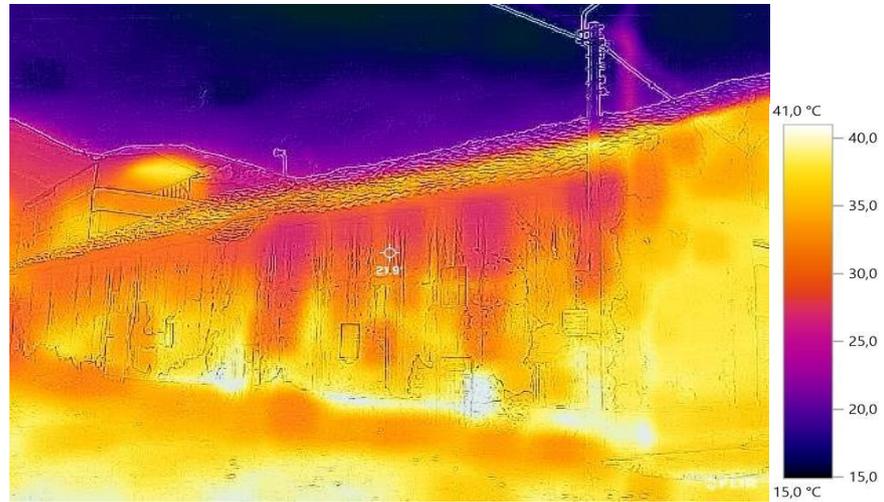
- **Por causas antrópicas:** no se ha contado con un adecuado mantenimiento a través de los años. En el caso de la Capilla Señor de Huayopampa, el deterioro que presenta es consecuencia de la falta de mantenimiento durante muchos años. Este deterioro puede tener consecuencias graves, como el colapso de la estructura o la pérdida de elementos históricos.

- **Por lesiones estructurales:** a observación simple se puede observar que la dimensión estructural de los muros es de forma variable, característica que es propia de la capilla, aunque con el paso del tiempo y deterioro de la estructura las dimensiones de los muros se han visto afectados, para conocer más acerca de su comportamiento estructural se realizará un análisis de toda la estructura.

4.1.5. ENSAYO N°05

Figura 24

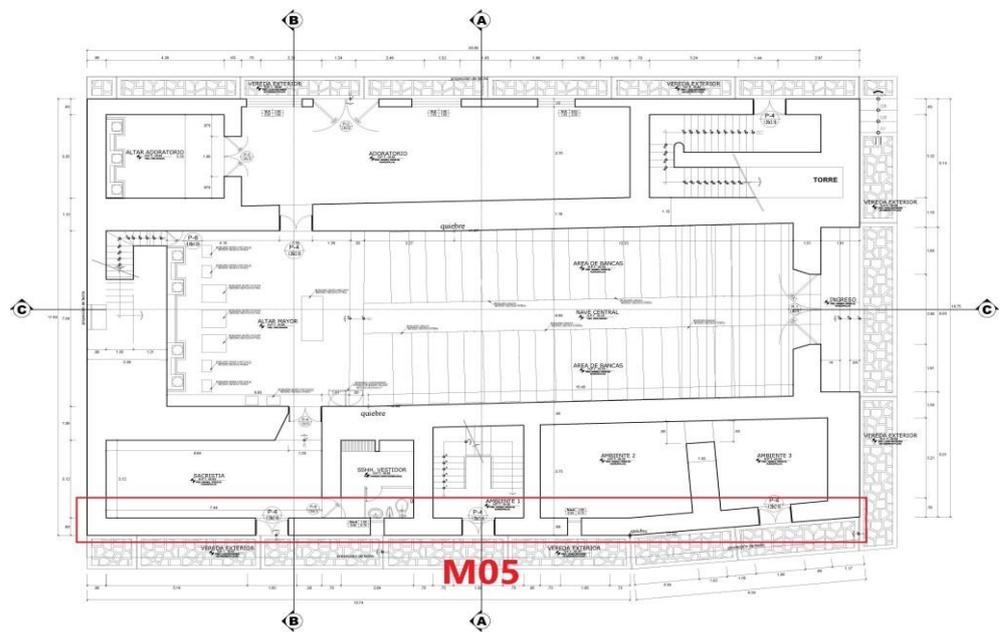
Toma termográfica 05



Nota. Imagen termográfica de objeto de estudio, con rangos de temperatura.

Figura 25

Identificación de elemento en planimetría



Nota. Adaptado de Dirección Desconcentrada de Huánuco (2023)

Tabla 6

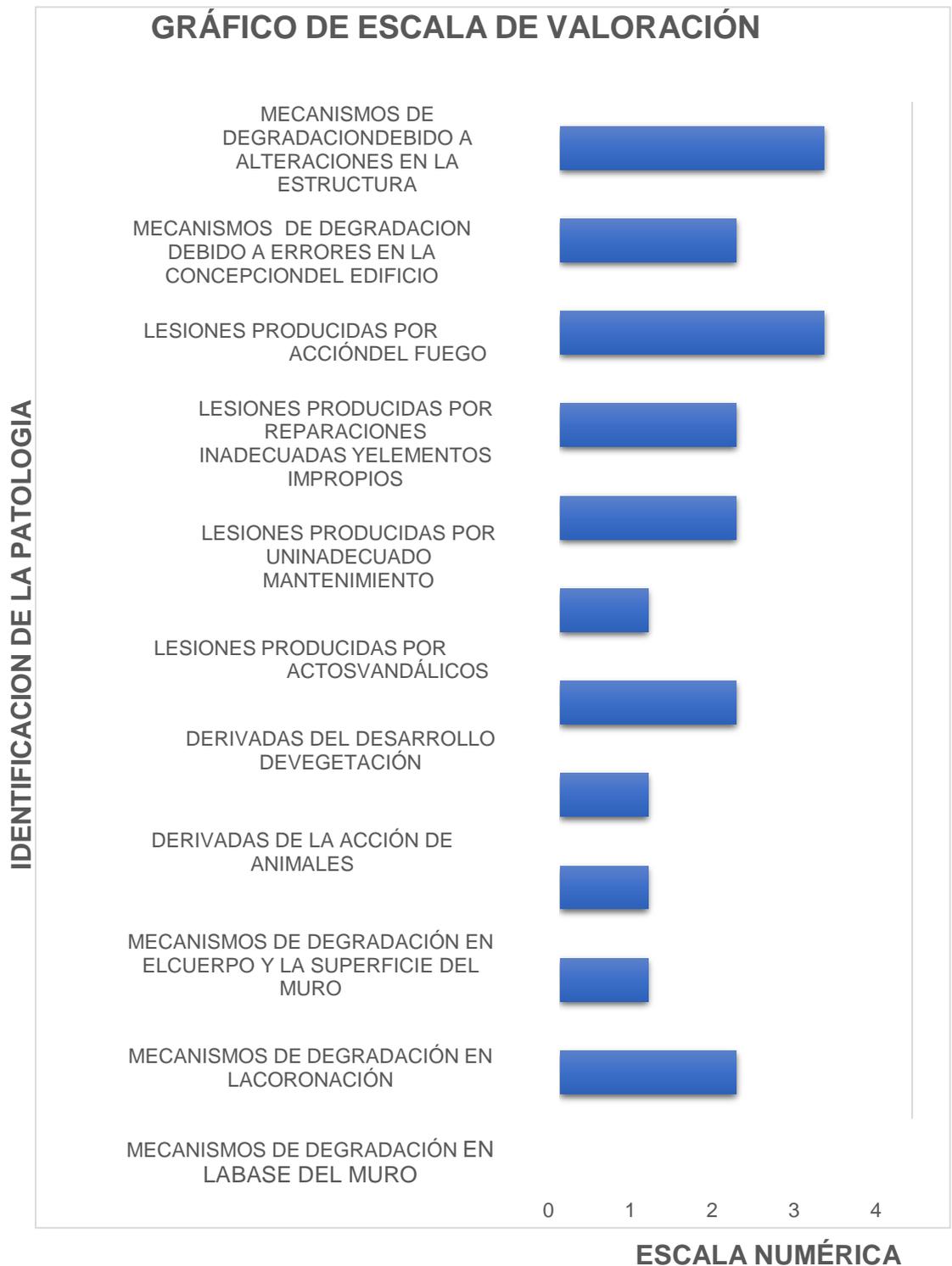
Escala de valoración 05

TIPO DE LESIÓN	IDENTIFICACIÓN DE LA PATOLOGÍA	ESCALA				
		5 (muy buena)	4 (buena)	3 (normal)	2 (mala)	1 (muy mala)
LESIÓN POR AGENTES ATMOSFÉRICOS	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN LA BASE DEL MURO				X	
	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN LA CORONACIÓN					X
	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN EL CUERPO Y LA SUPERFICIE DEL MURO					X
LESIÓN POR CAUSAS BIOLÓGICAS	DERIVADAS DE LA ACCIÓN DE ANIMALES					X
	DERIVADAS DEL DESARROLLO DE VEGETACIÓN				X	
LESIÓN POR CAUSAS ANTROPICAS	LESIONES PRODUCIDAS POR ACTOS VANDÁLICOS					X
	LESIONES PRODUCIDAS POR UN INADECUADO MANTENIMIENTO				X	
	LESIONES PRODUCIDAS POR REPARACIONES INADECUADAS Y ELEMENTOS IMPROPIOS				X	
	LESIONES PRODUCIDAS POR ACCIÓN DEL FUEGO			X		
LESIONES ESTRUCTURALES	MECANISMOS DE DEGRADACION DEBIDO A ERRORES EN LA CONCEPCION DEL EDIFICIO				X	
	MECANISMOS DE DEGRADACION DEBIDO A ALTERACIONES EN LA ESTRUCTURA			X		

Nota. Valoración numérica de la estructura en función al tipo de lesión.

Figura 26

Interpretación gráfica de escala de valoración 05



Nota. Gráfica de valoración numérica de la estructura en función al tipo de lesión.

INTERPRETACIÓN

A través de la toma visual y termográfica del muro exterior podemos identificar las siguientes lesiones:

- **Por agentes atmosféricos:** en las tomas fotográficas de temperatura se observa la degradación de la base del muro, coronación y la superficie del muro debido a los cambios drásticos de temperatura durante periodos prolongados de lluvia y/o calor, esto provoca a corto, mediano y largo plazo el deterioro exponencial de la estructura del patrimonio, lo cual se puede observar en los tonos de azul presencial de humedad alta (parte específica en el muro por donde ingresa la humedad cuando llueve), en cuanto a los tonos de color amarillo y anaranjado es producto de la absorción de calor durante el día del muro.

- **Por causas biológicas:** se tiene la presencia de animales en el interior de la capilla, en este caso palomas, puede causar daños a los muros de la misma. Los excrementos de las palomas son ácidos y pueden corroer los materiales de construcción, como la piedra, el ladrillo o el yeso. Además, las palomas pueden anidar en los muros, lo que puede causar grietas y desprendimientos. Los daños causados por las palomas pueden afectar al estado general de los muros, lo que puede conllevar al deterioro del acabado en los mismos.

- **Por causas antrópicas:** no se ha contado con un adecuado mantenimiento a través de los años. En el caso de la Capilla Señor de Huayopampa, el deterioro que presenta es consecuencia de la falta de mantenimiento durante muchos años. Este deterioro puede tener consecuencias graves, como el colapso de la estructura o la pérdida de elementos históricos.

- **Por lesiones estructurales:** a observación simple se puede observar que la dimensión estructural de los muros es de forma variable, característica que es propia de la capilla, aunque con el paso del tiempo y deterioro de la estructura las dimensiones de los muros se han visto afectados, para conocer más acerca de su

comportamiento estructural se realizará un análisis de toda la estructura.

4.1.6. ENSAYO N°06

Figura 27

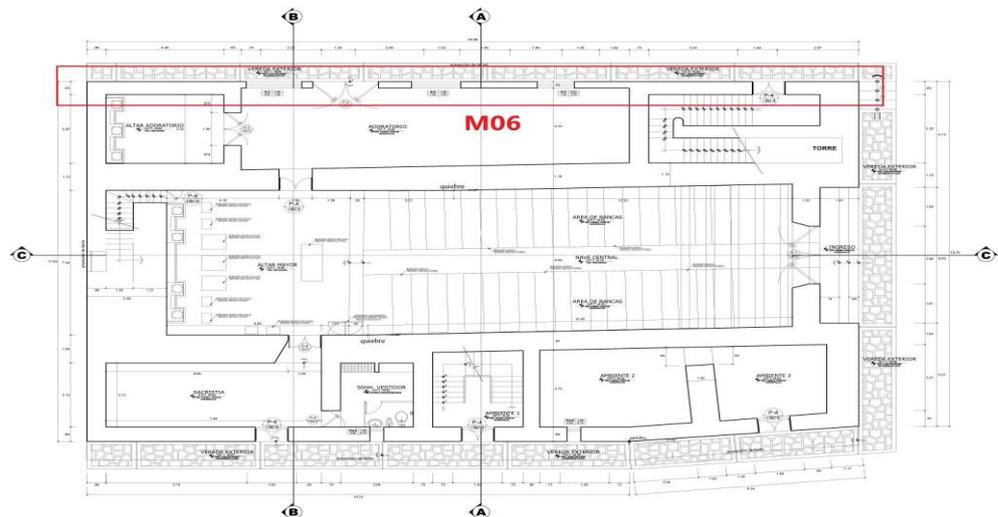
Toma termográfica 06



Nota. Imagen termográfica de objeto de estudio, con rangos de temperatura.

Figura 28

Identificación de elemento en planimetría



Nota. Adaptado de Dirección Desconcentrada de Huánuco (2023)

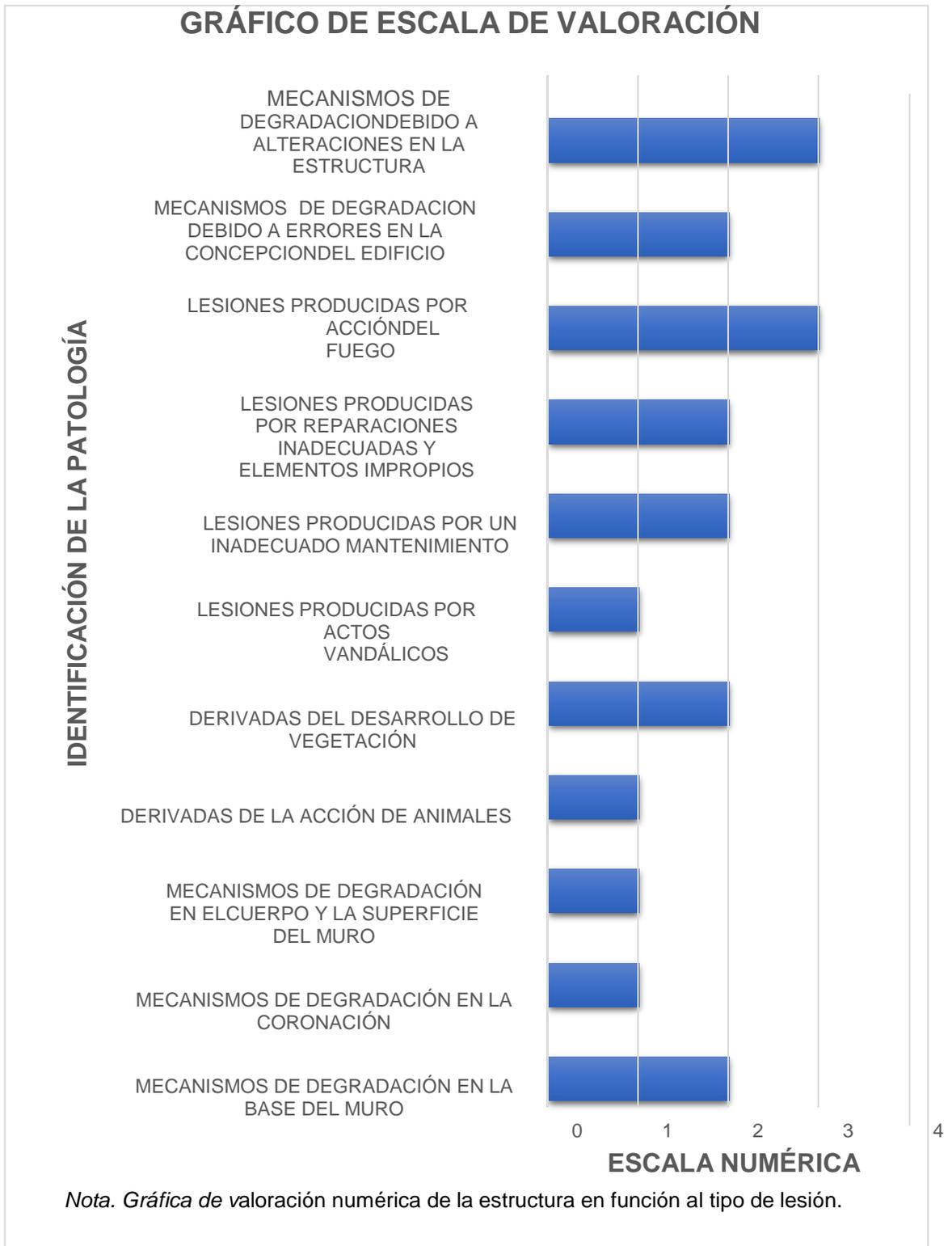
Tabla 7

Escala de valoración 06

TIPO DE LESIÓN	IDENTIFICACIÓN DE LA PATOLOGÍA	ESCALA				
		5 (muy buena)	4 (buena)	3 (normal)	2 (mala)	1 (muy mala)
LESIÓN POR AGENTES ATMOSFÉRICOS	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN LA BASE DEL MURO				X	
	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN LA CORONACIÓN					X
	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN EL CUERPO Y LA SUPERFICIE DEL MURO					X
LESIÓN POR CAUSAS BIOLÓGICAS	DERIVADAS DE LA ACCIÓN DE ANIMALES					X
	DERIVADAS DEL DESARROLLO DE VEGETACIÓN				X	
LESIÓN POR CAUSAS ANTROPICAS	LESIONES PRODUCIDAS POR ACTOS VANDÁLICOS					X
	LESIONES PRODUCIDAS POR UN INADECUADO MANTENIMIENTO				X	
	LESIONES PRODUCIDAS POR REPARACIONES INADECUADAS Y ELEMENTOS IMPROPIOS				X	
	LESIONES PRODUCIDAS POR ACCIÓN DEL FUEGO			X		
	MECANISMOS DE DEGRADACION DEBIDO A ERRORES EN LA CONCEPCION DEL EDIFICIO				X	
LESIONES ESTRUCTURALES	MECANISMOS DE DEGRADACION DEBIDO A ALTERACIONES EN LA ESTRUCTURA			X		

Nota. Valoración numérica de la estructura en función al tipo de lesión.

Figura 29
Interpretación gráfica de escala de valoración 06



INTERPRETACIÓN

A través de la toma visual y termográfica del muro exterior podemos identificar las siguientes lesiones:

- **Por agentes atmosféricos:** en las tomas fotográficas de temperatura se observa la degradación de la base del muro, coronación y la superficie del muro debido a los cambios drásticos de temperatura durante periodos prolongados de lluvia y/o calor, esto provoca a corto, mediano y largo plazo el deterioro exponencial de la estructura del patrimonio, lo cual se puede observar en los tonos de azul presencial de humedad alta (parte específica en el muro por donde ingresa la humedad cuando llueve), en cuanto a los tonos de color amarillo y anaranjado es producto de la absorción de calor durante el día del muro.

- **Por causas biológicas:** se tiene la presencia de animales en el interior de la capilla, en este caso palomas, puede causar daños a los muros de la misma. Los excrementos de las palomas son ácidos y pueden corroer los materiales de construcción, como la piedra, el ladrillo o el yeso. Además, las palomas pueden anidar en los muros, lo que puede causar grietas y desprendimientos. Los daños causados por las palomas pueden afectar al estado general de los muros, lo que puede conllevar al deterioro del acabado en los mismos.

- **Por causas antrópicas:** no se ha contado con un adecuado mantenimiento a través de los años. En el caso de la Capilla Señor de Huayopampa, el deterioro que presenta es consecuencia de la falta de mantenimiento durante muchos años. Este deterioro puede tener consecuencias graves, como el colapso de la estructura o la pérdida de elementos históricos.

