

# A

# ARTIFICIO

Revista en Ciencias de los  
Ámbitos Antrópicos

**AÑO 2023**

julio-diciembre



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES

no. 4



*Artificio® tiene por objetivo construir desde un enfoque multidisciplinar el conocimiento sobre la ciencias y métodos en el estudio de los Ámbitos Antrópicos, entendido como prácticas, herramientas y procesos desde ópticas como el diseño, el urbanismo, la arquitectura y la ingeniería civil, y otras.*

*El enfoque de Artificio sigue creciendo y actualizándose. Como antecedentes consideramos perspectivas como las Ciencias de lo Artificial de Herbert Simon, cruciales para comprender el entorno natural y construido y el rol que los seres humanos tienen en su desarrollo. Además, la condición humana de Hanna Arendt también es necesaria para comprender al homo faber y su capacidad para desarrollar herramientas y transformar el entorno. Por ello, el antropoceno como campo emergente puede ser un ejemplo de nuevas corrientes que surgen de cruces interdisciplinarios, vinculando perspectivas como innovación y sustentabilidad.*

*El entorno desde la perspectiva de Artificio, es concebido en un sentido más amplio, como un conjunto de circunstancias naturales y artificiales así como fenómenos políticos, sociales, económicos y tecnológicos que envuelven, se relacionan y afectan o son afectados por actividades humanas.*

*Arbitrada mediante el sistema de doble-ciego y de periodicidad semestral en la modalidad de publicación continua, Artificio publica artículos en español e inglés.*

---

## ARTIFICIO

*Número 4 (Julio-Diciembre 2025), es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Aguascalientes a través del Centro de Ciencias del Diseño y de la Construcción, Av. Universidad No. 940, Ciudad Universitaria, C.P. 20100, correo-e: ralopec@edu.uaa.mx. Editor responsable: Dr. Ricardo López-León. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2022-102111313400-102, e-ISSN: 2992-7463, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. Las opiniones expresadas por los/as autores/as no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.*

*Todas las ediciones en*  
<https://revistas.uaa.mx/>

## Índice

- |   |  |            |
|---|--|------------|
|   | <b>Presentación</b>  | <b>eA4</b> |
|   | <b>Presentation</b>  |            |
|   | <i>Ricardo López León</i><br>Editor  |            |
|    | <b>Aproximación a las nuevas conceptualizaciones de la imagen visual y la Inteligencia Artificial (IA)</b>   | <b>eB1</b> |
|   | <b>Approach to the new conceptualizations of the visual image and Artificial Intelligence (AI)</b>   |            |
|   | <i>María Trinidad Contreras González, Julio César Romero Becerril,<br/>Jaime Guadarrama González</i><br>Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx)   |            |
|    | <b>Parámetros del entorno construido y su impacto en el bienestar humano. Teoría y aplicación de métodos y herramientas de evaluación.</b>   | <b>eC1</b> |
|   | <b>Parameters of the built environment and its impact on human well-being. Theory and application of measurement methods and tools.</b>  |            |
|   | <i>María José Araya León, Ainoa Abella García, Ricardo Guasch Ceballos<br/>Elisava, Facultad de Diseño e Ingeniería de Barcelona (UVic – UCC)</i>  |            |
|  | <b>Percepción térmica en espacios urbanos patrimoniales. Caso de estudio: Guanajuato.</b>  | <b>eD1</b> |
|   | <b>Thermal perception in heritage urban spaces. Case study: Guanajuato.</b>  |            |
|   | <i>Claudia Eréndira Vázquez-Torres</i><br>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México<br><i>Cristina Sotelo-Salas</i><br>Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, México<br><i>Ruth María Grajeda-Rosado</i><br>Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat, Universidad Veracruzana, México |            |
|  | <b>Mejoras para la Regulación Microclimática del Entorno Urbano del Antiguo Mercado Municipal de Mexicali, México.</b>   | <b>eE1</b> |
|   | <b>Improvements for Microclimatic Regulation of Urban Environment around the Former Municipal Market of Mexicali, Mexico.</b>  |            |
|   | <i>Alan García-Haro</i><br>Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de Baja California, México  |            |
|   | <b>Reseña de libros.</b>   |            |
|  | <b>Revisión crítica de “Diseño para un mundo mejor” por Don Norman.</b>  | <b>eF1</b> |
|   | <b>Critical Review of “Design for a Better World” by Don Norman.</b>   |            |
|   | <i>León Felipe Irigoyen Morales</i><br>Universidad de Sonora, México   |            |

## Directorio Institucional

**Dra. en Admón. Sandra Yesenia Pinzón Castro**  
*Rectora de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*

**Mtro. en M.E. Juan José Shaadi Rodríguez**  
*Secretario General*

**Mtra. en Ing. Amb. Ma. Guadalupe Lira Peralta**  
*Decana del Centro de Ciencias del Diseño y de la Construcción*

**Dr. en Amb. Ant. Mario Ernesto Esparza Díaz de León**  
*Secretario de Investigación y Posgrado*

## Directorio Editorial

**Editor**  
**Ricardo López-León**  
*Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.*

**Editor Asistente**  
**Gabriel Angel López Macías**  
*Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.*

## Consejo editorial

**Tom Børsen**  
*Aalborg University, Denmark.*

**Ricardo Sosa**  
*Auckland University, New Zeland.*

**Ainoa Abella**  
*Elisava, Facultad de Diseño e Ingeniería de Barcelona, España.*

**Nancy Jiménez Martínez**  
*Universidad Nacional Autónoma de México, México.*

**Juan Carlos Ortíz Nicolás**  
*Universidad Nacional Autónoma de México, México.*

**Anuar Pacheco Guerrero**  
*Universidad Autónoma de Zacatecas, México.*

**Rubén Garnica Monroy**  
*Tecnológico de Monterrey, México.*

**Jesús Pacheco Martínez**  
*Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.*

**Enrique Santiago García**  
*Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.*



## Presentación

# La ciudad y el bienestar

*Editor* **Ricardo López-León**

¿Qué es la ciudad sino el epítome del ser humano en la búsqueda de su propio bienestar? Por eso, son urgentes métodos y procesos que nos permitan conocer, de ser posible, el nivel de bienestar alcanzado. Pero, ¿cuáles son las variables que habría que considerar? No es casualidad que uno de los temas más recientes concierne a las temperaturas que alcanza la ciudad y lo que ello representa para los habitantes. 2023, ha sido un año que rompió records de temperatura en seis meses del año (Cohen, 2023). Es decir, que la mitad del año ha sido más caliente que en toda la historia, acompañado, además, de un clima extremo y episodios de devastación (WMO, 2023). Así, el impacto del cambio climático y los esfuerzos de investigación para comprender lo que ello tiene sobre el bienestar es fundamental.

En este número, la Revista Artificio presenta tres estudios enfocados a conocer, a través del análisis de distintos puntos específicos de la ciudad, la relación que estos tienen con el confort y el bienestar. Por un lado, se revisan condiciones térmicas de los espacios públicos en calles cercanas al centro histórico de Guanajuato, en el artículo “Percepción térmica en espacios urbanos patrimoniales. Caso de estudio: Guanajuato”, que desde la Universidad Autónoma de Baja California comparten Claudia Eréndira Vázquez Torres, Cristina Sotelo Salas y Ruth Grajeda Rosado. El estrés térmico también fue identificado en otro contexto: la ciudad de Mexicali, estudio titulado “Mejoras para la Regulación Microclimática del Entorno Urbano del Antiguo Mercado Municipal de Mexicali, México” por Alan García Haro, también de la Universidad Autónoma de Baja California. Ambos artículos presentes en este número demandan estrategias de regulación microclimática desde los principales actores políticos, para reducir el estrés térmico de espacios exteriores urbanos en beneficio de los habitantes.

La medición del confort y bienestar, así como las variables que lo regulan ha estado desatendida de los estudios académicos. Para ello, María José Araya León, Ainoa Abella García, Ricardo Guasch Ceballos y Javier Peña Andrés, investigadores de ELISAVA, Facultad de Diseño e

Ingeniería de Barcelona, presentan el estudio “Parámetros del entorno construido y su impacto en el bienestar humano. Teoría y aplicación de métodos y herramientas de evaluación” en el cual, luego de una revisión documental, se identifica que en los parámetros del entorno que generalmente se estudian, existe una escasa relación en los materiales estudiados y el ser humano, incluso con poca presencia de la biofilia y de la forma.

Finalmente, la inteligencia artificial y su rol en los distintos procesos sociales es una inquietud emergente para el cual son necesarios nuevos puntos de vista. Desde la Universidad Autónoma del Estado de México, María Trinidad Contreras González, Julio César Romero Becerril y Jaime Guadarrama González presentan “Aproximación a las nuevas conceptualizaciones de la imagen visual y la Inteligencia Artificial (IA)”, estudio documental que tiene por objetivo reflexionar desde los terrenos simbólicos la frontera entre la imagen visual y la construcción de diversas realidades. Desde este punto de vista también resulta primordial, para Artificio, profundizar el tema de estudio de la inteligencia artificial en relación a la meta-artificialidad de la misma, pues es una creación artificial diseñada para hacer creaciones artificiales, intentando, muchas veces, que parezcan reales.

Dejamos pues este abanico de estudios que sin duda son muestra de preocupaciones actuales, cuyos resultados sin duda levantan nuevas preguntas e inspiran nuevos esfuerzos de investigación.

## Referencias

WMO (30 de noviembre de 2023). *2023 shatters climate records, with major impacts*. World Meteorological Organization. <https://wmo.int/news/media-centre/2023-shatters-climate-records-major-impacts>

Cohen, L. (5 de diciembre de 2023). *2023 is officially the hottest year ever recorded, and scientists say “the temperature will keep rising”*. CBS NEWS. <https://www.cbsnews.com/news/2023-hottest-year-ever-recorded-scientists-temperatures/>

## Artificio

Revista en Ciencias de los Ámbitos Antrópicos  
Centro de Ciencias del Diseño y de la Construcción  
*Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.*  
Núm. 4 (2023) periodo julio-diciembre

**e-ISSN**  
2992-7463

**Site**  
<https://revistas.uaa.mx/index.php/artificio>



## Artificio

Revista en Ciencias de los Ámbitos Antrópicos  
Centro de Ciencias del Diseño y de la Construcción  
Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.  
Núm. 4 (2023) periodo julio-diciembre

e-ISSN

2992-7463

Site

[https://revistas.uaa.mx/  
index.php/artificio](https://revistas.uaa.mx/index.php/artificio)



# Aproximación a las nuevas conceptualizaciones de la imagen visual y la Inteligencia Artificial (IA)

*Approach to the new conceptualizations of the visual image and Artificial Intelligence (AI)*

### María Trinidad Contreras González

Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma del Estado de México  
ORCID: 0000-0003-0470-3347  
mtcontrerasg@uaemex.mx

### Julio César Romero Becerril

Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma del Estado de México  
ORCID: 0000-0002-9779-4681  
jromerob@uaemex.mx

### Jaime Guadarrama González

Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma del Estado de México  
ORCID: 0000-0002-3548-7192  
jguadarramag@uaemex.mx

Recived: 2023-05-31  
Accepted: 2023-10-24

### Cómo citar este trabajo. *How to cite this paper*

Contreras, M. Romero, J. Guadarrama, J. (2023). Aproximación a las nuevas conceptualizaciones de la imagen visual y la Inteligencia Artificial (IA). *Artificio* 4(4), eB1-eB12.



