# La metodología TERMOS como herramienta didáctica para la enseñanza del diseño bioclimático en arquitectura

Mauricio Ruiz Morales

Universidad Politécnica de Aguascalientes, Dirección de Arquitectura Bioclimática, Calle Paseo San Gerardo No. 207, Fracc. San Gerardo C.P.20342 Aguascalientes, Ags., México, mauricio.ruiz@upa.edu.mx

*Resumen*

**La presente investigación expone el desarrollo y la aplicación de la metodología TERMOS como una herramienta didáctica y operativa orientada a fortalecer la enseñanza del diseño bioclimático en arquitectura, particularmente en contextos latinoamericanos y, de manera específica, en México. El trabajo parte de la necesidad de contar con un procedimiento claro, estructurado y contextualizado que permita a estudiantes y profesionistas incorporar de forma sistemática los principios de sustentabilidad y confort ambiental desde las etapas iniciales del proceso proyectual. La metodología TERMOS —acrónimo de Tipo de proyecto, Entorno, Radiación, Movimiento del aire, Oscilación térmica y Sonoridad— se concibe como una ruta secuencial que organiza el diseño arquitectónico desde la definición del programa y el análisis del sitio hasta la selección e integración de estrategias pasivas de acondicionamiento ambiental. Su construcción teórica se fundamenta en la revisión crítica de referentes internacionales de la arquitectura bioclimática, como Olgyay y Givoni, así como en la adaptación de criterios climáticos al contexto nacional mediante la clasificación bioclimática y la zonificación ecológica propuestas por la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI). La investigación adopta un enfoque cualitativo de carácter aplicado que combina análisis documental, modelación ambiental y experimentación didáctica desarrollada en talleres académicos de nivel superior. A partir de la implementación de la metodología TERMOS en ejercicios de diseño arquitectónico realizados por estudiantes de distintos niveles de formación, se llevó a cabo un análisis comparativo de los procesos proyectuales, de las estrategias bioclimáticas incorporadas y de las decisiones de diseño derivadas del análisis climático, con el propósito de evaluar su utilidad como herramienta de enseñanza-aprendizaje. Los resultados evidencian que la aplicación de TERMOS favorece la comprensión de la relación entre clima, forma arquitectónica y confort ambiental, facilita la integración temprana de criterios bioclimáticos en el proceso proyectual y promueve la incorporación de estrategias pasivas como eje central de la sustentabilidad arquitectónica. Se concluye que la metodología TERMOS constituye una aportación relevante para la educación arquitectónica, al traducir los principios del diseño bioclimático en un proceso accesible, verificable y adaptable a distintas escalas y tipologías, contribuyendo a la formación de arquitectos capaces de responder a los desafíos ambientales contemporáneos.**

*Palabras clave*— **Arquitectura bioclimática, confort ambiental, diseño pasivo, metodología TERMOS, sostenibilidad**

# The TERMOS Methodology as a didactic tool for teaching bioclimatic design in architecture

*Abstract*

**This research presents the development and application of the TERMOS methodology as a didactic and operational tool aimed at strengthening the teaching of bioclimatic architectural design, particularly in Latin American contexts and, more specifically, in Mexico. The study arises from the need for a clear, structured, and context-sensitive procedure that enables students and professionals to systematically incorporate principles of sustainability and environmental comfort from the early stages of the architectural design process. The TERMOS methodology—an acronym for Project Type, Environment, Radiation, Air Movement, Thermal Oscillation, and Sound—is conceived as a sequential framework that organizes architectural design from program definition and site analysis to the selection and integration of passive environmental strategies. Its theoretical foundation is based on a critical review of international references in bioclimatic architecture, such as Olgyay and Givoni, as well as on the adaptation of climatic criteria to the Mexican context through the bioclimatic classification and ecological zoning proposed by the National Housing Commission (CONAVI). The research adopts a qualitative applied approach that combines documentary analysis, environmental modeling, and didactic experimentation conducted in higher education design studios. Through the implementation of the TERMOS methodology in architectural design exercises developed by students at different stages of academic training, a comparative analysis of design processes, incorporated bioclimatic strategies, and design decisions derived from climatic analysis was carried out in order to assess its usefulness as a teaching and learning tool. The results indicate that the application of TERMOS promotes the understanding of the relationship between climate, architectural form, and environmental comfort, facilitates the early integration of bioclimatic criteria into the design process, and encourages the incorporation of passive strategies as a central component of architectural sustainability. It is concluded that the TERMOS methodology represents a significant contribution to architectural education by translating the principles of bioclimatic design into an accessible, verifiable, and adaptable process applicable to different scales and building typologies, thereby contributing to the education of architects capable of addressing contemporary environmental challenges.**

*Keywords*—**Bioclimatic architecture, environmental comfort, passive design, sustainability, TERMOS methodology**

Recibido: 30 de enero de 2026
Aceptado: 20 de julio 2026
Disponible en línea: 26 de agosto 2026
Publicado: 3 de noviembre 2026

## I. INTRODUCCIÓN

El diseño arquitectónico constituye un proceso anticipatorio cuyo propósito es definir, antes de la construcción, los componentes espaciales, técnicos y ambientales de una edificación. A través de representaciones gráficas, planimétricas y digitales, el proyecto arquitectónico busca configurar un objeto construido capaz de responder a necesidades funcionales, culturales, simbólicas y contemplativas, al tiempo que establece las bases técnicas y económicas que hacen viable su materialización. En este sentido, el diseño no solo define la forma y el uso del edificio, sino que actúa como un instrumento de planificación integral que articula decisiones espaciales, constructivas y económicas.

