Revista de Ciencias Tecnológicas (RECIT). Universidad Autónoma de Baja California ISSN 2594-1925
Volumen 9 (4): e512. Octubre-Diciembre, 2026. https://doi.org/10.37636/recit.v9n4e512

Artículo de investigación

Estrategias de diseño bioclimático y arquitectura sostenible: estudio de caso en Unión de Tula, México

Bioclimatic Design Strategies and Sustainable Architecture: A Case Study in Unión de Tula, Mexico

Francisco José Martín del Campo Saray, Misael de Jesús Medina Luna, Jorge Olac Zepeda Oliva, Martha Leticia Colmenares Zepeda

Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez-Unidad Académica El Grullo, Carretera El Grullo - Ejutla, Kilómetro 5, en la colonia Puerta de Barro, 48740, El Grullo, Jalisco, México

Autor de correspondencia: Francisco José Martín del Campo Saray, Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez-Unidad Académica El Grullo, Carretera El Grullo - Ejutla, Kilómetro 5, en la colonia Puerta de Barro, 48740, El Grullo, Jalisco, México. Correo electrónico: francisco.martindelcampo@elgrullo.tecmm.edu.mx. ORCID: 0000-0001-7211-5366

Recibido 12 de agosto del 2023 **Aceptado:** 19 de octubre del 2026 **Publicado**: 5 de noviembre del 2026

Resumen. - El cambio climático y el crecimiento urbano no planificado intensifican la vulnerabilidad térmica y el consumo energético en el sector edificación, una problemática crítica en regiones con clima semicálido semihúmedo donde la arquitectura convencional omite las condicionantes ambientales locales. Este estudio formula un modelo metodológico de diseño bioclimático orientado a la arquitectura sostenible en Unión de Tula, Jalisco, México, con el fin de reducir el impacto ambiental mediante la integración de estrategias pasivas. Bajo un enfoque mixto descriptivo-propositivo estructurado mediante Investigación-Acción, la metodología integró la sistematización de criterios de sostenibilidad contextualizados y el desarrollo de una matriz de indicadores urbanos y ambientales utilizada como instrumento diagnóstico y propositivo. El diagnóstico identificó deficiencias severas en el flujo ecológico, representadas por una escasa cobertura arbórea, bajo aprovechamiento de recursos naturales y omisión de materiales reciclados o energías renovables. La incorporación de estrategias pasivas como orientación solar calculada, ventilación cruzada, inercia térmica en envolventes y sombreado vegetativo, proyecta una optimización del confort térmico interior y una disminución en la demanda energética requerida para climatización artificial. Se concluye que la metodología articulada proporciona una estructura sistemática de análisis y diseño replicable para la planificación arquitectónica adaptada en localidades con condiciones climáticas similares.

Palabras clave: Diseño bioclimático; Arquitectura sostenible; Indicadores de sostenibilidad; Paisaje urbano.

Abstract.- Climate change and unplanned urban growth exacerbate thermal vulnerability and energy consumption in the building sector, a critical issue in regions with semi-warm, sub-humid climates where conventional architecture overlooks local environmental conditions. This study formulates a methodological model for bioclimatic design oriented toward sustainable architecture in Unión de Tula, Jalisco, Mexico, aimed at reducing environmental impact through the integration of passive strategies. Utilizing a mixed descriptive-propositive approach structured through Action Research, the methodology integrated the systematization of contextualized sustainability criteria with the development of an urban and environmental indicator matrix used as a diagnostic and propositive tool. The diagnosis identified severe deficiencies in ecological flow, characterized by low tree canopy cover, limited utilization of natural resources, and the omission of recycled materials or renewable energy. The incorporation of passive strategies such as calculated solar orientation, cross ventilation, thermal inertia in building envelopes, and vegetative shading projects an optimization of indoor thermal comfort and a reduction in energy demand required for artificial climate control. It is concluded that the articulated methodology provides a systematic and replicable framework for analysis and design in adaptive architectural planning across locations with similar climatic conditions.

Keywords: Bioclimatic design; Sustainable architecture; Sustainability indicators; Urban landscape.

ISSN 2594-1925

1. Introducción

El acelerado crecimiento urbano contemporáneo y la crisis climática global exigen un replanteamiento profundo del entorno construido, priorizando la convergencia entre la planificación territorial y las herramientas de diseño bioclimático. A escala global, el sector de la edificación concentra una parte crítica del consumo energético total y de las emisiones de gases de efecto invernadero, consolidándose como uno de los principales impulsores del calentamiento global y la degradación ambiental.

Esta problemática global se manifiesta de manera crítica a escala local en asentamientos de crecimiento intermedio y periférico, tipificados por el caso de estudio en Unión de Tula. Estos territorios experimentan un desarrollo urbano desordenado, fragmentación del paisaje, pérdida progresiva de la permeabilidad del suelo y una nula incorporación de estrategias pasivas en la envolvente arquitectónica, factores que incrementan exponencialmente la vulnerabilidad de las comunidades ante eventos climáticos extremos y comprometen el confort térmico y la salud pública de sus habitantes.

Para abordar esta complejidad socioespacial resulta importante precisar los marcos conceptuales que rigen la intervención. Aunque en la práctica a menudo se emplean de manera indistinta, la arquitectura bioclimática y la arquitectura sostenible operan en dimensiones epistemológicas complementarias: la primera optimiza el microclima interior mediante la modulación pasiva de los recursos climáticos y la adecuación formal del edificio [12, 5; 24], mientras que la segunda trasciende dicha escala para gestionar de manera integral el ciclo de los recursos naturales y culturales del emplazamiento [13].

La literatura científica especializada ha intentado articular estas dimensiones desde diversas aproximaciones geográficas y técnicas. Investigaciones previas tales como las estrategias de confort térmico en zonas áridas desarrolladas por [10], los métodos de diseño bioclimático aplicados en Ecuador por [25], y los modelos de habitabilidad evolutiva en Brasil propuestos por [14] encuentran su fundamento metodológico en los principios clásicos del análisis climático de [18] y [9], demostrando la viabilidad teórica de alinear la morfología construida con las condicionantes del medio natural.

No obstante, la robustez de estos antecedentes, la revisión sistemática del estado del arte revela un vacío operativo persistente: la mayoría de las propuestas analíticas operan de manera fragmentada o con un sesgo puramente descriptivo. Estas carecen de un sistema metodológico unificado que permita sistematizar dichas características ambientales para orientar intervenciones arquitectónicas en contextos sujetos a dinámicas de crecimiento acelerado e irregular.

La aplicación de principios bioclimáticos no solo beneficia al medio ambiente, sino que también favorece el bienestar de los ocupantes: la generación de espacios saludables y confortables mejora la calidad de vida y fortalece la relación entre las personas y el entorno construido. Este enfoque holístico considera la sostenibilidad desde dimensiones ecológicas y sociales.

Desde la perspectiva arquitectónica, el diseño de una vivienda persigue fines estéticos y funcionales que buscan la integración armónica del elemento construido con su entorno. La incorporación adecuada de técnicas bioclimáticas en un proyecto permite generar microclimas interiores que optimizan el confort de los usuarios y la eficiencia en el uso de recursos. Tales técnicas incluyen, entre otras, la orientación solar, la ventilación natural, la inercia térmica y el manejo estratégico de la vegetación.