# Aproximación a las nuevas conceptualizaciones de la imagen visual y la Inteligencia Artificial (IA)

María Trinidad Contreras González · Julio César Romero Becerril · Jaime Guadarrama González

eB2

## Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo general reflexionar sobre las nuevas conceptualizaciones de la Imagen y de la Inteligencia Artificial (IA) debido a que las actuales herramientas y aplicaciones tecnológicas, permiten la construcción de diversas realidades y contextos análogos o virtuales; es decir, que se establecen representaciones simbólicas que corresponden a elementos conocidos a nivel identitario, pero que se ajustan y se estructuran en posibilidades no imaginadas en primera instancia y que posteriormente permiten la visualización de panoramas emergentes y una diversidad inconmensurable de posibles soluciones ante situaciones cotidianas o también ante problemas complejos.

Vale la pena mencionar que las nuevas generaciones convergen y fluyen de manera natural en el manejo de realidades alternas y construyen posibilidades profesionales, de entretenimiento y lúdicas a partir del desarrollo tecnológico actual y de las herramientas que se consolidan con los cambios pregnantes y constantes.

La Inteligencia Artificial y la Realidad Virtual convergen de manera común en ámbitos propios del Diseño y también en panoramas cotidianos como lo son los videojuegos, los sistemas de televisión y entretenimiento, las aplicaciones educativas, etc. En el desarrollo del presente texto se utilizó una metodología de corte cualitativa a través del método de revisión documental.

**Palabras clave:** *Imagen, Diseño, Inteligencia Artificial, Realidad Virtual*

## Abstract

The present research work has the general objective of reflecting on the new conceptualizations of the Image and Artificial Intelligence (AI) because the current tools and technological applications allow the construction of different realities and analogous or virtual contexts; that is to say, that symbolic representations are established that correspond to elements known at the identity level, but that are adjusted and structured in possibilities not imagined in the first instance and that later allow the visualization of emerging panoramas and an immeasurable diversity of possible solutions to everyday situations, or also to complex problems.

It is worth mentioning that the new generations converge and flow naturally in the management of alternate realities and build professional, entertainment and playful possibilities from the current technological development and the tools that are consolidated with the pregnant and constant changes.

Artificial Intelligence and Virtual Reality converge in a common way in areas of Design and also in everyday scenarios such as video games, television and entertainment systems, educational applications, etc. In the development of this text, a qualitative methodology was used through the documentary review method.

**Keywords:** *Image, Design, Artificial Intelligence, Virtual Reality*

## Introducción

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo general reflexionar sobre las nuevas conceptualizaciones de la Imagen y de la Inteligencia Artificial (IA) debido a que las actuales herramientas y aplicaciones tecnológicas, permiten la construcción de diversas realidades y contextos análogos o virtuales; es decir, que se establecen representaciones simbólicas que corresponden a elementos conocidos a nivel identitario y colectivo, pero que se ajustan y se estructuran en posibilidades no imaginadas en primera instancia y que posteriormente permiten la visualización de panoramas emergentes y una diversidad inconmensurable de posibles soluciones ante situaciones cotidianas o también ante problemas complejos.

El interés académico por esta temática surge de los primeros acercamientos que se tienen desde la Facultad de Arquitectura y Diseño (FAD) de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex) y del recién desarrollado e implementado Laboratorio de Realidad Virtual y Edición Digital del mismo espacio académico, el cual se prospecta ser utilizado tanto por profesores de nivel superior y posgrado, como por alumnos de los últimos semestres de las licenciaturas que tengan interés en generar investigación sobre los procesos tecnológicos que convergen en la Realidad Virtual, las nuevas representaciones en el Diseño, la edición digital, en la Inteligencia Artificial y en la fabricación digital; así como también por alumnos de posgrado tanto de Maestrías como de Doctorado; además el Laboratorio está pensado para también brindar servicios externos a instituciones y a empresas que lo requieran, a partir de la generación de diversas imágenes o prototipos virtuales para productos o servicios específicos.

Puntalmente, uno de los objetivos a largo plazo más importantes del nuevo Laboratorio a nivel operativo es ofertar competitivamente servicios tecnológicos de Realidad Virtual y de escaneo y producción digital los sectores educativo, industrial, así como

el Gobierno del Estado de México. De aquí las estrategias actuales de consolidar la infraestructura y sobre todo, el recurso humano especializado.

Por lo tanto, resulta trascendental establecer que una representación simbólica análoga o con referente de desarrollo o mediación tecnológica hace alusión a un proceso cultural e identitario vertido en elementos perceptibles y estructurados para aglutinar y transmitir una imagen en particular, en donde existen pautas claras que consolidan las personalidades individuales y colectivas de forma precisa y auténtica; en donde: “Los universos simbólicos son cuerpos de tradición teórica, que integran una zona de significados diferentes, y abarcan el orden institucional en una totalidad simbólica” (Berger, P. L. Luckmann 2001, p. 149)

A partir de lo antes mencionado, se considera que el tema de la Inteligencia Artificial debe pensarse y discutirse desde todas sus aristas o implicaciones bajo una concepción holística e interdisciplinaria y no solo desde cuestiones tecnológicas, matemáticas y técnicas; ya que sus implicaciones detonan recientes maneras de interactuar y concebir al mundo, en donde es posible utilizar y experimentar vivencias e interrelaciones en el metaverso a partir de la Realidad Virtual.

Desde esta postura el metaverso converge y conforma una realidad alterna a la realidad convencional, pero que resulta ser válida ante los contextos actuales aglutinando los elementos identitarios y temporales que surgen de la evolución tecnológica, social y cultural.

“La Realidad Social se consolida a partir de los Patrones Heredados, la Identidad y la Socialización; ésta última puede ser primaria (se da en los primeros años de vida, costumbres y formas adoptadas por ser parte del contexto, no se elige) o secundaria (actitudes, costumbres y hábitos adoptados por convicción). La Identidad se consolida tanto en las

representaciones simbólicas (signo) como en la significación de las mismas (nivel semántico) validadas en una colectividad.” (Contreras Gonzalez, 2021, p. 47)

Vale la pena mencionar que las nuevas generaciones convergen y fluyen de manera natural en el manejo de realidades alternas y construyen posibilidades profesionales, de entretenimiento y lúdicas a partir del desarrollo tecnológico actual y de las herramientas que se consolidan con los cambios pregnantes y constantes.

La Inteligencia Artificial y la Realidad Virtual convergen de manera común no sólo en ámbitos propios del Diseño, sino también en panoramas cotidianos como lo son los videojuegos, los sistemas de televisión y entretenimiento, las aplicaciones educativas, etc.

### Marco teórico-conceptual

Actualmente el desarrollo de la Inteligencia Artificial (IA) ha generado un gran impacto e interés en algunas ciencias y disciplinas como el Diseño, la Comunicación, las Ingenierías, la Medicina, la Arquitectura y otras más como el entretenimiento; debido a que independientemente de que se tengan que realizar inversiones económicas onerosas en software o en hardware como los *oculus* y otros equipos; permite desarrollar prototipos virtuales que evitan un gasto mayor en producción de dummies o lanzamientos físicos costosos, encargándose de optimizar procesos complejos en donde la Inteligencia Artificial (IA) sintetiza información y pasos, bajo la obtención y análisis de datos y la generación de experiencias.

De acuerdo con el Instituto de Ingeniería del conocimiento (2023) “La inteligencia artificial busca crear software o sistemas capaces de adquirir información de su entorno, convertirla en conocimiento y utilizarla para tomar decisiones o conseguir objetivos” (Conocimiento, 2023, s.p.)

La Inteligencia Artificial determina una evolución en mediaciones tecnológicas trascendentales para la humanidad y el desarrollo científico y tecnológico; lo cual conlleva una nueva forma de conceptualizar a la imagen, en donde esta puede concebirse como una construcción mental que se da a partir de la percepción de diversos estímulos a través de los sentidos, generando a su vez una sensación que detona una emoción y que propicia un juicio de valor de acuerdo al proceso cognitivo individual y los referentes particulares; dicha imagen podrá ser validada o no por el reconocimiento identitario de una colectividad, sin embargo, al generarse comienza a construir una realidad sobre la estructuración del mundo. De acuerdo con Contreras (2021) “La imagen como variable de construcción de la identidad, contribuye a crear un tipo de sociedad en donde el individuo es capaz de reconocerse y reconocer referentes por los cuales, las personas pueden asociarse” (Contreras Gonzalez, 2021, p. 7)

Por otra parte, de acuerdo con Belting (2007: p. 14) “... hombres y mujeres aislan dentro de su actividad visual, aquella unidad simbólica a la que llamamos imagen. Lo que pasa por la mirada o frente al ojo interior puede entenderse como una imagen, o transformarse en una”.

Es así que la Inteligencia Artificial aglutina de manera muy rápida aquellos elementos con los cuales una persona o una colectividad la alimentan y la reconocen como clave para la generación de una propuesta discursiva, gráfica / visual, esquemática, entre otras; las cuales convergen en contextos alternos propios de la Realidad Virtual.

“La Realidad Virtual (RV) es un entorno de escenas y objetos de apariencia real-generado mediante tecnología informática- que crea en el usuario la sensación de estar inmerso en él. Dicho entorno se contempla a través de un dispositivo conocido como gafas o casco de Realidad Virtual. Gracias a la



RV podemos sumergirnos en videojuegos como si fuéramos los propios personajes, aprender a operar un corazón o mejorar la calidad de un entrenamiento deportivo para obtener el máximo rendimiento.

...De hecho, muchos consideran que uno de los primeros dispositivos de Realidad Virtual fue la denominada Sensorama... se remonta nada más y nada menos que a mediados de los años 50. A partir de ahí, el desarrollo tecnológico y de software en los años siguientes trajo consigo las evoluciones pertinentes tanto en dispositivos como en el diseño de interfaces” (Iberdrola, 2023, s.p.)

Es importante aclarar que la Inteligencia Artificial y la Realidad Aumentada no significan lo mismo, ni tienen las mismas implicaciones, ya que la primera se enfoca en lograr consolidar algoritmos y sistemas a partir de programaciones que sean capaces de poder desarrollar tareas específicas que solo eran desarrollados por personas; en cambio la Realidad Aumentada (RA) tiene como principal característica la posibilidad de generar una experiencia inmersiva para el usuario, en donde este hace uso de su cuerpo y espacio para interactuar en un contexto alterno.

