DESDE 2013
https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/issue/archive
Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI

ISSN: 2007-6363

Publicación Semestral Pädi Vol. 14 No. Especial 3 (2026) 352-359

Autentificación de Confinamientos Estructurales Mediante Termografía Infrarroja
Authentication of Structural Confinements Using Infrared Thermography

J. E. Cerón-Carballo[a], E. Pérez-Isidro[a,*], H. I. Navarro-Gómez[a], C. Rodríguez Álvarez[a]

[a] *Ingeniería Civil Forense, Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo 42184, Pachuca, Hidalgo, México.*

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo identificar y autentificar la presencia de castillos y cadenas en un muro de mampostería confinada mediante análisis termográfico no destructivo, aplica cuando no se cuenta con los planos de construcción y que no es evidente la incorporación de estos elementos estructurales. La evaluación permitió detectar diferencias térmicas asociadas a cambios de materiales y densidad estructural dentro del sistema constructivo. Los resultados mostraron patrones térmicos claramente definidos, donde los elementos de concreto armado presentaron comportamientos diferenciados respecto a la mampostería circundante. La comparación de los patrones térmicos obtenidos respecto con referencias bibliográficas y normas internacionales, como ASTM C1060 e ISO 6781, evidenció coincidencias superiores al 80 %, mientras que la identificación de castillos y cadenas alcanzó valores aproximados del 90 % y 88 %, respectivamente. Asimismo, el contraste térmico registrado facilitó la interpretación de los confinamientos estructurales sin necesidad de intervenciones físicas en el muro. En conjunto, los resultados demostraron que la termografía infrarroja constituye una herramienta confiable, eficiente y precisa para la inspección y validación estructural en sistemas de mampostería confinada.

Palabras Clave: Termografía, Mampostería, Castillos, Cadenas, Confinamiento.

Abstract

This study aimed to identify and authenticate the presence of columns and bond beams in a confined masonry wall using non-destructive thermographic analysis. The evaluation detected thermal differences associated with changes in materials and structural density within the building system. The results showed clearly defined thermal patterns, where the reinforced concrete elements exhibited differentiated behavior compared to the surrounding masonry. Comparison with bibliographic references and international standards, such as ASTM C1060 and ISO 6781, revealed agreements exceeding 80%, while the identification of columns and bond beams reached approximately 90% and 88%, respectively. Furthermore, the recorded thermal contrast facilitated the interpretation of structural confinement without the need for physical interventions in the wall. Overall, the results demonstrated that infrared thermography is a reliable, efficient, and accurate tool for the structural inspection and validation of confined masonry systems.

Keywords: Thermography, Masonry, Castles, Chains, Confinement.

1. Introducción

La evaluación de elementos constructivos en edificaciones representa una actividad fundamental para comprender el comportamiento estructural y las condiciones internas de los materiales que conforman un sistema constructivo. En los muros de mampostería, la presencia de elementos de confinamiento contribuye significativamente a mejorar la estabilidad, resistencia y seguridad de la estructura ante diferentes tipos de cargas y esfuerzos. La identificación de estos componentes permite conocer la distribución de refuerzos y verificar la integración adecuada entre los distintos materiales empleados durante el proceso constructivo (Proietti, 2021).

Asimismo, el análisis de las condiciones superficiales y térmicas de los muros facilita la detección de variaciones asociadas a cambios de densidad, humedad o discontinuidades internas (Sanchez, 2026). Este tipo de estudios resulta de gran importancia en edificaciones en proceso de construcción o rehabilitación, ya que proporciona información útil para la inspección técnica, el control de calidad y la valoración del

*Autor para la correspondencia: eber_perez@uaeh.edu.mx
Correo electrónico: jesus_ceronc@uaeh.edu.mx (Jesús Emmanuel Cerón-Carballo), eber_perez@uaeh.edu.mx (Eber Pérez-Isidro), humberto_navarro@uaeh.edu.mx (Humberto Iván Navarro-Gómez), profe_7479@uaeh.edu.mx (Cutberto Rodríguez Álvarez).

Historial del manuscrito: recibido el 21/05/2026, última versión-revisada recibida el 14/09/26, aceptado el 17/09/2026, publicado el 06/11/2026. **DOI:** https://doi.org/10.29057/icbi.v14iEspecial3.17953

desempeño estructural de los sistemas de mampostería confinada (Silva, 2019).

El estudio se realizó en una edificación en proceso de construcción ubicada en la ciudad de Tulancingo, Hidalgo, zona caracterizada por presentar un clima templado con variaciones térmicas importantes entre la noche y la mañana. El área analizada corresponde a un espacio interior con muros de mampostería y elementos estructurales de concreto, aún sin acabados finales. Las condiciones del sitio permitieron realizar la evaluación en un ambiente con iluminación natural y baja incidencia térmica directa durante las primeras horas del día. La construcción presenta un sistema estructural típico de mampostería confinada, donde los elementos verticales y horizontales de refuerzo forman parte esencial de la estabilidad y resistencia del conjunto arquitectónico (Prosperi, 2026).