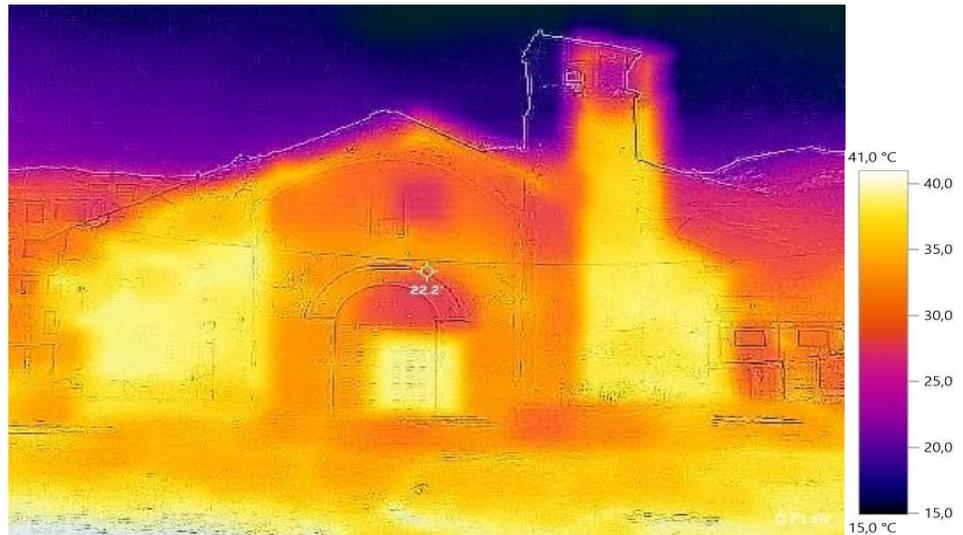
- **Por lesiones estructurales:** a observación simple se puede observar que la dimensión estructural de los muros es de forma variable, característica que es propia de la capilla, aunque con el paso del tiempo y deterioro de la estructura las dimensiones de los muros se han visto afectados, para conocer más acerca de su

comportamiento estructural se realizará un análisis de toda la estructura.

4.1.7. ENSAYO N°07

Figura 30

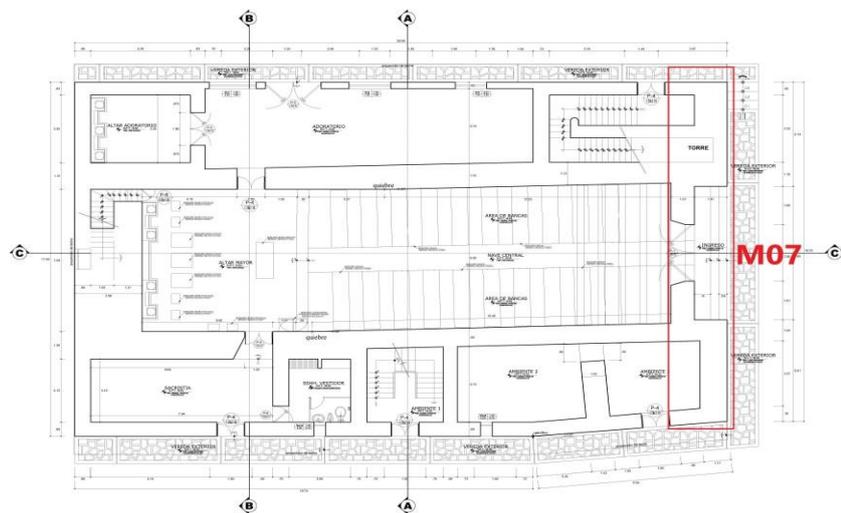
Toma termográfica 07



Nota. Imagen termográfica de objeto de estudio, con rangos de temperatura.

Figura 31

Identificación de elemento en planimetría



Nota. Adaptado de Dirección Desconcentrada de Huánuco (2023)

Tabla 8

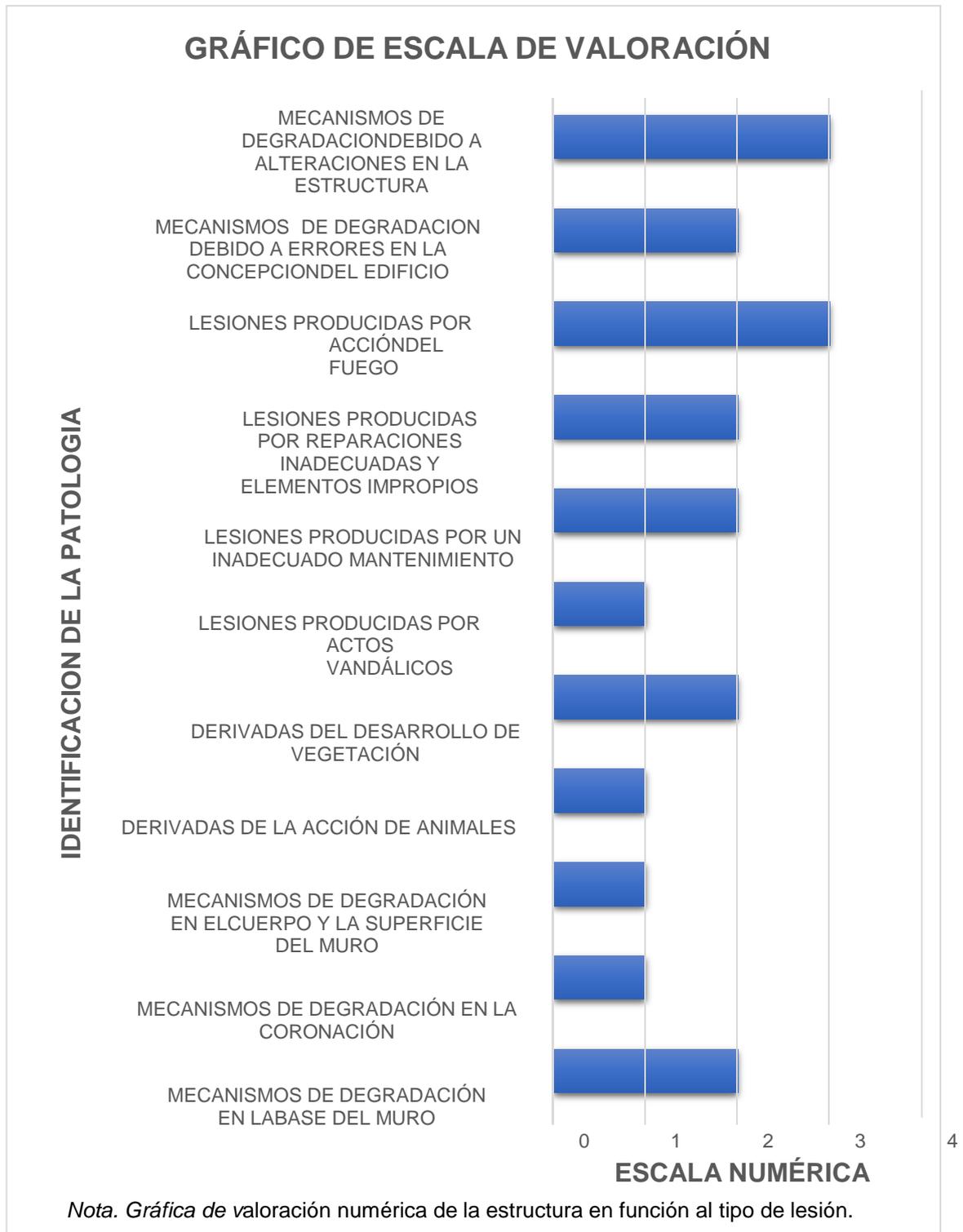
Escala de valoración 07

TIPO DE LESIÓN	IDENTIFICACIÓN DE LA PATOLOGÍA	ESCALA				
		5 (muy buena)	4 (buena)	3 (normal)	2 (mala)	1 (muy mala)
LESIÓN POR AGENTES ATMOSFÉRICOS	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN LA BASE DEL MURO				X	
	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN LA CORONACIÓN					X
	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN EL CUERPO Y LA SUPERFICIE DEL MURO					X
LESIÓN POR CAUSAS BIOLÓGICAS	DERIVADAS DE LA ACCIÓN DE ANIMALES					X
	DERIVADAS DEL DESARROLLO DE VEGETACIÓN				X	
LESIÓN POR CAUSAS ANTROPICAS	LESIONES PRODUCIDAS POR ACTOS VANDÁLICOS					X
	LESIONES PRODUCIDAS POR UN INADECUADO MANTENIMIENTO				X	
	LESIONES PRODUCIDAS POR REPARACIONES INADECUADAS Y ELEMENTOS IMPROPIOS				X	
	LESIONES PRODUCIDAS POR ACCIÓN DEL FUEGO			X		
LESIONES ESTRUCTURALES	MECANISMOS DE DEGRADACION DEBIDO A ERRORES EN LA CONCEPCION DEL EDIFICIO				X	
	MECANISMOS DE DEGRADACION DEBIDO A ALTERACIONES EN LA ESTRUCTURA			X		

Nota. Valoración numérica de la estructura en función al tipo de lesión.

Figura 32

Interpretación gráfica de escala de valoración 07



INTERPRETACIÓN

A través de la toma visual y termográfica del muro exterior podemos identificar las siguientes lesiones:

- **Por agentes atmosféricos:** en las tomas fotográficas de temperatura se observa la degradación de la base del muro, coronación y la superficie del muro debido a los cambios drásticos de temperatura durante periodos prolongados de lluvia y/o calor, esto provoca a corto, mediano y largo plazo el deterioro exponencial de la estructura del patrimonio, lo cual se puede observar en los tonos de azul presencial de humedad alta (parte específica en el muro por donde ingresa la humedad cuando llueve), en cuanto a los tonos de color amarillo y anaranjado es producto de la absorción de calor durante el día del muro.

- **Por causas biológicas:** se tiene la presencia de animales en el interior de la capilla, en este caso palomas, puede causar daños a los muros de la misma. Los excrementos de las palomas son ácidos y pueden corroer los materiales de construcción, como la piedra, el ladrillo o el yeso. Además, las palomas pueden anidar en los muros, lo que puede causar grietas y desprendimientos. Los daños causados por las palomas pueden afectar al estado general de los muros, lo que puede conllevar al deterioro del acabado en los mismos.

- **Por causas antrópicas:** no se ha contado con un adecuado mantenimiento a través de los años. En el caso de la Capilla Señor de Huayopampa, el deterioro que presenta es consecuencia de la falta de mantenimiento durante muchos años. Este deterioro puede tener consecuencias graves, como el colapso de la estructura o la pérdida de elementos históricos.

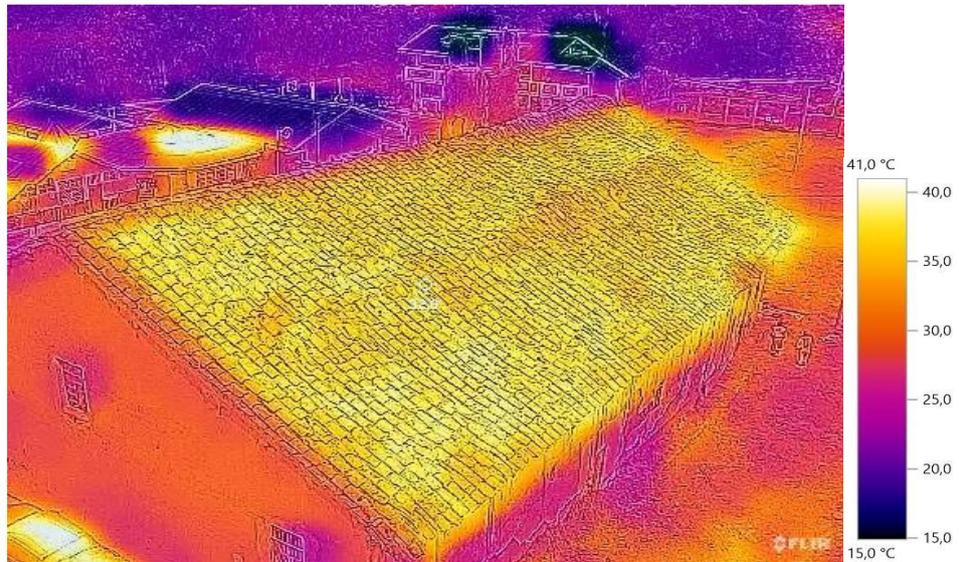
- **Por lesiones estructurales:** a observación simple se puede observar que la dimensión estructural de los muros es de forma variable, característica que es propia de la capilla, aunque con el paso del tiempo y deterioro de la estructura las dimensiones de los muros se han visto afectados, para conocer más acerca de su

comportamiento estructural se realizará un análisis de toda la estructura.

4.1.8. ENSAYO N°08

Figura 33

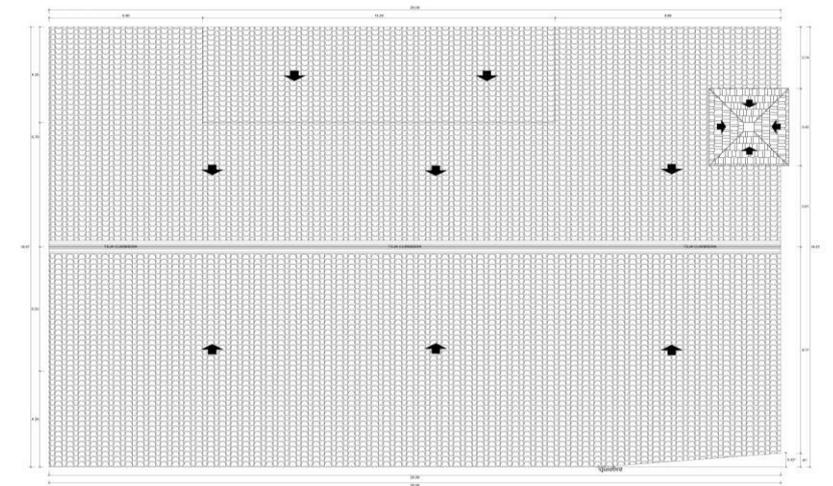
Toma termográfica 08



Nota. Imagen termográfica de objeto de estudio, con rangos de temperatura.

Figura 34

Identificación de elemento en planimetría



Nota. Adaptado de Dirección Desconcentrada de Huánuco (2023)

Tabla 9

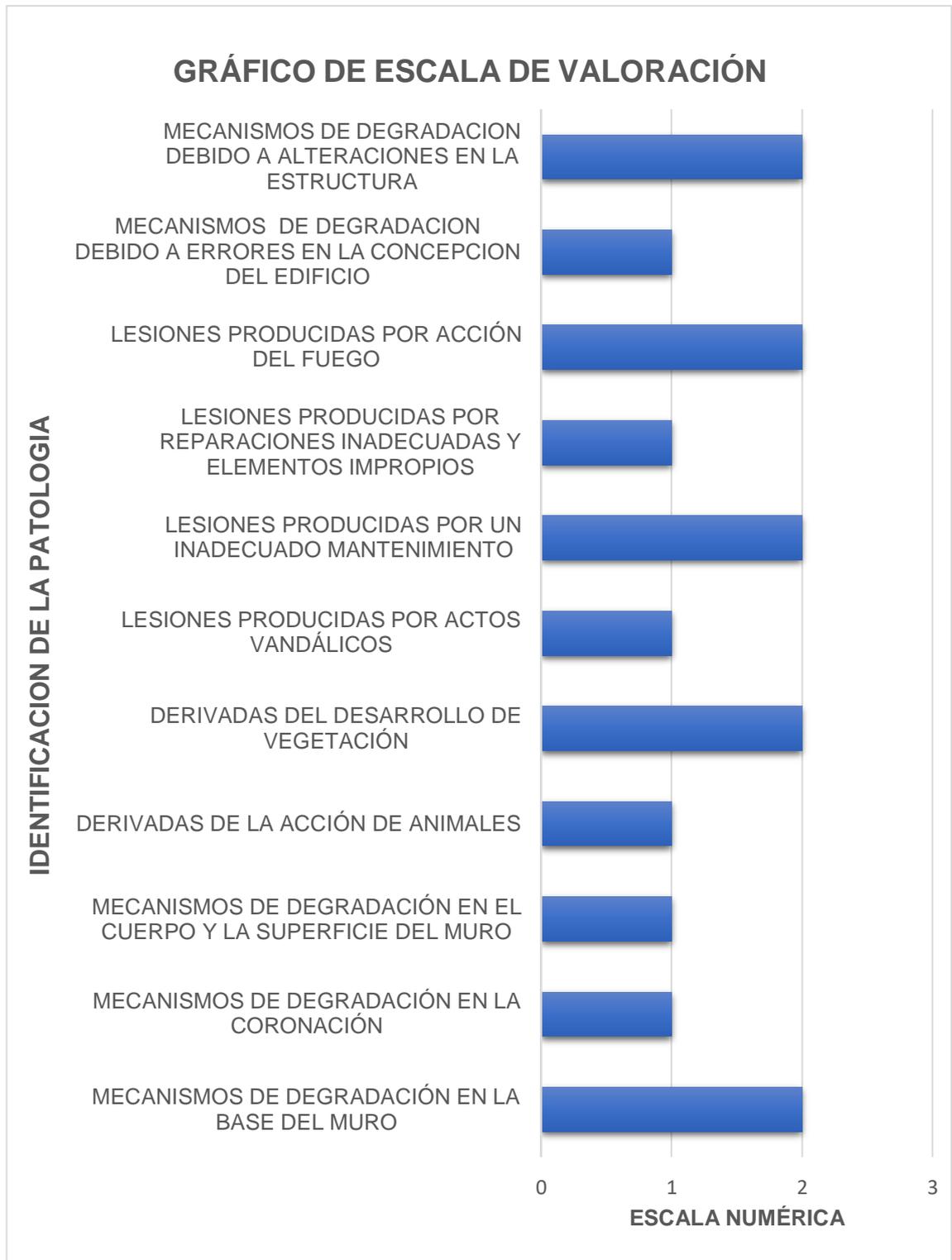
Escala de valoración 08

TIPO DE LESIÓN	IDENTIFICACIÓN DE LA PATOLOGÍA	ESCALA				
		5 (muy buena)	4 (buena)	3 (normal)	2 (mala)	1 (muy mala)
LESIÓN POR AGENTES ATMOSFÉRICOS	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN LA BASE DEL MURO				X	
	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN LA CORONACIÓN					X
	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN EL CUERPO Y LA SUPERFICIE DEL MURO					X
LESIÓN POR CAUSAS BIOLÓGICAS	DERIVADAS DE LA ACCIÓN DE ANIMALES					X
	DERIVADAS DEL DESARROLLO DE VEGETACIÓN				X	
LESIÓN POR CAUSAS ANTROPICAS	LESIONES PRODUCIDAS POR ACTOS VANDÁLICOS					X
	LESIONES PRODUCIDAS POR UN INADECUADO MANTENIMIENTO				X	
	LESIONES PRODUCIDAS POR REPARACIONES INADECUADAS Y ELEMENTOS IMPROPIOS					X
	LESIONES PRODUCIDAS POR ACCIÓN DEL FUEGO				X	
LESIONES ESTRUCTURALES	MECANISMOS DE DEGRADACION DEBIDO A ERRORES EN LA CONCEPCION DEL EDIFICIO					X
	MECANISMOS DE DEGRADACION DEBIDO A ALTERACIONES EN LA ESTRUCTURA				X	

Nota. Valoración numérica de la estructura en función al tipo de lesión.

Figura 35

Interpretación gráfica de escala de valoración 08



Nota. Gráfica de valoración numérica de la estructura en función al tipo de lesión.

INTERPRETACIÓN

A través de la toma visual y termográfica de la cobertura y muros podemos identificar las siguientes lesiones:

- **Por agentes atmosféricos:** en las tomas fotográficas de temperatura se observa la degradación de la base del muro, coronación y la superficie del muro debido a los cambios drásticos de temperatura durante periodos prolongados de lluvia y/o calor, esto provoca a corto, mediano y largo plazo el deterioro exponencial de la estructura del patrimonio, lo cual se puede observar en los tonos de azul presencial de humedad alta (parte específica en el muro por donde ingresa la humedad cuando llueve), en cuanto a los tonos de color amarillo y anaranjado es producto de la absorción de calor durante el día del muro. La cobertura presenta un color intenso amarillo, por el calor absorbido durante el día, además se observa deformaciones en la cobertura que esta es conllevada producto del deterioro de los listones de soporte de la cobertura.

- **Por causas biológicas:** se tiene la presencia de animales en el interior de la capilla, en este caso palomas, puede causar daños a los muros de la misma. Los excrementos de las palomas son ácidos y pueden corroer los materiales de construcción, como la piedra, el ladrillo o el yeso.

- **Por causas antrópicas:** no se ha contado con un adecuado mantenimiento a través de los años. En el caso de la Capilla Señor de Huayopampa, el deterioro que presenta es consecuencia de la falta de mantenimiento durante muchos años. Este deterioro puede tener consecuencias graves, como el colapso de la estructura o la pérdida de elementos históricos.