A partir de lo expuesto resulta indispensable establecer la trascendencia del Metaverso en donde vale la pena abordar dicho concepto, ya que es el espacio en donde la Inteligencia Artificial, la Realidad Virtual y la Realidad Aumentada se pueden amalgamar como herramientas de un sistema del que parcialmente se hace uso a partir de herramientas específicas que sean competentes para el desarrollo de alguna tarea específica; las cuales pueden incluir cuestiones cotidia-

nas o experimentaciones simples, hasta la resolución o propuesta de proyectos de Diseño y de otras disciplinas. Sin embargo, el metaverso como sistema otorga bagajes, rasgos, características y notas capaces de ser apropiados por los usuarios humanos (a través de usuarios virtuales) o avatares:

“Los mundos virtuales o metaversos son construcciones ficticias en las que los participantes interactúan a través de avatares creados por sí mismos tratando de reproducir la participación o vida real en un entorno de metáfora virtual sin las limitaciones espacio-temporales. Su utilización desde el punto de vista educativo ha sido planteada desde su aparición ya que pueden ser usados como un espacio de aprendizaje diferente en el que probar nuevas formas de relación social” (Checa, 2011, pp. 149)

Los avatares son representaciones simbólicas del alter ego, es decir que permiten a los usuarios explorar y mostrar algunas características que no resultan evidentes en las personalidades reales, pero que se encuentran latentes en los elementos identitarios de un individuo. Un avatar es identificable y vinculante con la persona que lo elige o lo genera, pero las características que muestra no siempre quieren ser evidenciadas en un contexto real, análogo y cotidiano.

El metaverso, entonces como espacio vivible y experimentable, recae en el uso de la imagen, aunque una imagen que no se internaliza por el humano, sino que desde la Inteligencia Artificial se proporciona y se elige su ejecución de manera específica; sin embargo, el factor humano de la imagen proviene en algún nivel profundo de los procesos creativos de los desarrolladores que son quienes alimentan los recursos para que a partir de algoritmos programáticos se generen decisiones. Por lo tanto, el metaverso también corresponde a un constructo social y a un fragmento de la realidad.

“Cualquier constructo social es un reflejo inminente de la identidad del grupo en donde se gesta, va a ser la ideología o construcción simbólica y cultural que tendrá correspondencia directa con una temporalidad y ubicación espacial determinadas...la imagen es un constructo social y por ello va a tener una caducidad, una temporalidad, una contextualidad y una dinámica específica ya que se encuentra en constante movimiento; por ello, resulta de vital importancia conocer de manera profunda la identidad y los elementos identitarios, ya que estos establecerán las pautas interpretativas y contextuales necesarias para entender casos de estudio específicos” (Contreras Gonzalez, 2021, p. 20)

El control o estandarización de los elementos que pueden ser ingresados para la generación de una imagen; sino es concientizado solo como herramienta de los procesos creativos, puede llegar a determinar un retroceso cognitivo debido al escaso o nulo desarrollo metodológico para la generación de un concepto estructural.

Resulta trascendental el constante cuestionamiento del uso adecuado de las herramientas que surgen desde la Inteligencia Artificial y que transitan y conviven desde los espacios desarrollados en la Realidad Virtual, ya que en todo momento la intencionalidad y la objetividad determinada por el hombre como diseñador debe encontrar directriz clara bajo las aportaciones precisas que puedan generarse y evitar malos manejos tecnológicos.

## Metodología

En el desarrollo del presente texto se utilizó una metodología de corte cualitativa a través del método de revisión documental en donde se reconoce que:

“El enfoque cualitativo también se guía por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis preceda a la recolección y el análisis de los datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. Con frecuencia, estas actividades sirven, primero, para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes, y después, para refinarlas y responderlas...” (Hernandez Sampieri y otros, 2010, p. 9)

Es así que, se determinó la necesidad imperante del abordaje cualitativo debido a la subjetividad inmersa en las nuevas formas de desarrollo de las Inteligencias Artificiales, ya que al ser un ámbito de relativo reciente estudio existen múltiples posibilidades de aplicación, en donde se comienzan a identificar mejores sustanciales y optimización de tiempos en procesos cotidianos.

Por otra parte, la revisión documental permite desarrollar una mirada general sobre el Estado del Arte documentado y que en el caso de la temática específica abordada representa un parámetro particular y de gran valía ya que debido a la relativa novedad del tema no existen teorías documentadas en extenso para las disciplinas del Diseño, desde sus procesos y consideración Ética.

“La investigación documental es una técnica de investigación cualitativa que se encarga de recopilar y seleccionar información a través de la lectura de documentos, libros, revistas, grabaciones, filmaciones, periódicos, bibliografías, etc.

A comparación de otros métodos, la investigación documental no es tan popular debido

a que las estadísticas y cuantificación están consideradas como formas más seguras para el análisis de datos. Este tipo de investigación suele asociarse con la investigación histórica, por lo que los investigadores pierden confianza por su falta de claridad. Sin embargo, la historia da sentido al pasado y presente...” (Pro, 2023, s.p.)

En el caso concreto del presente texto de investigación se aplicó una técnica de revisión documental informativa a partir de textos académicos científicos, ya que se tiene como objetivo general desarrollar una reflexión sobre datos trascendentales para poder brindar un panorama de interés para las disciplinas del Diseño desde su vocación creativa como un elemento básico en la concepción de las mismas pero que además no pueden desligarse de la incorporación de las herramientas tecnológicas relacionadas con la visualización, cálculo o simulación.

Además de lo anterior, en cuanto a la investigación documental se tiene que:

“La investigación documental es un paso importante en la realización de una investigación y una parte integral del trabajo académico, es sumamente importante para nuestra sociedad, ya que se encarga de mostrar los hallazgos dejados a lo largo del tiempo. La calidad del trabajo final está directamente relacionada con la calidad de la información utilizada para producirla. El aprendizaje que permite obtener genera conocimiento y ofrece fuentes de información a los investigadores para interpretar y mejorar nuevos documentos” (Pro, 2023, s.p.)

En este sentido, los discursos retomados como soporte teórico se confrontan y se integra una nueva postura que los amalgama pero que además puede dar origen a otros debates y confrontaciones en el futuro con lo cual se contribuye a la producción de nuevo conocimiento.

## Resultados

El uso de la Inteligencia Artificial en áreas creativas a partir de la Realidad Virtual permite acelerar los procesos para generar representaciones perceptibles pero no forzosamente tangibles (más allá de lo visual) sobre proyectos reales, lo cual resulta ser una ventaja sobre lo tangible en términos de tiempo, procesos productivos, procesos creativos, uso del espacio y exploraciones formales volumétricas.

Se detecta que desde las áreas de Diseño la mayor aplicación de la Inteligencia Artificial corresponde a elementos propios de representaciones simbólicas visuales; es así que la Inteligencia Artificial brinda posibilidades para la creación de objetos, los cuales a partir de elementos correspondientes a la Realidad Virtual establecerán una forma de interacción específica, por ello sectores económicos como la industria del entretenimiento encuentran beneficios en razón de la generación de múltiples escenarios que detonan actividades y conductas en el usuario.

Actualmente existe un desconocimiento real sobre el verdadero impacto y sobre la complejidad del uso disciplinario de la Inteligencia Artificial y de la Realidad Virtual; es decir que existe el mito y la información viralizada sobre el probable desplazamiento de los profesionales del Diseño; sin embargo esta postura no puede sostenerse ni descalificarse dada la incipiente del tema.

## Discusión

Este nuevo recurso y las implicaciones en su aplicación acarrea consigo una serie de necesidades de regulación legal, moral, económica, ética, social, cultural, entre otros ámbitos que implican repensar la responsabilidad que tiene el individuo al gestionar nuevas manifestaciones creativas como extensión de su persona.

Parte de la complejidad de la temática abordada radica en la generación de múltiples realidades que

son válidas en lo individual, pero no forzosamente compartidas en lo colectivo; es así que la Inteligencia Artificial permite generar vínculos afectivos y emocionales a partir del uso constante desde las consideraciones del diseño mismo.

Vale la pena recalcar que la validación identitaria se da en dos momentos de acuerdo con Berger & Luckmann quienes señalan en cuanto a la internalización de la realidad, dos estadios de socialización, siendo la socialización primaria “... *la que el individuo atraviesa en la niñez; por medio de ella se convierte en miembro de la sociedad.*” (2003, p. 164), lo cual significa que muchas de las apropiaciones sociales hacia la identidad provienen de dicha etapa entre un núcleo social cerrado y próximo en espacio y actores.

Por otro lado, la socialización secundaria “... es cualquier proceso posterior que induce al individuo ya socializado a nuevos sectores del mundo objetivo de su sociedad. Podemos aquí dejar a un lado la cuestión especial que se refiere a la adquisición del conocimiento acerca del mundo objetivo...” (Berger y Luckmann, 2003 p. 164), lo cual abre el abanico de posibilidades para la dinámica de la construcción identitaria, tanto de individual como de los colectivos, lo cual complejiza y el proceso a la vez de otorgarle mayor vertiginosidad.

Lo anterior se concatena con la experiencia de uso de la Realidad Virtual, en donde existe un acceso fácil, abierto, intuitivo y atractivo hacia nuevos contextos que se vuelven una forma de “metasocialización”, lo cual, proviniendo de una derivación con el concepto de “metaverso”, implica una serie de atributos para la construcción identitaria más allá de lo tangible, de los contenidos culturales convencionales donde el componente de arraigo e historicidad puede ser muy breve, pero la diversidad siempre creciente de elementos y su inmediatez y manejo intuitivo se vuelven un escenario y recursos para la identidad.

La identidad, en tanto a sus procesos de construcción, a partir de los recursos virtuales adquieren mayor inmediatez, se pueden cambiar los atributos e hiperpersonalizar cualquier cosas, lo cual implica un proceso de toma de decisiones más volátil y por tanto, estas cargas y bagages virtuales llegan a volverse parte del individuo en su día a día además de poseer una cualidad de dinamismo que caracteriza a la identidad aunque la alta velocidad de dichos procesos, apunta a una nueva manera y dimensión de la apropiación de todas aquellas notas elegidas para dicho proceso constructivo.

Lo anterior podría acarrear una ligereza en el arraigo y valoración de la identidad construida, la cual podría incluso tener un impacto y estructura distinta, lo cual apunte a un nuevo esquema identitario mismo que, muy probablemente estemos adoptando a pasos agigantados y que pudiera traer consigo una mayor plasticidad en cuanto a la renunciabilidad a dichas construcciones.