La mampostería confinada es uno de los sistemas constructivos más utilizados en edificaciones de baja y mediana altura debido a su resistencia, economía y facilidad de construcción. Este sistema se compone de muros de mampostería reforzados mediante elementos de concreto armado, conocidos como castillos y cadenas, los cuales proporcionan estabilidad estructural y mejoran el comportamiento del conjunto ante cargas verticales y horizontales (Maximino, 2026). La identificación de estos elementos es importante para evaluar la calidad constructiva y verificar el adecuado confinamiento del muro. Dentro de las técnicas de inspección no destructiva, la termografía infrarroja destaca por su capacidad para detectar variaciones térmicas superficiales asociadas a diferencias de materiales, densidad y humedad (Hernandez, 2026). Esta metodología permite identificar elementos estructurales ocultos sin necesidad de realizar perforaciones o daños en la construcción. Además, la interpretación térmica facilita el análisis del comportamiento físico de los materiales presentes en los sistemas de mampostería confinada (Silva, 2019).

El análisis de muros mediante técnicas no destructivas ha adquirido gran relevancia en el área de la ingeniería civil y la construcción, especialmente en la evaluación de sistemas de mampostería confinada. La identificación de castillos y cadenas dentro de los muros es fundamental para verificar la seguridad estructural y el cumplimiento de criterios constructivos (Angiuli, 2016). En este contexto, la termografía infrarroja se ha consolidado como una herramienta eficiente para detectar variaciones térmicas asociadas a cambios de materiales y elementos de refuerzo ocultos (Cluni, 2021). Su aplicación en edificaciones permite obtener información rápida y precisa sin afectar la integridad física de la estructura. esta metodología se utiliza en viviendas, edificios y obras en proceso constructivo para localizar discontinuidades, humedad y componentes estructurales internos (Erazo, 2022). Estos antecedentes respaldan el uso de técnicas termográficas como apoyo en procesos de inspección, diagnóstico y control de calidad en sistemas constructivos de mampostería confinada (Wei, 2010).

El objetivo del presente estudio es identificar los elementos de refuerzo del tipo castillos u cadenas integrados al sistema constructivo mediante el uso de termografía infrarroja (técnica no destructiva) para evaluar las características estructurales de un muro de mampostería confinada. Asimismo, se busca obtener información que contribuya a la interpretación del comportamiento térmico y físico de los materiales que conforman la estructura, permitiendo identificar diferencias asociadas a cambios de densidad y composición (Estrada, 2026). El estudio pretende apoyar los procesos de inspección técnica y control de calidad en edificaciones, proporcionando criterios para la valoración de sistemas constructivos confinados sin afectar la integridad física del elemento analizado (Sasso, 2020).

El estudio para la evaluación de sistemas constructivos en edificaciones representa una actividad de gran importancia debido a su impacto en distintos ámbitos del desarrollo urbano y social. Su uso se justifica desde el aspecto económico, la identificación adecuada de elementos estructurales permite optimizar procesos de construcción, mantenimiento y rehabilitación, reduciendo costos asociados a daños o intervenciones innecesarias. De igual manera, el análisis desarrollado contribuye al conocimiento y aplicación de técnicas de evaluación utilizadas en ingeniería civil para el diagnóstico y verificación de componentes estructurales presentes en muros de mampostería (Dilrukshi, 2010). En el ámbito social, contar con estructuras seguras contribuye a proteger la integridad de las personas y mejorar las condiciones de habitabilidad en las viviendas y edificaciones. Culturalmente, el uso de sistemas de mampostería confinada forma parte de las prácticas constructivas tradicionales ampliamente utilizadas en diversas regiones, por lo que su análisis favorece la conservación y mejora de técnicas empleadas en la construcción local. En el contexto político y normativo, este tipo de estudios fortalece los procesos de supervisión, control de calidad y cumplimiento de reglamentos de construcción orientados a garantizar seguridad estructural y desarrollo urbano sostenible (Ramírez, 2024).

2. Metodología

El método utilizado consistió en la evaluación superficial de un muro mediante una técnica de inspección no destructiva basada en el registro de variaciones térmicas (Vladimir, 2024). Este procedimiento permitió identificar diferencias de temperatura asociadas a cambios de materiales, densidad y presencia de elementos estructurales dentro del sistema constructivo. La evaluación se realizó en condiciones ambientales controladas durante las primeras horas de la mañana para obtener un mejor contraste térmico en la superficie analizada. Posteriormente, la información obtenida fue interpretada para reconocer la distribución de componentes estructurales integrados en el muro, facilitando el análisis del comportamiento físico y constructivo del elemento sin alterar ni dañar su integridad estructural (Martínez, 2026).