Dentro de los múltiples objetivos que debe satisfacer una edificación, el confort ambiental de los usuarios ocupa un lugar central (Ruiz et al., 2016). Dicho confort —térmico, lumínico, acústico y ambiental— se encuentra estrechamente vinculado con las condiciones climáticas del sitio, ya que los edificios se conciben para operar durante periodos prolongados y bajo contextos ambientales específicos. Sin embargo, en la práctica contemporánea del diseño y, particularmente, en su enseñanza, la integración de variables climáticas suele abordarse de manera fragmentada o tardía, limitando la capacidad del proyecto para responder de forma pasiva y eficiente a su entorno.

Desde mediados del siglo XX, autores como Olgyay (1963), Givoni (1998) y Szokolay (2014) han establecido las bases teóricas de la arquitectura bioclimática, demostrando que el clima debe ser entendido como un condicionante fundamental del diseño arquitectónico. Posteriormente, los enfoques orientados a la eficiencia energética y al diseño pasivo han reforzado la importancia de incorporar estrategias ambientales desde las etapas iniciales del proyecto. No obstante, gran parte de estas aportaciones se han desarrollado a partir de contextos climáticos, tecnológicos y económicos distintos a los latinoamericanos, lo que dificulta su aplicación directa en regiones con alta diversidad climática y restricciones de recursos, como es el caso de México.

En el ámbito educativo, esta situación se traduce en la necesidad de contar con metodologías didácticas claras que permitan a estudiantes y profesionistas articular de manera sistemática el análisis climático con las decisiones de diseño. Frente a este escenario, la metodología TERMOS se plantea como una herramienta que organiza el proceso proyectual mediante una secuencia lógica que integra el tipo de proyecto, el entorno y las principales variables ambientales —radiación, movimiento del aire, oscilación térmica y sonoridad— con el fin de orientar la selección de estrategias pasivas adecuadas.

El presente trabajo tiene como objetivo exponer el desarrollo y la aplicación de la metodología TERMOS como un marco didáctico y operativo para la enseñanza del diseño bioclimático en arquitectura, adaptado al contexto mexicano mediante la clasificación bioclimática de la CONAVI. A partir de su implementación en talleres académicos, la investigación analiza su potencial para favorecer la comprensión de la relación entre clima, forma arquitectónica y confort ambiental, así como para orientar la integración temprana de criterios bioclimáticos dentro del proceso proyectual. Asimismo, se examina la manera en que la información derivada del análisis climático puede traducirse en decisiones de diseño y en la configuración espacial y formal de las propuestas arquitectónicas, fortaleciendo una práctica proyectual más consciente, replicable y orientada a la sustentabilidad ambiental.

## II. METODOLOGÍA

### *A. Contexto de Aplicación y Grupos de Estudio*

La aplicación de la metodología TERMOS se llevó a cabo en un contexto académico universitario, específicamente en la carrera de arquitectura de la Universidad de Monterrey (UDEM). La estrategia didáctica fue implementada en cuatro grupos de estudiantes, correspondientes a distintos niveles de formación dentro del plan de estudios, lo que permitió evaluar la metodología en etapas intermedias y avanzadas del proceso educativo.

Dos de los grupos pertenecieron a sexto y séptimo semestre, correspondientes a talleres de proyectos intermedios, en los cuales los estudiantes se encuentran en una fase de consolidación de habilidades proyectuales, análisis del sitio y desarrollo de criterios ambientales básicos. Los otros dos grupos correspondieron a octavo y noveno semestre, asociados a talleres integradores avanzados, donde los proyectos arquitectónicos incorporan mayores niveles de complejidad técnica, conceptual y constructiva.

En todos los casos, los estudiantes desarrollaron un proyecto arquitectónico completo, desde el análisis del sitio y el programa hasta el anteproyecto y el desarrollo de partidas seleccionadas de proyecto ejecutivo, tales como criterios de orientación, estrategias de control solar, ventilación natural, definición de envolventes y consideraciones básicas de materialidad. La metodología TERMOS se utilizó como marco guía para estructurar el proceso de diseño, integrar el análisis bioclimático y orientar la toma de decisiones desde las primeras etapas del proyecto.

La diversidad de niveles académicos permitió analizar la adaptabilidad y las posibilidades de TERMOS tanto en procesos formativos intermedios como en ejercicios de integración avanzada, fortaleciendo la validez de los resultados obtenidos en relación con su aplicación didáctica.

### *B. Diseño Metodológico*

El diseño metodológico de la investigación se estructuró a partir de una revisión documental y teórica, complementada con un análisis comparativo de enfoques bioclimáticos, con el objetivo de identificar criterios, variables y estrategias relevantes para el diseño arquitectónico sensible al clima. En una primera etapa, se revisaron propuestas teóricas fundamentales de la arquitectura bioclimática y del diseño ambiental desarrolladas por autores como Olgyay (1963), Givoni (1998) y Sierra (2012), entre otros, con el fin de reconocer las características principales que cada enfoque prioriza en relación con el confort ambiental, el control climático pasivo y la relación entre edificio y entorno.

El análisis permitió identificar que, si bien estas propuestas fueron concebidas para contextos climáticos, culturales y tecnológicos específicos, sus principios generales poseen un alto potencial de adaptación a otros territorios con condiciones ambientales distintas. No obstante, se reconoce que una aplicación directa de dichos modelos resulta limitada en el contexto mexicano, debido a la diversidad climática del país, a las condiciones socioeconómicas y a las particularidades de los procesos constructivos locales. En consecuencia, se consideró necesario reinterpretar y ajustar estos planteamientos teóricos para generar un marco metodológico pertinente a la realidad nacional.

En una segunda etapa, se analizaron distintas propuestas de clasificación climática y zonificación bioclimática aplicables al territorio mexicano, entre las que se incluyen la clasificación climática de Köppen modificada por García (2004), la clasificación climática del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) propuesta por Fuentes y Figueroa, así como los esquemas desarrollados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010) y Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI, 2006), y las adaptaciones utilizadas por el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT, 2012) para la evaluación del desempeño térmico de la vivienda. Este análisis permitió identificar coincidencias, diferencias y niveles de aplicabilidad de cada clasificación en relación con el diseño arquitectónico y el confort ambiental, para que, en una siguiente etapa, se pudieran plantear los lineamientos estratégicos de TERMOS, aplicables al diseño pasivo de edificaciones.