Dichas construcciones ligeras y desarraigadas podrían incluso contraponerse a la identidad ya que se tiene:

El proceso de construcción de la identidad es más complicado de lo que parece [...] Es necesario que lo aprehendan, que lo asuman, es decir, que lo internalicen, y esa acción guarda una relación directa con el contexto social que constituye el entorno de la diversidad grupal, pues el sustento de la identidad, en las sociedades modernas, pasa de ser una imposición a convertirse en una opción para los sujetos sociales [...] (Mercado & Hernández, 2010, p. 248)

Por otro lado, los recursos devenidos de las instancias tecnológicas mencionadas, ahora se vuelven acervo para la imagen generada por el usuario humano, además de que las entradas sensoriales al momento de la interacción también integran una

nueva experiencia de la imagen en tanto que detrás de una plataforma denominada “artificial”, no deja de aparecer el factor humano que por si fuera poco, es el sistema biológico a emular en cuanto a las conexiones que llevan a la toma de decisiones prácticamente unívocas.

La identidad como proceso constructivo y fuente de sentido podría tener cabida dentro de una inteligencia artificial, a partir de elementos culturales (ajenos en este caso) y que son apropiados en tanto que convenga a la toma de decisiones estratégicas de dicho sistema. Evidentemente pertenece a una dimensión colectiva, dada la multiplicidad de elementos y de individuos que proporcionan la entrada de datos, la conciencia colectiva tiene un tanto de sentido en este ámbito aunque sesgada a datos concretos y acervos que parecen distanciarse de la ambigüedad o contradicción propios de la subjetividad humana.

La imagen como recurso discursivo o sensorial se acota a estas entradas de datos inteligibles por los sistemas algorítmicos aunque por su cuenta, la imagen se convierte además en un elemento de salida del sistema como discurso justificable, comprensible e interpretable por un usuario humano (o artificial), la congruencia se modula como una variable más y dichos resultados responden a posibilidades casi infinitas, lo que por un lado acrecienta la complejidad que le otorga un contexto impreciso o de igual manera generado a partir de datos concretos.

La trascendencia de la temática abordada y del nivel metodológico utilizado se identifica a partir del panorama general que puede obtenerse y de la línea de investigación que se comienza a explorar desde el ámbito de la imagen vinculada a las Inteligencias Artificiales y Realidad Virtual.

Tras esta revisión, se pueden construir cuestionamientos prospectivos importantes ¿Qué nuevas variables se irán incluyendo en los constructos identi-

tarios colectivos e individuales facilitados por estas tecnologías? ¿Cuáles serán las nuevas realidades sociales validadas ante el surgimiento de la IA?

## Ética-propiedad intelectualAs

Sin duda, la inteligencia artificial, otorga un descanso al humano de acciones y tomas de decisiones que se muestran como neutras o hasta podrían llamarse ventajas, sin embargo, el desarrollo hacia las acciones complejas delega un importante poder creativo que tienen importantes aristas, dilemas o contradicciones con la capacidad humana, en este sentido, obedeciendo al marcado contraste se tiene:

Sin embargo, a la par de los beneficios proporcionados a ciertas áreas, sectores o grupos, ocasiona perjuicios a otros. Tal es el caso de la automatización de los procesos productivos empresariales en donde los robots o máquinas inteligentes desplazan la mano de obra humana incrementando la tasa de desempleo. La dependencia tecnológica personal se acentúa y las relaciones interpersonales son sustituidas por la interacción virtual. La creatividad humana se vuelve ralentizada al ceder la iniciativa a los robots o software inteligentes. La complejidad del desarrollo de la robótica inteligente al margen de un código de ética permite prever un potencial escenario de sometimiento. Sin lugar a dudas, el campo donde la aplicación de la IA implica un serio riesgo para el sostenimiento de toda forma de vida, es el militar, por su significativo impacto y trascendencia. (Brito Paredes y otros, 2019, p. 271)

Como se mencionó anteriormente, los usuarios de la Inteligencia Artificial son quienes toman las decisiones trascendentales del rumbo al que se dirijan los productos generados, sin embargo, se ha generado la polémica sobre la propiedad intelectual de los productos finales, puesto que los desarrollados-

res de la tecnología se manifiestan como los propietarios de dichas obras. Así como el hecho de que la IA tome como referencia trabajos existentes de otros autores para construir nuevos.

Los ejercicios creativos llevados a cabo a través de inteligencia artificial podrían prospectar o entenderse como una competencia con los profesionales de este tipo de disciplinas como son el Diseño Gráfico, el Diseño Industrial, la Planeación y Promoción de la Obra Urbana y la Arquitectura. Sin embargo, dicha tecnología seguirá teniendo avances aceleradamente por lo cual los profesionales de estas áreas deben asumirlo y tomarlo como una herramienta de la que serán administradores, ejecutores y gestores puesto que los elementos subjetivos son aún importantes áreas vacantes para esta tecnología.

Es importante que los futuros profesionistas de los diferentes perfiles y especializaciones del Diseño en primera instancia logren cubrir su preparación de los núcleos básico y sustantivo curriculares en sus planes de estudio y a partir de esas bases comenzar a tener acercamientos formales con las nuevas tecnologías, ya que así podrán hacerlo desde una postura crítica y con la conciencia necesaria que les permita tener un adecuado uso de las nuevas herramientas.

Como un paso estratégico inicial, es necesario que los diseñadores en formación y profesionales tengan claras las teorías y variables programáticas de estas tecnologías para poder comprender y diferenciar su procedimiento del humano. Entonces, será a partir de este vínculo una valoración pero también la claridad en comprender qué es lo que la IA puede realizar de manera más completa y de esta manera darle un carácter de herramienta y no de diseñador.

## Referencias

- Conocimiento, I. d. (2023, mayo). *Inteligencia Artificial*. Obtenido de Instituto de Ingeniería del Conocimiento: <https://www.iic.uam.es/inteligencia-artificial/>
- Belting, H. (2007). *Antropología de la Imagen*. Buenos Aires: Katz conocimiento.
- Berger, P. & Luckmann, T. (2003). *La construcción social de la realidad*. Buenos Aires: Amorrortu editores.
- Checa, F. (2011). El uso de metaversos en el mundo educativo: Gestionando conocimiento en Second Life. REDU. *Revista de Docencia Universitaria*. 8(2), 147-160. <https://doi.org/10.4995/redu.2010.6200>
- Contreras, M. (2021, noviembre). *Visión Hermenéutica del Constructo Social de la Imagen para su estudio en el Diseño*. Tesis Doctoral. Toluca, Estado de México, México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Hernandez, R. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Iberdrola. (2023, mayo). *Realidad Virtual, La Tecnología del Futuro*. Obtenido de Iberdrola: <https://www.iberdrola.com/innovacion/realidad-virtual>
- Mercado, A. & Hernández, A. (2010). El proceso de construcción de la identidad colectiva. *Convergencia*, 229-251.



Paredes, P., Villavicencio, C., Sanchez, P. (2019). Reflexiones sobre posibles conflictos entre la inteligencia artificial y el futuro de la sociedad. *Revista de la Universidad del Zulia*, 28(10), 260-280.

Pro, Q. (2023, mayo). *¿Qué es la investigación documental?* Obtenido de Question Pro: <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-documental>

eB11

### **Dra. María Trinidad Contreras González**

---

Profesionista, profesora académica e investigadora de la FAD UAEMex. Anterior responsable del Área de Comité Curricular de la LDG. Doctora en Diseño titulada con mención honorífica y con Distinción CONACYT como Candidata SNI. Actualmente realiza una Estancia Posdoctoral CONACYT sobre estudios de la Imagen y Perspectiva de Género; miembro del Cuerpo Académico “Tecnologías para el Diseño” de la FAD UAEMex. Jefa del Departamento de Gestión Cultural de la SDC UAEMéx. Autora de publicaciones nacionales e internacionales.

### **Dr. Julio César Romero Becerril**

---

Doctor en Diseño por la UAEMex. Distinción CONACYT como Candidato SNI. Licenciado en Diseño Industrial y Maestro en Diseño. Actualmente se desempeña como docente en la Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Universitario del Estado de México y el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. Área de Interés: Identidad Cultural y Diseño, Accesibilidad Universal.

### **Mtro. Jaime Guadarrama González**

---

Licenciado en Diseño Industrial y Maestro en Diseño por la UAEMex. Estudios del Doctorado en Artes, por la Universidad de Guanajuato. PTC, investigador, y líder del Cuerpo Académico “Tecnologías para el Diseño”. Ha trabajado en la UAEMéx por más de 20 años, en la Facultad de Arquitectura y Diseño; ha sido coordinador de la Licenciatura en Diseño Industrial, responsable del departamento de acreditación de Diseño Industrial, responsable del comité curricular de la facultad, subdirector académico y encargado del despacho de la dirección. Desde hace más de 10 años es par evaluador de COMAPROD, para los programas de diseño. Autor y coautor de diversos artículos y publicaciones.





### **Política de acceso abierto**

La Revista Artificio proporciona un acceso abierto a su contenido, basado en el principio de que ofrecer un acceso libre a las investigaciones ayuda a incrementar el intercambio global del conocimiento. Artificio no cobra ni cobrará ningún cargo a sus lectores por concepto de suscripción, ni a los autores por enviar, procesar o publicar sus artículos.

Como condición de publicación, los autores acuerdan liberar sus derechos de autor bajo una licencia compartida, específicamente la licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a cualquier persona compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato bajo los siguientes términos:

- \*Dar crédito al autor del texto
- \*No hacer uso del material con propósitos comerciales
- \*No transformar o modificar el material.



## Artificio

Revista en Ciencias de los Ámbitos Antrópicos  
Centro de Ciencias del Diseño y de la Construcción  
Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.  
Núm. 4 (2023) periodo julio-diciembre

e-ISSN  
2992-7463  
Site

[https://revistas.uaa.mx/  
index.php/artificio](https://revistas.uaa.mx/index.php/artificio)



## Parámetros del entorno construido y su impacto en el bienestar humano. Teoría y aplicación de métodos y herramientas de evaluación.

*Parameters of the built environment and its impact on human well-being.*

*Theory and application of measurement methods and tools.*

### María José Araya León

Elisava, Facultad de Diseño e Ingeniería de Barcelona (UVic – UCC)  
ORCID: 0000-0001-7284-6943  
maraya@elisava.com

### Ainoa Abella García

Elisava, Facultad de Diseño e Ingeniería de Barcelona (UVic – UCC)  
ORCID: 0000-0001-6375-0317  
aabella@elisava.net

### Ricardo Guasch Ceballos

Elisava, Facultad de Diseño e Ingeniería de Barcelona (UVic – UCC)  
rguasch@elisava.net

### Javier Peña Andrés

Elisava, Facultad de Diseño e Ingeniería de Barcelona (UVic – UCC)  
jpenya@elisava.net

Recived: 2023-06-12  
Accepted: 2023-07-28

### Cómo citar este trabajo. *How to cite this paper*

Araya, M. Abella, A. Guasch, R. Peña, J. (2023). Parámetros del entorno construido y su impacto en el bienestar humano. Teoría y aplicación de métodos y herramientas de evaluación. *Artificio* 4(4), eC1-eC24.