2.1. Selección del área de estudio

Se identificó un muro de mampostería perteneciente a una construcción en proceso como elemento principal de evaluación. La selección se realizó considerando un muro cabecero para efectuar una inspección superficial para la

lectura térmica. Asimismo, se verificó que el área contara con accesibilidad y condiciones ambientales favorables para desarrollar el análisis de manera adecuada y segura durante el proceso de captura de información (Zijl, 2019). Antes de iniciar el análisis, se efectuó una inspección visual del muro con el propósito de reconocer sus características físicas, dimensiones y estado general (Uribe, 2026). Durante esta etapa se identificaron posibles irregularidades superficiales, uniones constructivas y zonas donde podrían localizarse elementos estructurales de confinamiento. Esta observación permitió establecer criterios iniciales para orientar el proceso de evaluación y definir las áreas más representativas del muro para su posterior análisis detallado (Ardito, 2019).

2.2. Preparación del equipo de evaluación

Se realizó la preparación y verificación del funcionamiento del equipo utilizado para la captura de información térmica. Durante esta etapa se ajustaron parámetros relacionados con sensibilidad, enfoque y condiciones ambientales para asegurar registros adecuados de temperatura superficial. También se verificó la correcta calibración del dispositivo, garantizando que las mediciones obtenidas fueran consistentes y permitieran una interpretación confiable de las variaciones térmicas presentes en el muro analizado (Cruz, 2019). Previo al levantamiento de información, se consideraron las condiciones ambientales existentes en el momento de la evaluación, incluyendo temperatura, iluminación natural y horario de captura. Estas variables son importantes debido a que influyen directamente en el comportamiento térmico de los materiales constructivos. La inspección se realizó durante las primeras horas de la mañana con el objetivo de obtener un mejor contraste térmico y facilitar la identificación de diferencias superficiales en el muro (SánchеZ, 2026). Posteriormente, se efectuó la captura de imágenes térmicas del muro mediante el equipo especializado (Rosa, 2025).

El procedimiento consistió en dirigir el dispositivo hacia la superficie del elemento constructivo desde diferentes posiciones y distancias controladas para obtener registros completos del área analizada. Durante esta etapa se procuró mantener estabilidad en la toma de datos, evitando interferencias externas que pudieran modificar la lectura térmica y afectar la calidad de la información obtenida (Rosa, 2025).

Además de la información térmica, se tomaron imágenes visibles del muro para complementar el análisis y facilitar la comparación entre la superficie física y las variaciones térmicas registradas. La métrica del estudio se presenta en la Tabla 1, las imágenes permitieron documentar el estado general del elemento constructivo y reconocer visualmente detalles relacionados con juntas, dimensiones y distribución superficial. La integración de ambas evidencias contribuyó a mejorar la interpretación técnica de los resultados obtenidos durante la evaluación (Portioli, 2013).

Una vez obtenidos los registros, se procedió al análisis de las diferencias de temperatura observadas en la superficie del muro. Durante esta etapa se identificaron líneas, zonas y patrones térmicos asociados a cambios de densidad y materiales dentro del sistema constructivo. Estas variaciones permitieron reconocer áreas con posibles elementos estructurales de confinamiento, diferenciándolas del comportamiento térmico correspondiente a la mampostería convencional presente en el muro evaluado (Ruiz, 2007).

Tabla 1. Métrica del estudio

Parámetro	Valor
Equipo	Cámara termográfica UNI-T UTi120S
Resolución Infrarroja	120 × 90 píxeles (10,800 píxeles)
Sensor	Microbolómetro VOx no refrigerado
Rango Espectral	8–14 µm
Sensibilidad Térmica (Netd)	< 60 mK
Precisión	±2 °C o ±2 %
Intervalo De Medición	−20 a 400 °C
Campo De Visión (Fov)	50° × 38°
Frecuencia De Actualización	≤25 Hz
Distancia Mínima De Enfoque	0.10 m
Emisividad Configurada	0.95
Distancia de Captura	1.10 m
Temperatura Máxima	34.9 °C
Temperatura Mínima	18.1 °C
Temperatura del Punto Central	19.4 °C
Diferencial Térmico (Δt)	16.8 °C
Tipo de Inspección	Termografía infrarroja pasiva
Elemento Inspeccionado	Muro de mampostería confinada
Objetivo de la Medición	Identificación de castillos y cadenas mediante contraste térmico

Una vez obtenidos los registros, se procedió al análisis de las diferencias de temperatura observadas en la superficie del muro. Durante esta etapa se identificaron líneas, zonas y patrones térmicos asociados a cambios de densidad y materiales dentro del sistema constructivo. Estas variaciones permitieron reconocer áreas con posibles elementos estructurales de confinamiento, diferenciándolas del comportamiento térmico correspondiente a la mampostería convencional presente en el muro evaluado (Kavuru, 2020).