A partir de la revisión documental, el análisis comparativo de metodologías bioclimáticas y el estudio de las clasificaciones climáticas nacionales, se estableció una línea metodológica específica para el desarrollo de estrategias climáticas en la arquitectura en México. Posteriormente, se definió un hilo conductor que permitiera articular dichos criterios en una estructura didáctica clara, lo que derivó en la formulación de la metodología TERMOS, concebida como un proceso secuencial basado en el acrónimo Tipo de proyecto, Entorno, Radiación, Movimiento del aire, Oscilación térmica y Sonoridad.

La justificación del diseño metodológico se fundamenta, por tanto, en dos ejes principales: la selección específica de procesos para el análisis climático y la adaptación de criterios bioclimáticos al contexto mexicano, integrados en una metodología didáctica orientada al desarrollo de proyectos arquitectónicos sustentables. Este enfoque permite incorporar las condiciones climáticas del lugar de manera integral desde las etapas iniciales de conceptualización del diseño, fortaleciendo la coherencia entre análisis, estrategia y propuesta arquitectónica.

### *C. Desarrollo de la Metodología TERMOS*

La metodología TERMOS se concibe como un marco operativo y didáctico que organiza el proceso de diseño arquitectónico mediante una secuencia jerárquica de análisis y toma de decisiones, orientada a integrar criterios bioclimáticos desde las etapas iniciales del proyecto. Su desarrollo parte del supuesto de que la incorporación temprana de estrategias pasivas favorece la generación de un proyecto arquitectónico con probabilidades de tener un mejor confort ambiental al relacionar el análisis climático como base para ciertas decisiones de diseño. Con lo anterior, se propone una construcción progresiva del proyecto basada en la comprensión del encargo, del contexto y de las variables ambientales que condicionan el comportamiento del edificio.

#### *Estructura Conceptual de TERMOS*

El núcleo de la metodología se estructura a partir del acrónimo TERMOS, que representa seis etapas interrelacionadas del proceso de diseño: Tipo de proyecto, Entorno, Radiación, Movimiento del aire, Oscilación térmica y Sonoridad (ver Fig. 1. Diagrama de componentes TERMOS). Estas etapas no se conciben como compartimentos aislados, sino como componentes de un sistema integrado que guía las decisiones arquitectónicas de manera lógica y progresiva.

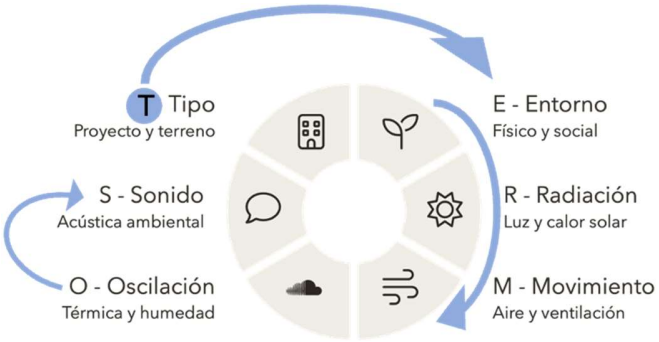



Fig. 1. Diagrama de componentes TERMOS.

La primera etapa, T – Tipo de proyecto, se centra en la identificación del encargo arquitectónico a partir de la solicitud del cliente. En esta fase se definen las necesidades, deseos y expectativas del usuario, así como variables clave que condicionan la factibilidad del proyecto, tales como el tiempo disponible para su desarrollo, los recursos económicos destinados, las capacidades del equipo de trabajo, las características físicas del terreno y el marco normativo aplicable. Esta etapa establece las bases conceptuales y operativas del proyecto y proporciona criterios iniciales para orientar las decisiones posteriores.

La segunda etapa, E – Entorno, amplía el análisis hacia diferentes escalas contextuales. Incluye la revisión del contexto urbano o territorial (Edwards, 2009), las dinámicas sociales y económicas del sitio, los patrones de uso del suelo y, de manera prioritaria, el análisis ambiental y climático (ver Fig. 2. Carta bioclimática de Givoni. Base de análisis climático TERMOS). En esta fase se enfatiza la comprensión del clima local a partir de variables como temperatura, humedad y asoleamiento, las cuales condicionan las estrategias pasivas susceptibles de ser incorporadas al edificio.

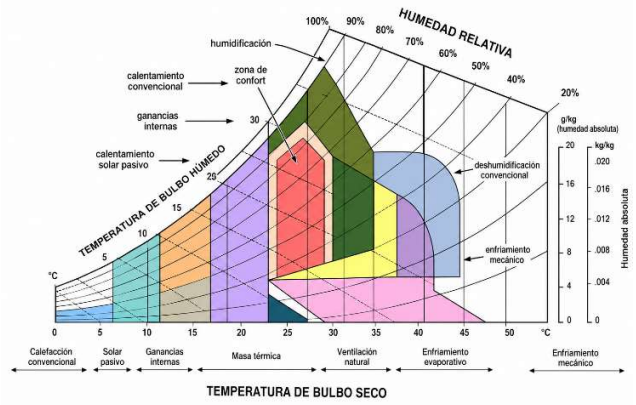



Fig. 2. Carta bioclimática de Givoni (Givoni, 1998). Base de análisis climático TERMOS.