# Parámetros del entorno construido y su impacto en el bienestar humano. Teoría y aplicación de métodos y herramientas de evaluación

María José Araya León · Ainoa Abella García ·  
Ricardo Guasch Ceballos · Javier Peña Andrés

## Resumen

El entorno construido y su impacto en el bienestar y salud humanos son analizados en este artículo. Se busca identificar los parámetros del entorno que influyen en el bienestar, cómo se miden y su relación con la salud, para ello se realiza una revisión literaria en la base de datos WOS entre 2008 y 2018. En los parámetros del entorno se muestra una escasa relación entre los estudios aplicados en los materiales y el ser humano, y con poca presencia de la biofilia y la forma. Respecto al ser humano, se encuentra una mayor cantidad de estudios psicológicos en comparación con estudios biológicos.

Además, se presentan seis investigaciones empíricas realizadas entre 2018 y 2022. Estos casos tratan de relacionar los efectos psicológicos y biológicos del entorno construido para poder relacionar las mediciones reportadas por los individuos con las mediciones fisiológicas.

El artículo concluye que esta línea de investigación es importante para fortalecer tanto la generación de datos como el diseño basado en evidencia en el entorno construido. Se resalta la necesidad de abordar de manera más completa y holística la relación entre el ser humano y su entorno construido para mejorar el bienestar y la salud de las personas.

**Palabras clave:** *Entorno construido, Ser humano, Bienestar, Herramientas de medición, Diseño basado en la evidencia.*

## Abstract

The built environment and its impact on human well-being and health are analyzed in this article. The aim is to identify the parameters of the environment that influence well-being, how they are measured, and their relationship with health. To achieve this, a literature review was conducted using the WOS database between 2008 and 2018. In the analysis of environmental parameters, there is a limited connection between studies on materials and human beings, with little emphasis on biophilia and form. Concerning the human aspect, there is a greater number of psychological studies compared to biological studies.

Additionally, the article presents six empirical investigations conducted between 2018 and 2022. These cases attempt to correlate the psychological and biological effects of the built environment in order to relate individuals' reported measurements with physiological measurements.

The article concludes that this line of research is essential for strengthening both data generation and evidence-based design in the built environment. It highlights the need to comprehensively address the relationship between human beings and their built environment to enhance the well-being and health of people.

**Keywords:** *Built environment, Human being, Well-being, Measurement tools, Evidence-based design.*

## 1. Introducción

La combinación y correlación de los elementos y componentes que configuran el entorno construido se deben estudiar en su conjunto para evaluar la incidencia real que tiene este entorno en el bienestar y la salud de las personas (Barrett, Barrett y Davies 2013).

Cada elemento, parámetro o estímulo se evalúa mediante diferentes datos e índices asociados a una amplia variedad de técnicas y herramientas que permiten estudiar sus valores, los que se enmarcan en rangos de confort y salud. Como de confort visual, acústico y térmico sumados a índices permitidos de calidad del aire, toxicidad de los materiales y radiaciones (Mujan et al. 2019). Por otra parte, se pueden categorizar otros elementos que no necesariamente responden a estos rangos, ya que son de carácter más perceptual, como la forma, la atmósfera o la biofilia por ejemplo.

Ya que este sistema de estímulos desencadena una serie de respuestas en el ser humano, se suma a su evaluación objetiva, la subjetiva, mediante herramientas vinculadas a lo psicológico, como encuestas y test (Bluyssen et al. 2018), (Bringslimark, Hartig y Patil 2009), asociadas a la percepción y las dimensiones emocionales. Pero, observando al ser humano como un sistema complejo, las respuestas biológicas vinculadas al proceso de percepción y de recepción de información del entorno, son otro dato objetivo a sumar. Implicando respuestas neuronales y fisiológicas, como la frecuencia cardíaca, la respuesta galvánica de la piel, la presión sanguínea, entre otras (Yin et al. 2018).

Finalmente es importante mencionar que estos parámetros se pueden clasificar en percibidos y no percibidos, ya que los seres humanos tenemos límites de percepción y no todo lo que ocurre en el entorno se traduce en algo consciente. Como por ejemplo las frecuencias fuera del espectro de percepción humana (Goronovski et al. 2018), (Khylwal et al. 2017), o los campos magnéticos (Rein

2004) como también los ciclos circadianos, parámetros que, si son percibidos, pero repercuten en cambios físicos inconsciente (Karwowski 2012), (Viola et al. 2008).

Por todo lo anterior, el presente artículo busca comprender y analizar qué parámetros del entorno inciden en la salud y el bienestar de las personas. Cómo se conjugan con los efectos biológicos y psicológicos del ser humano, y qué herramientas y técnicas se utilizan, y hasta que nivel se correlacionan desde una perspectiva sistémica y holística.

Para ello, resulta importante un cambio de paradigma basado en la ciencia de las ciudades, el establecimiento de normas y principios para la planificación, construcción, desarrollo, gestión y mejora de las zonas urbanas en sus cinco pilares de aplicación principales: políticas urbanas nacionales, legislación y normativas urbanas, planificación y diseño urbano, economía local y finanzas municipales e implementación local (Nueva Agenda Urbana, 2017). No obstante, la elevada concentración urbana, plantea a las ciudades y a los países una serie de retos para atender las necesidades de las poblaciones en crecimiento, comenzando con elementos básicos como infraestructura, saneamiento, transporte, energía, vivienda, seguridad, empleo, salud y educación, y pasando por otros, también fundamentales como comunicación y esparcimiento. Mantener a la ciudad funcionando de manera sostenible e integrada es ciertamente uno de los grandes retos del siglo XXI (Bouskela *et al*, 2016).

## 2. Materiales y métodos

Para lograr el objetivo propuesto se combinan dos métodos, uno teórico científico y otro empírico, ambos buscan entender el qué y el cómo sobre el estudio del entorno construido en relación con el ser humano y su bienestar desde una mirada sistémica y holística, es decir, en la teoría cuáles y cómo son los métodos que se han utilizado para abordar más

parámetros a la vez y cómo esto puede ser replicable en contextos reales. Entendiendo que, en esta interacción, los seres humanos se relacionan con todos los estímulos al mismo tiempo. La reacción biológica y psicológica que este entorno causa en los seres humanos. Por lo tanto, la pregunta orientadora se define sobre ¿qué parámetros se consideran en ambas dimensiones y como se miden?

## 2.1 Teórico Científico, revisión literaria sistemática

En base a una revisión literaria realizada en la base de datos científica WoS, se clasificaron 244 artículos, comprendidos entre los años 1999 y 2018.

Las clasificaciones y relaciones para análisis se basaron en:

- Análisis y codificación de los 244 artículos, clasificando los parámetros del entorno construido y los parámetros del ser humano (qué), ordenados por años.
- Relaciones entre los mismos parámetros del entorno estudiados (qué).
- Relación entre los parámetros del entorno y del ser humano.
- Relación de los tres puntos anteriores con lo percibido y lo no percibido y las herramientas de evaluación (cómo).
- Detalles de las herramientas de evaluación del entorno y el ser humano, correspondientes a los artículos de la revisión literaria publicados el año 2018.

Posteriormente, se realiza un análisis a través de estadística descriptiva y relaciones cualitativas de la evidencia científica clasificada.

## 2.2 Estudios empíricos

A partir de todo el conocimiento teórico científico evaluado en la revisión literaria, se desarrollan diferentes investigaciones aplicadas (del 2018 al 2022), que permiten explorar el “qué” y el “cómo” del entorno construido y el ser humano, con el objetivo

de aplicar diversos métodos y herramientas y relacionar los datos del entorno y de las personas. Para el entorno construido, el “qué” se enmarca en las características físico-ambientales entre las cuales, las formas, los colores, la iluminación, etc. Y para el ser humano, en las percepciones, las emociones, la satisfacción, el confort y el bienestar.

Para cada caso se clasifica la siguiente información:

- Nombre del proyecto
- Estudio o Aplicación
- Año
- Cita, participantes y/o empresa
- Descripción
- Objetivo
- El qué y el cómo del entorno y el ser humano

## 3. Resultados

### 3.1 Resultados evidencia científica

En primera instancia los 244 artículos se codifican en el qué del entorno y el qué del ser humano (parámetros) y se ordenan por años con los siguientes indicadores:

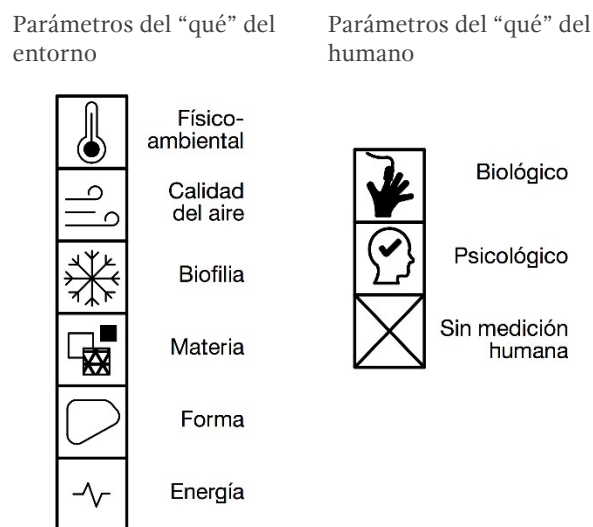


Figura 1. Iconos asociados a los parámetros del entorno construido y el ser humano.

Para cada año, desde 1999 hasta el 2018, se marcan las casillas correspondientes a cada parámetro que ha sido trabajado en las investigaciones.

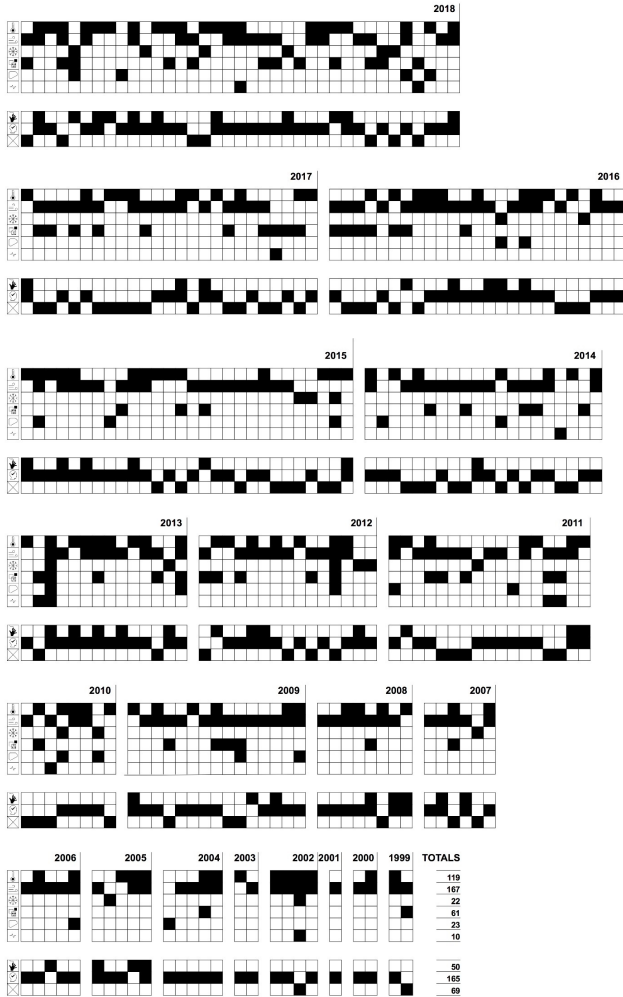


Gráfico 1. Comportamiento detallado de los 244 artículos, codificados según el qué del entorno y el qué del ser humano. Cada columna corresponde a un artículo distinto, se han analizado cada uno para observar qué se ha evaluado y cómo en ambas dimensiones, entorno y humano.