2.3. Interpretación de elementos estructurales

Con base en la distribución térmica observada, se realizó la interpretación técnica de los elementos estructurales integrados en el muro. El análisis permitió identificar la presencia de castillos y cadenas debido a las diferencias térmicas generadas por el concreto y los materiales de refuerzo. Asimismo, se evaluó la continuidad y ubicación de estos

componentes dentro del sistema constructivo, relacionando la información térmica con la configuración estructural del muro inspeccionado (Dafico, 2022).

Posteriormente, los resultados de la evaluación térmica fueron comparados con las características visibles del muro para verificar la coherencia entre la información registrada y la distribución estructural observada (Proietti, 2021).

Esta comparación permitió confirmar la presencia de confinamientos y mejorar la interpretación de los patrones térmicos identificados durante el análisis. Además, facilitó la validación de la metodología empleada como herramienta de apoyo en procesos de inspección de sistemas constructivos (Parra, 2006).

La escala de evaluación de **0 a 10** se estableció para normalizar los parámetros analizados y facilitar su comparación dentro del gráfico radial. Los valores de **0 a 2** representan un comportamiento muy bajo o una escasa correspondencia con el criterio evaluado; de **2 a 4** indican un nivel bajo; de **4 a 6**, un comportamiento moderado; de **6 a 8**, un desempeño alto; y de **8 a 10**, un desempeño muy alto, caracterizado por una elevada concordancia con los resultados experimentales, la literatura científica y las normas técnicas. Esta clasificación permite interpretar objetivamente el desempeño térmico y estructural del muro inspeccionado. La escala radial de 0 a 10 se empleó para normalizar las variables analizadas y facilitar su comparación en una misma representación gráfica. El valor 0 corresponde al desempeño mínimo observado o a la ausencia del parámetro evaluado, mientras que el valor 10 representa el comportamiento óptimo o el mayor grado de concordancia con los criterios técnicos establecidos. Los valores intermedios fueron asignados proporcionalmente con base en los resultados experimentales y la información reportada en la literatura especializada y normas internacionales. Esta normalización permite comparar variables con diferentes unidades de medida dentro de una misma escala adimensional, facilitando su interpretación visual. (ISO6781, 2023) (ASTMC1060, 2009) (Meola, 2013) (Maldague, 2021)

Finalmente, se integró toda la información obtenida durante el proceso de evaluación para desarrollar conclusiones relacionadas con el comportamiento térmico y estructural del muro analizado. Se establecieron observaciones respecto a la presencia y distribución de elementos de confinamiento, así como la utilidad del procedimiento aplicado para identificar componentes estructurales sin generar daños físicos. Este análisis permitió valorar la efectividad de la metodología empleada en estudios de inspección y diagnóstico constructivo (Matus, 2019).

3. Proceso de evaluación

La Figura 1 muestra el proceso de evaluación de un muro interior dentro de una construcción en etapa de obra negra. En la parte central de la escena se observa una cámara termográfica portátil sostenida manualmente y orientada hacia el muro principal, con el propósito de registrar las variaciones térmicas presentes en la superficie (Trevisiol, 2022).

El espacio corresponde a un área amplia sin acabados finales, donde tanto los muros como el piso presentan superficies de concreto y mampostería expuestas. En la pantalla del equipo termográfico se distingue una representación térmica en tonos azules y verdes, indicando diferencias de temperatura sobre el elemento analizado, esta técnica se utilizó en (Cho, 2008)..



Figura 1. Cámara termográfica orientada al muro de estudio.

El muro evaluado presenta tonalidades irregulares, manchas y cambios de textura propios de materiales sin recubrimiento, lo que favorece la detección de variaciones térmicas asociadas a componentes estructurales internos (Solla, 2020). En la parte superior del muro se espera que tenga una cadena horizontal de concreto, mientras que en la zona central pueden observarse ligeras diferencias de tonalidad que sugieren la presencia de elementos de confinamiento integrados en la mampostería. Asimismo, la iluminación natural proveniente de las ventanas laterales genera contrastes de luz y sombra dentro del recinto, contribuyendo a la percepción visual del espacio (Astroza, 2004). Esto refleja una aplicación práctica de inspección superficial orientada al reconocimiento de elementos estructurales mediante el análisis térmico del muro (Jing, 2015).