A partir de esta base contextual, la metodología profundiza en el análisis específico de las variables ambientales agrupadas en el eje RMOS. La etapa R – Radiación se enfoca en el estudio del asoleamiento, la orientación, la trayectoria solar y su impacto en la iluminación natural y la ganancia térmica. La etapa M – Movimiento del aire analiza los patrones de ventilación natural, las direcciones predominantes del viento y las posibilidades de inducir flujos de aire mediante la configuración arquitectónica. La etapa O – Oscilación térmica examina las variaciones de temperatura diaria y estacional, así como la capacidad de la envolvente para amortiguar dichas variaciones a través de la inercia térmica y la selección de materiales. Finalmente, la etapa S – Sonoridad considera el confort acústico como parte integral del ambiente interior, mediante el análisis de las fuentes de ruido, la propagación sonora y las estrategias pasivas de control acústico.

La secuencia lógica de TERMOS busca establecer una relación entre las variables ambientales analizadas y las decisiones arquitectónicas adoptadas durante el proceso proyectual, facilitando la selección coherente de estrategias pasivas y fortaleciendo el vínculo entre análisis climático, configuración arquitectónica y confort ambiental. De esta manera, la metodología pretende favorecer la traducción de la información climática en criterios de diseño y en la definición espacial y formal de las propuestas arquitectónicas. Esta estructura jerárquica convierte a TERMOS en una herramienta clara, replicable y especialmente adecuada para la enseñanza del diseño bioclimático en arquitectura.

*Vinculación con la clasificación bioclimática de CONAVI*

La metodología TERMOS establece como punto de partida para el diseño bioclimático la identificación del bioclima, entendiendo que el desempeño de las estrategias pasivas depende, en gran medida, de su adecuación a las condiciones ambientales del lugar (Sierra, 2012). Tras la revisión de diversos sistemas de clasificación climática —desde enfoques de base científica como la clasificación de Köppen modificada por García, hasta propuestas de carácter aplicado como las desarrolladas por el IMSS, INFONAVIT (INFONAVIT, 2012) e INEGI (INEGI, 2010)—, se adoptó la clasificación bioclimática promovida por la CONAVI (2006) como herramienta central para esta investigación y para el desarrollo de la metodología TERMOS.

La clasificación de CONAVI resulta especialmente pertinente para el diseño arquitectónico bioclimático en México debido a su carácter operativo, integrador y orientado a la acción proyectual. A diferencia de otras clasificaciones que se centran principalmente en variables climáticas generales, esta propuesta parte de una visión ecológica amplia del territorio y posteriormente focaliza el análisis en aquellas variables que tienen mayor incidencia en el confort humano, particularmente la temperatura y la humedad. Esta doble escala de análisis permite traducir información climática compleja en criterios claros para la toma de decisiones arquitectónicas.

El origen conceptual de esta clasificación se encuentra en la guía Diseño de áreas verdes en desarrollos habitacionales (CONAFOVI, 2005), la cual divide el territorio nacional en siete grandes regiones ecológicas. Esta primera capa de análisis permite comprender el contexto geográfico, paisajístico y ambiental general de cada región, considerando factores como la vegetación predominante, los regímenes de precipitación y las características del suelo. A partir de esta base ecológica, la clasificación de CONAVI desarrolla una aproximación progresiva hacia el análisis climático aplicado, identificando bioclimas específicos relevantes para el diseño de vivienda y edificaciones en general.

En la metodología TERMOS, los bioclimas definidos por CONAVI se utilizan como referencia inicial para la traducción de datos climáticos en criterios de diseño arquitectónico. Variables como la temperatura media, la amplitud térmica, los niveles de humedad relativa y los patrones de asoleamiento se convierten en insumos directos para orientar decisiones relacionadas con la orientación, la forma, la envolvente, la materialidad y la organización espacial del edificio. De esta manera, la información climática deja de ser únicamente descriptiva y se transforma en un conjunto de criterios capaces de influir en la configuración arquitectónica y en el comportamiento ambiental esperado del proyecto.

Asimismo, la clasificación bioclimática de CONAVI facilita la vinculación directa entre bioclima y estrategias pasivas, articulando de manera clara las dimensiones RMOS de la metodología TERMOS. En cada bioclima, las estrategias relacionadas con la radiación (R), la ventilación natural (M), el control de la oscilación térmica (O) y el acondicionamiento acústico (S) adquieren distintos niveles de prioridad, lo que permite establecer jerarquías de diseño acordes con el contexto ambiental. De este modo, TERMOS utiliza la clasificación de CONAVI no solo como un marco descriptivo, sino como una plataforma para la integración coherente de estrategias pasivas, fortaleciendo el vínculo entre clima, configuración arquitectónica y confort ambiental.

A continuación, se presentan los bioclimas agrupados por familias térmicas, con el propósito de facilitar su comprensión y la identificación preliminar de estrategias de diseño acordes con las condiciones ambientales predominantes.

TABLA I
BIOCLIMAS DE MÉXICO PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO SOSTENIBLE

| Familia Térmica | Bioclima |
|---|---|
| CÁLIDOS (Necesidad de Enfriamiento) | Cálido Seco |
| | Cálido Húmedo |
| | Cálido Semihúmedo |
| | Cálido Extremoso |
| TEMPLADOS (Necesidad de Equilibrio) | Templado Seco |
| | Templado Húmedo |
| SEMIFRÍOS (Necesidad de Calentamiento) | Semifrío Seco |
| | Semifrío Subhúmedo |
| | Semifrío Húmedo |

Bioclimas de México para el Diseño Arquitectónico Sostenible
Fuente: Elaboración propia a partir de la clasificación y datos de CONAVI.

*Herramientas y recursos utilizados*

Para la aplicación y evaluación de la metodología TERMOS se empleó un conjunto de herramientas didácticas y técnicas orientadas a facilitar la comprensión, el análisis y la integración de criterios bioclimáticos dentro del proceso de diseño arquitectónico. En conjunto, estos recursos permitieron transformar la información climática y ambiental en insumos operativos para la toma de decisiones proyectuales, fortaleciendo el carácter didáctico, replicable y verificable de la metodología.