Como se puede observar en el Gráfico 1, la mayor concentración de artículos revisados se ubica en los estudios de la calidad del aire con un total de 167 trabajos, (ver tabla 1). Seguido por los estudios sobre los parámetros físico-ambientales con un total de 119 artículos, los que se dividen en: luz, color, temperatura, humedad relativa, sonido y olor.

Posteriormente, de manera descendente se ubican los estudios sobre la materia con 60 artículos, la biofilia con 22, la forma (dimensiones, composición, simetría, alto, bajo, curvo, etc.) con 23 y finalmente la energía con sólo 10 trabajos.

En lo que respecta al “qué” del ser humano, los artículos se concentran en los aspectos psicológicos, como test de auto reporte y percepción, con 165 en total. Seguido por los trabajos sin medición humana con 69 artículos. Principalmente en los casos de estudio sobre materiales o características energéticas como las ondas electromagnéticas o el radón, si bien se menciona el impacto que puede tener en las personas, estos estudios no hacen ningún tipo de evaluación de esta respuesta humana. Los artículos que abordan parámetros biológicos obtenidos de mediciones fisiológicas y neuronales suman un total de 50.

En general, se observan escasas relaciones entre los parámetros. En el caso de la calidad del aire, se encuentran 6 casos combinados con energía y 70 estudios con parámetros físico-ambientales, por otra parte, estos últimos se relacionan con la biofilia en 6 casos. Los estudios de la materia se combinan principalmente con la calidad del aire con 45 de un total de 61 y la forma con parámetros físico-ambientales con 14 casos.

Qué entorno						
	Físico ambiental	Calidad del aire	Biofilia	Materia	Forma	Energía
Físico ambiental	119	70	6	17	14	3
Calidad del aire	70	167	3	45	9	6
Biofilia	6	3	22	4	7	2
Materia	17	45	4	61	5	6
Forma	14	9	7	5	23	1
Energía	3	6	2	6	1	10

Tabla 1. Relaciones entre el qué del entorno -parámetros-.

Relacionando entorno y ser humano, se observan los aspectos psicológicos como los más estudiados y combinados con calidad del aire, arrojan un total de 115 artículos (tabla 2). No obstante, igualmente cuentan con un apreciable número de mediciones biológicas con 30 artículos. Casi en el mismo nivel se encuentran las características físico-ambientales con un total de 25 casos y en relación a los aspectos psicológicos, se encuentran 85 artículos.

Al lado contrario, se ubican los estudios sobre la energía que a pesar de abordar temas relativos al impacto que este parámetro tiene sobre los seres humanos, la gran parte de artículos (8), no cuentan con medición humana, al igual que el estudio de la materia con 37 casos sin medición sobre 61 estudios clasificados. La biofilia y la forma se asocian más a lo psicológico con 13 y 18 casos respectivamente.

	Qué entorno		Qué ser humano		
			Biológico (Neurológico-Fisiológico)	Psicológico	Sin medición
Físico ambiental	119	25	85	25	
Calidad del aire	167	30	115	45	
Biofilia	22	6	13	8	
Materia	61	8	18	37	
Forma	23	3	18	4	
Energía	10	1	2	8	

Tabla 2. Relación entre el qué del entorno y el qué del ser humano.

También se clasifican los parámetros tanto del entorno como del ser humano intervenidos en los artículos analizados, en percibidos (P) con 169 artículos y no percibidos (UP) con 152 casos. Se definen como percibidos, todas aquellas características que interactúan con el sistema sensorial primario como la visión, la audición, el olfato y el tacto, y que a su

vez se presentan como un fenómeno consciente. Por el otro lado, los no percibidos, se enmarcan en aquellas características que son menos tangibles, que, aunque interactúan también con el sistema sensorial, las personas son menos conscientes de esa interacción, como por ejemplo los compuestos químicos de los materiales que se respiran.



Cada parámetro, tanto de entorno como de humano, también se clasifican según esta característica, por ejemplo, en calidad del aire se encuentran 96 sobre lo percibido (P96) y 139 de lo no percibido (NP139) y en los aspectos psicológicos P134 y NP97.

Por otra parte, se distinguen los sub-parámetros abordados en los casos de estudios físico-ambienta-

les entre los cuales: 58 de luz, 20 de color, 92 sobre temperatura, 84 de humedad relativa, 46 de sonido y 38 de olor.

Para los aspectos biológicos del ser humano se encuentran sólo 4 casos de estudios neurológicos y 50 fisiológicos.

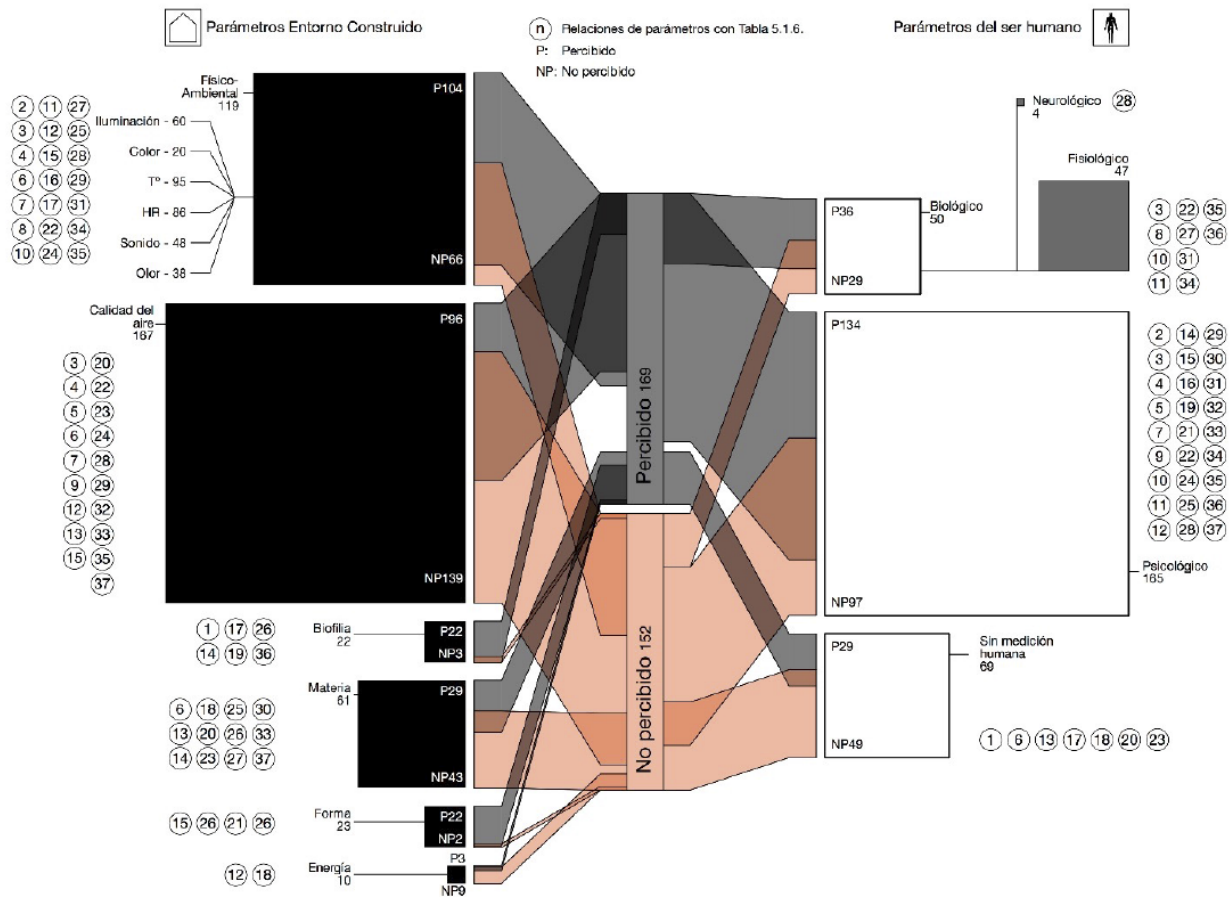


Gráfico 2. Relaciones entre el qué del entorno, el qué del ser humano, lo percibido y lo no percibido y la asociación general con el cómo de cada dimensión -herramientas tabla 3-.

En el gráfico 2 se clasifica el “cómo” para cada parámetro de entorno y humano con relación a la tabla 3. Los números correspondientes a los artículos analizados desde el cómo, se identifican en los diferentes parámetros para contar con una lectura gráfica de la información obtenida.

Por ejemplo, al hacer la lectura de izquierda a derecha dentro de los parámetros de físico ambiental que en total son 119, se observan los números inscritos en un círculo que indican los artículos de la tabla 3, donde se trabajan estos parámetros, es decir, el artículo 2, 3, 4, 6... 35. En el lateral derecho se subdividen los parámetros donde, por ejemplo,

se encuentran 60 artículos que trabajan la iluminación, 20 color, 95 temperatura, y así sucesivamente. Y por la parte derecha del extremo del cuadro negro se indica la cantidad de artículos que lo abordan desde lo percibido y lo no percibido, en el ejemplo que nos compete sería 104 de lo percibido (P) y 66 de lo no percibido (NP). Si en cambio, empezamos por la derecha es el mismo procedimiento con los parámetros del humano.

A continuación, se presentan los detalles del qué y del cómo de los artículos analizados, que, por la envergadura de la información obtenida, se concentra sólo en el último año de la búsqueda -2018-.