ISSN 2594-1925

Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el cambio climático es "un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables." [20]. Esta definición subraya la responsabilidad humana en la alteración del sistema climático y la necesidad de respuestas sectoriales, incluida la Arquitectura.

A partir de esta perspectiva, resulta esencial conocer las condiciones locales desde las etapas tempranas del diseño para orientar correctamente el proyecto, seleccionar materiales adecuados para obra gris y acabados, y definir métodos constructivos coherentes que permitan alcanzar un microclima confortable para los ocupantes.

Como resultado de este análisis, se obtiene un diagnóstico climático detallado con valores mensuales y anuales que permite situar el clima del sitio según la clasificación de Köppen y, en consecuencia, seleccionar las estrategias pasivas de diseño más adecuadas para el proyecto.

El contexto sociocultural remite al entorno social y cultural en el que se desarrolla una persona y a la influencia que este ejerce sobre sus ideas y comportamientos. En este concepto se incluyen aspectos históricos, políticos, económicos, educativos, religiosos, éticos y estéticos presentes en una comunidad en un espacio y tiempo determinados [6].

Ahora bien, desde la perspectiva de la Arquitectura sostenible, [8] plantea que esta disciplina constituye una alternativa frente a la expansión demográfica urbana. Tras analizar la problemática en la villa Perú-Canadá, el departamento de Piura, provincia de Sullana, el autor identifica la invasión de áreas verdes y de equipamiento como consecuencia del límite territorial alcanzado por la provincia. Estrada propone la implementación de principios de Arquitectura sostenible como medida para conservar áreas verdes y mejorar progresivamente las condiciones habitacionales tanto exteriores como interiores con el objetivo de elevar la calidad de vida y favorecer el desarrollo comunitario.

En consecuencia, la adopción de prácticas de Arquitectura sostenible en la provincia analizada se presenta como una estrategia eficaz para optimizar el uso de recursos frente a la expansión demográfica. El empleo de materiales ecoeficientes y de soluciones constructivas apropiadas contribuye a minimizar el impacto ambiental, generar espacios más confortables y, de manera gradual, mejorar la calidad de vida de los grupos poblacionales con un daño mínimo al entorno.

Por su parte, [14] desarrollaron una investigación en Brasil centrada en el deterioro ambiental y la calidad de vida en las favelas. A partir de un análisis contextual, los autores identificaron los recursos disponibles en el sitio naturales, económicos, sociales, políticos y culturales y propusieron una "casa bioclimática" adaptable a terrenos irregulares. La solución planteada consiste en una vivienda de crecimiento vertical que integra estrategias bioclimáticas y que puede ser ampliada por los usuarios conforme la habitan, reconociendo que la sostenibilidad trasciende el ámbito ambiental e incorpora dimensiones sociales y económicas.

Por su parte, [7] analiza tres casos de estudio con el propósito de promover un enfoque de diseño sostenible en edificaciones. Él recomienda el uso de medios pasivos que optimicen los recursos disponibles y reduzcan la dependencia de energías basadas en combustibles fósiles, lo que contribuye a la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y, por ende, a la mitigación del cambio climático.

ISSN 2594-1925

A partir de este diagnóstico crítico, se identifica una clara brecha de conocimiento vinculada a la ausencia de un marco metodológico estructurado que articule indicadores cuantitativos de sostenibilidad con estrategias bioclimáticas cualitativas para mitigar los impactos socioambientales urbanos. En consecuencia, la pregunta directriz que orienta esta investigación se enuncia de la siguiente manera: ¿De qué manera la sistematización de características de sostenibilidad con enfoque bioclimático permite optimizar el diseño arquitectónico frente al crecimiento desordenado en contextos similares al de estudio? La contribución científica de este trabajo radica en el desarrollo de una propuesta metodológica original que integra el diagnóstico bioclimático con los criterios fundamentales de la arquitectura sostenible, estableciendo un puente operativo entre las variables del sitio e indicadores del proyecto arquitectónico. Este enfoque metodológico pudiera brindar a los investigadores y proyectistas de una herramienta sistemática capaz de traducir las condiciones climáticas locales en directrices espaciales concretas y pertinentes.

Para dar cumplimiento a este propósito investigativo, el manuscrito se organiza en tres secciones fundamentales. En primer lugar, se expone la fundamentación metodológica y conceptual del modelo propuesto; en segundo lugar, se demuestra su aplicabilidad empírica mediante su implementación en el caso de estudio seleccionado; y, finalmente, se discuten los resultados obtenidos, evaluando su alcance, limitaciones y potencial de transferencia para la formulación de normativas técnicas y de diseño en el ámbito de la edificación sostenible.

El proyecto “Escuela hecha a mano” de Anna Heringer y Eike Roswag, descrito por [3], se presenta como un ejemplo paradigmático de arquitectura sostenible aplicada a contextos rurales. Su objetivo fue mejorar la calidad de vida con un impacto ambiental mínimo y frenar la migración hacia las ciudades. La construcción empleó materiales locales —bambú y barro— y mano de obra comunitaria, demostrando que la combinación de creatividad, conocimiento técnico y recursos locales permite generar arquitectura de bajo costo, alto valor social y potencial mitigador del cambio climático (Figura 1).

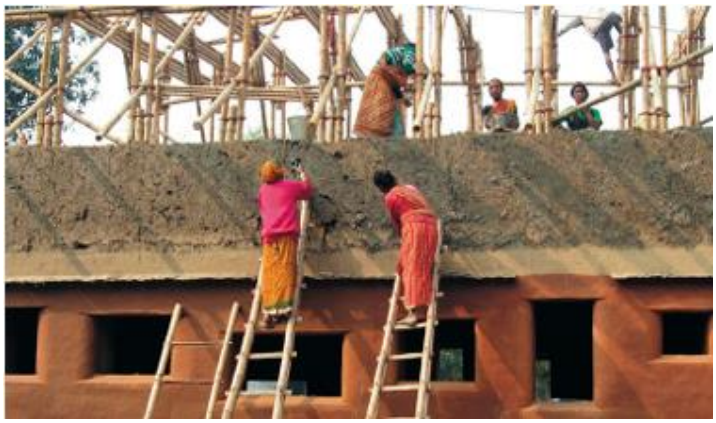


Figura 1. Escuela HANDMADE METI de Anna Heringer y Eike Roswag. Fuente: La Arquitectura Sostenible el papel de la Arquitectura en su implicación Ambiental y Social. Autor de foto: Alexandra Grill, 2018.

A su vez, [21] presenta su prototipo de construcción “Bosco Verticale Milano”, que consta de 2 torres de departamentos de 112 y 80 m^2 que se podría considerar Arquitectura Sostenible, ya que, se centra en la relación entre el hombre como sociedad y otras especies vivientes, y brinda a la vegetación un papel fundamental dentro del proyecto, donde esta equivale a 30,000 m^2 de bosque que se concentran en 3,000

ISSN 2594-1925

m^2 de área urbana, tal cantidad de vegetación da origen a un microclima sin efectos perjudiciales para el medio ambiente, la vegetación se encarga de regular la humedad, producir oxígeno, absorber partículas y CO_2 (Figura 2).