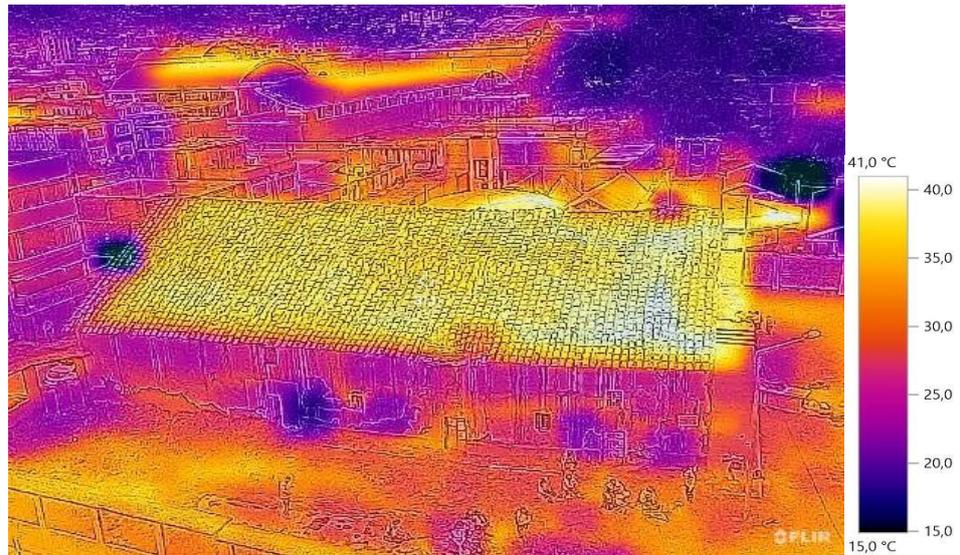
- **Por lesiones estructurales:** a observación simple se puede observar que la dimensión estructural de los muros es de forma variable, característica que es propia de la capilla, aunque con el paso del tiempo y deterioro de la estructura las dimensiones de los muros se han visto afectados, para conocer más acerca de su

comportamiento estructural se realizará un análisis de toda la estructura.

4.1.9. ENSAYO N°09

Figura 36

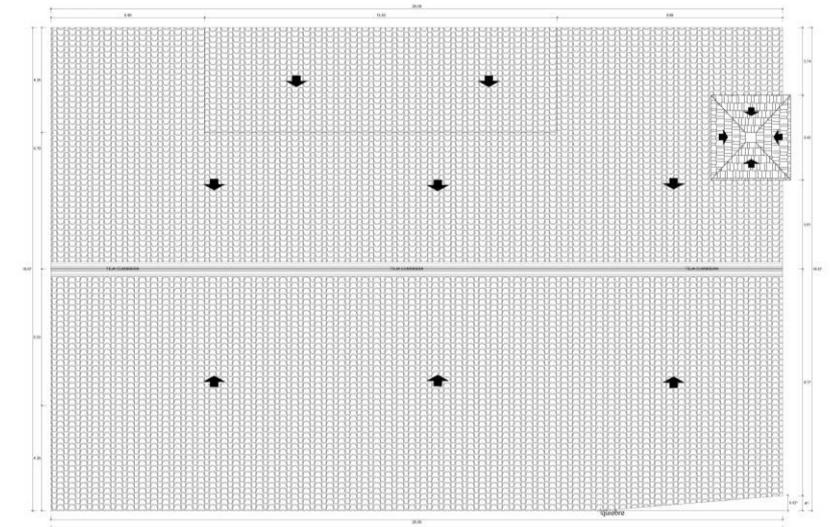
Toma termográfica 09



Nota. Imagen termográfica de objeto de estudio, con rangos de temperatura.

Figura 37

Identificación de elemento en planimetría



Nota. Adaptado de Dirección Desconcentrada de Huánuco (2023)

Tabla 10

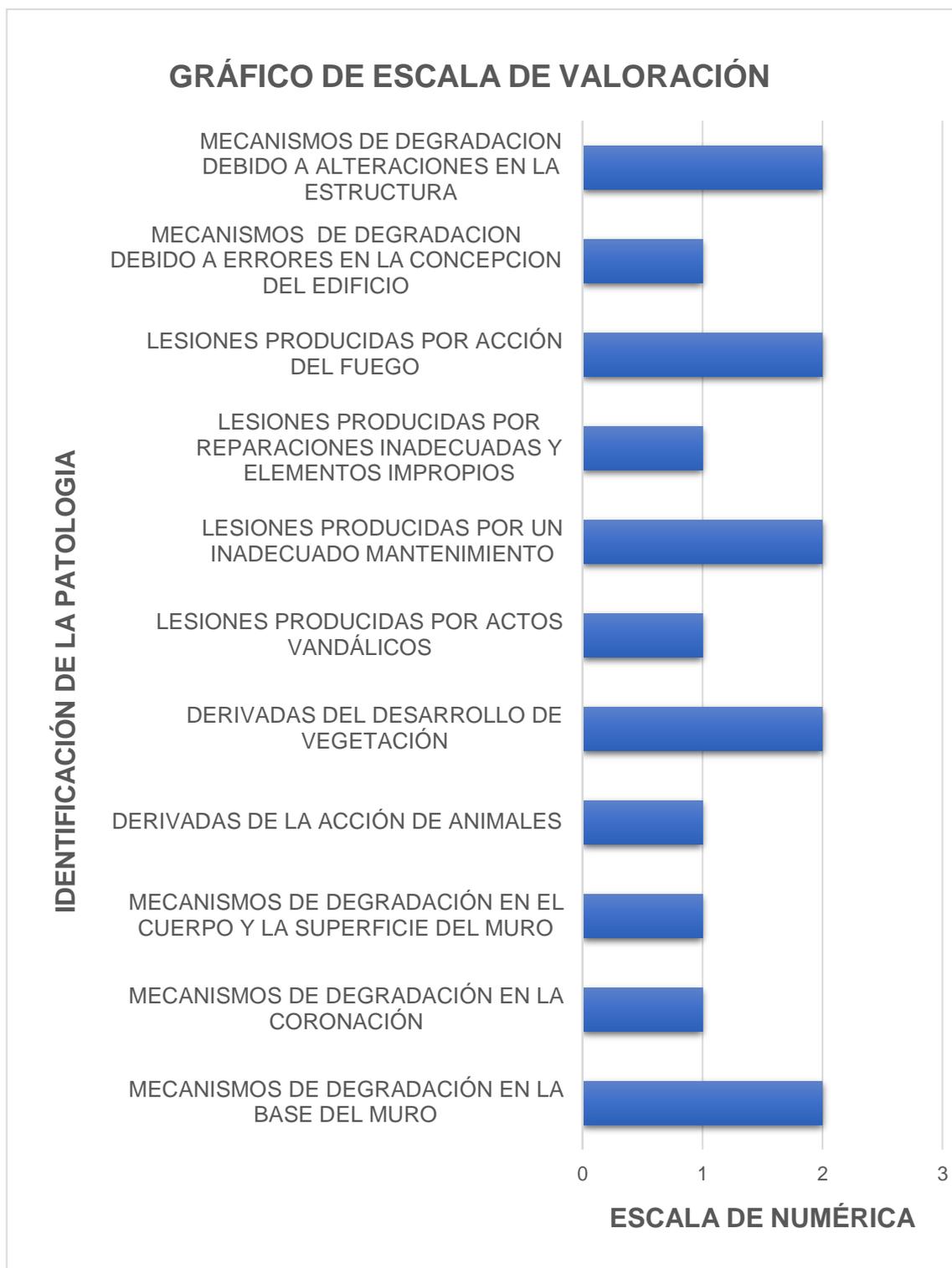
Escala de valoración 09

TIPO DE LESIÓN	IDENTIFICACIÓN DE LA PATOLOGÍA	ESCALA				
		5 (muy buena)	4 (buena)	3 (normal)	2 (mala)	1 (muy mala)
LESIÓN POR AGENTES ATMOSFÉRICOS	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN LA BASE DEL MURO				X	
	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN LA CORONACIÓN					X
	MECANISMOS DE DEGRADACIÓN EN EL CUERPO Y LA SUPERFICIE DEL MURO					X
LESIÓN POR CAUSAS BIOLÓGICAS	DERIVADAS DE LA ACCIÓN DE ANIMALES					X
	DERIVADAS DEL DESARROLLO DE VEGETACIÓN				X	
LESIÓN POR CAUSAS ANTROPICAS	LESIONES PRODUCIDAS POR ACTOS VANDÁLICOS					X
	LESIONES PRODUCIDAS POR UN INADECUADO MANTENIMIENTO				X	
	LESIONES PRODUCIDAS POR REPARACIONES INADECUADAS Y ELEMENTOS IMPROPIOS					X
	LESIONES PRODUCIDAS POR ACCIÓN DEL FUEGO				X	
LESIONES ESTRUCTURALES	MECANISMOS DE DEGRADACION DEBIDO A ERRORES EN LA CONCEPCION DEL EDIFICIO					X
	MECANISMOS DE DEGRADACION DEBIDO A ALTERACIONES EN LA ESTRUCTURA				X	

Nota. Valoración numérica de la estructura en función al tipo de lesión.

Figura 38

Interpretación gráfica de escala de valoración 09



Nota. Gráfica de valoración numérica de la estructura en función al tipo de lesión.

INTERPRETACIÓN

A través de la toma visual y termográfica de la cobertura y muros podemos identificar las siguientes lesiones:

- **Por agentes atmosféricos:** en las tomas fotográficas de temperatura se observa la degradación de la base del muro, coronación y la superficie del muro debido a los cambios drásticos de temperatura durante periodos prolongados de lluvia y/o calor, esto provoca a corto, mediano y largo plazo el deterioro exponencial de la estructura del patrimonio, lo cual se puede observar en los tonos de azul presencial de humedad alta (parte específica en el muro por donde ingresa la humedad cuando llueve), en cuanto a los tonos de color amarillo y anaranjado es producto de la absorción de calor durante el día del muro.

La cobertura presenta un color intenso amarillo, por el calor absorbido durante el día, además se observa deformaciones en la cobertura que esta es conllevada producto del deterioro de los listones de soporte de la cobertura.

- **Por causas biológicas:** se tiene la presencia de animales (palomas) en el interior de la capilla lo que afecta al estado del muro, conllevando al deterioro del acabado en los muros.

- **Por causas antrópicas:** no se ha contado con un adecuado mantenimiento a través de los años. En el caso de la Capilla Señor de Huayopampa, el deterioro que presenta es consecuencia de la falta de mantenimiento durante muchos años. Este deterioro puede tener consecuencias graves, como el colapso de la estructura o la pérdida de elementos históricos.

- **Por lesiones estructurales:** a observación simple se puede observar que la dimensión estructural de los muros es de forma variable, característica que es propia de la capilla, aunque con el paso del tiempo y deterioro de la estructura las dimensiones de los muros se han visto afectados, para conocer más acerca de su

comportamiento estructural se realizará un análisis de toda la estructura.

4.1.10. ANÁLISIS DINÁMICO MODAL

➤ EVALUACIÓN DE CAMPO

Con la finalidad de determinar las características geométricas de la estructura de interés, se realizó una inspección detallada de la situación estructural in situ. La metodología aplicada consistió en el levantamiento de planos estructurales mediante wincha y láser; asimismo, se tomaron fotografías tanto externas como internas.

Figura 39

Evaluación estructural de campo realizada en la estructura



Nota. Toma fotográfica durante un mantenimiento realizado por la DDC-Huánuco.

➤ INTERPRETACIÓN DE PLANOS

El levantamiento de los planos de distribución se desarrolló de forma meticulosa. Los planos encontrados muestran que la distribución en planta tiene un adoratorio, que ocupa la parte central de la estructura, mientras que la escalera de la torre se ubicó en el ala este. Asimismo, se encontraron áreas con fines diversos en los laterales, con espesores de muro que varían.

Figura 40

Vista en planta de la estructura analizada



Nota. Adaptado de Dirección Desconcentrada de Huánuco (2023)

➤ **MODELAMIENTO COMPUTACIONAL**

DEFINICIÓN DE LOS MATERIALES

La estructura analizada está construida de adobes artesanales, realizados por las personas de la localidad y desarrolladas de forma tradicional. De acuerdo con Bartolomé et. Al (2015), el módulo de elasticidad del adobe tiene un valor de $E_a=6500 \text{ kg/cm}^2$, mientras que el módulo de corte tiene un valor de $G_a=0.40E_a$. Con estos valores se procede a definir el modelo del material a usar en el análisis.

Figura 41

Características del material adobe, definido para el análisis

The screenshot shows a software interface for defining material properties. It is divided into three main sections: General Data, Weight and Mass, and Isotropic Property Data. In the General Data section, the material name is 'adobe' with a green color swatch, the type is 'Other', and there is a 'Modify/Show Notes...' button. The Weight and Mass section shows 'Weight per Unit Volume' as 1.6 and 'Mass per Unit Volume' as 0.1632, with a 'Units' dropdown set to 'Tonf, m, C'. The Isotropic Property Data section lists: Modulus Of Elasticity, E (71650), Poisson, U (0.4), Coefficient Of Thermal Expansion, A (1.170E-05), and Shear Modulus, G (25589.286).

Nota. Definición de tipo de material, adobe.

DEFINICIÓN DE LOS ELEMENTOS SHELL

Los muros de adobe serán modelados mediante el uso de elementos Shell de diferentes espesores. A continuación, se muestran el desarrollo de estos elementos.

Figura 42

Definición de los elementos Shell para muros de 100cm

The screenshot shows a software interface for defining shell element properties. The 'Section Name' is 'MURO100' and the 'Display Color' is blue. There is a 'Modify/Show...' button for section notes. The 'Type' section has radio buttons for 'Shell - Thin' (selected), 'Shell - Thick', 'Plate - Thin', 'Plate Thick', 'Membrane', and 'Shell - Layered/Nonlinear', with a 'Modify/Show Layer Definition...' button below. The 'Thickness' section has input fields for 'Membrane' (1) and 'Bending' (1). The 'Material' section has 'Material Name' set to 'adobe' and 'Material Angle' set to 0. There are buttons for 'Set Time Dependent Properties...', 'Set Modifiers...', and 'Thermal Properties...'. At the bottom, there is a 'Concrete Shell Section Design Parameters' section with a 'Modify/Show Shell Design Parameters...' button.

Nota. Definición de los muros, espesor de 100cm

Figura 43

Definición de los elementos Shell para muros de 140cm

Section Name: Muro140 Display Color: ■

Section Notes:

Type:

- Shell - Thin
- Shell - Thick
- Plate - Thin
- Plate Thick
- Membrane
- Shell - Layered/Nonlinear

Concrete Shell Section Design Parameters:

Thickness:

Membrane: 1.4

Bending: 1.4

Material:

Material Name: + adobe

Material Angle: 0.

Time Dependent Properties:

Stiffness Modifiers:

Temp Dependent Properties:

Nota. Definición de los muros, espesor de 140cm

Figura 44

Definición de los elementos Shell para muros de 30cm

Section Name: Muro30 Display Color: ■

Section Notes:

Type:

- Shell - Thin
- Shell - Thick
- Plate - Thin
- Plate Thick
- Membrane
- Shell - Layered/Nonlinear

Concrete Shell Section Design Parameters:

Thickness:

Membrane: 0.3

Bending: 0.3

Material:

Material Name: + adobe

Material Angle: 0.

Time Dependent Properties:

Stiffness Modifiers:

Temp Dependent Properties:

Nota. Definición de los muros, espesor de 30cm

Figura 45

Definición de los elementos Shell para muros de 60cm

The screenshot shows a software interface for defining a shell element. At the top, the 'Section Name' is 'Muro60' and the 'Display Color' is a dark grey square. Below this, there is a 'Section Notes' field with a 'Modify/Show...' button. The 'Type' section has radio buttons for 'Shell - Thin' (selected), 'Shell - Thick', 'Plate - Thin', 'Plate Thick', 'Membrane', and 'Shell - Layered/Nonlinear'. A 'Modify/Show Layer Definition...' button is below the type options. The 'Thickness' section has input fields for 'Membrane' (0.6) and 'Bending' (0.6). The 'Material' section has a 'Material Name' dropdown set to 'adobe' and a 'Material Angle' input field (0). Below this is a 'Time Dependent Properties' section with a 'Set Time Dependent Properties...' button. At the bottom, there are sections for 'Concrete Shell Section Design Parameters' (with a 'Modify/Show Shell Design Parameters...' button), 'Stiffness Modifiers' (with a 'Set Modifiers...' button), and 'Temp Dependent Properties' (with a 'Thermal Properties...' button).

Nota. Definición de los muros, espesor de 60cm

Figura 46

Definición de los elementos Shell para muros de 70cm

The screenshot shows a software interface for defining a shell element. At the top, the 'Section Name' is 'Muro70' and the 'Display Color' is a magenta square. Below this, there is a 'Section Notes' field with a 'Modify/Show...' button. The 'Type' section has radio buttons for 'Shell - Thin' (selected), 'Shell - Thick', 'Plate - Thin', 'Plate Thick', 'Membrane', and 'Shell - Layered/Nonlinear'. A 'Modify/Show Layer Definition...' button is below the type options. The 'Thickness' section has input fields for 'Membrane' (0.7) and 'Bending' (0.7). The 'Material' section has a 'Material Name' dropdown set to 'adobe' and a 'Material Angle' input field (0). Below this is a 'Time Dependent Properties' section with a 'Set Time Dependent Properties...' button. At the bottom, there are sections for 'Concrete Shell Section Design Parameters' (with a 'Modify/Show Shell Design Parameters...' button), 'Stiffness Modifiers' (with a 'Set Modifiers...' button), and 'Temp Dependent Properties' (with a 'Thermal Properties...' button).

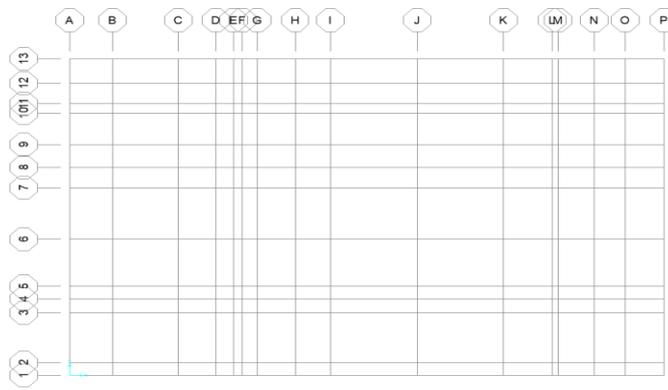
Nota. Definición de los muros, espesor de 70cm

MODELAMIENTO GEOMÉTRICO

El modelamiento geométrico consiste en representar la estructura real mediante objetos diseñados para representar el comportamiento mecánico de la estructura. Para esto se deberá realizar los modelos geométricos. Para esto se debe partir de una malla rígida, como la mostrada a continuación.

Figura 47

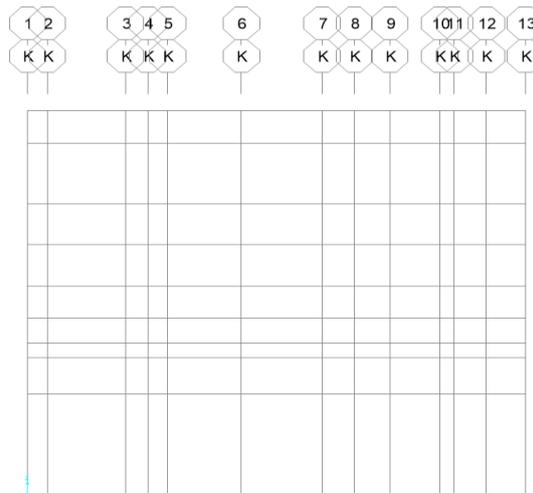
Definición de las grillas coincidiendo con elementos clave del modelo



Nota. Definición de grillas para iniciar con el modelamiento.

Figura 48

Definición de las grillas coincidiendo con elementos clave del modelo

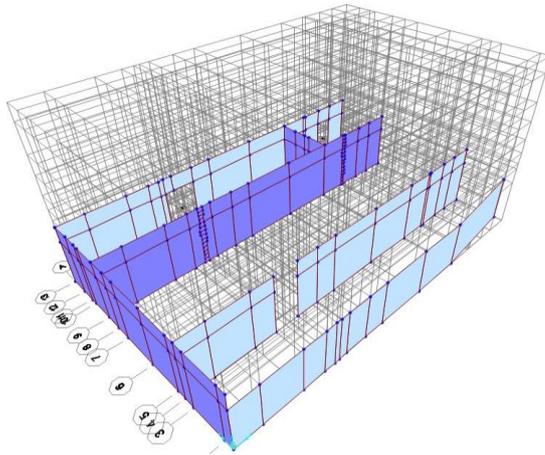


Nota. Definición de grillas para iniciar con el modelamiento.