Entre los principales recursos utilizados se encuentran los diagramas de flujo TERMOS, los cuales representan gráficamente la secuencia lógica del proceso de diseño, desde la definición del tipo de proyecto y el análisis del entorno hasta la selección de estrategias pasivas asociadas a las variables RMOS. Estos diagramas funcionaron como herramientas de apoyo para los estudiantes, facilitando la organización del proceso proyectual y la justificación de las decisiones adoptadas en función del análisis previo.

Asimismo, se desarrollaron matrices bioclimáticas RMOS, concebidas como instrumentos para relacionar las características climáticas del sitio con estrategias pasivas específicas. Estas matrices integran variables como temperatura, humedad relativa, radiación solar, ventilación, presencia de vegetación y cuerpos de agua cercanos, con el propósito de identificar las necesidades ambientales predominantes de cada proyecto. El principio de funcionamiento parte de determinar si el objetivo principal consiste en calentar, enfriar, humidificar, deshumidificar o combinar estas acciones, para posteriormente seleccionar estrategias asociadas con las dimensiones Radiación (R), Movimiento del aire (M), Oscilación térmica (O) y Sonoridad (S).

La dimensión Radiación (R) se fundamenta en el análisis del recorrido solar, relacionando la latitud del lugar con la inclinación y trayectoria aparente del sol. Mediante el uso de diagramas solares es posible identificar los ángulos de incidencia para las diferentes orientaciones y establecer criterios de ganancia térmica o protección solar según las necesidades detectadas. La dimensión Movimiento del aire (M) considera tanto la ventilación higiénica, necesaria para la renovación del aire interior, como la ventilación térmica, utilizada para favorecer el enfriamiento natural de los espacios cuando las condiciones climáticas lo permiten. La dimensión Oscilación térmica (O) analiza las variaciones de temperatura entre el día y la noche y entre las diferentes estaciones del año, permitiendo establecer estrategias relacionadas con la inercia térmica, la masa de los materiales y la respuesta de la envolvente. Finalmente, la dimensión Sonoridad (S) incorpora estrategias orientadas a mejorar la calidad acústica y el confort interior.

Como complemento al análisis conceptual, se emplearon herramientas de apoyo para la interpretación climática y el estudio preliminar del desempeño ambiental. Entre ellas destacan la carta bioclimática de Givoni, los diagramas de recorrido solar y el software Climate Consultant, utilizando información de fuentes oficiales, particularmente, series históricas del Servicio Meteorológico Nacional, consistentes con los periodos de referencia recomendados por la Organización Meteorológica Mundial (WMO, 2017). Estas herramientas se utilizaron con fines exploratorios y didácticos para analizar aspectos relacionados con la radiación solar, la iluminación natural, la ventilación y las condiciones generales de confort ambiental.

Finalmente, se emplearon rúbricas de evaluación orientadas a verificar la incorporación de criterios bioclimáticos dentro de las propuestas arquitectónicas. Estas rúbricas consideraron aspectos como la identificación de las características climáticas del sitio, la relación entre temperatura y humedad, la orientación y respuesta volumétrica del edificio, así como la integración de estrategias pasivas y la coherencia entre el análisis climático y las decisiones de diseño adoptadas. En conjunto, las herramientas empleadas permitieron articular análisis, diseño y evaluación dentro de un marco metodológico integral para la enseñanza del diseño bioclimático.

*D. Aplicación didáctica*

La aplicación didáctica de la metodología TERMOS se desarrolló a lo largo de un año académico en talleres de diseño arquitectónico de la Universidad de Monterrey. La experiencia comprendió cuatro grupos correspondientes a distintos niveles

de formación: sexto semestre (16 estudiantes), octavo semestre (19 estudiantes), séptimo semestre (16 estudiantes) y noveno semestre (22 estudiantes), para un total de 73 estudiantes organizados en equipos de trabajo de tres a cinco integrantes. La secuencia de aplicación respondió a la estructura curricular de la institución, donde las asignaturas de semestres pares se imparten durante el periodo enero-mayo y las correspondientes a semestres nones durante el periodo agosto-diciembre.

Los grupos de sexto y séptimo semestre desarrollaron proyectos de vivienda ubicados en diferentes regiones del país, mientras que los grupos de octavo y noveno semestre trabajaron en propuestas de equipamiento cultural y deportivo localizadas en los municipios de Monterrey, San Pedro Garza García y Santa Catarina, en el estado de Nuevo León. En todos los casos, los ejercicios académicos se plantearon a partir de encargos arquitectónicos realistas y contextualizados, con el propósito de incorporar criterios bioclimáticos desde las primeras etapas del proceso de diseño.

El proceso inició con la identificación del tipo de proyecto y la definición de las necesidades y requerimientos del usuario. Posteriormente, se analizaron aspectos relacionados con la legislación urbana, las restricciones normativas y las condiciones del terreno, estableciendo un marco de referencia para el desarrollo de las propuestas arquitectónicas. A partir de esta información se elaboró un programa arquitectónico preliminar, en el que se definieron los espacios necesarios, sus relaciones funcionales y sus dimensiones aproximadas.

Una vez establecida la estructura programática, se llevó a cabo el análisis del entorno, incorporando variables sociales, económicas, históricas, culturales y urbanas. Paralelamente, se realizó un análisis climático detallado del sitio mediante la elaboración de diagramas bioclimáticos de temperatura y humedad para determinar los periodos de confort higrotérmico (determinado por temperatura y humedad), (ver Fig. 3. Isotermas e Isohigras de Monterrey), con el objetivo de identificar las necesidades ambientales predominantes durante las diferentes épocas del año.