Figura 2. Bosco Verticale Milano. Fuente: Paolo Rosselli y Giovanni Nard, 2014.

2. Metodología

La presente investigación adopta un enfoque mixto (convergencia de datos cuantitativos y cualitativos) de alcance descriptivo-propositivo, complementado operativamente mediante la metodología de Investigación-Acción. Este diseño metodológico se estructuró en ciclos reiterados sucesivos que permitieron vincular la teoría del diseño bioclimático con la realidad socioespacial de Unión de Tula, Jalisco.

El proceso de Investigación-Acción se desarrolló en tres fases cíclicas:

1. Diagnóstico participativo e instrumental: Identificación de problemáticas socioambientales y microclimáticas con la colaboración activa de actores locales (habitantes, autoridades municipales y técnicos locales).
2. Intervención y simulación propositiva: Co-diseño y formulación de directrices de arquitectura bioclimática y sostenible aplicadas a los casos evaluados.
3. Evaluación y validación: Verificación del grado de cumplimiento de los indicadores establecidos frente a los indicios de referencia normativos y teóricos.

El estudio se realizó en la localidad de Unión de Tula, Jalisco, México, la cual presenta las siguientes características: ese localiza en la región Sierra de Amula del estado de Jalisco, colindando con Ejutla, El Grullo, Ayutla, Tenamaxtlán y Autlán de Navarro, y posee una extensión territorial de 446.55 km² (Figura 3) [15].

ISSN 2594-1925

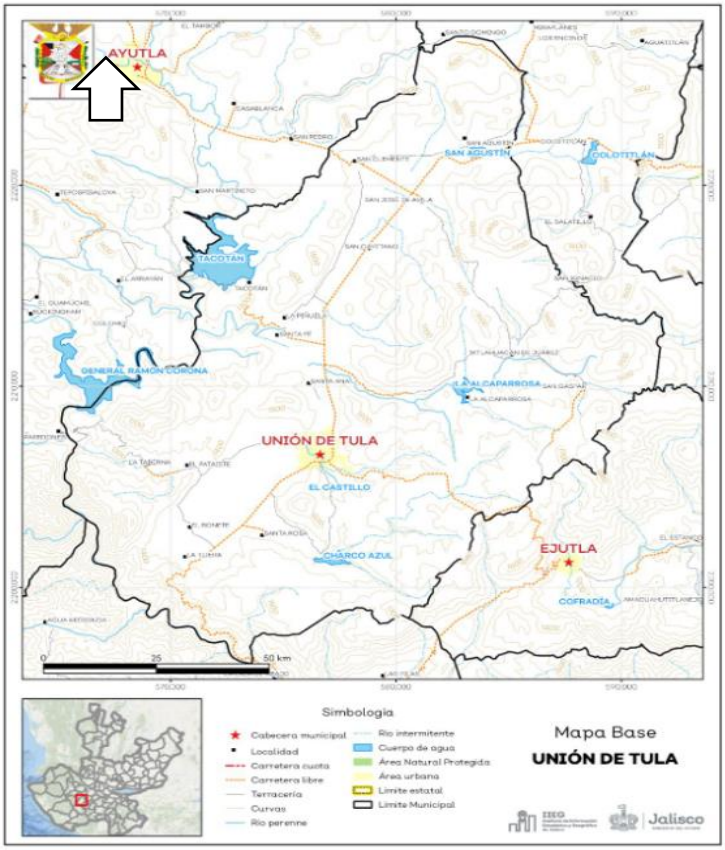


Figura 3. Mapa base Unión De Tula, Jalisco. Fuente: IIEG, 2018.

La cabecera municipal se ubica en las coordenadas 19°57′15.84″ N, 104°16′3.72″ W, a una altitud de 1,340 m s.n.m. El asentamiento presenta una extensión aproximada de 1.75 km en el eje norte–sur y 1.95 km en el eje este–oeste, lo que, junto con su traza urbana ortogonal y la concentración de servicios en el núcleo central, permite considerarlo una localidad compacta. El entorno periurbano está mayoritariamente destinado a la agricultura de maíz. Climáticamente, la mayor parte del municipio corresponde a un clima semicálido semihúmedo; la temperatura media anual es de 20.7 °C, con temperaturas promedio mínima y máxima de 8.7 °C y 32.3 °C, respectivamente. La precipitación media anual reportada es de 888 mm, mientras que la precipitación promedio acumulada registrada asciende a 609.41 mm. [15].

Se menciona que, para los fines de esta investigación se analizaron las condiciones climáticas de la zona empleando la Clasificación Climática de Köppen como marco de referencia. Con la información climática disponible y conforme a los criterios de Köppen, el caso de estudio se ubica en el grupo C (climas templados), si bien es necesario precisar el subgrupo correspondiente para una caracterización más exacta y la selección adecuada de estrategias pasivas de diseño. Según [16], en este grupo la temperatura media del mes más frío se sitúa entre −3 °C y 18 °C, y la del mes más cálido supera los 10 °C; en estos climas son habituales los bosques templados.

ISSN 2594-1925

Dada la extensión territorial del municipio (446.55 km²), el área de estudio se dividió en dos secciones, denominadas A y B, para facilitar el análisis del muestreo. La partición se realizó mediante una línea divisoria orientada en sentido noreste–suroeste que segmenta aproximadamente la mitad de la localidad (Figura 4).