Los muros de adobe se muestran modelados a continuación. Como se puede apreciar los muros son modelados por elementos de área, el que se debe colocaren el eje de los muros de adobe. Esto se hace de esta forma pues en la realidad los muros de adobe tienen tres dimensiones, mientras que los elementos área solo tienen dos dimensiones, tal como se muestra a continuación.

Figura 49

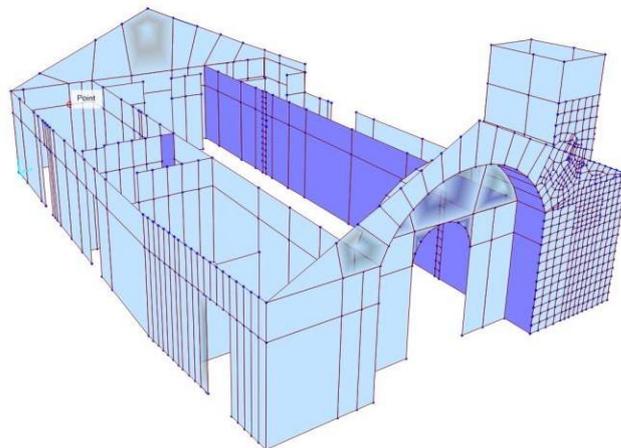
Construcción del modelo usando elementos Shell



Nota. Construcción de muros de la estructura.

Figura 50

Construcción del modelo usando elementos Shell



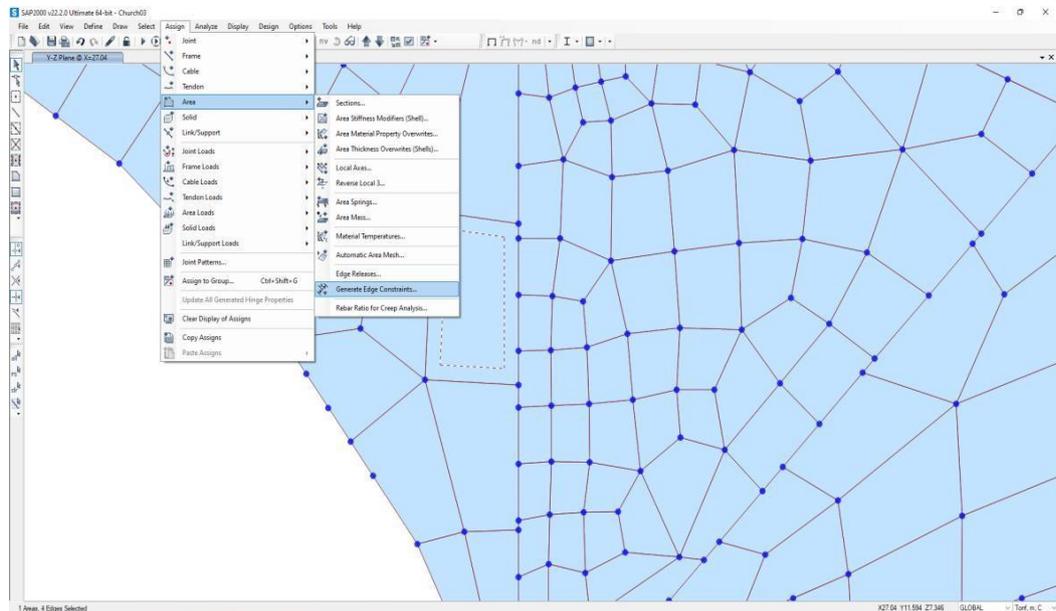
Nota. Construcción de muros de la estructura.

DEFINICIÓN DE CONSTRAINT DE BORDE

Existen numerosas zonas del modelo, denominadas en la práctica encuentro de una región a otra, en el que el tamaño del mallado no coincide con el siguiente, tal como se muestra en la siguiente figura, en estos casos, con la finalidad de mantener la continuidad del modelo, se aplicaron restricciones de contorno, tal como se muestra a continuación.

Figura 51

Aplicación de restricciones de una zona de un mallado a otro

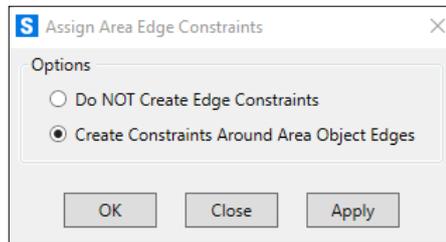


Nota. Continuidad de mallados consecutivos mediante generación de constraints.

Como se puede apreciar en el modelo desarrollado, la generación de constraints permite mantener la continuidad en dos mallados consecutivos, tal como se muestra en la figura anterior. Para esto, se debe notar que los elementos finitos contiguos a la discontinuidad deberán ser elegidos y se deberán asignar los constraint de bordes, tal como se muestra a continuación:

Figura 52

Aplicación de la continuidad de elementos Shell

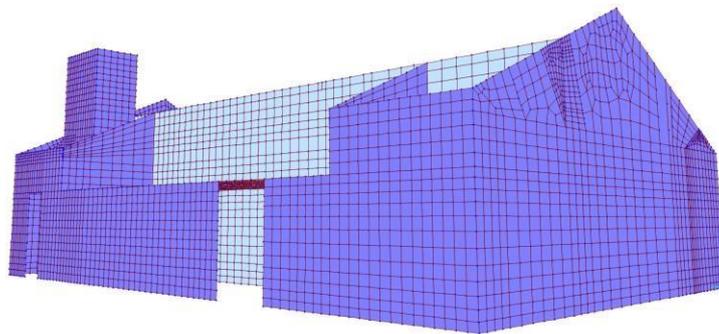


Nota. Se asigna constrains alrededor de los bordes de área.

Finalmente, se muestran los resultados del modelamiento realizado en el software de análisis no lineal SAP 2000.

Figura 53

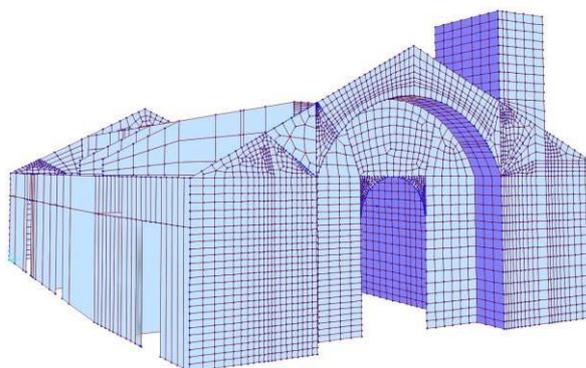
Modelo tridimensional del ala oeste



Nota. Modelamiento final de estructura.

Figura 54

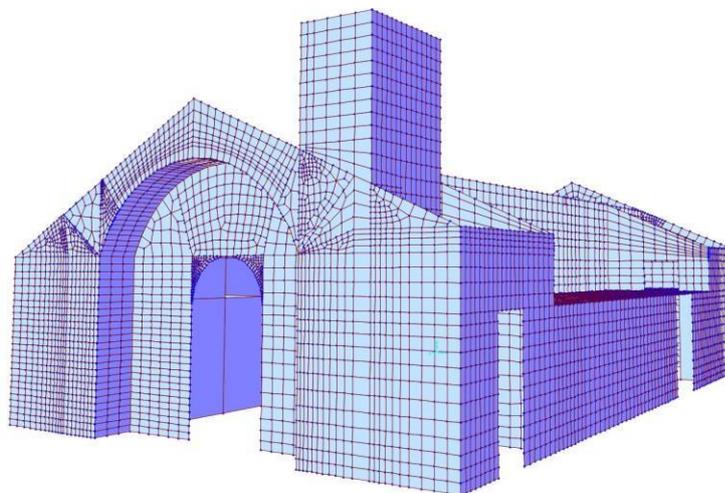
Modelo tridimensional del ala este



Nota. Modelamiento final de estructura.

Figura 55

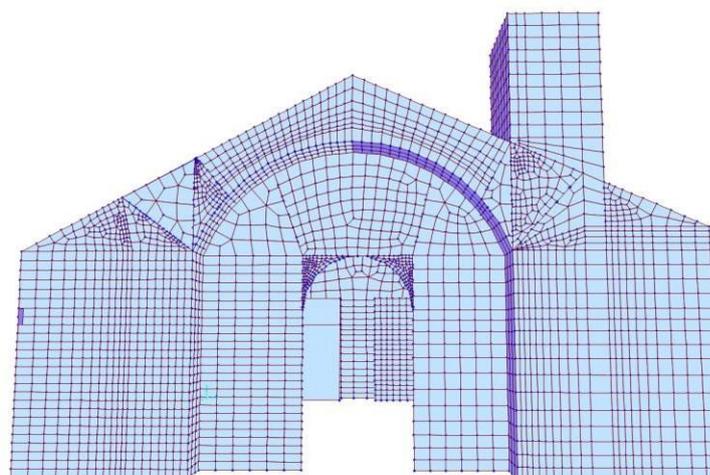
Vista semifrontal de la edificación y del modelo en SAP 2000



Nota. Modelamiento final de estructura.

Figura 56

Vista frontal en campo y del modelo en SAP 2000



Nota. Modelamiento final de estructura.

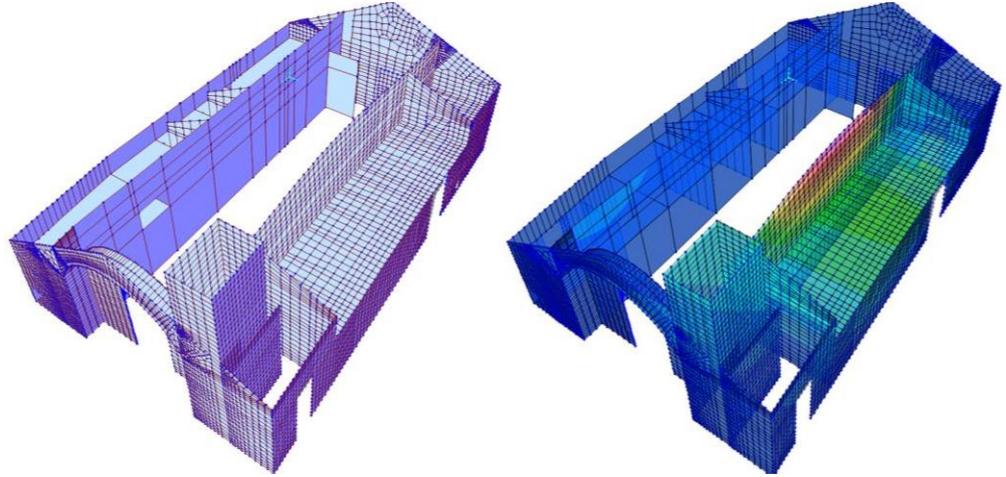
➤ **RESULTADOS DE MODELAMIENTO**

Un análisis dinámico modal nos permite ver las formas predominantes de vibración de la estructura, para ello se ha considerado a continuación las siguientes formas de modo:

PRIMERA FORMA DE MODO

Figura 57

Primera forma de modo de la estructura y campo de desplazamientos

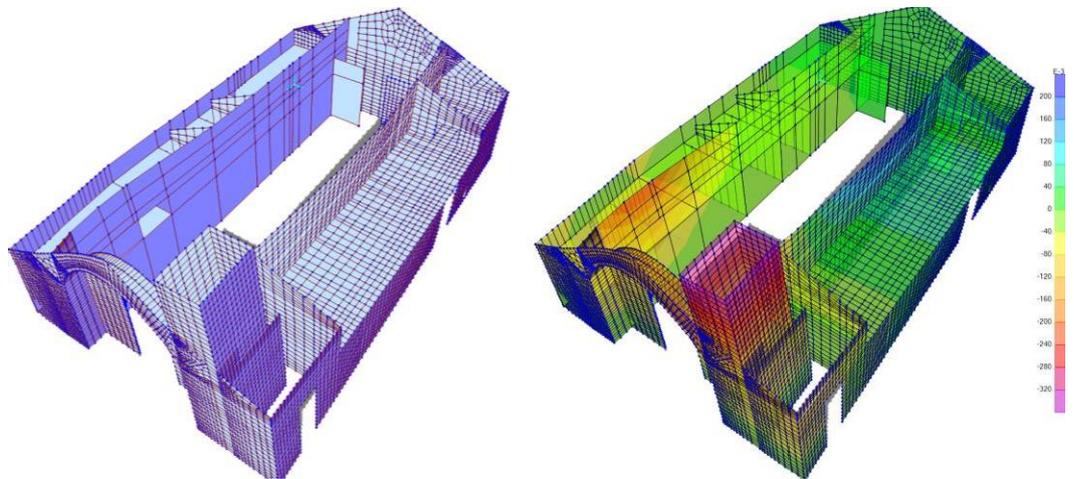


Nota. El desplazamiento transversal del muro longitudinal, debido a su gran longitud.

SEGUNDA FORMA DE MODO

Figura 58

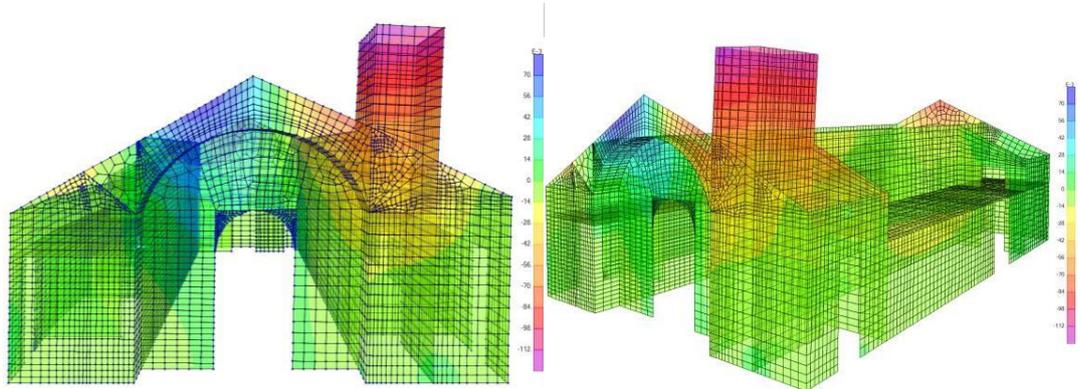
Segunda forma de vibrar de la estructura y campo de desplazamientos



Nota. La región más crítica es el campanario, que cuenta con mayor desplazamiento.

Figura 59

Grafica de contorno de desplazamientos en X

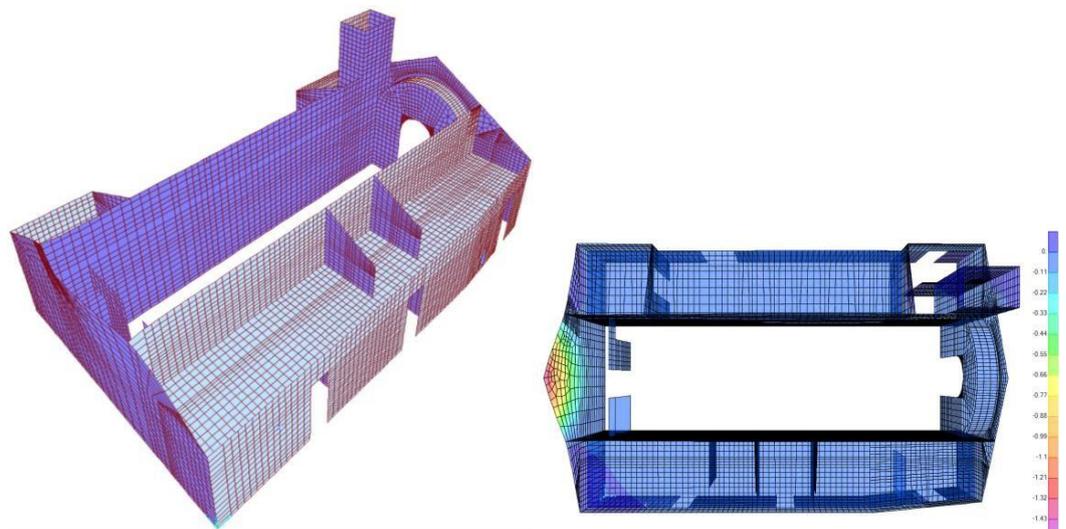


Nota. La región más crítica es el campanario, que cuenta con mayor desplazamiento.

TERCERA FORMA DE MODO

Figura 60

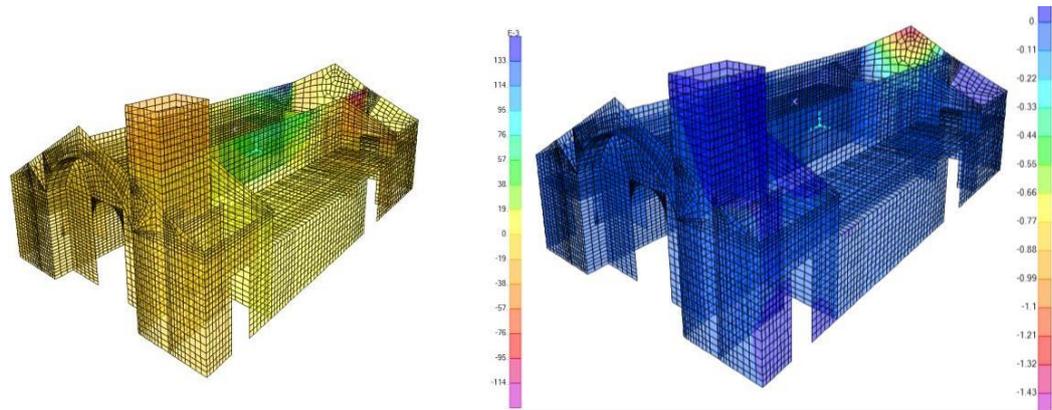
Tercera forma de vibrar de la estructura analizada



Nota. En este modo, el muro posterior es el más predominante durante un desplazamiento.

Figura 61

Gráfica de contornos en dirección X e Y



Nota. En este modo, el muro posterior es el más predominante durante un desplazamiento.

Tabla 11

Periodos y formas de modo de la estructura analizada

Step	Periodo	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
1	0.265	0.000	0.185	0.000	0.185	0.000	0.000
2	0.211	0.007	0.117	0.007	0.302	0.231	0.231
3	0.196	0.027	0.000	0.034	0.302	0.000	0.232
4	0.178	0.101	0.006	0.135	0.308	0.000	0.232
5	0.165	0.003	0.000	0.138	0.308	0.001	0.233
6	0.161	0.008	0.113	0.146	0.421	0.002	0.235
7	0.155	0.011	0.000	0.158	0.421	0.057	0.292
8	0.148	0.020	0.027	0.178	0.448	0.009	0.301
9	0.141	0.000	0.108	0.178	0.556	0.070	0.371
10	0.121	0.000	0.056	0.178	0.612	0.016	0.388
11	0.112	0.046	0.002	0.224	0.613	0.000	0.388
12	0.110	0.000	0.000	0.224	0.614	0.000	0.388

Nota. Periodos y formas de modo de la estructura obtenidos de SAP2000

DEPENDENCIA DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS CON LA TEMPERATURA

En general, puede decirse que la temperatura tiene un efecto adverso sobre las propiedades mecánicas de los materiales, pues se sabe que, por ejemplo en el caso del acero estructural, esta disminuye considerablemente su módulo de elasticidad en función del incremento de la temperatura; sin embargo, los cambios en el módulo de elasticidad de los materiales con pequeños cambios de temperatura casi no provocan una variación apreciable de las características mecánicas de los materiales, especialmente en el caso de materiales refractarios, como es el caso del adobe.

Actualmente existen trabajos sobre el tema referidos a numerosos materiales, lamentablemente ninguno específicamente sobre el adobe, si existen trabajos sobre la variación del módulo de elasticidad con la temperatura en materiales refractarios, mismos que tienen muchas características similares al adobe, pues también es fabricado a partir de suelos, ricos en numerosos minerales. A continuación, se muestran la variabilidad del módulo de elasticidad de diferentes materiales refractarios en función de la temperatura.