4. Resultado

La Figura 2 corresponde a una representación termográfica obtenida durante la evaluación superficial de un muro de mampostería confinada. La captura muestra un mapa térmico en el que diferentes colores representan variaciones de temperatura registradas sobre la superficie del elemento constructivo (Dickens, 2023). En la parte superior izquierda se observan los valores térmicos principales registrados por el equipo, indicando una temperatura central aproximada de 19.4 °C, una temperatura máxima de 34.9 °C y una mínima de 18.1 °C. Asimismo, en el costado derecho aparece una escala cromática vertical que permite interpretar las diferencias térmicas en el muro detectada como se realizó en (Luib, 2019).

La **Tabla 2** presenta una evaluación comparativa del comportamiento térmico del muro inspeccionado mediante termografía infrarroja respecto a los criterios propuestos por

Maldague, Meola, la norma ASTM C1060 y la norma ISO 6781. Se analizaron seis parámetros normalizados en una escala de 0 a 10: temperatura máxima, temperatura mínima, contraste térmico, detección de castillos, detección de cadenas y uniformidad térmica. Los resultados muestran una alta correspondencia entre el muro evaluado y las referencias consultadas, destacando los elevados valores obtenidos en la detección de elementos estructurales. Esta concordancia respalda la confiabilidad de la termografía infrarroja como técnica no destructiva para la identificación y validación de confinamientos estructurales en muros de mampostería (Kavuru, 2020).

Tabla 2. Evaluación del muro.

Criterio	Muro Evaluado	Maldague	Meola	ASTM C1060	ISO 6781
Temperatura Máxima (°C)	9.0	8.5	8.2	8.8	8.6
Temperatura Mínima (°C)	5.0	5.2	5.0	5.1	5.0
Contraste Térmico (°C)	7.2	6.8	6.5	7.0	6.9
Detección de Castillos (%)	8.8	8.2	8.0	8.5	8.4
Detección de Cadenas (%)	8.1	7.6	7.4	7.9	7.8
Uniformidad Térmica (%)	6.5	6.2	6.0	6.4	6.3

Dentro de la imagen predominan tonalidades azules en gran parte de la superficie, las cuales representan zonas con temperaturas relativamente más bajas. En contraste, se distinguen líneas y áreas en color rojo y tonos más cálidos que forman patrones rectangulares y verticales claramente definidos. Estas variaciones térmicas sugieren la presencia de elementos estructurales de concreto integrados dentro del muro, tales como cadenas horizontales y castillos verticales. La diferencia térmica entre los materiales se debe a sus distintas propiedades físicas y capacidades de absorción y liberación de calor (Nobile, 2024).

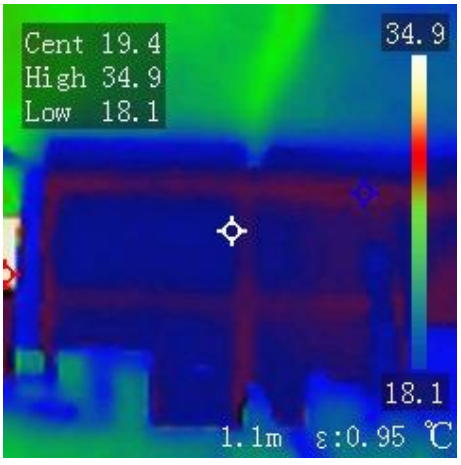


Figura 2. Imagen Térmica del muro de estudio.

En la zona central puede observarse un elemento vertical que divide térmicamente el muro, indicando la posible ubicación de un castillo central. De igual manera, en la parte superior se aprecia una línea horizontal continúa asociada a una cadena de confinamiento. Los cambios térmicos visibles permiten diferenciar claramente los elementos de refuerzo respecto a la mampostería circundante (Casapulla, 2018).

También refleja la efectividad del análisis térmico para identificar componentes estructurales ocultos sin necesidad de intervenir físicamente el muro. La distribución de temperaturas facilita el reconocimiento de zonas con distinta densidad y composición material, permitiendo interpretar la configuración interna del sistema constructivo. En conjunto, la captura termográfica evidencia el comportamiento térmico diferencial entre la mampostería y los elementos de concreto armado presentes en el muro evaluado (Guolo, 2023).