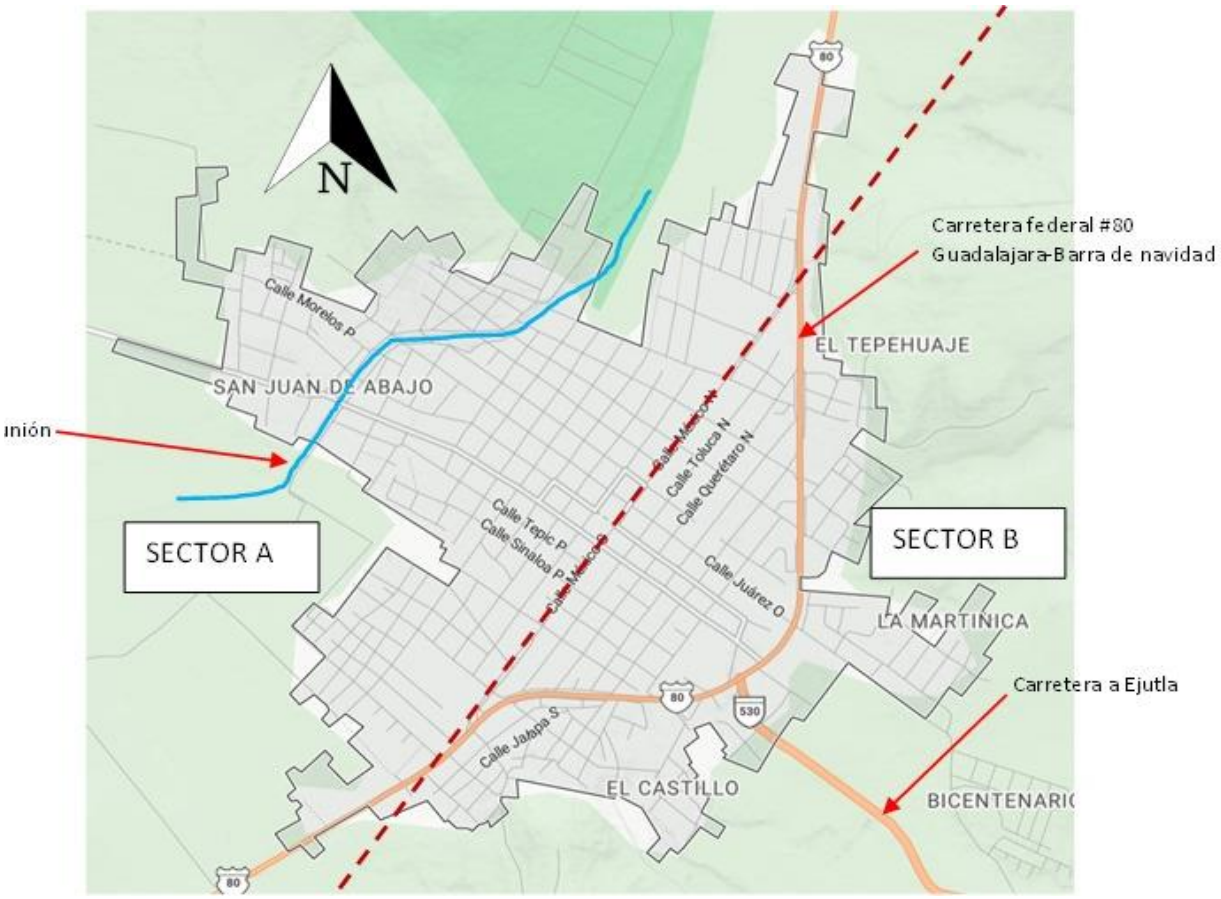


Figura 4. Mapa de Unión de Tula, Jalisco, división de sectores. Fuente: Adaptación propia con base en Google Maps, 2024.

Posterior a la división en sectores, se procedió a seleccionar puntos de interés para la recolección de datos cuantificables necesarios para la propuesta metodológica. La selección se basó en criterios objetivos: flujo comercial, tránsito peatonal y vehicular, presencia de equipamiento público y concentración de actividades en las periferias más concurridas; estos criterios permitieron obtener una muestra representativa de la dinámica urbana y recopilar mediciones que reflejen las condiciones promedio de la comunidad. Los datos obtenidos se emplearon para caracterizar espacialmente variables clave del estudio y para contrastar las condiciones observadas con las estrategias bioclimáticas propuestas. Ver figura 5.

ISSN 2594-1925



Figura 5. Mapa de sondeo. Fuente: Adaptación propia con base en Google Earth pro, 2024.

A lo largo de la investigación se consultó y analizó bibliografía especializada cuya revisión fundamentó el diseño metodológico y permitió seleccionar y adaptar indicadores bioclimáticos y de sostenibilidad coherentes con los objetivos del estudio. Estos indicadores se organizaron en un conjunto de variables y criterios a evaluar en las fases iniciales de aproximación al área de intervención, previas al desarrollo del proyecto arquitectónico, con el propósito de orientar la formulación de propuestas capaces de alcanzar niveles adecuados de sostenibilidad, eficiencia funcional y calidad estética. La aplicación sistemática de dichos criterios persigue promover intervenciones arquitectónicas de valor social y menor impacto ambiental, contribuyendo así a las estrategias de mitigación del cambio climático.

Para evaluar de forma rigurosa las condiciones de los puntos de estudio, se depuró un sistema inicial de variables hasta consolidar siete indicadores principales (tres bioclimáticos y cuatro sostenibles), sustentados en las aportaciones teóricas de [18] y [9] para el análisis climático, [12, 13] y [5] para la arquitectura bioclimática, y los criterios internacionales de desarrollo urbano sostenible.

Para su organización se optó por una clasificación dual que distingue sistemas y flujos: los sistemas agrupan criterios con enfoque bioclimático orientados a las características de la edificación y su entorno inmediato; los flujos integran criterios con enfoque sostenible que analizan dinámicas y recursos del sitio.

ISSN 2594-1925

La estructura resultante es la siguiente:

Sistemas bioclimáticos
- Sistema ambiental
- Sistema urbano
- Sistema de la vivienda

Flujos sostenibles
- Flujo económico
- Flujo ecológico
- Flujo social
- Flujo cultural

La metodología propuesta articula de forma integrada los criterios de la Arquitectura bioclimática y de la Arquitectura sostenible con el objetivo de generar un procedimiento transferible y aplicable en distintos contextos territoriales. Mediante la síntesis de principios provenientes de diversas corrientes teóricas y prácticas se configura un marco operativo que funciona a partir de indicadores específicos relacionados con energías renovables, preservación ambiental y mitigación del cambio climático. Asimismo, el método incorpora el análisis de flujos económicos, funcionales y ambientales para evaluar la viabilidad y el impacto de las intervenciones; complementariamente, considera dimensiones socioculturales y de usuario para identificar tendencias locales y garantizar la apropiación social de las propuestas.

A cada indicador se le asignó un peso ponderado basado en su objetividad para el confort humano y la mitigación ambiental en climas semicálidos semihúmedos. La evaluación en cada uno de los ocho puntos se tipificó mediante una escala ordinal de tres niveles de desempeño: Bajo (1 punto / 0–49%), Medio (2 puntos / 50–69%) y Alto (3 puntos / 70–100%), ponderados de acuerdo con su impacto relativo en el sistema total.

(Nota metodológica: El desarrollo analítico exhaustivo y el desglose de las hojas de cálculo correspondientes a las hojas de evaluación de los ocho puntos se encuentran documentados íntegramente en el apartado de **Apéndice del manuscrito).*

3. Resultados

De acuerdo con los resultados obtenidos, a continuación, se presenta la evaluación detallada de cada uno de los ocho puntos de estudio, integrando el análisis cuantitativo por sistemas y flujos, su interpretación cualitativa y el soporte gráfico correspondiente.

El Punto 1 corresponde a la manzana localizada en la calle **Zacatecas Sur**, comprendida entre las calles **Guadalajara** y **Hermosillo**, en la zona denominada Cerrito. El análisis consideró dos conjuntos de indicadores: **Flujos sostenibles** (máximo 40 puntos) y **Sistemas bioclimáticos** (máximo 60 puntos). Los puntajes obtenidos y su interpretación se presentan a continuación.

El puntaje de **23/40** indica un desempeño global bajo en la capacidad de la zona para mantener y promover flujos urbanos y ecológicos sostenibles. El diagnóstico específico se interpreta con un perfil de vulnerabilidad ambiental y social marcado por puntajes bajos tanto en flujos sostenibles como en sistemas bioclimáticos. Aunque existen elementos de principios sostenibles, su ejecución es fragmentaria y no

ISSN 2594-1925

integrada, lo que limita la habitabilidad y la resiliencia del sector. Las intervenciones prioritarias deben combinar soluciones ecológicas, técnicas bioclimáticas y procesos participativos para transformar estos déficits en mejoras medibles de confort, gestión hídrica y bienestar comunitario. Ver **tabla 1** y **figura 6**.