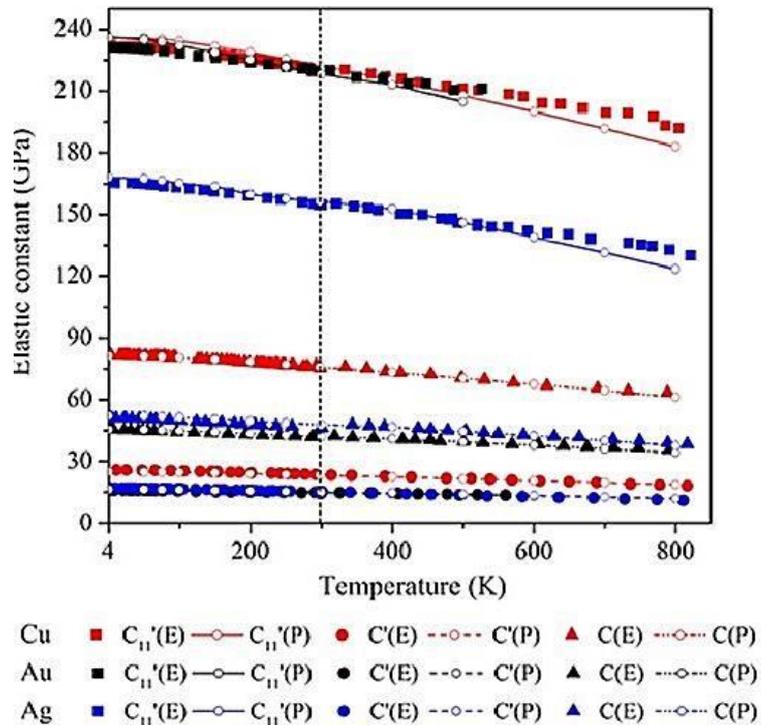
Para poder entender cómo afecta la temperatura al módulo de elasticidad, se debe tener en cuenta las siguientes equivalencias entre los grados Celsius y los grados kelvin.

$$200\text{K} = -73^{\circ}\text{C}$$

$$400\text{K} = 127^{\circ}\text{C}$$

Figura 62

Variación del módulo de elasticidad de diferentes materiales refractarios con la temperatura

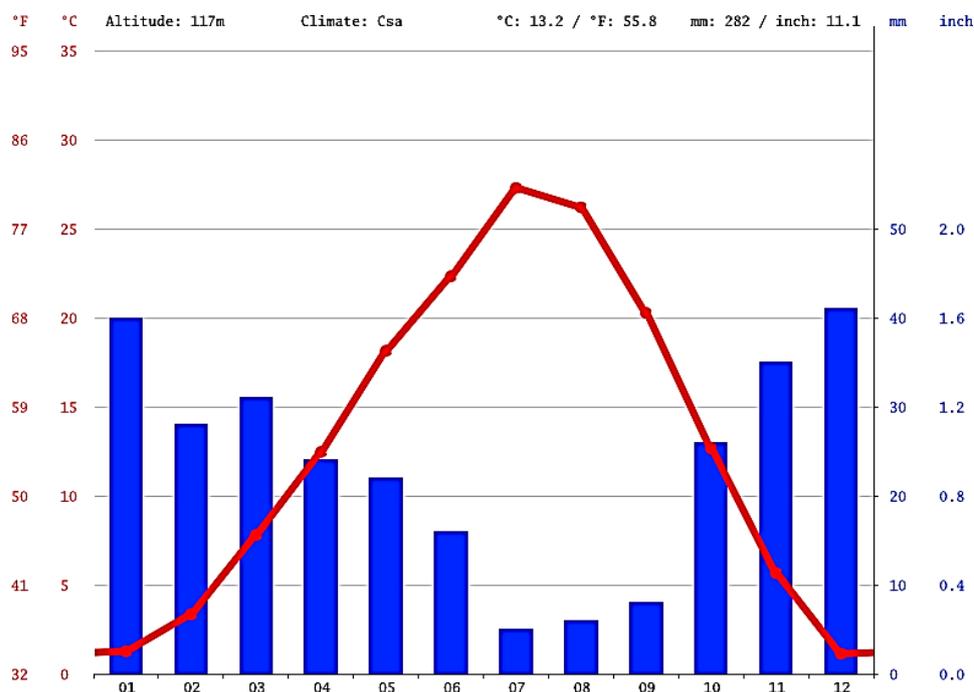


Nota: Adaptado de Weiguo Li et. al (2019)

Como puede apreciarse del gráfico presentado, entre -73°C y 127°C existe una variación del módulo de elasticidad muy pequeña, independientemente de la magnitud del módulo de elasticidad. Es importante tener en cuenta que la variación de la temperatura en el Perú puede variar mucho de región en región; sin embargo, uno de los lugares en los que tal variación es máxima es el departamento de Cerro de Pasco. A continuación, se muestra la variación de la temperatura histórica de esta región. Como puede verse a partir de este gráfico, la variación de temperatura va desde 0°C hasta los 28°C , esta diferencia de temperatura está contenida dentro del rango de variación comentado, por lo que se puede concluir que los cambios de temperatura usuales de las regiones tienen poco efecto en el módulo de elasticidad.

Figura 63

Variación máxima de la temperatura en la región de Cerro de Pasco



Nota: Adaptado de Weiguo Li et. al (2019)

➤ REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL

CONSIDERACIONES PARA LA INTERVENCION TÉCNICA EN UNA OBRA PATRIMONIAL DE TIERRA

Para la intervención de bienes inmuebles pertenecientes del Patrimonio Cultural de la Nación contruidos a base de tierra, para esto es necesario tener un Plan de Intervención y que cumplan con las siguientes consideraciones como;garantizar la vida de los ocupantes y de todo bien cultural al interior de la edificación, aumentar la durabilidad de la estructura a través de refuerzos, mantener técnicas de restauración tradicionales para no perder el valor histórico, conservar la autenticidad cultural de la estructura, utilizar refuerzos compatibles y reversibles para preservar los materiales originales, que se permitan desarrollar trabajos futuros de mantenimientos y conservar toda documentación técnica de una intervención.

Es necesario contar con un Plan de Intervención y cumplir con las siguientes consideraciones para intervenir inmuebles que forman parte del Patrimonio Cultural de la Nación que están contruidos en tierra. Estas consideraciones incluyen: garantizar la vida de los ocupantes y de todos los bienes culturales que se albergan dentro del inmueble, aumentar la durabilidad de la estructura mediante el uso de refuerzos, mantener las técnicas tradicionales de restauración para no perder el valor histórico y preservar la autenticidad cultural de la estructura.

La intervención en una edificación patrimonial puede llevarse a cabo de diferentes maneras, ya sea de manera tradicional o utilizando la termografía infrarroja como herramienta complementaria. A continuación, se presenta una comparación entre ambos enfoques:

INTERVENCIÓN TRADICIONAL

- **Inspección Visual:** En una intervención tradicional, la inspección se basa principalmente en la observación visual. Los técnicos y arquitectos inspeccionan la edificación patrimonial a través de inspecciones visuales directas, evaluando elementos como grietas, desprendimientos, humedad, y otros daños visibles.
- **Conocimiento Experiencial:** Los profesionales se basan en su experiencia y conocimiento acumulado para identificar problemas y evaluar el estado general de la edificación. Esto puede incluir la revisión de documentos históricos y técnicos.
- **Métodos de Medición Tradicionales:** Se utilizan métodos de medición tradicionales, como medidores de humedad, para evaluar problemas específicos, como la presencia de humedad en las paredes o techos.
- **Restauración Manual:** En el caso de que sea necesario llevar a cabo reparaciones o restauraciones, estas se realizan de manera manual, siguiendo técnicas y materiales tradicionales que sean acordes con la época de la edificación.

INTERVENCIÓN CON TERMOGRAFÍA INFRARROJA:

- **Inspección No Destructiva:** La termografía infrarroja permite realizar una inspección no destructiva de la edificación. Se obtienen imágenes térmicas que revelan diferencias de temperatura en la superficie de la edificación.
- **Detección de Problemas Invisibles:** La termografía infrarroja puede identificar problemas que no son visibles a simple vista, como fugas de calor, puntos fríos o calientes, infiltraciones de agua o humedad detrás de las paredes, problemas de aislamiento térmico, entre otros.
- **Menos Invasiva:** La intervención con termografía infrarroja es menos invasiva ya que no requiere abrir paredes o realizar perforaciones para identificar problemas ocultos.
- **Planificación Eficiente:** La información proporcionada por la termografía puede ayudar en la planificación de intervenciones, permitiendo una asignación más eficiente de recursos y una mejor comprensión de las necesidades de restauración.

En conclusión, la intervención tradicional se basa en la observación visual y en la experiencia acumulada, mientras que la intervención con termografía infrarroja aprovecha la tecnología para detectar problemas ocultos y proporcionar datos más precisos. Ambos enfoques pueden ser complementarios, ya que la termografía infrarroja puede ayudar a guiar y respaldar la intervención tradicional, permitiendo una evaluación más completa y precisa del estado de una edificación patrimonial.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

HIPÓTESIS GENERAL: “Mediante el uso de la termografía infrarroja es posible determinar un diagnóstico estructural en, la edificación patrimonial, la Capilla Señor de Huayopampa – Huánuco – 2022”

Con respecto a la hipótesis general planteada en la presente investigación, y con respecto a los datos obtenidos a través de los ensayos de termografía infrarroja que se realizó a los diferentes elementos de la estructura. Se observa en los ensayos no destructivos realizados (Ensayo 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08 y 09), zonas que a través de la temperatura nos indican deficiencias estructurales de manera más concreta a través de un mapa de calor que captura la cámara termográfica, aspectos que a simple observación no se podrían determinar en zonas localizadas o específicas. Esto nos lleva a determinar un diagnóstico negativo y desalentador de esta edificación patrimonial que necesita pronta restauración, porque en el estado actual la estructura es inhabitable y pone en riesgo la integridad de una edificación que nos identifica a nivel regional.

De esta manera se realiza la contrastación de la hipótesis, con el estudio realizado a través de la termografía infrarroja; siendo este en un ensayo no destructivo, se logra interpretar y determinar el diagnóstico estructural de la edificación patrimonial en la actualidad. Cabe recalcar que no se ha influenciado e invadido la integridad de dicha edificación patrimonial.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En este sentido, estudios como el de Pérez y Gonzáles (2021), han señalado que; entre las tecnologías beneficiosas para el patrimonio arquitectónico de la ciudad de Cartagena se encuentran los medidores de humedad, las cámaras termográficas, los esclerómetros, los comprobadores de resistencia del mortero, la nivelación láser y los acelerómetros o vibrómetros. Éstos son sólo algunos ejemplos. También hay niveladores láser. Son sólo algunos ejemplos. Además, existen sensores de monitorización que permiten realizar evaluaciones continuas del estado de las estructuras. Las capacidades de modelado, estructurales e interactivas del software de modelado 3D son extremadamente útiles a la hora de modelar, analizar e interactuar digitalmente con las estructuras. Según las conclusiones de este estudio, la aplicación de la termografía infrarroja es una tecnología útil que puede recopilar datos y evaluarlos sin infligir ningún daño a la estructura investigada. Además, es necesario incluir varios tipos de pruebas no destructivas y normas para investigaciones adicionales.

De igual manera Flores, Herr, Gonzáles y Gea (2019), han señalado que; la utilización de la termografía infrarroja ha ayudado a la mejora de la eficiencia energética en construcciones por el tipo de análisis, ya que el uso de termografía es poco usado a comparación a los países desarrollados. Se necesitaría personal adecuado, capacitado y disponibilidad de equipamiento para realizar monitoreo no invasivos de esta manera poder recolectar datos y tomar decisiones. De acuerdo a esta investigación se comparte que el uso de la termografía se debe difundir en mayor medida, capacitar personal y tener disponibilidad de equipos para realizar estudios y/o monitoreo en edificaciones. Al tener este tipo de ensayos no destructivos se puede recolectar datos y posteriormente realizar un informe acerca del estado de

una edificación.

Por otro lado, Silva, Lordsleem, Ruiz y Rocha (2021) han afirmado que la termografía integrada en UAV se presenta como un método excelente para descubrir anomalías térmicas relacionadas con síntomas de enfermedades en edificios. Esto es algo que han mencionado en su investigación. Los procedimientos de inspección de edificios pueden hacerse más eficientes con el uso de esta tecnología porque permite la caracterización de regiones de difícil acceso sin poner en peligro la salud y la seguridad del personal. Además, ofrece datos de forma rápida y precisa, lo que ayuda en la inspección y las pruebas de recuperación de estructuras. Los resultados de este estudio indican que la termografía desempeña un papel importante en el diagnóstico de patologías en edificios históricos, especialmente en aquellos que, por su estado o tipo de construcción, son más adecuados para ser intervenidos con una prueba no invasiva, como es, en este caso, la utilización de una cámara termográfica.

Por otro lado, Vargas, Rodríguez y Achahui (2021), han señalado que; las patologías a edificaciones patrimoniales son reincidentes y comunes. A través de su investigación han identificado 7 patologías líticas diferentes, se ha presentado en estas edificaciones patrimoniales; erosión, fragmentación, estallido, grietas y perforaciones. Dichas patologías se presentaron en pináculos, fachadas y en el frontispicio de las edificaciones patrimoniales. De esta investigación se comparte que es importante destacar que estas patologías deben ser abordadas con cuidado y utilizando métodos y técnicas adecuadas de conservación y restauración. La preservación del patrimonio arquitectónico es fundamental para mantener la historia y la identidad de una sociedad, por lo que es crucial tomar medidas para prevenir y tratar estas patologías.

Por otro lado, Silva (2020) ha señalado que; se empleó la termografía infrarroja pasiva y activa para evaluar el diagnóstico estructural de una construcción patrimonial de tierra, que era una enorme casa de adobe y quincha del siglo XX en Lima. Esto se hizo con el fin de determinar la integridad estructural de la estructura de tierra. La información sugiere que la

termografía es un método no destructivo que obtiene información sobre la distribución de la temperatura de la superficie de un objeto. Con estos datos, es posible determinar una anomalía estructural o térmica o la existencia de un material diferente. Como resultado de esta investigación, se ha descubierto que existen dos métodos distintos que pueden utilizarse dentro del campo de la termografía infrarroja para identificar cualquier anomalía o patología que pueda estar presente dentro de un edificio sin tener que invadir físicamente el objeto de la investigación.

De igual manera Aparco (2019), ha señalado que; posteriormente a una evaluación estructural con el uso de la termografía infrarroja se ha determinado patologías presentes en la estructura como humedad excesiva, variación de temperatura considerable, y patologías en muros de revoque cementicio y pintura. De esta investigación se comparte que a través de la termografía infrarroja se puede determinar patologías presentes en la investigación tal es el caso como patologías por agentes atmosféricos, biológicos, causas antrópicas o lesiones estructurales presentes que han afectado a la estructura con el paso del tiempo.

CONCLUSIONES

De acuerdo al objetivo específico 1, en los ensayos realizados (Toma termográfica 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09) presentados en los resultados de la presente investigación se ha determinado a través de cada interpretación el diagnóstico estructural actual de la estructura patrimonial. Se ha determinado la degradación de la base del muro, coronación y superficie del muro, que vienen siendo afectados por cambios bruscos de temperatura que puede presentar la ciudad de Huánuco; de los cuales la presencia constante de humedad es uno de los factores por cambios de temperatura que más daño causa en el estado de la edificación patrimonial. Se concluye que la variación de la temperatura ambiente tiene poco efecto en el módulo de elasticidad del adobe, por lo que esta no tendrá un efecto significativo en las características dinámicas de la estructura.

De acuerdo al objetivo específico 2, a través del uso del software SAP 2000 permitió la representación espacial tanto de las rigideces como de las masas de la estructura. El modelo se desarrolló usando elementos Shell, elementos de área. La representación geométrica y mecánica de la estructura de interés permitió conocer las principales características dinámicas de la estructura, tales como formas de modo y los periodos asociados a las formas modales. De los resultados encontrados se apreció que la primera forma de modo, la forma de modo dominante de la estructura, esto mostró que, es el muro de gran longitud ubicada en el segundo nivel del ala este, el que domina la respuesta estructural, pues como se observó, los desplazamientos laterales en la dirección en esta zona fueron los predominantes. Asimismo, se observó que la segunda forma de modo estuvo dominada por los grandes desplazamientos laterales de la torre y parte frontal de la iglesia, estos movimientos se dieron en la dirección transversal. Estos resultados indican que, de ocurrir un terremoto de gran magnitud, esta será la zona más afectada durante un terremoto, siendo posible que estos muros colapsen. Finalmente, se observó que la tercera forma de modo estuvo dominada por el movimiento longitudinal del muro ubicado en la parte posterior, muro con forma triangular, por lo que esto

muestra que este elemento sería otro elemento que sufriría gran daño durante la ocurrencia de un evento sísmico. Se concluye que posterior al modelamiento y análisis con la normativa E.080 se ha evaluado y propuesto un sistema de rehabilitación y reforzamiento estructural de acuerdo al sistema que presenta la edificación patrimonial. El sistema de reforzamiento propuesto, respecto a la norma E.080, es el reforzamiento con Geomalla Biaxial. De esta manera con esta propuesta se podría controlar y reducir de manera gradual los efectos sísmicos en la estructura. Otro punto que se debe considerar en el proceso de reforzamiento es el tarrajeo junto a la Geomalla lo cual se indica en la norma E.080 en el acápite 8.3, ayudará en el comportamiento contra los esfuerzos sísmicos.

De acuerdo al objetivo específico 3, tenemos las patologías estudiadas y edificadas en la estructura; uno de ellos por efectos atmosféricos, que con el pasar de los años tenemos los graves efectos que pueden ocasionar las lluvias y altos grados de humedad en la base como en la totalidad del muro y cobertura, por otro lado, tenemos a las causas biológicas registradas de manera visual y por termografía que nos muestra la presencia de palomas tanto en muros como en la cobertura. Del mismo modo a través de los años no se ha realizado un mantenimiento adecuado de la estructura por lo cual la estructura actualmente se encuentra inhabitable. Las lesiones estructurales que se han registrado mediante la termografía son las grietas presentes en las uniones de los muros, debido a la irregularidad de la edificación ante la presencia de eventos sísmicos podría sufrir daños irreversibles.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que las entidades locales correspondientes a la causa, en coordinación con un equipo de especialistas en conservación patrimonial, realicen mantenimientos periódicos a la Capilla Señor de Huayopampa. Los mantenimientos deberían incluir las siguientes medidas: Inspección visual de la estructura de la capilla para detectar cualquier anomalía. Realización de pruebas no destructivas, como la termografía infrarroja, para identificar posibles daños ocultos. Tratamiento de las anomalías identificadas, como la reparación de grietas, la eliminación de humedad, o la sustitución de elementos deteriorados.

Se recomienda realizar un estudio de mayor impacto lo cual involucren datos obtenidos directamente de la edificación, actualmente esta investigación ha sido desarrollada con segmentos del Reglamento Nacional de Edificaciones E.080. Lo cual significa llevar esta presente investigación a un enfoque más práctico junto a especialistas en Restauración de Edificaciones Patrimoniales.

Se recomienda que durante la restauración de la Capilla Señor de Huayopampa se apliquen los principios de la conservación tradicional, respetando los materiales y técnicas originales de construcción. Esta medida es importante para preservar el legado cultural de la población huanuqueña, que ha vinculado a la capilla con el Señor de Huayopampa durante siglos.

Se recomienda la realización de reforzamientos estructurales orientados a mitigar la respuesta sísmica de los muros libres y de la torre de la Capilla Señor de Huayopampa. Los análisis realizados en este trabajo de investigación mostraron que estos elementos estructurales presentan una vulnerabilidad significativa ante la ocurrencia de un terremoto de gran magnitud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparco Ramos, J. (2019). *Patologías Térmicas De Origen Físico En La Envolvente Del Pabellón "O" Correspondiente A La Escuela Profesional De Ingeniería Civil, Mediante Termografía Infrarroja*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica (UNH).
- ASNT. (2020). *ASNT SNT-TC-1A: Recommended Practice No. SNT-TC-1A, 2020 Edition*. American Society for Nondestructive Testing: <https://asnt.org/>
- Balageas, D. (2007). Termografía Infrarroja : una técnica multifacética para la Evaluación No Destructiva (END). *Asociacion Argentina de Ensayos no Destructivos y Estructurales*, 2-6.
- Borja, S. M. (2012). *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros*. Chiclayo. Briceño Meléndez, C. P. (2016). *Diagnóstico Estructural Y Análisis Sísmico De La Iglesia San Pedro Apóstol De Andahuaylillas*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP).
- Broto, C. (2005). *Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción* . Barcelona: LinksInternational.
- CEN. (2008). *EN 473:2008 Non-destructive testing - Qualification and certification of NDT personnel*. Comité Europeo de Normalización: <https://standards.iteh.ai/>
- Diario Oficial El Peruano. (22 de Setiembre de 2012). Normas Legales. *Normas Legales*, págs. 10-12.
- FLIR SYSTEMS. (2019). Cámaras térmicas para inspecciones en la construcción. *Cámaras térmicas para inspecciones en la construcción*.
- Flores, Herr, Gonzales y Gea. (2019). Termografía infrarroja aplicada al Cabildo de Salta. Un primer paso hacia la rehabilitación energética de edificios históricos. *In Actas del 6º Congreso Sudamericano de Simulación IBPSA-AR*, (pp. 351-359).