Este análisis permitió determinar las condiciones en las que era conveniente favorecer la captación o el control de la radiación solar, promover procesos de enfriamiento o calentamiento, controlar los niveles de humedad y establecer criterios generales de acondicionamiento pasivo. A partir de esta información se desarrolló una volumetría inicial del proyecto, la cual constituyó la primera traducción formal de los datos climáticos obtenidos.

Posteriormente, las propuestas se desarrollaron de manera progresiva mediante la integración de las variables asociadas a Radiación, Movimiento del aire, Oscilación térmica y Sonoridad (RMOS). De esta forma, decisiones relacionadas con la orientación del edificio, la incorporación de patios, la protección solar, la selección de materiales con mayor masa térmica y la configuración de los espacios se fundamentaron en el análisis climático previo. Este proceso permitió priorizar estrategias pasivas y reducir la dependencia de sistemas activos de climatización dentro de las propuestas desarrolladas, fortaleciendo la relación entre clima, configuración arquitectónica y confort ambiental.

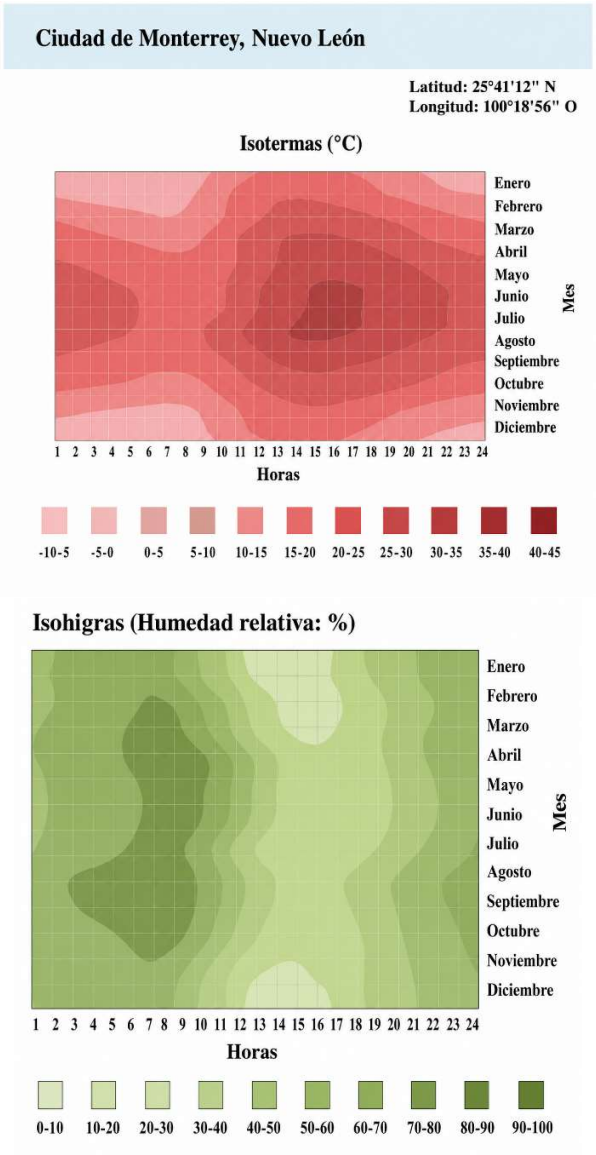



Fig. 3. Isotermas e Isohigras de Monterrey, Nuevo León. Elaboración propia a partir de datos climáticos oficiales del Servicio Meteorológico Nacional. Los datos constituyen la base para la identificación de necesidades ambientales y la selección de estrategias pasivas mediante la metodología TERMOS.

TABLA II
MATRIZ RMOS SIMPLIFICADA

| Necesidad ambiental | R Radiación | M Movimiento del aire | O Oscilación térmica | S Sonoridad |
|---|---|---|---|---|
| Enfriar | Protección solar verano | Ventilación cruzada humidificada | Protección solar y enfriamiento forzado | Atenuación acústica |
| Calentar | Ganancia solar invierno | Renovación mínima (higiénica) | Alta masa térmica en calentamiento de muros en invierno | Aislamiento |
| Deshumidificar | Control solar verano | Ventilación | Materiales adecuados | - |
| Humidificar | Protección solar de cuerpos de agua o vegetación | Ventilación inducida con incremento mínimo de humedad en verano | Inercia térmica | - |

Estrategias Bioclimáticas Matriz RMOS
Fuente: Elaboración propia.

Con lo anterior en mente, se expone a continuación el proceso genral para la incorporación de TERMOS en el proceso de diseño mostrado en la Fig. 4.

### *E. Procedimiento de Análisis de Resultados*

El análisis de resultados se desarrolló mediante un enfoque comparativo de carácter cualitativo, con el propósito de identificar y analizar las diferencias observadas entre los procesos proyectuales desarrollados mediante la metodología TERMOS y aquellos elaborados bajo esquemas convencionales de enseñanza del diseño arquitectónico. Para ello, se contrastaron proyectos realizados con la aplicación sistemática de TERMOS con ejercicios desarrollados por estudiantes de distintos niveles académicos, así como con proyectos elaborados por los mismos alumnos en semestres anteriores.

Uno de los aspectos observados durante la aplicación de la metodología fue que, al incorporar el análisis bioclimático desde las etapas iniciales del proceso de diseño, las decisiones volumétricas fundamentales tendieron a mantenerse a lo largo del desarrollo del proyecto. Esta continuidad favoreció la definición temprana de criterios relacionados con la orientación, la configuración espacial y las posibilidades de ventilación natural durante aquellos periodos del año en los que las condiciones climáticas resultaban favorables, así como la incorporación de sistemas de apertura y control de vanos acordes con los objetivos de confort ambiental.