Tabla 1. Flujos sostenibles y sistemas bioclimáticos.

Componente Evaluado	Puntuación Máxima	Puntuación Obtenida	Nivel de Desempeño
Flujos Sostenibles (Económico, Ecológico, Social, Cultural)	40	23	Bajo
Sistemas Bioclimáticos (Ambiental, Urbano, Vivienda)	60	32	Bajo / Fragmentario
TOTAL GENERAL	**100**	**55**	**Bajo (55%)**



Figura 6. Resultados analizados de indicadores sostenibles y bioclimáticos. Fuente: Autores, 2024.

El Punto 2 corresponde al sector de la **Unidad Deportiva** en la calle **Guadalajara Oriente**, delimitado entre **Morelia** y **La Paz**. El análisis empleó las mismas matrices de evaluación para todos los puntos. A continuación, se presentan los resultados cuantitativos y su interpretación cualitativa.

El puntaje de **29/40** indica un desempeño intermedio-alto con mejoras observables en los determinantes económicos, sociales y culturales. No obstante, las mejoras son marginales y muestran un patrón de implementación fragmentaria: los componentes económicos, sociales y culturales se fortalecen por la propia función del equipamiento, mientras que los componentes ecológicos y la integración sistémica de lo bioclimático siguen siendo los principales déficits. Las intervenciones más eficaces combinarán medidas de diseño pasivo, restauración ecológica y gobernanza participativa para traducir la función del espacio en resiliencia ambiental y confort sostenido. Ver **tabla 2** y **figura 7**.

ISSN 2594-1925

Tabla 2. Flujos sostenibles y sistemas bioclimáticos.

Componente Evaluado	Puntuación Máxima	Puntuación Obtenida	Nivel de Desempeño
Flujos Sostenibles (Económico, Ecológico, Social, Cultural)	40	29	Intermedio-Alto
Sistemas Bioclimáticos (Ambiental, Urbano, Vivienda)	60	38	Moderado
TOTAL GENERAL	**100**	**67**	**Intermedio (67%)**



Figura 7. Resultados analizados de indicadores sostenibles y bioclimáticos. Fuente: Autores, 2024.

El Punto 3 corresponde a la manzana ubicada en **Calle Chihuahua Sur**, entre **Tepic** y **Sinaloa**, en la zona identificada como Vallado. A continuación, se presentan los resultados cuantitativos, su interpretación técnica y recomendaciones para intervención.

El puntaje de **28/40** sitúa al Punto 3 en un nivel similar al del Punto 2, pero con diferencias internas relevantes en la composición de los subflujos. El flujo social es el más afectado y el ecológico sigue siendo deficiente. Los sistemas bioclimáticos están presentes de manera parcial y confusa, lo que genera incompatibilidades entre prácticas constructivas y principios ambientales. Las intervenciones más efectivas serán aquellas que articulen mejoras de infraestructura social, restauración ecológica y medidas bioclimáticas aplicables a escala doméstica, con procesos participativos que aseguren apropiación y sostenibilidad de los resultados. Ver **tabla 3** y **figura 8**.

Tabla 3. Flujos sostenibles y sistemas bioclimáticos.

Componente Evaluado	Puntuación Máxima	Puntuación Obtenida	Nivel de Desempeño
Flujos Sostenibles (Económico, Ecológico, Social, Cultural)	40	28	Intermedio
Sistemas Bioclimáticos (Ambiental, Urbano, Vivienda)	60	36	Moderado
TOTAL GENERAL	**100**	**64**	**Intermedio (64%)**

ISSN 2594-1925



Figura 8. Resultados analizados de indicadores sostenibles y bioclimáticos. Fuente: Autores, 2024.

El Punto 4 corresponde al eje urbano central situado en **Calle Jalisco Poniente**, comprendido entre **Puebla** y **La Paz**, en la zona identificada como Centro Poniente. El informe presenta los resultados cuantitativos, su interpretación técnico-analítica y recomendaciones.

Un puntaje de **29/40** indica que, en términos agregados, los flujos sostenibles reciben atención relativa en el tejido central; no obstante, la desagregación revela problemas sustantivos: muestra que la condición central no garantiza ser la sostenibilidad ambiental ni la eficacia de los sistemas bioclimáticos; a pesar de un puntaje aceptable en flujos globales, el componente **ecológico** permanece sistemáticamente débil y la baja frecuencia de prácticas eficaces. De igual forma, la ausencia de una aplicación seria y regulada de principios bioclimáticos compromete confort, salud y seguridad urbana. Las intervenciones deberán orientarse hacia una estrategia integrada que combine planificación urbana, medidas de diseño pasivo, restauración ecológica y gobernanza participativa para reconciliar la vitalidad central con la sostenibilidad ambiental. Ver **tabla 4** y **figura 9**.

Tabla 4. Flujos sostenibles y sistemas bioclimáticos.

Componente Evaluado	Puntuación Máxima	Puntuación Obtenida	Nivel de Desempeño
Flujos Sostenibles (Económico, Ecológico, Social, Cultural)	40	29	Intermedio-Alto
Sistemas Bioclimáticos (Ambiental, Urbano, Vivienda)	60	35	Moderado
TOTAL GENERAL	**100**	**64**	**Intermedio (64%)**

ISSN 2594-1925

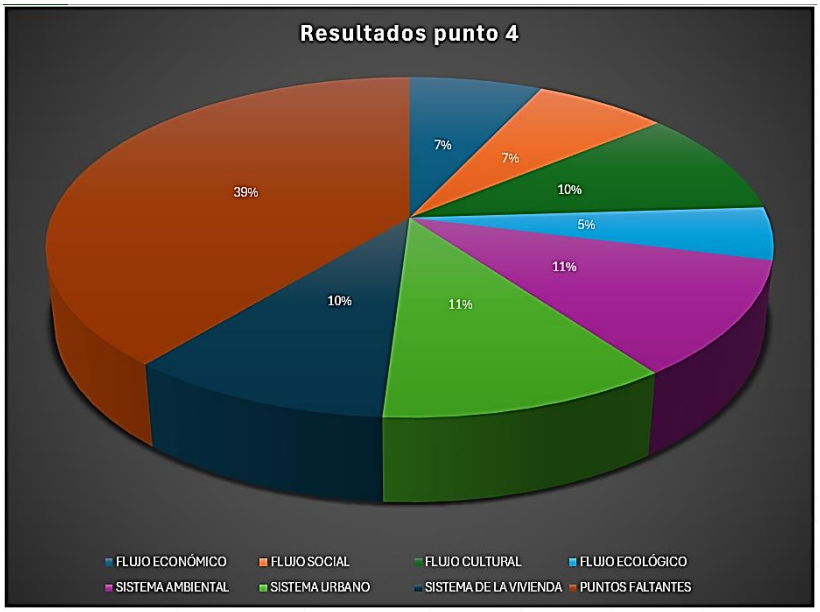


Figura 9. Resultados analizados de indicadores sostenibles y bioclimáticos. Fuente: Autores, 2024.