Gómez Patrocinio, J., Mileto, C., Vegas López-Manzanares, F., & García Soriano, L. (2017).

Procesos Patológicos en Muros de Adobe. Panorama General de los Mecanismos de Degradación del Adobe en la Arquitectura Tradicional Española. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F: McGraw-Hill .

ISO. (2017). *ISO 18251-1:2017; ISO 18436-2:2012; ISO 9712:2012; ISO/TR 13154:2009 Non-destructive testing*. International Organization for Standardization: <https://www.iso.org/home.html>

Melgosa, S. (2011). *Guía de termografía infrarroja aplicaciones en ahorro y eficiencia energética*. Madrid: Móstoles Madrid.

NFPA. (2021). *Recommended Practice for Electrical Equipment Maintenance*. National Fire Protection Association: <https://www.nfpa.org/>

Pérez Turizo, K., & Gonzáles Valdelamar, M. (2021). *ESTUDIO DE LAS TECNOLOGÍAS UTILIZADAS EN EL LEVANTAMIENTO, DIAGNÓSTICO, DIFUSIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO Y SU VIABILIDAD DE APLICACIÓN EN EL PATRIMONIO DE CARTAGENA DE INDIAS*. CARTAGENA D.T. y C.: UNIVERSIDAD DE CARTAGENA.

San Bartolomé, Á., & Quiun, D. (2015). Diseño de mallas electrosoldadas para el reforzamiento sísmico de viviendas de adobe típicas del Perú. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 30, 71-80.

Silva Mondragón, G. L. (2020). *Aplicación De Termografía Infrarroja Para El Diagnóstico Estructural De Edificaciones Históricas De Adobe Y Quincha*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP).

Silva, W. P., Lordsleem Júnior, A. C., Ruiz, R. D., & Rocha, J. H. (2021). *Inspección de manifestaciones patológicas en edificios con cámara térmica integrada en Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT): una*

investigación documental. Mérida, Yucatán, México: REVISTA ALCONPAT.

Vargas Febres, C., Rodríguez Salas, D., & Achahui Álvarez, A. (2021). PATOLOGÍAS MECÁNICAS EN ELEMENTOS LÍTICOS DE LAS IGLESIAS PATRIMONIALES EN LA PLAZA MAYOR DE CUSCO. *DEVENIR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA*.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Cristóbal Encarnación, N. (2024). *Diagnóstico estructural de edificaciones patrimoniales mediante la termografía infrarroja en la capilla Señor de Huayopampa - Huánuco - 2022* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES PATRIMONIALES MEDIANTE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN LA CAPILLA SEÑOR DE HUAYOPAMPA – HUANUCO – 2022”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE (X)	INDICADORES DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE	TIPO DE INVESTIGACIÓN
PG: ¿Cuál es diagnóstico estructural de edificaciones patrimoniales mediante la termografía infrarroja en la Capilla Señor de Huayopampa – Huánuco - 2022?	OG: Determinar el diagnóstico estructural de edificaciones patrimoniales mediante la termografía infrarroja en la Capilla Señor de Huayopampa – Huánuco – 2022.	HG: Mediante el uso de la termografía infrarroja se determinará los componentes y patologías superficiales e interiores en, la edificación patrimonial, la Capilla Señor de Huayopampa – Huánuco – 2022.	Uso de la termografía infrarroja.	• Calor • Conductividad térmica	Es de tipo aplicada, porque busca conocer y actuar sobre una realidad problemática.
PE1: ¿Cuál es el análisis realizado para el diagnóstico estructural de edificaciones	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HE1: El análisis mediante la	VARIABLE DEPENDIENTE(Y)	INDICADORES DE LA VARIABLE DEPENDIENTE	ENFOQUE
	OE1: Establecer el análisis del diagnóstico		Diagnóstico estructural de edificaciones patrimoniales.	• Difusión térmica INDICADORES DE LA VARIABLE DEPENDIENTE • Humedad • Erosión • Materiales de construcción • Sistema estructural	Tiene un enfoque cualitativo. ALCANCE O NIVEL Tiene un alcance descriptivo. DISEÑO Es un diseño no experimental porque para obtener la información final, se realiza sin

patrimoniales mediante la termografía infrarroja en la Capilla Señor de Huayopampa– Huánuco - 2022?

PE2: ¿Cuál es el sistema de rehabilitación y reforzamiento estructural para edificaciones patrimoniales?

PE3: ¿Cuál es la patología estructural que afecta mayormente a las edificaciones patrimoniales?

estructural de edificaciones patrimoniales mediante la termografía infrarroja en la Capilla Señor de Huayopampa.

OE2: Precisar el sistema de rehabilitación y reforzamiento estructural para edificaciones patrimoniales.

OE3: Indicar las patologías estructurales en la estructura patrimonial.

termografía infrarroja permitirá analizar las deficiencias estructurales de la edificación patrimonial – Huánuco – 2022.

HE2: El sistema de rehabilitación planteado permitirá mejorar el funcionamiento de la edificación de manera considerable, lo cual será evaluado con un software estructural.

HE3: Las patologías producen daños considerables a la edificación patrimonial, el que mayor daño físico causa es la humedad.

manipular las variables.

POBLACIÓN Y

MUESTRA

Población.- Se define como una unidad de objeto que vienen a ser las iglesias y/o capillas patrimoniales de la ciudad de Huánuco.

Muestra.- Se realizará un muestreo no probabilístico de manera espontánea

TECNICAS E

INSTRUMENTOS

Técnicas.- Observación de campo no experimental y recolección de base de datos.

Instrumentos.- Fichas (escala Likert), análisis documental.

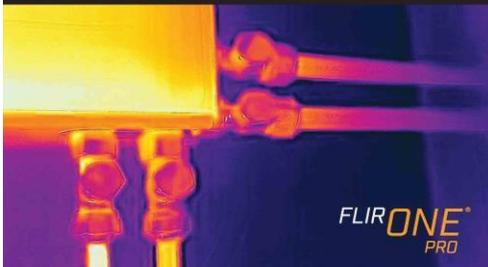
ANEXO 2

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CÁMARA TERMOGRÁFICA

COMPRUEBE LA DIFERENCIA

Elija el modelo adecuado que mejor se adapte a su aplicación.

Si necesita una mayor resolución o un mayor rango de temperatura, FLIR ONE Pro es la opción ideal para usted.



Especificaciones por producto

	FLIR ONE Pro LT	FLIR ONE Pro
Tamaño de píxel térmico	17 µm	12 µm
Resolución térmica	4800 píxeles (80 × 60)	19 200 píxeles (160 × 120)
Sensibilidad térmica	100 mK	70 mK
Rango(s) de temperatura del objeto	De -20 a 120 °C (de -4 a 248 °F)	De -20 °C a 120 °C (de -4 °F a 248 °F) De 0 a 400 °C (de 32 a 752 °F)
HFOV/VFOV	50° / 38°	55° / 43°

Especificaciones comunes

Tamaño (An. × Al. × Pr.)	68 × 34 × 14 mm (2,7 × 1,3 × 0,6")
Precisión de la medición	±3 °C (5,4 °F) o ±5 %, porcentaje típico de la diferencia entre la temperatura ambiente y de la escena. Se aplica a 60 s tras el inicio cuando la unidad está entre 15 y 35 °C (entre 59 y 95 °F) y la escena está entre 5 y 120 °C (entre 41 y 248 °F).
Rango espectral	De 8 a 14 µm
Resolución visual	1440 × 1080
Frecuencia de imágenes	8,7 Hz
Enfoque	Fija: De 15 cm a infinito
Distancia MSX regulable	De 0,3 m a infinito
Modos de presentación de imagen	Infrarrojo, visual, MSX
VividIR	SI
Paletas	Gris (incandescente), Más caliente, Más frío, Hierro, Contraste, Artico, Lava y Rueda de colores
Captura de vídeo e imagen	Vídeo y foto, guardados como 1440 × 1080
Formatos de archivo	JPG radiométrico, MPEG-4 (formato de archivo MOV (iOS), MP4 (Android))
Medida de puntos	La medición más caliente, más fría y 3 puntos
Probado contra caídas	Caída desde 1,8 m (5,9 pies)

Visite www.flir.com/flironepro para conocer las especificaciones más actualizadas.

WILSONVILLE
27700 SW Parkway Ave.
Wilsonville, OR 97070
EE. UU.
Tel.: +1 877.773.3547

LATINOAMÉRICA
Av. Antonio Bardella, 320
Sorocaba, SP 18085-852
Brasil
Tel.: +55 15 3238 8070

21-0571-INS-A4

www.teledyneflir.com

HONG KONG
Room 1613-15, Tower 2
Grand Central Plaza
138 Shatin Rural Committee Rd
Shatin, N.T.
Tel.: +852 27 92 89 55

EUROPA
Luxemburgstraat 2
2321 Meer
Belgium
Tel.: +32 2 896 29 05

TELEDYNE FLIR
Everywhere you look



FLIR ONE® PRO-SERIES
Para iOS® y Android™

¿Qué modelo es el mejor para usted?



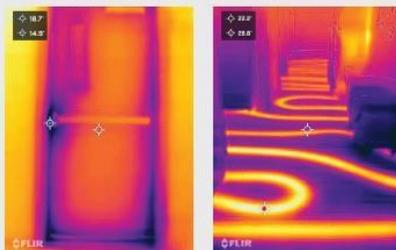
See the Heat.
Solve the Problem.

¡LA CÁMARA TÉRMICA DE NIVEL PROFESIONAL PARA PROFESIONALES QUE TRABAJAN SOBRE LA MARCHA!

Las cámaras FLIR ONE Pro-Series le dan la capacidad de encontrar problemas rápidamente y asegurarse de que podrá repararlos correctamente.

Características como herramientas de medición puntual, controles de temperatura ajustables y una gran variedad de paletas de color pueden ayudarle a detectar las diferencias de temperatura que podrían indicar problemas. Ambas cámaras Pro-Series ofrecen VividIR™, que reproduce imágenes más nítidas y claras, y MSX®, que mejora la perspectiva al superponer detalles visuales a la imagen térmica. El conector ajustable FLIR OneFit™ se extiende hasta 4 mm para ajustarse a muchas fundas protectoras de teléfono populares.

Tanto si usted es electricista, inspector mecánico, técnico de automoción o profesional de HVAC, las cámaras FLIR ONE Pro-Series permiten a los usuarios de todos los niveles de experiencia trabajar de forma eficiente sobre la marcha.



El punto más frío

El punto más caliente

Para empezar a sacar el máximo provecho de su FLIR ONE Pro, descargue la aplicación FLIR One de la App Store (para iOS) o Google Play Store (para Android).

Esta aplicación fácil de usar está repleta de funciones de edición térmica profesional y le ofrece la posibilidad de compartir rápidamente las imágenes con los miembros de su equipo. Los usuarios también disponen de un acceso conveniente a una amplia variedad de aplicaciones móviles FLIR ONE compatibles (desarrolladas con el SDK móvil de FLIR).



El conector OneFit puede utilizarse con muchas fundas protectoras.

La cámara visual superpone los detalles visuales en la imagen térmica para mejorar MSX

La cámara térmica proporciona un amplio campo de visión horizontal y vertical

Captura archivos JPEG y de vídeo

FLIR ONE PRO

- El modelo de FLIR ONE Pro-Series más asequible.
- Resolución de imágenes térmicas de 4800 píxeles.
- Mediciones de temperatura de hasta 120 °C (248 °F).
- La sensibilidad térmica necesaria para detectar diferencias de temperatura de tan solo 100 mK.

FLIR ONE PRO

- La resolución de imagen térmica más alta a 19 200 píxeles: 4 veces mejor que la Pro LT.
- Mediciones de temperatura máxima 3 veces más altas que la Pro LT: hasta 400 °C (752 °F).
- La sensibilidad térmica necesaria para detectar diferencias de temperatura de tan solo 70 mK.

ANEXO 3

RESOLUCIÓN DESIGNACIÓN DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN Nº 437-2022-D-FI-UDH

Huánuco, 28 de febrero de 2022

Visto, el Oficio N° 263-2022-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 333447-0000001271, del Bach. NOEL YORDAN CRISTOBAL ENCARNACION, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 333447-0000001271, presentado por el (la) Bach. NOEL YORDAN CRISTOBAL ENCARNACION, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación, el mismo que propone al Mg. Joel Luis Guarniz Flores, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27 y 28 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - DESIGNAR, como Asesor de Tesis del Bach. NOEL YORDAN CRISTOBAL ENCARNACION, al Mg. Joel Luis Guarniz Flores, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo. - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá reiniciar el trámite.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Mat. y Reg. Acad. - Intercedido - Archivo
BLCRE/JML/mis

ANEXO 4

RESOLUCIÓN CAMBIO DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2647-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 08 de noviembre de 2023

Visto, el Oficio N° 1790-2023-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 447053-0000009392, del Bach. **Noel Yordan CRISTOBAL ENCARNACION**, quién solicita cambio de Asesor de Tesis.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art. 45° inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 447053-0000009392, presentado por el (la) Bach. **Noel Yordan CRISTOBAL ENCARNACION**, quién solicita cambio de Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), y;

Que, con Resolución N° 437-2022-D-FI-UDH, de fecha 28 de febrero de 2022, en la cual se designa como Asesor de Tesis del Bach. **Noel Yordan CRISTOBAL ENCARNACION** al Mg. Joel Luis Guarniz Flores, quien no tiene vínculo laboral con esta universidad, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 31 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - DEJAR SIN EFECTO, la Resolución N° 437-2022-D-FI-UDH, de fecha 28 de febrero de 2022.

Artículo Segundo. - DESIGNAR, como nuevo Asesor de Tesis del Bach. **Noel Yordan CRISTOBAL ENCARNACION** a la Mg. Lili Tatiana Boyanovich Ordoñez, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Tercero. - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:
Fac. de Ingeniería - PAIC- Asesor- Mat y Reg. Acad. - Interesado - Archivo.
BCR/BJML/ato

ANEXO 5

RESOLUCIÓN APROBACIÓN DE PROYECTO DE TESIS

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1714-2022-D-FI-UDH

Huánuco, 02 de setiembre de 2022

Visto, el Oficio N° 1096-2022-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES PATRIMONIALES MEDIANTE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN LA CAPILLA SEÑOR DE HUAYOPAMPA - HUÁNUCO - 2022", presentado por el (la) Bach. Noel Yordan CRISTOBAL ENCARNACIÓN.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 437-2022-D-FI-UDH, de fecha 28 de febrero de 2022, perteneciente al Bach. Noel Yordan CRISTOBAL ENCARNACIÓN se le designó como ASESOR(A) al Mg. Joel Luis Guarniz Flores, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 1096-2022-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES PATRIMONIALES MEDIANTE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN LA CAPILLA SEÑOR DE HUAYOPAMPA - HUÁNUCO - 2022", presentado por el (la) Bach. Noel Yordan CRISTOBAL ENCARNACIÓN, integrado por los siguientes docentes: Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. Sheyla Mayumi Morales Beteta (Secretario) e Ing. Percy Mello Dávila Herrera (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES PATRIMONIALES MEDIANTE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN LA CAPILLA SEÑOR DE HUAYOPAMPA - HUÁNUCO - 2022", presentado por el (la) Bach. Noel Yordan CRISTOBAL ENCARNACIÓN para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Eqp. Graduando - Interesado - Archivo.
BCR/BJMI/rts.

ANEXO 6

RESOLUCIÓN DE AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR ESTUDIO

CAPILLA DEL SEÑOR DE HUAYOPAMPA **MONUMENTO CULTURAL DE LA NACIÓN** **RESOLUCIÓN VICEMINISTERIAL N° 052-2012-VMPCIC-MC DEL 22-09-2012**

SEÑOR:

Lic. PEDRO CHUQUIPOMA MORENO

DIRECTOR DE LA DIRECCIÓN DESCONCENTRADA DE CULTURA DE HUÁNUCO.

Huánuco.

Nos dirigimos a usted en representación de la Parroquia Virgen del Carmen y del Equipo de Coordinación Zonal de Huayopampa, perteneciente a la Capilla de Huayopampa, para saludarlo y hacer de su conocimiento que, de acuerdo a las coordinaciones que venimos realizando con el objetivo de lograr la Restauración de nuestra Capilla del Señor de Huayopampa, lo siguiente:

1.- De las instituciones involucradas según las normas de Conservación del Patrimonio Cultural de la Nación Son: La Diócesis de Huánuco como propietario del terreno donde se encuentra en bien patrimonial y las instituciones públicas como la Dirección Desconcentrada de Cultura Huánuco; así como los gobiernos locales y regionales.

2.- De las acciones conjuntas planificadas con dicho fin, se acordó la Supervisión de la Dirección Desconcentrada de Cultura sobre los trabajos de emergencia que pudiéramos hacer; sin embargo, es conveniente plantear que; por el ESTADO DE RIESGO DE COLAPSO del techo de la capilla, se hace necesario hacer un diagnóstico del estado situacional de la estructura.

3.- Para la realización de dicho estudio presentamos al Sr. NOEL YORDAN CRISTÓBAL ENCARNACIÓN, egresado de la P.A Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco, identificado con DNI. 72737549, correo electrónico nycecr@gmail.com y con Cel. 931526617, quien llevará a cabo la investigación denominada "Diagnóstico Estructural de Edificaciones Patrimoniales mediante la Termografía Infrarroja en la Capilla Señor de Huayopampa – Huánuco – 2022", que se constituirá en uno de los estudios necesarios y urgentes para la Restauración de nuestra Capilla.

4.- El contenido del Estudio tendrá la Supervisión y Aprobación de los profesionales que la Dirección Desconcentrada de Cultura Huánuco designe para ello.

Sin otro particular le agradecemos la atención a la presente y los animamos a vivir una profunda experiencia de Fe para seguir llevando a Jesús a través de la intercesión de la Virgen del Carmen.

Huánuco 8 de febrero del 2023



Rydo. P. RUBÉN JARA TRINIDAD
Párroco Parroquia Virgen del Carmen

JULIA R. CASTRO MORANTE de ENCISO
Cordinadora ECZ Huayopampa



21233

ANEXO 7

INFORME SOBRE ACCIONES PREVENTIVAS – DDC HCO



PERÚ Ministerio de Cultura

DIRECCIÓN DESCONCENTRADA DE CULTURA HUANUCO

DIRECCIÓN DESCONCENTRADA DE CULTURA HUANUCO



Firmado digitalmente por CHACON LIMAYMANTA Alex Abelardo FAU 20537630222 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 10.01.2023 17:25:00 -05:00

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"

Huanuco, 10 de Enero del 2023

INFORME N° 000012-2023-DDC HCO-ACL/MC

A : PEDRO JULIO CHUQUIPOMA MORENO
Director de la DDC Huánuco

De : ALEX ABELARDO CHACON LIMAYMANTA
Arquitecto de la DDC Huánuco

Asunto : Acciones preventivas a ejecutarse en la Iglesia de Huayopampa, ubicado en el distrito de Amarilis, provincia y departamento de Huánuco.

Referencia : Memorando N° 000395-2022-DDC HCO/MC (a)
Resolución Directoral N° 000193-2022-DPHI/MC (b)

Sirva la presente para dirigirme a usted y en atención a los documentos de la referencia, informo lo siguiente:

Previa supervisión del estado situacional de la Iglesia de Huayopampa, bien inmueble integrante del Patrimonio Cultural de la Nación, y previa coordinación con la Dirección de Patrimonio Histórico Inmueble (mediante el documento "a" de la referencia) y correspondiente delegación de facultades (mediante el documento "b" de la referencia).