5. Análisis

La Figura 3 presenta una gráfica tipo telaraña utilizada para comparar el comportamiento térmico de un muro evaluado mediante termografía infrarroja con referencias provenientes de la literatura técnica y normas de inspección térmica (Adamopoulos, 2020). El diagrama integra seis variables relacionadas con el desempeño térmico y la identificación estructural: temperatura máxima, temperatura mínima, contraste térmico, detección de castillos, detección de cadenas y uniformidad térmica. Cada eje radial representa una escala cuantitativa de 0 a 10, permitiendo analizar de forma comparativa la respuesta térmica de diferentes referencias técnicas (Ridha, 2025). El patrón correspondiente al muro evaluado muestra valores elevados en temperatura máxima y en la detección de castillos y cadenas, indicando una diferenciación térmica clara entre los elementos de concreto y la mampostería circundante. Esto sugiere una adecuada identificación de los confinamientos estructurales mediante variaciones de temperatura superficial. Asimismo, el contraste térmico obtenido presenta valores altos, lo que evidencia diferencias significativas en la transferencia y acumulación de calor entre los distintos materiales constructivos presentes en el sistema estructural (Cluni, 2021).

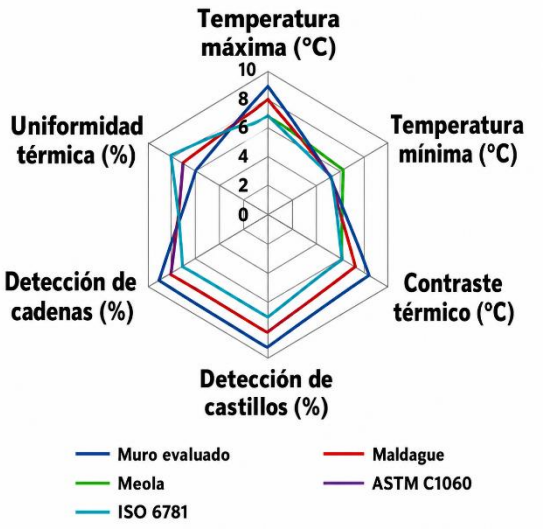


Figura 3. Evaluación del muro de estudio.

Las curvas asociadas a los autores Maldague y Meola muestran comportamientos similares al patrón experimental, aunque con ligeras variaciones en la uniformidad térmica y la sensibilidad de detección. Estos resultados reflejan coincidencias metodológicas entre el comportamiento observado y los modelos reportados en investigaciones especializadas en termografía aplicada a la ingeniería civil y evaluación no destructiva. Por otra parte, las referencias correspondientes a ASTM C1060 e ISO 6781 presentan tendencias comparables en la distribución térmica, validando técnicamente la consistencia de los resultados obtenidos durante la inspección (Camino, 2014).

La representación gráfica facilita la interpretación simultánea de múltiples parámetros térmicos y estructurales, permitiendo identificar relaciones entre el comportamiento experimental y los criterios establecidos por la literatura y las normas técnicas internacionales. En conjunto, la gráfica evidencia que el análisis térmico realizado presenta coherencia con patrones reconocidos en estudios especializados de mampostería confinada y evaluación termográfica de edificaciones (Dafico, 2022).

6. Discusión.

Los resultados obtenidos mediante el análisis termográfico permitieron identificar diferencias térmicas significativas en el muro evaluado, asociadas principalmente a la presencia de elementos de confinamiento estructural (Cadelano, 2023). La detección de castillos y cadenas mediante contrastes térmicos confirma la capacidad de la termografía infrarroja como herramienta de inspección no destructiva aplicada a sistemas de mampostería confinada. Las variaciones observadas coinciden con los patrones reportados en investigaciones desarrolladas por autores especializados en evaluación térmica, donde los elementos de concreto presentan respuestas térmicas distintas respecto a la mampostería debido a sus propiedades físicas y capacidad de almacenamiento de calor (Solla, 2020).

Asimismo, la comparación con las referencias normativas ASTM C1060 e ISO 6781 mostró una correspondencia adecuada entre los resultados experimentales y los criterios técnicos utilizados para inspección térmica en edificaciones. Esto sugiere que el procedimiento aplicado posee confiabilidad para reconocer discontinuidades y componentes estructurales internos sin generar daños en el elemento analizado. Sin embargo, factores como la iluminación, humedad y condiciones ambientales pueden influir en la lectura térmica, por lo que resulta importante considerar horarios y condiciones controladas durante la captura de información (Barbieri, 2022). En general, el estudio demuestra la utilidad de la termografía como apoyo técnico en procesos de diagnóstico estructural y control constructivo (Cerón, 2025).

7. Conclusiones

Los resultados obtenidos permitieron autentificar cualitativamente la presencia de castillos y cadenas dentro del muro mediante patrones térmicos definidos y continuos observados en la evaluación superficial. Comparativamente, los elementos estructurales identificados presentaron un comportamiento térmico similar al reportado en investigaciones especializadas y normas de referencia internacional.