El Punto 5 corresponde al sector ubicado en **Calle Juárez Oriente**, comprendido entre **Zacatecas** y **Querétaro**, en la zona referida como Centro Oriente. El análisis consideró las mismas dimensiones evaluativas utilizadas en el muestreo: **Flujos sostenibles** (desagregados en económico, social, cultural y ecológico) y **Sistemas bioclimáticos** (orientación y control solar; ventilación y renovación del aire; masa térmica, aislamiento y aprovechamiento energético).

Se presenta un balance positivo frente a los demás puntos muestreados: su fortaleza radica en la intensa dinámica cultural y económica que favorece la vitalidad urbana y las oportunidades de gestión. No obstante, el déficit ecológico y la insuficiente incorporación de soluciones bioclimáticas y energéticas alternativas constituyen vulnerabilidades que condicionan la sostenibilidad a mediano y largo plazo. La valorización del tejido económico y cultural debe aprovecharse como palanca para financiar y legitimizar intervenciones ecológicas y de eficiencia energética, mediante estrategias integradas, demostrativas y participativas que consoliden la posición de este punto como ejemplo de eficiencia y resiliencia urbana. Ver **tabla 5** y **figura 10**.

Tabla 5. Flujos sostenibles y sistemas bioclimáticos.

Componente Evaluado	Puntuación Máxima	Puntuación Obtenida	Nivel de Desempeño
Flujos Sostenibles (Económico, Ecológico, Social, Cultural)	40	33	Alto
Sistemas Bioclimáticos (Ambiental, Urbano, Vivienda)	60	41	Alto
TOTAL GENERAL	**100**	**74**	**Alto (74%)**

ISSN 2594-1925

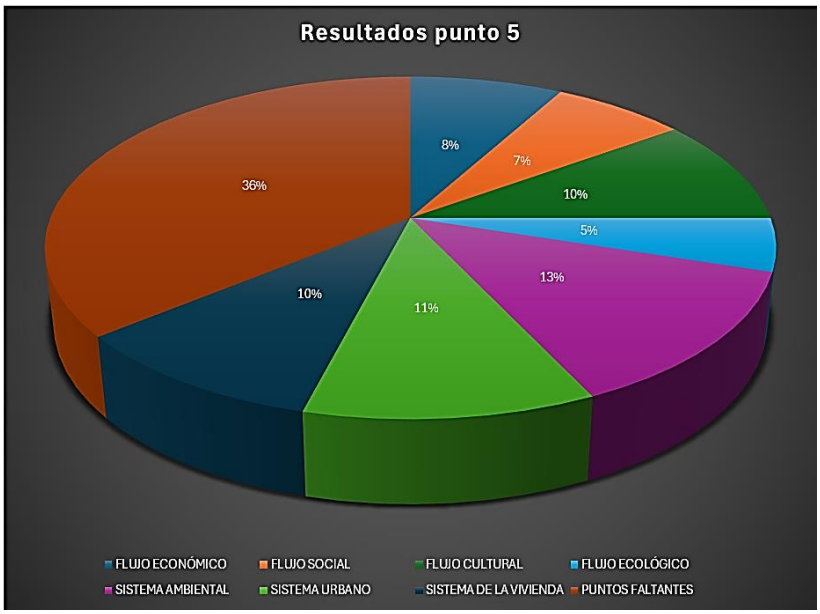


Figura 10. Resultados analizados de indicadores sostenibles y bioclimáticos. Fuente: Autores, 2024.

El Punto 6 se ubica en la sección conocida como **La Martinica**, sobre **Calle Bolivia** entre **Martinica** y **Colombia**. Los indicadores cuantitativos revelaron valores globales bajos para una zona con intensa dinámica económica.

Se evidencia cómo la primacía del capital y la escala constructiva pueden agravar déficits ambientales y sociales cuando no se articulan criterios de sostenibilidad en normativa, diseño y gestión. El reto consiste en reconvertir la capacidad económica local en acciones que incorporen estrategias bioclimáticas, restauración ecológica y justicia urbana, mediante incentivos, regulación coherente y proyectos piloto que demuestren la viabilidad técnica y económica de modelos de desarrollo resilientes y sostenibles. Ver **tabla 6** y **figura 11**.

Tabla 6. Flujos sostenibles y sistemas bioclimáticos.

Componente Evaluado	Puntuación Máxima	Puntuación Obtenida	Nivel de Desempeño
Flujos Sostenibles (Económico, Ecológico, Social, Cultural)	40	22	Bajo
Sistemas Bioclimáticos (Ambiental, Urbano, Vivienda)	60	30	Bajo
TOTAL GENERAL	**100**	**52**	**Bajo (52%)**

ISSN 2594-1925



Figura 11. Resultados analizados de indicadores sostenibles y bioclimáticos. Fuente: Autores, 2024.

El Punto 7 se sitúa en la franja urbana conocida como **Rastro**, sobre **Calle Saltillo Norte** entre **Yucatán** y **Nuevo León**.

Se exhibe una marcada discrepancia entre grado de urbanización y desempeño en sostenibilidad: la densidad y el uso intensivo del suelo no han venido acompañados de infraestructura social ni de medidas ecológicas y bioclimáticas adecuadas. Los déficits en flujos social y ecológico, junto con envolventes construidas con pobre desempeño térmico, configuran un perfil de vulnerabilidad que afecta la salud y el confort del sector. Las intervenciones deben priorizar la recuperación del espacio público, la restauración ecológica, la mejora de envolventes y la participación comunitaria, implementadas mediante proyectos con seguimiento técnico para escalar soluciones efectivas. Ver **tabla 7** y **figura 12**.

Tabla 7. Flujos sostenibles y sistemas bioclimáticos.

Componente Evaluado	Puntuación Máxima	Puntuación Obtenida	Nivel de Desempeño
Flujos Sostenibles (Económico, Ecológico, Social, Cultural)	40	21	Bajo
Sistemas Bioclimáticos (Ambiental, Urbano, Vivienda)	60	29	Bajo
TOTAL GENERAL	**100**	**50**	**Bajo (50%)**

ISSN 2594-1925

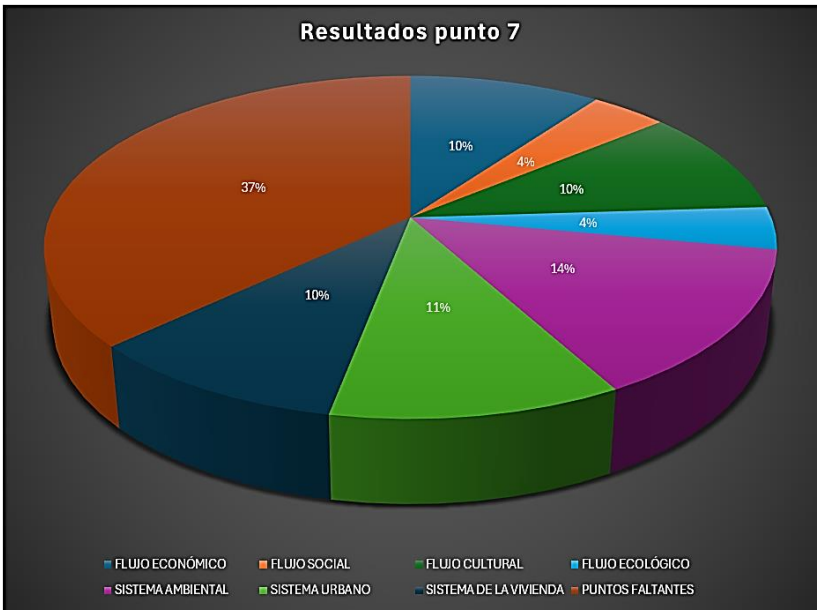


Figura 12. Resultados analizados de indicadores sostenibles y bioclimáticos. Fuente: Autores, 2024.