Se recomienda disponer las siguientes acciones preventivas, de carácter temporal y reversible, para ser implementadas en forma inmediata con el fin de evitar situaciones de riesgo que pongan en peligro la integridad física de las personas, así como evitar el continuo deterioro de los componentes estructurales del bien inmueble en mención; según se detalla:

1. Mantener desocupado la Iglesia, colocando un encintado de seguridad y señalización, a fin de salvaguardar la integridad física de las personas que transitan cerca de la Iglesia.
2. Clausura y restricción de acceso a los ambientes vulnerables ante un inminente colapso, a fin de evitar daños personales y materiales.
3. Apuntalamiento vertical de la cobertura desprendida de la nave central de la Iglesia, tales como vigas, viguetas y entablado, y/o elementos que se encuentren afectados, de corresponder. Los apuntalamientos deben sostener las estructuras existentes, a fin de evitar su colapso. Dichos apuntalamientos deben realizarse con el criterio y/o supervisión de un especialista.
4. Desmontaje manual, puntualmente, de los elementos estructurales y/o arquitectónicos que se encuentren sueltos por haber perdido los puntos de apoyo tras un colapso parcial, o los elementos de sujeción a la estructura existente
5. Colocación de cubierta de protección provisional (con material impermeabilizante y reversible, plástico, etc.) sobre la cobertura (techo) para evitar filtraciones de agua pluvial al interior. Para esta acción se deberá evaluar

Av. Javier Prado Este 2465, San Borja
Central Telefónica: (511) 618 9393
www.gob.pe/cultura



BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por el Ministerio de Cultura, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web:
<https://tramitedocumentario.cultura.gob.pe:8181/validadorDocumental/inicio/detalle.jsf> Código: 3KLW9CD



PERÚ

Ministerio de Cultura

DIRECCIÓN DESCONCENTRADA DE
CULTURA HUANUCO

DIRECCIÓN DESCONCENTRADA DE
CULTURA HUANUCO

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"

- previamente el estado de conservación de la estructura de la techumbre, por si se considera necesario su refuerzo.
6. Colocación de canaletas y/o bajantes, o la limpieza o acondicionamiento de las existentes, para la correcta evacuación de aguas pluviales y evitar las chorreras que humedecen los muros de adobe, debilitando su capacidad portante.
 7. Realizar la limpieza integral superficial (en seco) de la iglesia y su entorno inmediato, mediante el retiro de desperdicios acumulados en los ambientes. Dicha acción debe efectuarse resguardando la integridad física de los operarios y/o personal encargado de ello.
 8. Mantener vigilancia permanente del inmueble para salvaguardar la integridad física de los concurrentes ante algún colapso, y a fin de evitar pérdida o sustracción de los componentes del inmueble.
 9. Disponer el corte de todos los servicios básicos en todo el inmueble, a fin de evitar cortocircuitos y posibles eventos antrópicos
 10. Protección de las cabeceras de los muros que se encuentren expuestos a la intemperie (con material impermeabilizante y reversible, plástico, etc.) para evitar el humedecimiento por filtraciones de aguas pluviales
 11. Protección del mobiliario existente al interior del templo con plásticos, hasta que se solucione el problema de filtración de aguas pluviales que se da a través de la cubierta

Cabe precisar que las acciones preventivas, de carácter temporal y reversible, deben ser autorizadas y/o ejecutadas por los propietarios del inmueble, de conformidad a lo establecido en el numeral 6.4 del Artículo 6 de la Ley N° 28296 - Ley General de Patrimonio Cultural de la Nación.

Se recomienda que las acciones preventivas indicadas se ejecuten bajo la dirección o supervisión de un arquitecto y/o ingeniero civil especialista en construcciones patrimoniales, sobre todo en los que involucren a los elementos estructurales de la edificación.

Por otro lado, señalar que (en cumplimiento del numeral 6.4 del Artículo 6 de la Ley N° 28296 – Ley General de Patrimonio Cultural de la Nación) los propietarios, a la mayor brevedad, deben elaborar un proyecto de intervención integral para la "Iglesia de Huayopampa", considerando que para la ejecución de obras públicas y privadas reguladas por la Ley N° 29090 - Ley de Regulación de Habitaciones Urbanas y de Edificaciones, que involucren a bienes integrantes del Patrimonio Cultural de la Nación, se requiere de la autorización de Ministerio de Cultura, la cual es otorgada a través de su delegado ad hoc ante la comisión técnica de las Municipalidad respectiva. Para ello, se deberá presentar el proyecto de intervención ante la Municipalidad de la jurisdicción siguiendo el procedimiento para la obtención de licencia de edificación en Modalidad "C", de conformidad a lo dispuesto en los numerales 22.1 y 22.2 de la Ley N° 28296 – Ley General de Patrimonio Cultural, modificado por el Artículo 60 de la Ley N° 30230 - Ley que establece medidas tributarias, simplificación de procedimientos y permisos para la promoción y dinamización de la inversión en el país.

Av. Javier Prado Este 2465, San Borja
Central Telefónica: (511) 618 9393
www.gob.pe/cultura



BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por el Ministerio de Cultura, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2018-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web:
<https://tramitedocumentario.cultura.gob.pe:8181/validadorDocumental/inicio/detalle.jsf> Código: 3KLW9CD



Es todo cuanto se informa para su conocimiento y fines que se sirva determinar, salvo mejor parecer.

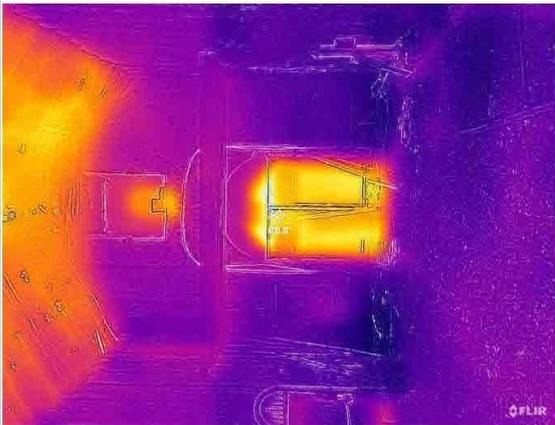
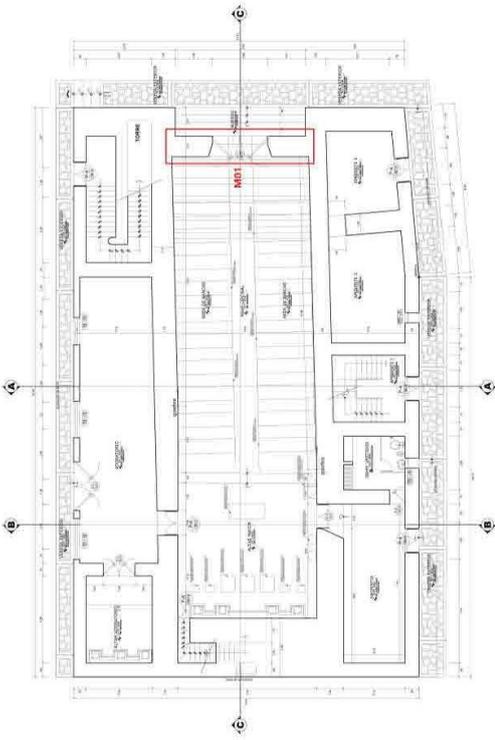
Atentamente,

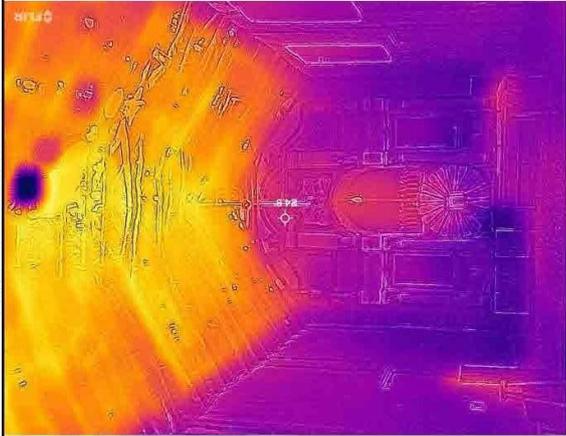
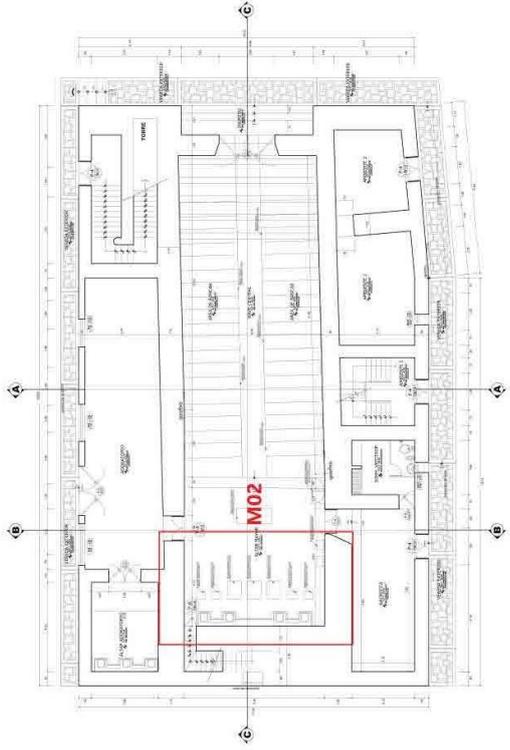
ACL
cc: cc:1



ANEXO 8

FICHAS DE EVALUACIÓN DE CAMPO

 <p>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO FACULTAD DE INGENIERIA PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL</p>		 <p>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO FACULTAD DE INGENIERIA PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL</p>	
<p>TESIS "DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES PATRIMONIALES MEDIANTE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN LA CAPILLA SEÑOR DE HUAYOPAMPA - HUÁNUCO - 2022"</p>			
<p>TESISTA BACH. NOEL YORDAN CRISTÓBAL ENCARNACIÓN</p>			
<p>LUGAR DE DIAGNOSTICO URB. SEÑOR DE HUAYOPAMPA, AMARILIS - HUÁNUCO - PERÚ</p>			
EQUIPO FLIR SYSTEMS		MODELO ONE PRO	
FECHA 27/02/2023		HORA 4:30pm	
ELEMENTO MURO INTERIOR 01		N° DE ENSAYO 01	
<p>FOTOGRAFIA TERMOGRAFICA</p> 		<p>REGISTRO TERMOGRAFICO</p> 	
<p>IDENTIFICACION DE ELEMENTO EN PLANIMETRIA</p>			
<p>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN</p> <p>A través de la toma visual termográfica del muro interior que da al acceso principal podemos identificar las siguientes lesiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Por agentes atmosféricos: en las tomas fotográficas de temperatura se observa la degradación de la base del muro, coronación y la superficie del muro debido a los cambios drásticos de temperatura durante periodos prolongados de lluvia y calor, esto provoca a corto, mediano y largo plazo el deterioro exponencial de la estructura del patrimonio. - Por causas biológicas: se tiene la presencia de animales (palomas) en el interior de la capilla lo que afecta al estado del muro, conllevando al deterioro del acabado en los muros. - Por causas antrópicas: no se ha contado con un adecuado mantenimiento a través de los años. - Por lesiones estructurales: a observación simple se puede observar que la dimensión estructural de los muros es de forma variable para lo cual se realizará un análisis de toda la estructura. 			

 UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO FACULTAD DE INGENIERIA PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL		 UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO FACULTAD DE INGENIERIA PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS	"DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES PATRIMONIALES MEDIANTE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN LA CAPILLA SEÑOR DE HUAYOPAMPA - HUÁNUCO - 2022"		
TESISTA	BACH. NOEL YORDAN CRISTÓBAL ENCARNACIÓN		
LUGAR DE DIAGNÓSTICO	URB. SEÑOR DE HUAYOPAMPA, AMARILIS - HUÁNUCO - PERÚ		
EQUIPO	FLIR SYSTEMS	MODELO	ONE PRO
FECHA	27/02/2023	HORA	4:30pm
ELEMENTO	MURO INTERIOR 02	N° DE ENSAYO	02
FOTOGRAFÍA TERMOGRAFICA		REGISTRO TERMOGRÁFICO	
			
IDENTIFICACION DE ELEMENTO EN PLANIMETRIA			
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN			
<p>Através de la toma visual y termográfica del muro interior que da al altar podemos identificar las siguientes lesiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Por agentes atmosféricos: en las tomas fotográficas de temperatura se observa la degradación de la base del muro, coronación y la superficie del muro debido a los cambios drásticos de temperatura durante periodos prolongados de lluvia y/o calor, esto provoca a corto, mediano y largo plazo el deterioro exponencial de la estructura del patrimonio, lo cual se puede observar en los tonos de azul presencial de humedad alta. - Por causas biológicas: se tiene la presencia de animales (palomas) en el interior de la capilla lo que afecta al estado del muro, conllevando al deterioro del acabado en los muros. - Por causas antrópicas: no se ha contado con un adecuado mantenimiento a través de los años. - Por lesiones estructurales: a observación simple se puede observar que la dimensión estructural de los muros es de forma variable para lo cual se realizará un análisis de toda la estructura. 			



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS "DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES PATRIMONIALES MEDIANTE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN LA CAPILLA SEÑOR DE HUAYOPAMPA - HUÁNUCO - 2022"

TESISTA BACH. NOEL YORDAN CRISTÓBAL ENCARNACIÓN

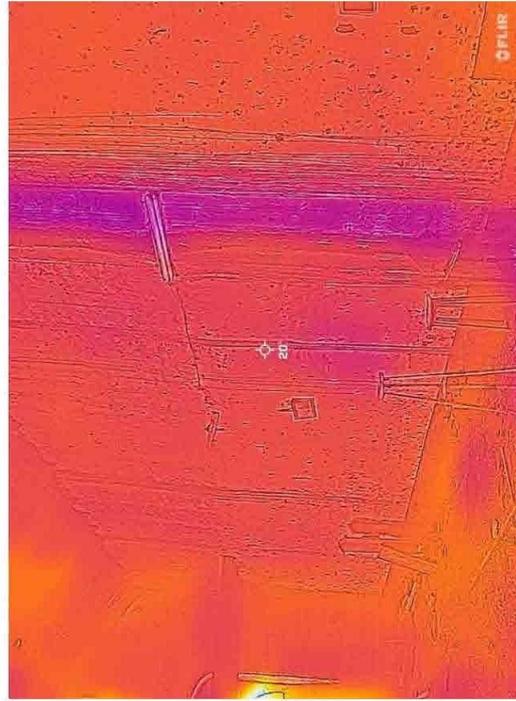
LUGAR DE DIAGNOSTICO URB. SEÑOR DE HUAYOPAMPA, AMARILIS - HUÁNUCO - PERÚ

EQUIPO FLIR SYSTEMS MODELO ONE PRO 27/02/2023 CALIBRACIÓN 27/02/2023

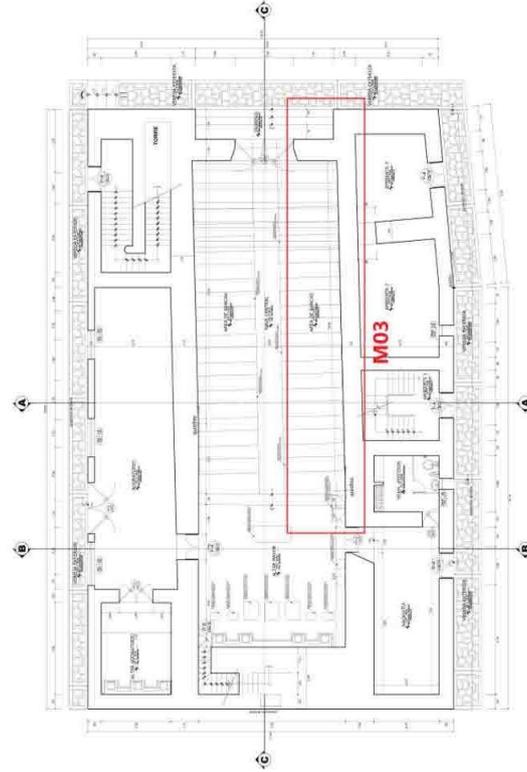
FECHA 27/02/2023 HORA 4:30pm TEMPERATURA 28°C

ELEMENTO MURO INTERIOR 03 N° DE ENSAYO 03

REGISTRO TERMOMGRÁFICO



IDENTIFICACION DE ELEMENTO EN PLANIMETRIA



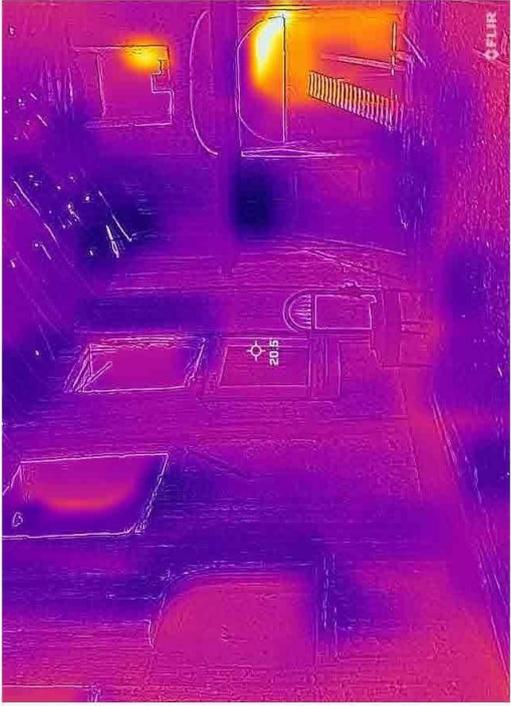
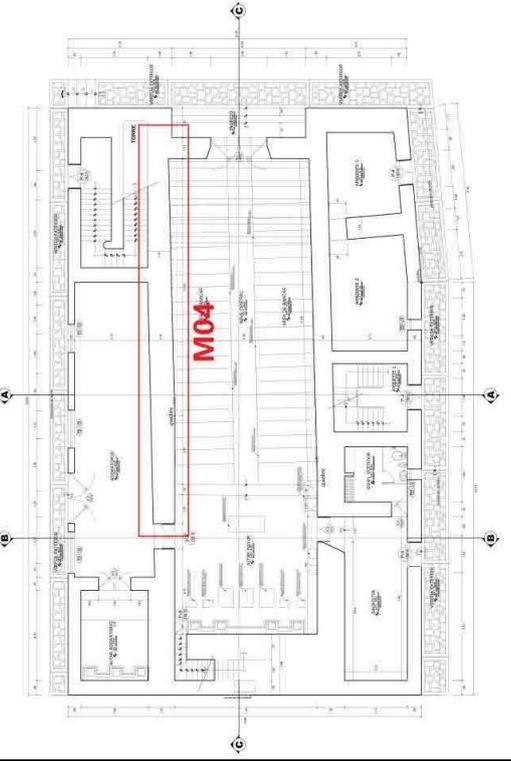
FOTOGRAFIA TERMOMGRÁFICA

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

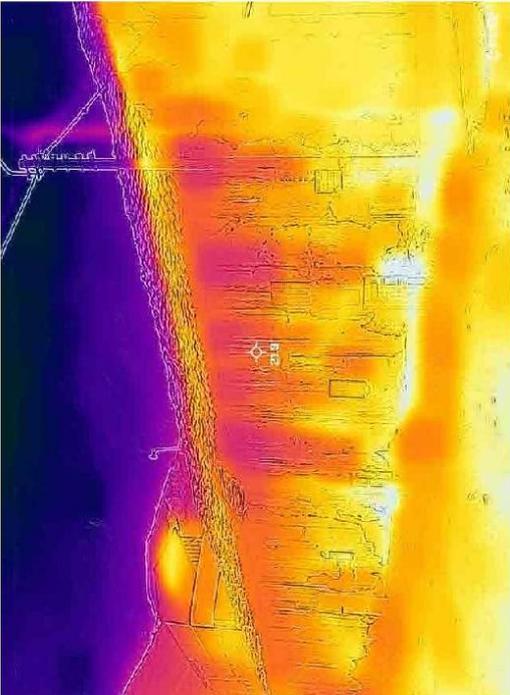
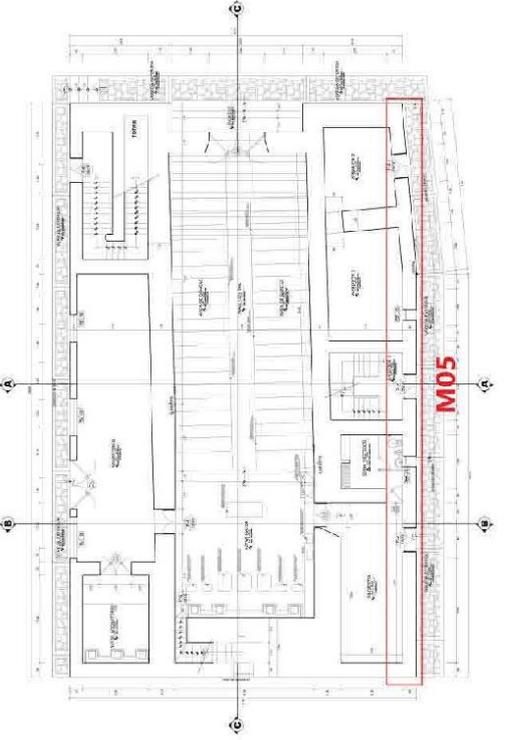
A través de la toma visual y termográfica del muro interior podemos identificar las siguientes lesiones:
- Por agentes atmosféricos: en las tomas fotográficas de temperatura se observa la degradación de la base del muro, coronación y la superficie del muro debido a los cambios drásticos de temperatura durante periodos prolongados de lluvia y/o calor, esto provoca a corto, mediano y largo plazo el deterioro exponencial de la estructura del patrimonio, lo cual se puede observar en los tomos de azul presencia de humedad alta (parte específica en el muro por donde ingresa la humedad cuando llueve)
- Por causas biológicas: se tiene la presencia de animales (palomas) en el interior de la capilla lo que afecta al estado del muro, conllevando al deterioro del acabado en los muros.
- Por causas antrópicas: no se ha contado con un adecuado mantenimiento a través de los años.
- Por lesiones estructurales: a observación simple se puede observar que la dimensión estructural de los muros es de forma variable para lo cual se realizará un análisis de toda la estructura.