Asimismo, se observó una mayor atención al control del asoleamiento y a la incorporación de estrategias pasivas orientadas al aprovechamiento de las condiciones climáticas del sitio. En los momentos del año en los que se identificaron condiciones de temperatura y humedad fuera de los rangos para obtener confort con sistemas pasivos, se propusieron sistemas activos. En la mayoría de los proyectos desarrollados se integraron criterios relacionados con la iluminación natural y con la priorización de soluciones pasivas antes que la incorporación de sistemas artificiales. De manera complementaria, se incorporaron estrategias asociadas al aprovechamiento y manejo del agua, sistemas de ventilación con posibilidades de humidificación y mecanismos de calentamiento mediante masa térmica, los cuales fueron considerados desde las primeras etapas del diseño y se integraron a partir de la configuración volumétrica del proyecto.

Otro aspecto identificado fue que la fase inicial de generación volumétrica requirió un mayor tiempo de reflexión y análisis en comparación con los procesos de diseño convencionales. Esto se atribuye a la incorporación temprana de un mayor número de variables ambientales y a la necesidad de establecer relaciones entre el análisis climático y las decisiones arquitectónicas. Sin embargo, esta inversión inicial favoreció una mayor anticipación de las decisiones relacionadas con el confort ambiental y con el desempeño esperado del edificio durante las etapas posteriores del proyecto.

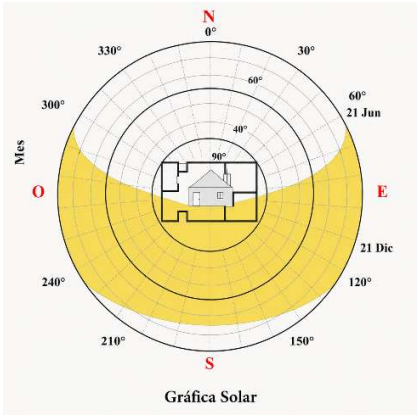
Para el análisis de los proyectos se emplearon distintos instrumentos metodológicos. En primer lugar, se realizó observación directa por parte del docente, con el fin de verificar la coherencia entre el análisis climático, las estrategias seleccionadas y las propuestas arquitectónicas desarrolladas. En segundo lugar, se llevó a cabo un análisis comparativo cualitativo entre proyectos desarrollados con y sin la metodología TERMOS, incluyendo ejercicios elaborados por los mismos estudiantes en el semestre inmediato anterior. Finalmente, se aplicaron rúbricas de evaluación orientadas a valorar la incorporación y la coherencia de las estrategias bioclimáticas integradas en las propuestas arquitectónicas, lo que permitió organizar y documentar las observaciones derivadas del proceso de aplicación.

### *F. Consideraciones de Replicabilidad*

La metodología TERMOS fue concebida con un enfoque didáctico y operativo que facilita su aplicación en distintos contextos académicos y profesionales, siempre que se cumplan ciertas condiciones básicas. En primer lugar, es necesario que los usuarios —docentes, estudiantes o profesionistas— cuenten con un conocimiento previo de la metodología y de los principios fundamentales del análisis climático y de sus aplicaciones arquitectónicas orientadas al desarrollo de proyectos bioclimáticos y sustentables. Este conocimiento permite comprender la lógica secuencial del método y aplicar de manera adecuada las estrategias pasivas propuestas.

En el ámbito académico, la aplicación del método requiere un entorno propicio para el desarrollo de proyectos bajo la modalidad de taller de diseño. Es recomendable que el docente defina con claridad el sitio de intervención, el tipo de proyecto y las condiciones climáticas del lugar, además de plantear escenarios suficientemente claros y realistas que permitan a los estudiantes reflexionar sobre la selección y jerarquización de estrategias bioclimáticas acordes con el contexto ambiental.

Análisis climático. Se utiliza el Isotermas, Isoghigras y la gráfica solar del lugar

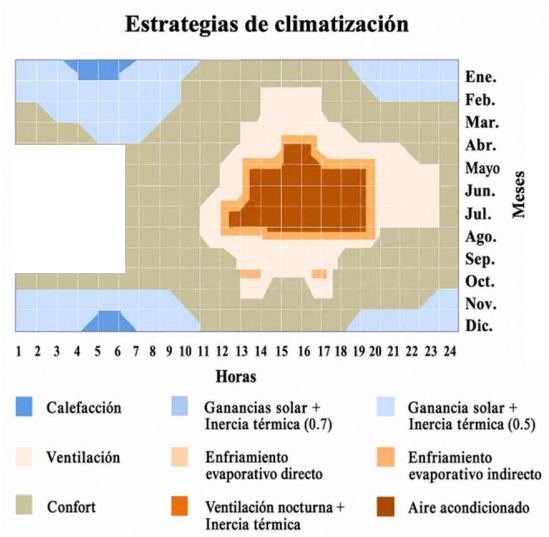


Gráfica Solar

↓

Necesidades ambientales

Calentar – Enfriar – Humidificar – Deshumidificar

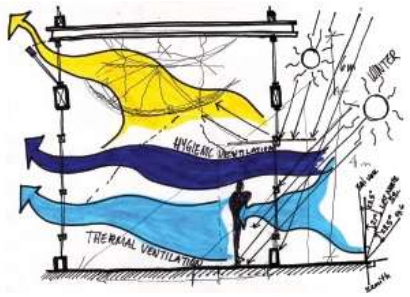



↓

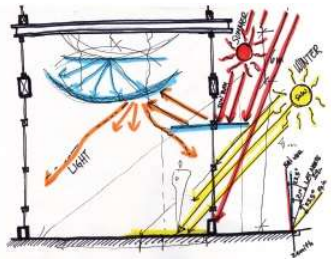
Selección de estrategias mediante RMOS (sistemas pasivos + uso de sistemas activos en momentos identificados)

↓

Estrategias pasivas




Protección solar – Ventilación natural – Masa térmica – Vegetación – Patios




↓

Decisiones arquitectónicas

Orientación – Volumetría – Envolvente – Organización espacial

↓

Proyecto arquitectónico



Fig. 4. Proceso de traducción del análisis climático en decisiones de diseño mediante la metodología TERMOS. La información obtenida a partir del análisis climático permite identificar necesidades ambientales, seleccionar estrategias pasivas mediante las matrices RMOS y definir criterios de configuración arquitectónica aplicados al proyecto. Elaboración propia.