El Punto 8 corresponde a la manzana situada en **Querétaro Norte**, entre **Durango** y **Quintana Roo**, en la zona denominada **La Cruz**.

Se presenta un perfil mixto: su fortaleza económica y el desempeño destacado de ciertos **sistemas bioclimáticos** ofrecen un capital técnico y social valioso, pero la persistente debilidad del **flujo ecológico** y las carencias en **flujo social** comprometen la habitabilidad y la resiliencia de la zona. La estrategia de mejora debe orientarse a transformar la capacidad económica existente en inversiones que integren infraestructura ecológica, accesibilidad y replicabilidad de buenas prácticas bioclimáticas, mediante esquemas de gobernanza local y proyectos de paisaje urbano. Ver **tabla 8** y **figura 13.**

Tabla 8. Flujos sostenibles y sistemas bioclimáticos.

Componente Evaluado	Puntuación Máxima	Puntuación Obtenida	Nivel de Desempeño
Flujos Sostenibles (Económico, Ecológico, Social, Cultural)	40	30	Alto
Sistemas Bioclimáticos (Ambiental, Urbano, Vivienda)	60	39	Intermedio-Alto
TOTAL GENERAL	**100**	**69**	**Intermedio-Alto (69%)**

ISSN 2594-1925

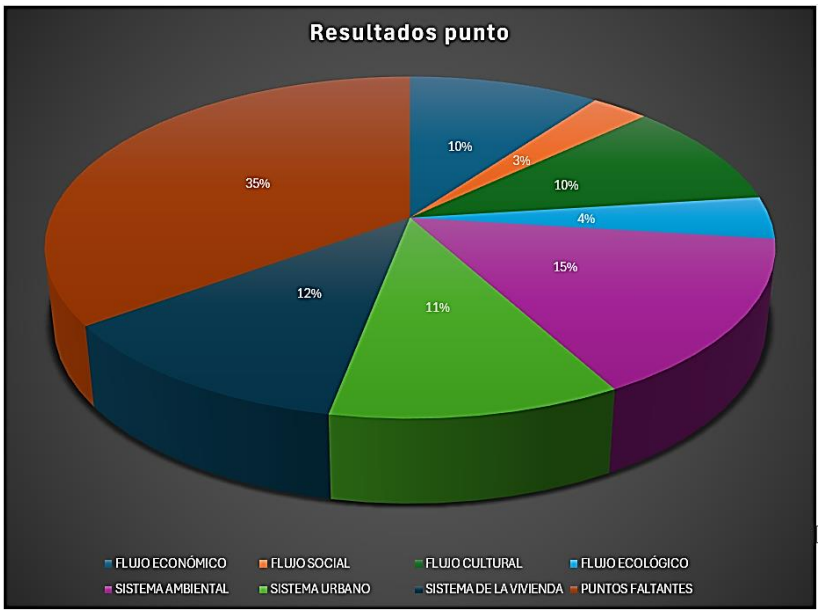


Figura 13. Resultados analizados de indicadores sostenibles y bioclimáticos. Fuente: Autores, 2024.

4. Discusión

La aplicación empírica del modelo metodológico en el caso de estudio de Unión de Tula permitió constatar un rendimiento global insuficiente en la mayoría de los indicadores evaluados. Con la única excepción del Punto 5, el cual alcanzó un índice de desempeño del 74% impulsado predominantemente por su dinámica comercial y la concentración de flujos de actividad, ninguno de los puntos restantes logró superar el umbral crítico del 70% en relación con los valores de referencia teóricos preestablecidos. Estos hallazgos evidencian brechas cuantitativas y cualitativas sustanciales en la capacidad del tejido urbano y de las prácticas constructivas locales para responder de forma efectiva a criterios mínimos de sostenibilidad y adaptación bioclimática. La marcada dispersión en los niveles de adecuación refleja una desarticulación entre las dinámicas de desarrollo socioespacial y la planificación ambiental en asentamientos de escala intermedia, donde el crecimiento urbano suele priorizar factores funcionales inmediatos sobre el equilibrio ecológico.

A partir de la caracterización de los datos obtenidos, se identificaron con precisión empírica las dimensiones de mayor vulnerabilidad: el flujo ecológico y el sistema ambiental registraron los déficits más severos y persistentes a lo largo del asentamiento. Las causas directas asociadas comprenden una drástica escasez de cobertura vegetal arbórea, la progresiva pérdida de permeabilidad del suelo provocada por la pavimentación sistemática con materiales de alta reflectancia y la utilización generalizada de envolventes edilicias con deficiente comportamiento térmico. Esta convergencia de fragilidad ecológica y vulnerabilidad constructiva deriva en la pérdida progresiva de servicios ecosistémicos esenciales, la acentuación del efecto de isla de calor urbana y la consecuente degradación del confort térmico en los espacios interiores y exteriores, condicionando el bienestar de los habitantes ante las severas variaciones climáticas locales.

ISSN 2594-1925

Para enfrentar las deficiencias diagnosticadas, se contraponen y sintetizan los hallazgos con el cuerpo teórico existente, derivando una propuesta metodológica de carácter operativo. Dicha propuesta se fundamenta en los principios de adecuación morfológica y modulación microclimática postulados por [18], [9], [12] y [5], así como en la aproximación de la arquitectura sostenible orientada a la gestión integral y eficiente de los recursos del sitio [13]. A diferencia de los modelos cuantitativos tradicionales que asignan pesos homogéneos a los indicadores, la estructura propuesta organiza las variables en dos dimensiones principales "sistemas bioclimáticos y flujos sostenibles" debidamente ponderadas mediante un análisis jerárquico. Esta ponderación prioriza aquellas variables de mayor impacto sobre la reducción de la demanda energética y la mitigación de la vulnerabilidad socioespacial en contextos climáticos semicálidos semihúmedos, superando así los sesgos de discrepancia metodológica detectados en la literatura previa.

5. Conclusión

El presente estudio demuestra que el diagnóstico cuantitativo del tejido urbano de Unión de Tula constituye un insumo fundamental para la reorientación de las estrategias de diseño y edificación en climas semicálidos semihúmedos. La principal aportación de esta investigación reside en la formulación de una metodología operativa y transferible que traduce la complejidad ambiental en un sistema de indicadores con ponderaciones jerarquizadas. La implementación transversal de este modelo analítico permite priorizar intervenciones de baja complejidad económica y alta eficiencia técnico-ambiental, orientadas a restaurar el equilibrio hídrico y microclimático en fases tempranas de la planificación y el proyecto arquitectónico.