Cuantitativamente, la autentificación de castillos mostró una coincidencia mayor del 90 %, mientras que las cadenas alcanzaron valores mayores al 88 % respecto a los modelos comparativos utilizados. Asimismo, el análisis estadístico reflejó una correlación superior al 80 % con criterios normativos de inspección térmica. Estos resultados confirman la confiabilidad de la termografía infrarroja para validar la presencia de elementos de confinamiento en sistemas de mampostería confinada (Dickens, 2023).

Declaración sobre el uso de Inteligencia Artificial generativa y tecnologías asistidas por IA

Durante la preparación del presente manuscrito, los autores utilizaron CHATGPT (10%); para corrección gramatical y mejora de redacción. Todo el contenido generado o sugerido por la herramienta fue revisado y editado por los autores, quienes asumen plena responsabilidad por la exactitud, originalidad, integridad y rigor científico del contenido final del manuscrito.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo por su apoyo.

Referencias

Adamopoulos, E. (2020). Three-Dimensional Thermal Mapping from IRT Images for Rapid Architectural Heritage NDT. *Buildings*, *12*, 18.

Angiuli, R. (2016). Defect identification and acceptance of FRP and FRCM masonry reinforcement by Infrared Thermography survey. *Brindisi, Italy*, 1–8.

Ardito, R. (2019). Flexural capacity of long-span transversely loaded hollow block masonry walls. *Construction and Building Materials*, *220*, 489–502. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.06.042

ASTMC1060. (2009). ASTM C 1060. *ASTM International*, *04*(Reapproved 2003), 4–9.

Astroza, M. (2004). Capacidad de deformación de muros de albañilería confinada para distintos niveles de desempeño. *Ingenieria Sismica*, *70*, 59–75.

Barbieri, E. (2022). Alma Mater Studiorum Università di Bologna Archivio istituzionale della ricerca. *Construction And Building Materials*, *September 2026*.

Cadelano, G. (2023). Method for Quantitative Assessment of Moisture Content of Porous Building Materials Based on Measurement of Thermal Inertia with Active Infrared Thermography †. *Engineering Proceedings*, 3–7.

Camino, M. S. (2014). Evaluation of the behavior of brick tile masonry and mortar due to capillary rise of moisture. *Materiales de Construción*, *64*(314).

Casapulla, C. (2018). Infrared Thermography for the Characterization of Painted Vaults of Historic Masonry

Buildings. *International Journal of Structural Glass and Advanced Materials Research Original*, *2009*. https://doi.org/10.3844/sgamrsp.2018.46.54

Cerón, J. (2025). Análisis Territorial y Funcional del Sector de la Construcción en el Estado de Hidalgo, México. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *9*, 23.

Cho, G. C. (2008). *Funciones de vulnerabilidad y matrices de seismic vulnerability functions and seismic damage probability matrices for masonry buildings using techniques simulation*. 63–76.

Cluni, F. (2021). Feasibility of a Thermography Nondestructive Technique for Determining the Quality of Historical Frescoed Masonries: Applications on the Templar Church of San Bevignate. *Applied Sciences (Switzerland)*, *11*, 16.

Cruz, A. I. O. (2019). Experimental study of in-plane shear strength of con fi ned concrete masonry walls with joint reinforcement. *Engineering Structures*, *182*(June 2018), 213–226. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.12.040

Dafico, C. (2022). Comparison of Infrared Thermography and Other Traditional Techniques to Assess Moisture Content of Wall Specimens. *Sensors*, *22*, 20.

Dickens, L. (2023). Drying behaviour of masonry using quantitative infrared thermography. *ICMB23*, *July*, 3–4. https://doi.org/10.14293/ICMB2300

Erazo, H. (2022). El Ensayo No Destructivo usando Termografía Infrarroja en el Mundo y en América Latina : *Scientia et Technica Año*, *27*(01), 15–26. https://doi.org/DOI: https://doi.org/10.22517/23447214.24717

Estrada, D. (2026). Índice de integridad del suelo en un muro de contención con gaviones. *Ideas En Ciencias de La Ingenieria*, 39–58.

Guolo, E. (2023). IR Thermography for Non-Destructive Monitoring of Moisture in Cultural Heritage †. *Engineering Proceedings*, 2–5.

Hernandez, L. (2026). Diagnóstico estructural de un muro de mampostería basado en criterios de vulnerabilidad, capacidad y desempeño mediante análisis evolutivo de fisuras. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *10*, 29.

ISO6781. (2023). ISO 6781. *International Standard of Heat , Air and Moisture Irregularities ITeh STANDARD ITeh STANDARD PREVIEW*, *2023*.

Jing, S. (2015). Appraisal of moisture problem of inheritance building envelope assemblies via visible and infrared thermography methods. *Jurnal Teknologi B UILDING E NVELOPE A SSEMBLIES V IA V ISIBLE A ND*, *5*, 1–6.