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS	"DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES PATRIMONIALES MEDIANTE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN LA CAPILLA SEÑOR DE HUAYOPAMPA - HUÁNUCO - 2022"			
TESISTA	BACH. NOEL YORDAN CRISTÓBAL ENCARNACIÓN			
LUGAR DE DIAGNOSTICO	URB. SEÑOR DE HUAYOPAMPA, AMARILIS - HUÁNUCO - PERÚ			
EQUIPO	FLIR SYSTEMS	MODELO	ONE PRO	CALIBRACIÓN
FECHA	27/02/2023	HORA	4:30pm	TEMPERATURA
ELEMENTO	MURO INTERIOR 04	REGISTRO TERMÓGRAFICO		N° DE ENSAYO
FOTOGRAFIA TERMÓGRAFICA		IDENTIFICACION DE ELEMENTO EN PLANIMETRIA		
				
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN				
A través de la toma visual y termográfica del muro interior podemos identificar las siguientes lesiones:				
- Por agentes atmosféricos: en las tomas fotográficas de temperatura se observa la degradación de la base del muro, coronación y la superficie del muro debido a los cambios drásticos de temperatura durante periodos prolongados de lluvia y/o calor, esto provoca a corto, mediano y largo plazo el deterioro exponencial de la estructura del patrimonio, lo cual se puede observar en los tonos de azul presencial de humedad alta (parte específica en el muro por donde ingresa la humedad cuando llueve)				
- Por causas biológicas: se tiene la presencia de animales (palomas) en el interior de la capilla lo que afecta al estado del muro, conllevando al deterioro del acabado en los muros.				
- Por causas antrópicas: no se ha contado con un adecuado mantenimiento a través de los años.				
- Por lesiones estructurales: a observación simple se puede observar que la dimensión estructural de los muros es de forma variable para lo cual se realizará un análisis de toda la estructura.				



TESIS		"DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES PATRIMONIALES MEDIANTE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN LA CAPILLA SEÑOR DE HUAYOPAMPA - HUÁNUCO - 2022"	
TESISTA		BACH. NOEL YORDAN CRISTOBAL ENCARNACIÓN	
LUGAR DE DIAGNOSTICO		URB. SEÑOR DE HUAYOPAMPA, AMARILIS - HUÁNUCO - PERÚ	
EQUIPO	FLIR SYSTEMS	MODELO	ONE PRO
FECHA	27/02/2023	HORA	4:30pm
ELEMENTO	MURO EXTERIOR 01	TEMPERATURA	28 C
		N° DE ENSAYO	106
FOTOGRAFIA TERMOGRAFICA		REGISTRO TERMOGRAFICO	
			
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN		ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN	

A través de la toma visual y termográfica del muro exterior podemos identificar las siguientes lesiones:

- Por agentes atmosféricos: en las tomas fotográficas de temperatura se observa la degradación de la base del muro, coronación y la superficie del muro debido a los cambios drásticos de temperatura durante periodos prolongados de lluvia y calor, esto provoca a corto, mediano y largo plazo el deterioro exponencial de la estructura del patrimonio, lo cual se puede observar en los tonos de azul presencia de humedad alta (parte superior de la humedad cuando llueve), en cuanto a los tonos de color amarillo y anaranjado es producto de la absorción de calor durante el día del muro.
- Por causas biológicas: se tiene la presencia de animales (palomas) en el interior de la capilla lo que afecta al estado del muro, conteniendo al deterioro del acabado en los muros.
- Por causas antropicas: no se ha contado con un adecuado mantenimiento a través de los años.
- Por lesiones estructurales: a observación simple se puede observar que la dimensión estructural de los muros es de forma variable para lo cual se realizará un análisis de toda la estructura.



TESIS "DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES PATRIMONIALES MEDIANTE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN LA CAPILLA SEÑOR DE HUAYOPAMPA - HUÁNUCO - 2022"

TESISTA BACH. NOEL YORDAN CRISTOBAL ENCARNACIÓN

LUGAR DE DIAGNOSTICO URB. SEÑOR DE HUAYOPAMPA, AMARILIS - HUÁNUCO - PERÚ

EQUIPO FLIR SYSTEMS MODELO ONE PRO

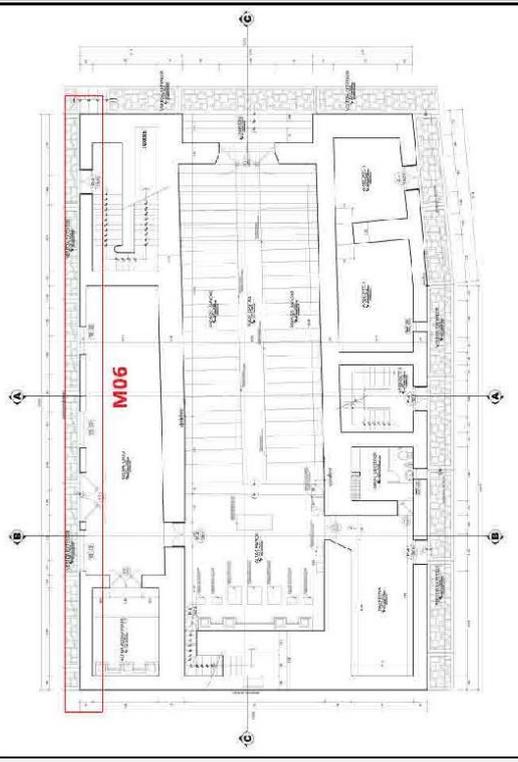
FECHA 27/02/2023 HORA 4:30pm

ELEMENTO MURO EXTERIOR 02

REGISTRO TERMOMÉTRICO

IDENTIFICACION DE ELEMENTO EN PLANIMETRIA

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN



A través de la toma visual y termográfica del muro exterior podemos identificar las siguientes lesiones:

- Por agentes atmosféricos: en las tomas fotográficas de temperatura se observa la degradación de la base del muro, connotación y la superficie del muro debido a los cambios drásticos de temperatura durante períodos prolongados de lluvia y/o calor, esto provoca a corto, mediano y largo plazo el deterioro exponencial de la estructura del patrimonio, lo cual se puede observar en los tonos de azul presencial de humedad alta (parte específica en el muro por donde ingresa la humedad cuando llueve), en cuanto a los tonos de color amarillo y anaranjado es producto de la absorción de calor durante el día del muro.
- Por causas biológicas: se tiene la presencia de animales (palomas) en el interior de la capilla lo que afecta al estado del muro, conllevando al deterioro del acabado en los muros.
- Por causas antropogénicas: no se ha contado con un adecuado mantenimiento a través de los años.
- Por lesiones estructurales: a observación simple se puede observar que la dimensión estructural de los muros es de forma variable para lo cual se realizará un análisis de toda la estructura.



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS "DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES PATRIMONIALES MEDIANTE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN LA CAPILLA SEÑOR DE HUAYOPAMPA - HUÁNUCO - 2022"

TESISTA BACH. NOEL YORDAN CRISTÓBAL ENCARNACIÓN

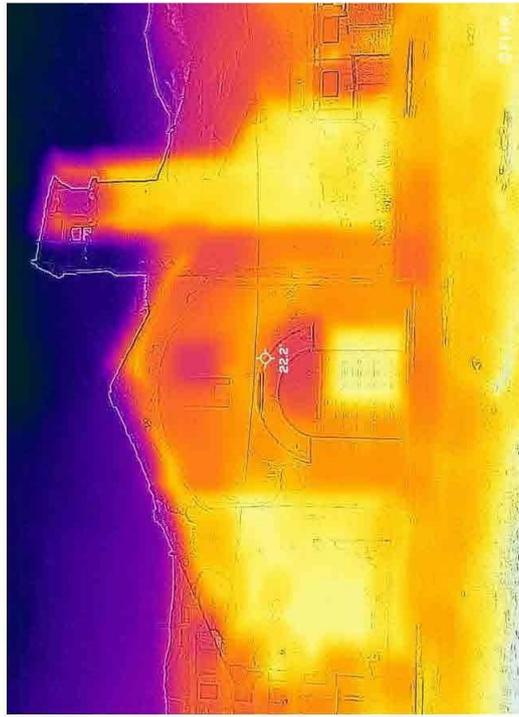
LUGAR DE DIAGNOSTICO URB. SEÑOR DE HUAYOPAMPA, AMARILIS - HUÁNUCO - PERÚ

EQUIPO FLIR SYSTEMS MODELO ONE PRO CALIBRACIÓN 27/02/2023

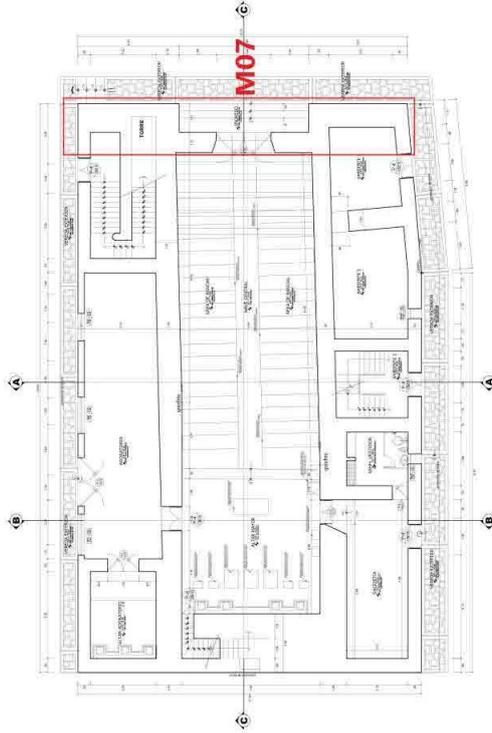
FECHA 27/02/2023 HORA 4:30pm TEMPERATURA 28°C

ELEMENTO MURO EXTERIOR 03 N° DE ENSAYO 07

FOTOGRAFIA TERMOGRAFICA



IDENTIFICACION DE ELEMENTO EN PLANIMETRIA



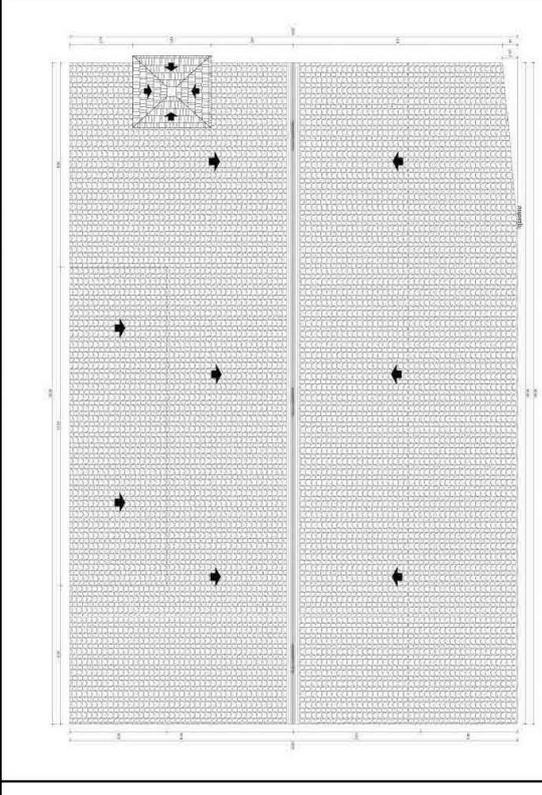
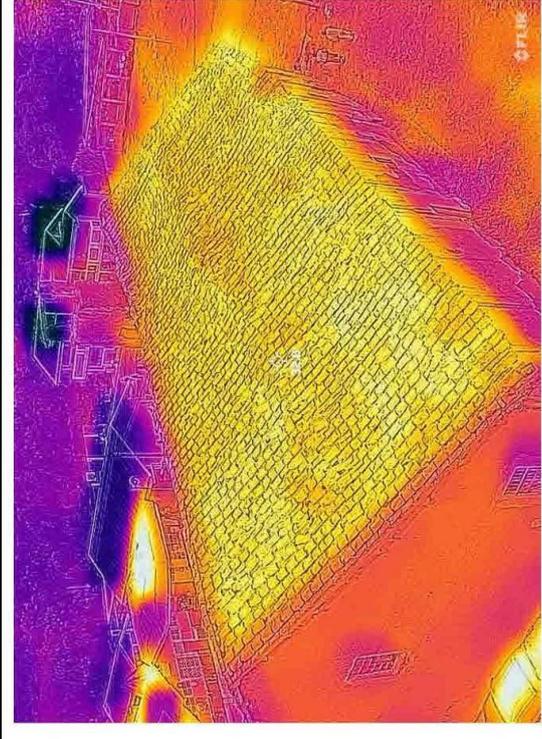
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

A través de la toma visual y termográfica del muro exterior podemos identificar las siguientes lesiones:

- Por agentes atmosféricos: en las tomas fotográficas de temperatura se observa la degradación de la base del muro, coronación y la superficie del muro debido a los cambios drásticos de temperatura durante periodos prolongados de lluvia y/o calor, esto provoca a corto, mediano y largo plazo el deterioro exponencial de la estructura del patrimonio, lo cual se puede observar en los tonos de azul presencia de humedad alta (parte específica en el muro por donde ingresa la humedad cuando llueve), en cuanto a los tonos de color amarillo y anaranjado es producto de la absorción de calor durante el día del muro.
- Por causas biológicas: se tiene la presencia de animales (palomas) en el interior de la capilla lo que afecta al estado del muro, conllevando al deterioro del acabado en los muros.
- Por causas antrópicas: no se ha contado con un adecuado mantenimiento a través de los años, además de pintas por actos vandálicos.
- Por lesiones estructurales: a observación simple se puede observar que la dimensión estructural de los muros es de forma variable para lo cual se realizará un análisis de toda la estructura.

TESIS	"DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES PATRIMONIALES MEDIANTE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN LA CAPILLA SEÑOR DE HUAYOPAMPA - HUÁNUCO - 2022"			
TESISTA	BACH. NOEL YORDAN CRISTÓBAL ENCARNACIÓN			
LUGAR DE DIAGNOSTICO	URB. SEÑOR DE HUAYOPAMPA, AMARILIS - HUÁNUCO - PERÚ			
EQUIPO	FLIR SYSTEMS	MODELO	ONE PRO	CALIBRACIÓN
FECHA	27/02/2023	HORA	4:30pm	TEMPERATURA
ELEMENTO	COBERTURA Y MUROS		N° DE ENSAYO	08

REGISTRO TERMOGRAFICO IDENTIFICACION DE ELEMENTO EN PLANIMETRIA



ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Através de la toma visual y termográfica de la cobertura y muros podemos identificar las siguientes lesiones:

- **Por agentes atmosféricos:** en las tomas fotográficas de temperatura se observa la degradación de la base del muro, coronación y la superficie del muro debido a los cambios drásticos de temperatura durante periodos prolongados de lluvia y/o calor, esto provoca a corto, mediano y largo plazo el deterioro exponencial de la estructura del patrimonio, lo cual se puede observar en los tonos de azul presencial de humedad alta (parte específica en el muro por donde ingresa la humedad cuando llueve), en cuanto a los tonos de color amarillo y anaranjado es producto de la absorción de calor durante el día del muro. La cobertura presenta un color intenso amarillo, por el calor absorbido durante el día, además se observa deformaciones en la cobertura que esta es conllevada producto del deterioro de los listones de soporte de la cobertura.
- **Por causas biológicas:** se tiene la presencia de animales (palomas) en el interior de la capilla lo que afecta al estado del muro, conllevando al deterioro del acabado en los muros.
- **Por causas antrópicas:** no se ha contado con un adecuado mantenimiento a través de los años, además de pintas por actos vandálicos.
- **Por lesiones estructurales:** a observación simple se puede observar que la dimensión estructural de los muros es de forma variable para lo cual se realizará un análisis de toda la estructura.



TESIS "DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES PATRIMONIALES MEDIANTE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN LA CAPILLA SEÑOR DE HUAYOPAMPA - HUÁNUCO - 2022"

TESISTA BACH. NOEL YORDAN CRISTÓBAL ENCARNACIÓN

LUGAR DE DIAGNOSTICO URB. SEÑOR DE HUAYOPAMPA, AMARILUS - HUÁNUCO - PERÚ

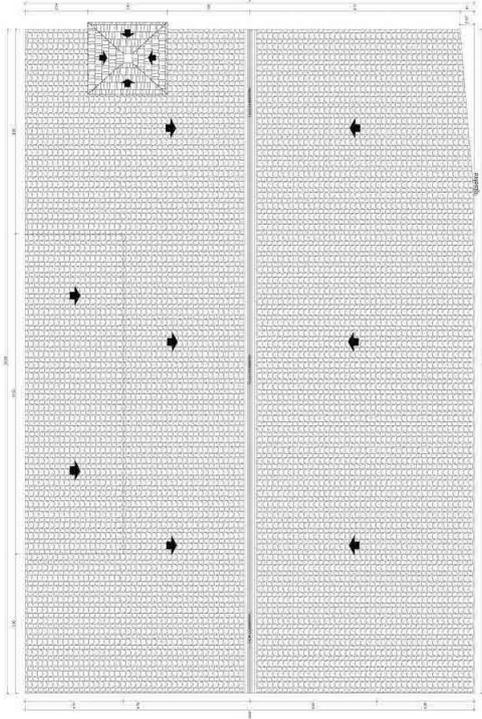
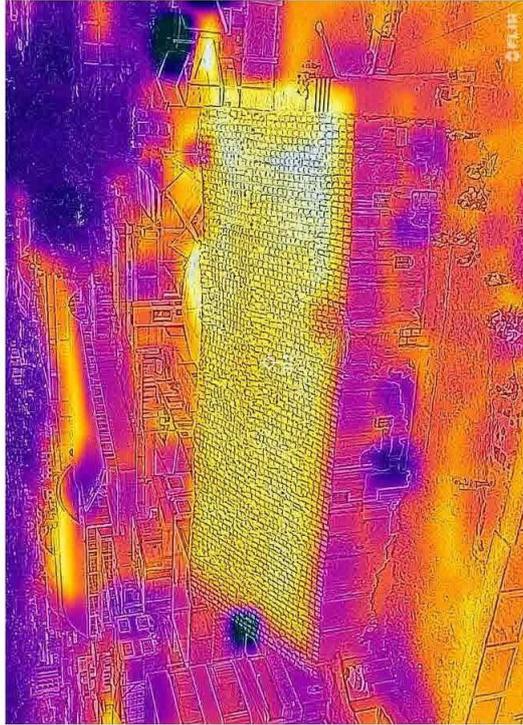
EQUIPO	FLIR SYSTEMS	MODELO	ONE PRO	CALEBRACIÓN	27/02/2023
FECHA	27/02/2023	HORA	4:30pm	TEMPERATURA	28°C

ELEMENTO	COBERTURA Y MUROS	N° DE ENSAYO	09
----------	-------------------	--------------	----

REGISTRO TERMOGRAFICO

IDENTIFICACION DE ELEMENTO EN PLANIMETRIA

FOTOGRAFIA TERMOGRAFICA



ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

A través de la toma visual y termográfica de la cobertura y muros podemos identificar las siguientes lesiones:

- **Por agentes atmosféricos:** en las tomas fotográficas de temperatura se observa la degradación de la base del muro, coronación y la superficie del muro debido a los cambios drásticos de temperatura durante periodos prolongados de lluvia y/o calor, esto provoca a corto, mediano y largo plazo el deterioro exponencial de la estructura del patrimonio, lo cual se puede observar en los tonos de azul (parte específica en el muro por donde ingresa la humedad cuando llueve), en cuanto a los tonos de color amarillo y anaranjado es producto de la absorción de calor durante el día del muro.
- **Por causas biológicas:** se tiene la presencia de animales (patomas) en el interior de la capilla lo que afecta lo que cubre la cobertura que esta es conllevada producto del deterioro de los listones de soporte de la cobertura.
- **Por causas antrópicas:** no se ha contado con un adecuado mantenimiento a través de los años, además de pintas por actos vandálicos.
- **Por lesiones estructurales:** a observación simple se puede observar que la dimensión estructural de los muros es de forma variable para lo cual se realizará un análisis de toda la estructura.

ANEXO 9 PANEL FOTOGRÁFICO