Nº	Título Artículo	Parámetros			
		ENTORNO		SER HUMANO	
		QUÉ	CÓMO	QUÉ	CÓMO
1	(Harb, Locoge and Thevenet 2018)	Calidad del aire, Materia	Determinación de compuestos orgánicos volátiles y semi volátiles (VOCs y SVOCs) / Sondas de test para columnas / Cromatografía de Gases FID / Espectrometría de masa.	s/m	s/m
2	(Azuma et al. 2018)	Físico-ambientales, Calidad del Aire	Medidor temperatura, humedad relativa, sonido, iluminación / transmisor de dióxido de carbono / sensores energéticos y medioambientales / Monitor de ozono.	Fisiológicos y Psicológicos	Medidor de presión sanguínea / Temperatura superficial de la piel / Test de auto reporte, percepción del ambiente interior.
3	(Awada y Srour 2018)	Físico-ambientales	s/m	Psicológicos	Test de auto reporte, Percepción del ambiente interior.
4	(Baurès et al. 2018)	Físico-ambientales, Calidad del Aire, Materia	Muestreadores activos para el análisis de aldehídos / Tubos de desorción térmica para evaluación de COVs / Muestreadores de aire y filtros para muestras de carbono elemental - orgánico / Control de bio contaminación del aire / Calidad del aire interior, temperatura y humedad / Contador de partículas portátil.	s/m	s/m
5	(Olszewska-Guizzo et al. 2018)	Biofilia, Materia, Forma	Fotografías del entorno.	Neurológicos	Electroencefalografía / Actividad Bioeléctrica Cerebral.
6	(Park, Loftness y Aziz 2018)	Físico-ambientales, Calidad del Aire	Paquete compacto para medir las variables de la calidad ambiental interior de un área (térmica, CO <sub>2</sub> , CO, partículas (PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>10</sub> , partículas totales) y compuestos orgánicos volátiles (COV), radón, visual / de iluminación, acústica.	Psicológicos	Test de auto reporte / Satisfacción del ambiente interior.
7	(te Kulve, Schlangen y van Marken Lichtenbelt 2018)	Físico-ambientales	Temperatura y humedad relativa / iluminación / espectro de luz.	Fisiológicos y Psicológicos	Temperatura superficial de la piel / Temperatura corporal a través de cápsula / medidor metabólico humano / Test de auto reporte, Percepción y Sensación del ambiente interior.
8	(Calvaresi, Arnesano, Pietroni y Revel 2018)	Físico-ambientales	Medidores estaciones microclimáticas.	Fisiológicos	Evaluación Tasa metabólica.
9	(Hawick, Clely y Kitto 2018)	Frma	s/m	Psicológicos	Entrevistas individuales y grupos focales de percepción y opinión.
10	(Hoffman et al. 2018)	Físico-ambientales, Calidad del Aire	Información fija del espacio / Datos climatológicos -temperatura-.	Fisiológicos y Psicológicos	Gravedad específica de la orina / cuestionarios sobre el entorno, el comportamiento y la salud de los niños. / Evaluación de suero.

Nº	Título Artículo	Parámetros			
		ENTORNO		SER HUMANO	
		QUÉ	CÓMO	QUÉ	CÓMO
11	(Gou, Khoshbakht y Mahdoudi 2018)	Biofilia	Medidor de iluminación, / Imágenes (fotos) entorno, / Calculadora para cuantificar la proporción de cielo, árboles y sombras en las fotografías.	Psicológicos	Test de evaluación subjetiva sobre la elección de su ubicación actual.
12	(Salata et al. 2018)	Físico-ambientales	s/m	Fisiológicos y Psicológicos	Temperatura fisiológica equivalente, Test de autoreporte percepción y confort sobre parámetros físico-ambientales.
13	(Mendell, Macher y Kumagai 2018)	Físico-ambientales, Materia	Medidor digital de humedad de materiales / Termografía.	Psicológicos	Test de auto reporte, Salud.
14	(Bluyssen et al. 2018)	Físico-ambientales, Calidad del Aire	Medidor de CO2, HR, Temperatura.	Psicológicos	Test de auto reporte, Salud y percepción.
15	(Irga, Pettit y Torpy 2018)	Calidad del aire, Materia	Se abordan soluciones.	s/m	s/m
16	(Ghazalli et al. 2018)	Físico-ambientales, Biofilia	Sistema de advertencia de uso. / Interacción electrón - materia (Fotografías área seleccionada al azar). / Medidor de temperatura y humedad.	s/m	s/m
17	(Chaudhuri et al. 2018)	Físico-ambientales	Medidores de Temperatura, Humedad relativa y Velocidad del aire.	Fisiológicos y Psicológicos	Temperatura corporal, Respuesta galvánica de la piel (GSR) / Pulso y Oxígeno en la sangre, Presión arterial / Test de auto reporte, Sensación y confort del ambiente térmico interior.
18	(Jiang et al. 2018)	Físico-ambientales, Calidad del Aire	Medidores de Temperatura, Humedad relativa, Sonido, Iluminación, Velocidad del aire, Concentración de CO2.	Psicológicos	Cuestionario de percepción subjetiva del ambiente térmico y aspectos cognitivos.
19	(Claeson, Palmquist y Nordin 2018)	Físico-ambientales, Calidad del Aire, Energía	s/m	Psicológicos	Test de auto reporte, Salud y percepción.
20	(Carrer y Wolkoff 2018)	Calidad del aire	s/m	Psicológicos	Test de auto reporte, Confort del ambiente interior.
21	(Tähtinen et al. 2018)	Calidad del aire, Materia	Medidores de humedad de materiales, muestreo de compuestos orgánicos volátiles (VOC), probador de flujo de aire / Tasas de ventilación y contenido de dióxido de carbono, temperatura ambiente y la humedad del aire interior, diferencias de presión de aire.	Psicológicos	Indoor climate questionnaire, Percepción calidad del aire interior.
22	(Zhang et al. 2018)	Calidad del aire, Materia	s/m	Psicológicos	Cuestionarios autoreporte salud.
23	(Yin et al. 2018)	Biofilia	Herramienta calificación objetiva del ambiente interior en función de la calidad biofílica. (BIDI) - Exposición a dos espacios de características biofílicas diferentes.	Fisiológicos y Psicológicos	Frecuencia cardíaca, Nivel de conductancia de la piel, Presión arterial, Batería de pruebas cognitivas de cada exposición, Test de autoreporte cambios emocionales.
24	(Proctor et al. 2018)	Materia	Visualización y extracción de biopelículas / Citometría de flujo (FCM), Análisis elemental, extracción de ADN.	Psicológicos	Encuesta global.
25	(Azuma et al. 2018)	Físico-ambientales, Calidad del Aire	Medidor de temperatura, la humedad y concentraciones de CO y CO2, Monitor de aerosol para concentraciones en masa / Fotómetro de aerosol para concentración de partículas en suspensión / Cromatografía líquida de alto rendimiento para muestras de aire para formaldehído y acetaldehído, Cromatografía de gases / espectrometría de masas (GC / MS) para muestras para pruebas de COV / Muestreador de aire impactador de una etapa para hongos y bacterias.	Psicológicos	Test de auto reporte, salud y percepción ambiente laboral, la calidad del aire interior y el estrés ocupacional.
26	(Pantelic et al. 2018)	Físico-ambientales, Calidad del Aire	Plataforma para medir temperatura del aire de bulbo seco, humedad relativa y concentraciones de dióxido de carbono (CO2), dióxido de nitrógeno (NO2), monóxido de carbono (CO), ozono (O3), compuestos orgánicos volátiles totales (TVOC), formaldehído, y partículas (PM 2.5)	Psicológicos	Test de auto reporte / Confort del ambiente interior.

Nº	Título Artículo	Parámetros				
		QUÉ	ENTORNO		SER HUMANO	
			CÓMO	QUÉ	CÓMO	
27	(Othman, Latif y Mohamed 2018)	Físico-ambientales, Materia	Medidores de temperatura y humedad relativa, Recopilación de datos de inventario para extracción y producción de material, Evaluación del ciclo de vida.	Fisiológicos	Evaluación de exposición cutánea e ingestión de metales traza en PM 10.	
28	(Chaudhuri et al. 2018)	Físico-ambientales	Medidor de temperatura interior, humedad relativa y velocidad del aire, Temperatura y humedad relativa exterior.	Fisiológicos y Psicológicos	Temperatura corporal, Test de autorreporte sensación térmica y estado térmico (satisfacción)	
29	(Bardhan et al. 2018)	Calidad del aire	Evaluaciones características espacios, Simulaciones de comportamiento de ventilación, modelos de flujo de aire.	Psicológicos	Test de autoreporte datos físicos de las viviendas y uso de asistencia sanitaria.	
30	(Dai et al. 2018)	Calidad del aire, Materia	Recolección y análisis de muestras de aire, detector de ionización por llama / detector de cromatografía de gases.	s/m	s/m	
31	(Demattè et al. 2018)	Biofilia, Materia	Exposición a dos espacios iguales con diferentes materiales.	Psicológicos	Escala de relación de naturaleza (NRS), Test de percepción (cuestionario de diferencia semántica), Test de autoreporte afecto positivo y negativo.	
32	(Abdelaal y Soebarto 2018)	Biofilia (solo teoría)	s/m	s/m	s/m	
33	(Dreyer et al. 2018)	Físico-ambientales, calidad de aire, forma	s/m	Psicológicos	Test de autoreporte satisfacción con las características ambientales interiores del trabajo, el bienestar, los mediadores potenciales (potencial psicoambiental, comportamiento ambiental y pertenencia social) y una sección sobre demografía.	
34	(Goronovski et al. 2018)	Materia, Energía	Evaluación del ciclo de vida.	s/m	s/m	
35	(Ergan, Shi y Yu 2018)	Físico-ambientales, forma	Generación de conjuntos de imágenes duales para características de diseño arquitectónico.	Psicológicos	Test de autoreporte Influencia de las características del diseño arquitectónico en la experiencia humana.	
36	(Sun et al. 2018)	Calidad del aire	s/m	Psicológicos	Test de autoreporte datos fijos, características entorno y salud.	
37	(Wolkoff 2018)	Físico-ambientales, Calidad del Aire	Medidor de temperatura y humedad relativa.	Fisiológicos y Psicológicos	Test de autoreporte datos fijos, características entorno y salud.	

Tabla 3. El qué y el cómo, técnicas y herramientas de medición del entorno y el ser humano, clasificación sobre el año 2018 de la revisión literaria.  
s/m = sin medición.

### 3.2 Resultados estudios empíricos

A continuación, se detallan cinco estudios empíricos que incorporan y utilizan el marco teórico anterior para mostrar las posibilidades e importancia de incorporar la teoría y llevarlo a la práctica en contextos reales. Los proyectos se desarrollan en diferentes periodos de tiempo desde el año 2018 al 2022, y en función de su financiación se clasifican según proyectos con empresas de carácter confidencial o estudios ya publicados.