Entre los beneficios teóricos y prácticos derivados de esta propuesta, destacan el fortalecimiento de la infraestructura verde urbana, la consolidación de estrategias pasivas para el control solar y la ventilación natural, y la consiguiente reducción de la carga energética en las edificaciones residenciales y comerciales de la región. Asimismo, la herramienta metodológica proporciona a proyectistas y gestores públicos un marco objetivo de evaluación capaz de guiar la toma de decisiones en entornos de crecimiento urbano acelerado y condiciones socioambientales análogas, promoviendo un cambio cualitativo desde intervenciones reactivas hacia un modelo normativo de carácter preventivo.

Finalmente, si bien los resultados respaldan la idoneidad teórica de la estructura propuesta, su consolidación definitiva requiere de fases posteriores de validación longitudinal y monitoreo en campo. Se recomienda la implementación de proyectos piloto a escala de manzana o vecindario, complementados con esquemas de validación participativa que aseguren la apropiación social y la viabilidad técnica del modelo. La institucionalización de estos criterios en los reglamentos de construcción local resulta indispensable para consolidar un hábitat construido resiliente, sostenible y plenamente adaptado a los desafíos climáticos contemporáneos.

6. Agradecimientos de autoría

Misael de Jesús Medina Luna: Conceptualización; Ideas; Metodología; Análisis formal; Investigación; Análisis de datos; Escritura; Administración de proyecto. *Jorge Olac Zepeda Oliva*: Conceptualización; Ideas; Metodología; Análisis formal; Investigación; Análisis de datos; Escritura; Administración de proyecto. *Francisco José Martín del Campo Saray*: Recursos; Metodología; Análisis formal;

ISSN 2594-1925

Investigación; Borrador original; Escritura; Autor de correspondencia. *Martha Leticia Colmenares Zepeda*: Recursos; Análisis de datos, Investigación; Apoyo estadístico; Escritura.

Referencias

[1] ArchDaily, "De comedor a local comunal: Un proyecto que enmarca la memoria del barrio La Balanza Comas en Lima," ArchDaily, 2017.

[2] ArchDaily México, "Bosco Verticale / Stefano Boeri Architetti," ArchDaily México, 7 de diciembre de 2015. [Online]. Available: https://www.archdaily.mx/mx/777541/bosco-verticale-stefano-boeri-architetti

[3] ArchDaily México, "Escuela hecha a mano / Anna Heringer + Eike Roswag," ArchDaily México, 1 de marzo de 2017. [Online]. Available: https://www.archdaily.mx/mx/806313/escuela-hecha-a-mano-anna-heringer-plus-eike-roswag

[4] M. Asimow, Introduction to Design. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice Hall, 1962.

[5] O. Barranco Arévalo, La arquitectura bioclimática, 2015.

[6] A. Cajal, "Sectores económicos de Colombia: primario, secundario, terciario," Lifeder, 2019.

[7] C. Cornejo, Bases para una evaluación de la arquitectura sostenible, 2017, pp. 22–43.

[8] L. A. Estrada Ato, "Arquitectura sostenible como estrategia de la expansión demográfica," Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo, Perú, 2021, pp. 9–30. [Online]. Available: https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84441

[9] V. A. Fuentes Freixanet, "Metodología de diseño bioclimático: el análisis climático," Tesis de maestría, Universidad Autónoma Metropolitana, México, 2002. [Online]. Available: http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/11191/5605/1/Metodologia_diseno_bioclimatico_Fuentes_2002_MAB.pdf

[10] A. J. Gallardo Henríquez, "Evaluación del escenario de producción de hidrógeno verde mediante electrolizador PEM," Tesis doctoral, Facultad de Ingeniería, Universidad del Desarrollo, Chile, 2022.

[11] L. E. Gárate Castellanos, "La arquitectura sostenible y su influencia en el desarrollo del proyecto de la sede administrativa de la Región Policial de Tacna 2019," Tesis, Universidad Latinoamericana Cima, Tacna, Perú, 2019.

[12] B. Garzón, Arquitectura bioclimática. Buenos Aires, Argentina: Nobuko, 2007.

[13] B. Garzón, Arquitectura bioclimática. Buenos Aires, Argentina: Nobuko, 2021.

[14] M. E. Godoy Zúñiga, I. Burgos Carrera, y A. Vivar Varas, "Diseño de una propuesta sobre arquitectura sustentable. Caso: favelas en Brasil," DELOS: Desarrollo Local Sostenible, no. 31, 2018.

[15] Gobierno del Estado de Jalisco, Plan institucional 2018. Jalisco, México: Instituto de Información Estadística y Geográfica del Estado de Jalisco, 2018.

ISSN 2594-1925

[16] W. Köppen, "Die Wärmezonen der Erde nach der Dauer der heißen, gemäßigten und kalten Zeit und nach der Wirkung der Wärme auf die organische Welt," Meteorologische Zeitschrift, vol. 1, pp. 215–226, 1884.

[17] L. Luna, J. Díaz, y L. Alcalde, "La sobrepoblación: efectos," Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu, vol. 5, no. 2, pp. 119–132, 2019, doi: 10.36955/RIULCB.2018v5n2.010.

[18] V. Olgyay, Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. Princeton, NJ, USA: Princeton University Press, 2015.

[19] Pich Aguilera Arquitectos, 2BMFG, y JG Ingenieros, "Pich Aguilera + 2BMFG + JG Ingenieros. Bist Instituto de Ciencia y Tecnología de Barcelona: Finalista," AV Proyectos, no. 106, pp. 36–37, 2021.

[20] Organización de las Naciones Unidas, "Cambio climático," Naciones Unidas, 20 de enero de 2024. [Online]. Available: https://www.un.org/es/global-issues/climate-change

[21] Stefano Boeri Architetti, "Stefano Boeri Architetti," 2014.

[22] I. Valero Ubierna, "Protocolos de diseño y cálculo de luz natural en arquitectura," Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, 2015.

[23] J. Villagrán García y J. Lasky Rajzbaum, Integración del valor arquitectónico. México: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, 1992.

[24] M. R. Viqueira, Introducción a la arquitectura bioclimática. México: Universidad Autónoma Metropolitana, 2001.

[25] G. D. C. Conforme-Zambrano y J. L. Castro-Mero, "Arquitectura bioclimática," Polo del Conocimiento: Revista científico profesional, vol. 5, no. 3, pp. 751–779, mar. 2020. [Online]. Available: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7398396

Derechos de Autor (c) 2026 Francisco José Martín del Campo Saray, Misael de Jesús Medina Luna, Jorge Olac Zepeda Oliva, Martha Leticia Colmenares Zepeda

Este texto está protegido por una licencia Creative Commons 4.0.

Usted es libre para compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato — y adaptar el documento — remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

Resumen de licencia - Texto completo de la licencia

ISSN 2594-1925