Si bien la experiencia descrita en esta investigación se desarrolló con estudiantes de licenciatura en arquitectura, la estructura flexible de la metodología permite su utilización en niveles avanzados de formación y en el ámbito profesional. En este sentido, TERMOS puede funcionar tanto como una herramienta pedagógica como un instrumento de apoyo para la toma de decisiones en proyectos arquitectónicos.

La disponibilidad de información climática constituye otro aspecto importante para la aplicación del método. Es deseable contar con datos confiables del sitio de intervención; sin embargo, en aquellos contextos donde dicha información no esté disponible de manera directa, la metodología contempla la posibilidad de utilizar aproximaciones climáticas y fichas de caracterización asociadas a estrategias bioclimáticas específicas, como las desarrolladas dentro del propio marco de TERMOS.

Finalmente, la flexibilidad del método permite su aplicación en diferentes escalas y tipologías arquitectónicas, tanto en proyectos de nueva creación como en procesos de rehabilitación o renovación. Su estructura jerárquica y modular facilita la adaptación a diversos contextos climáticos, programáticos y constructivos, ampliando sus posibilidades de aplicación como herramienta didáctica y de apoyo al diseño arquitectónico bioclimático y sustentable.

## III. Conclusión

La presente investigación permitió analizar las posibilidades de aplicación de la metodología TERMOS como una herramienta didáctica y operativa para la enseñanza del diseño bioclimático en arquitectura, particularmente en contextos caracterizados por una elevada diversidad climática y restricciones económicas, como es el caso de México. Al organizar el proceso de diseño mediante una secuencia jerárquica clara, la metodología favorece la incorporación temprana de variables ambientales que, con frecuencia, son consideradas de manera fragmentada o en etapas avanzadas del desarrollo proyectual.

Uno de los principales aportes del trabajo radica en la articulación entre la teoría bioclimática, las clasificaciones climáticas nacionales, el contexto socioeconómico, los condicionantes normativos y la práctica proyectual, permitiendo traducir información climática compleja en criterios de diseño arquitectónico. La vinculación de la metodología con la clasificación bioclimática de la CONAVI refuerza su pertinencia para el contexto mexicano, al proporcionar un marco operativo orientado a las condiciones ambientales y a las necesidades de confort de sus habitantes.

Desde el ámbito didáctico, la aplicación de TERMOS permitió identificar una tendencia hacia una mayor integración de las variables climáticas dentro del proceso de diseño y una mejor articulación entre el análisis ambiental y las decisiones arquitectónicas adoptadas por los estudiantes. Asimismo, se identificó una mayor capacidad para justificar técnicamente las estrategias pasivas incorporadas en las propuestas. Si bien el método demanda un esfuerzo analítico importante durante las etapas iniciales del proyecto, este enfoque favorece la anticipación de decisiones relacionadas con el confort ambiental y contribuye a fortalecer la coherencia entre análisis climático, configuración arquitectónica y desempeño esperado del edificio.

En términos de proyección futura, la metodología TERMOS presenta posibilidades de adaptación tanto en otros contextos académicos como en la práctica profesional. Su estructura flexible permite su aplicación en distintas escalas y tipologías arquitectónicas, así como su integración con herramientas digitales de simulación y evaluación del desempeño ambiental. En este sentido, el método abre líneas de investigación orientadas al análisis cuantitativo del comportamiento energético y al desarrollo de indicadores comparativos que permitan fortalecer la evaluación objetiva del confort y de la sustentabilidad arquitectónica.

En conjunto, los resultados obtenidos permiten considerar a TERMOS como una propuesta metodológica que contribuye a fortalecer la formación de arquitectos sensibles a las condiciones climáticas y al contexto social, capaces de enfrentar los desafíos ambientales contemporáneos mediante un diseño arquitectónico responsable, contextualizado y sustentable.

## Referencias


Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda (CONAFOVI). (2005). Diseño de áreas verdes en desarrollos habitacionales. CONAFOVI.

Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI). (2006). Guía de diseño bioclimático para la vivienda en México. CONAVI.

Díaz Mellado, E., López Cabeza, V. P., Rivera Gómez, C., & Galán Marín, C. (2023). Seasonal analysis of thermal comfort in Mediterranean social courtyards: A comparative study. Journal of Building Engineering, 78, Article 107756. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107756

Edwards, B. (2009). Guía básica de la sostenibilidad. Editorial Gustavo Gili.

García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (5.ª ed.). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.

Givoni, B. (1998). Climate considerations in building and urban design. John Wiley & Sons.

Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT). (2012). Manual para el diseño de vivienda sustentable en México. INFONAVIT.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). Guía para la interpretación de información climatológica. INEGI.

Lechner, N. (2015). Heating, cooling, lighting: Sustainable design methods for architects (4th ed.). John Wiley & Sons.

Olgyay, V. (1963). Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism. Princeton University Press.

Ruiz, M., Acosta, A., Ortiz, J. Á., & López, J. L. (2016). Casa sustentable para comunidades vulnerables: Manual para el desarrollo del hábitat sostenible. Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Secretaría de Salud, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Fuentes, V., & Figueroa, R. (1995). Climatología aplicada a la arquitectura y al confort humano. IMSS.

Sierra, J. (2012). Arquitectura bioclimática: fundamentos, estrategias y aplicaciones. Editorial Gustavo Gili.

Szokolay, S. V. (2014). Introduction to architectural science: The basis of sustainable design (3rd ed.). Routledge.

World Meteorological Organization (WMO). (2017). WMO guidelines on the calculation of climate normals. WMO.