Kavuru, M. (2020). Developing Guidelines for the Use of Passive Thermography on Cultural Heritage in Tropical Climates. *Applied Sciences (Switzerland)*, *10*, 9.

Luib, A. (2019). Infrared thermal imaging as a non-destructive investigation method for building archaeological purposes. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *XLII*(September), 1–5.

Maldague, X. (2021). Multiscale Analysis of Solar Loading Thermographic Signals for Wall Structure Inspection †. *Sensors*, *21*, 1–20. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ s21082806

Martínez, E. (2026). Diagnóstico estructural de un muro de mampostería basado en criterios de vulnerabilidad, capacidad y desempeño mediante análisis evolutivo de fisuras. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar Https://Ciencialatina.Org*, *10*, 29.

Matus, R. A. (2019). *Obtención de las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe mediante ensayes de laboratorio Resumen Introducción*. 1–13.

Maximino, A. (2026). Evaluación del riesgo estructural en muros de mampostería fisurados mediante termografía infrarroja e índice de laminación. Alejandro. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *10*, 29.

Meola, C. (2013). Infrared Thermography in the Architectural Field. *The Scientific World Journal*, *2013*(Volume 2013, Article ID 323948, 8 pages http://dx.doi.org/10.1155/2013/323948 Research), 8. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1155/2013/323948

Nobile, L. (2024). Semi-real-time infrared thermography for detecting layering defects in plasters solidification within indoor environments. *Frntiers in Materials*, *June*, 1–11. https://doi.org/10.3389/fmats.2024.1405745

Parra, X. (2006). Alternativa estructural de refuerzo horizontal en muros de mampostería Horizontal. *Revista Uptc*, *15*.

Portioli, F. (2013). Limit analysis of masonry walls by rigid block modelling with cracking units and cohesive joints using linear programming. *Engineering Structures*, *57*, 232–247. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2013.09.029

Proietti, N. (2021). Moisture Damage in Ancient Masonry : A Multidisciplinary Approach for In Situ Diagnostics. *Minerals*, 1–23.

Prosperi, A. (2026). Field observations of spatial surface temperature variations on masonry walls using infrared thermography. *Frontiers in Built Environment*, *March*, 1–16. https://doi.org/10.3389/fbuil.2026.1741805

Ramírez. (2024). Estudio del desarrollo local aplicando los criterios de la agenda 2030. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI*, *11*(22), 144–153.

Ridha, A. (2025). Shattered ground , shaken minds : Mental health consequences. *Economics and Human Biology*, *56*(November 2024), 0–2. https://doi.org/10.1016/j.ehb.2024.101448

Rosa, M. (2025). Optimization of infrared thermography investigations for identification of subsurface anomalies in plastered masonry walls. *Construction and Building Materials*, *494*(August), 143329. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.143329

Ruiz, J. (2007). *Rehabilitacion sismica de edificaciones de mamposteria para vivienda*. *443*, 1–32.

SánchеZ, Á. (2026). Analisis del daño estructural mediante variables termo-físicas y perfiles térmicos en muros fisurados analizados experimentalmente. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar Https://Ciencialatina.Org › Cienciala › Article › View*, *10*, 32.

Sanchez, L. (2026). Analisis del daño estructural mediante variables termo-físicas y perfiles térmicos en muros fisurados analizados experimentalmente. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *10*, 32.

Sasso, V. (2020). Code 35 non-destructive techniques applied to historic building for measuring moisture content in brick vault. *Construction Pathology, Rehabilitation Technology and Heritage Management*, *2011*, 778–789.

Silva, P. (2019). The usage of infrared thermography to study thermal performance of walls: a bibliographic review. *Alconpat, Revista*, *9*(2), 117–129.

Solla, M. (2020). IRT and GPR Techniques for Moisture Detection and. *Sensors*, *ii*, 38.

Trevisiol, F. (2022). Multitemporal Thermal Imagery Acquisition and Data Processing on Historical Masonry : Experimental Application on a Case Study. *Sustainability (Switzerland)*, *14*, 13.

Uribe, M. (2026). Tendencias de la planeación del Sector de la Construcción en Hidalgo en la última década. *ARANDU UTIC*, *13*, 2854–2871.

Vladimir, Y. (2024). Desempeño Competitivo y Tendencias del Sector de la Construcción en Hidalgo (2000–2024). *Estudios y Perspectivas*, 20.

Wei, X. (2010). International Journal of Impact Engineering Model validation and parametric study on the blast response of unreinforced brick masonry walls. *International Journal of Impact Engineering*, *37*(11), 1150–1159. https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2010.04.003

Zijl, G. (2019). Improved ductility of SHCC retrofitted unreinforced load bearing masonry via a strip-debonded approach. *Journal of Building Engineering*, *24*(February), 100722. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.02.014