ID	Proyecto	Estudio (E) Aplicación (A)	Año	CITA / Participantes / Empresa
A	Evidence/ Neurohábitat	E + A	2022	EVIDENCE: Programa de Agrupaciones Empresariales Innovadoras (AEI) del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo: AEI-010500-2021-158 AEI-010500-2021-158 Participantes: Elisava, Ambit, Bariperfil, AMIC, Goli Neuro-marketing  NEUROHÁBITAT: Cofinanciado por ACCIÓ, Agencia para la Competitividad de la empresa de la Generalidad de Cataluña, en el marco del programa de Ayudas para Proyectos de Desarrollo e Innovación. Participantes: Elisava, Ambit, Decosan, Duscholux, Goli Neuromarketing

ID	Proyecto	Estudio (E) Aplicación (A)	Año	CITA / Participantes / Empresa
B	Tous	E + A	2021	Publicado: (Araya León & Abella García, 2022)
C	Decoding Efficient Interiors Living Lab	E	2019	Interiors Living Lab: Proyecto cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) de la Unión Europea de Cataluña 2014-2020 Participantes: Ambit y Elisava.
D	Emotional Analogous Data	E	2018	Publicado: (Araya et al. 2019)
E	Percibo	A	2018	Publicado: (Anfa 2020) María Araya, Anna Mura, Ricardo Guasch, Alberto Estévez y Javier Peña. Estudiantes: Valentina Cabanzo, Nuria Cabarrocas, Carla Rivera, Laia Garrido y Jone Arregui.

Tabla 4. Cuadro resumen de los estudios empíricos realizados.

En los próximos subapartados se explican los proyectos con mayor detalle.

### A. EVIDENCE/Neurohábitat

La investigación en los proyectos Evidence y Neurohábitat trata sobre la relación entre productos de hábitat y usuarios dentro del entorno específico, en este caso baños y un espacio de trabajo colaborativo.

Objetivo: Definir *insights* de diseño para mejorar los espacios de estudio a través de los datos de la experiencia humana. Una vez realizadas las propuestas y sus intervenciones en el espacio, se repiten las evaluaciones para entender el impacto de los cambios. A continuación, se detallan según las categorías de entorno y ser humano el qué y el cómo aplicados a ambos proyectos.

ENTORNO		SER HUMANO	
QUÉ	CÓMO	QUÉ	CÓMO
Físico-ambientales, Materia Forma	Medidores de Iluminación, temperatura - humedad relativa, temperatura superficial de los materiales y ruido / Datos de proyecto, forma / Fotografías espacios para evaluación.	Fisiológico y psicológico	Respuesta galvánica de la piel / Frecuencia cardiaca / Temperatura corporal / movimiento corporal Expresión facial / Respuesta neuronal Test de auto reporte online, percepción y emoción.

Tabla 5. Qué y Cómo - EVIDENCE/Neurohábitat

En base a los productos que cada marca se propone seleccionar en los espacios dentro del entorno de baño y de oficina se utilizan diversas herramientas de medición. Se aplican, para la parte de ser humano, los test de autoreporte de percepción y estados emocionales, los que posteriormente se vinculan a las mediciones fisiológicas con Golineuro CAM, Goli BRAC, Golineuro CAP<sup>1</sup> y Golineuro RING para los datos de frecuencia cardiaca, respuesta galvánica de la piel, etc.

Se relacionan datos cuantitativos y cualitativos del ser humano, y posteriormente se complementan con una visión de la influencia de los parámetros del entorno para obtener unos *insights* de diseño y proponer cambios en los productos ya existentes. Los productos con las nuevas características se instalan de nuevo en el espacio WeContract BCN<sup>2</sup> y pasado un tiempo se vuelve a medir su impacto en los usuarios.

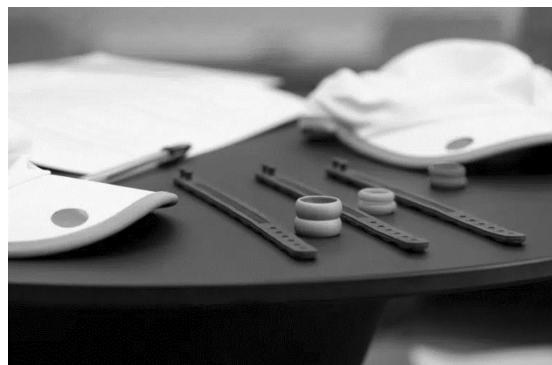


Figura 2. EVIDENCE/Neurohábitat (ID: A)<sup>i</sup>

<sup>1</sup> <https://golineuro.es/#como-lo-hacemos>

<sup>2</sup> <https://www.wecontractbcn.com/ca/>

<sup>i</sup> <https://www.elisava.net/research-proyectos/neurohabitat/>

## B. Tous

La investigación en este proyecto trata sobre la calidad de vida laboral y su relación con el espacio.

Objetivo: Definir *insights* de diseño para mejorar los espacios de la oficina central de la empresa, centrándose en el bienestar y la sostenibilidad como ejes principales.

ENTORNO		SER HUMANO	
QUÉ	CÓMO	QUÉ	CÓMO
Físico-ambientales, Materia Forma	Medidores de Iluminación, temperatura - humedad relativa, temperatura superficial de los materiales y ruido / Datos de proyecto, forma / Fotografías espacios para evaluación.	Psicológico	Test de auto reporte online, percepción y emoción. / Grupos focales y observación/ Tendencias sobre espacios de trabajo.

Tabla 6. Qué y Cómo - Tous

En este proyecto se utilizan técnicas, dónde las investigadoras, obtienen información sobre el ser humano de distintas fuentes, como son: la observación sin participación, los grupos focales con los trabajadores de distintos departamentos y una encuesta online masiva sobre percepción del espacio. Todos estos datos sobre percepción y experiencia se complementan con las mediciones físico-ambientales de las distintas localizaciones de la oficina (definidas en el qué y cómo del entorno) y las tendencias del sector.

Finalmente, los datos cuantitativos y cualitativos se relacionan para definir unos *insights* de diseño y proponer cambios en los espacios existentes. Para realizar la propuesta final se hibridan los *insights* propuestos por los distintos equipos del proyecto (experiencia de usuario, espacios saludables, sostenibilidad y materiales, consultores multidisciplinares) para que de forma colaborativa el equipo de Arquitectura y Diseño desarrolle una propuesta conceptual final (ver Figura 3).



Figura 3. Tous (ID:B)<sup>ii</sup>

## C. Decoding Efficient Interiors Living Lab

Estudio sobre la percepción, emoción y comportamiento de las y los usuarios dentro del contexto hotelero.

Objetivo: Diseñar un kit de herramientas que permita medir y evaluar la percepción, la emoción y el comportamiento de los usuarios en espacios interiores hoteleros.

ENTORNO		SER HUMANO	
QUÉ	CÓMO	QUÉ	CÓMO
Físico-ambientales, Materia Forma	Medidores de Iluminación, temperatura - humedad relativa, temperatura superficial de los materiales y ruido / App para evaluar color / Datos de proyecto, forma / Fotografías espacios para evaluación.	Fisiológico y psicológico	Respuesta galvánica de la piel / Frecuencia cardiaca / Temperatura corporal / movimiento corporal Expresión facial Test de auto reporte online, percepción y emoción.

Tabla 7. Qué y Cómo - Decoding Efficient Interiors Living Lab.

Las herramientas son aplicadas en cuatro espacios distintos, llamados Concept Rooms, del contexto hotelero (habitación, hall, coworking y terraza). En base a los objetivos específicos que cada uno de los cuatro estudios propone provocar en los visitantes en su concept room, se utilizan distintas he-

<sup>ii</sup> <https://www.elisava.net/research-proyectos/tous/>



rramientas para medir el entorno y el ser humano. Se aplican los test de autoreporte de percepción y estados emocionales sobre el espacio hotelero y sus productos. Los que posteriormente se vinculan a las mediciones fisiológicas que se obtienen de la exploración de los usuarios en las propias concept rooms a través de Goli y Empática<sup>3</sup> con los datos de frecuencia cardiaca, respuesta galvánica de la piel, etc.

Se relacionan los datos cuantitativos y cualitativos del ser humano con los del entorno y estímulos como materiales, colores de la iluminación, olores, entre otros.

Mediante los resultados obtenidos, según la experiencia de las y los usuarios, se detallan a los estudios de arquitectura el nivel de cumplimiento de sus objetivos iniciales pensados para la concept room.



Figura 4. Decoding Efficient Interiors Living Lab (ID:C). Proceso de medición. Foto propia.

#### D. Emotional Analogous Data (EAD)

Estudio sobre las emociones y la percepción del espacio en el entorno laboral.

Objetivo: Explorar cómo el entorno afecta en el estado emocional de los usuarios de espacios de trabajo, asociado a factores físico-ambientales y cambios realizados durante el periodo de exploración. Por otra parte, relacionar las maneras que existen para evaluar y medir aspectos psicológicos, ambientales y energéticos.

ENTORNO		SER HUMANO	
QUÉ	CÓMO	QUÉ	CÓMO
Físico - ambientales, Biofilia Materia Forma Energía	Medidores de Iluminación, temperatura - humedad relativa, temperatura superficial de los materiales, ruido y energía / Forma, aplicación de cambios.	Psicológico	Muro análogo de evaluación diaria sobre el estado emocional de los participantes. Test de auto reporte online, percepción, emoción, confort y comportamiento.

Tabla 8. Qué y Cómo - Emotional Analogous Data.

El muro análogo de emociones se aplica durante 6 meses en intervalos de 30 días en una oficina. Los participantes reportan su estado emocional al entrar –AM- y al salir –PM- en el muro mediante unas pegatinas personalizadas con 5 emociones básicas. Por lo tanto, pueden seleccionar la emoción que sienten y su intensidad. Además, se sistematizan diferentes mediciones físico-ambientales del entorno en relación a diversos cambios que se realizan durante el estudio, relativos a biofilia, atmósferas, materia e iluminación. Se aplican dos test de auto-reporte, para evaluar qué sienten los trabajadores antes y después de los cambios en relación a la percepción de los parámetros del entorno que se miden y sobre algunos aspectos como la creatividad, la concentración, la socialización, entre otros.

<sup>3</sup> <https://www.empatica.com/en-eu/research/e4/>





Figura 5. Emotional Analogous Data (ID:D). Herramienta Sputnik GDV<sup>4</sup>. Foto propia.

### E. Percibo

Proyecto enmarcado en los Trabajos Final de Grado de Elisava en colaboración con SPECS4. Estudiantes: Valentina Cabanzo, Nuria Cabarrocas y Carla Rivera.

Objetivo: Diseñar un módulo experimental multi-sensorial para el descanso en el contexto universitario, relacionando técnicas y herramientas del entorno y del humano.

ENTORNO		SER HUMANO	
QUÉ	CÓMO	QUÉ	CÓMO
Físico - ambientales, Biofilia Materia Forma Energía	Aplicación de Luz, Color, Aroma, Sonido, Formas.	Fisiológico neurológico y psicológico	Medidor de energía y frecuencia magnética del cuerpo humano. Electroencefalografía, actividad Bioeléctrica Cerebral. Test de autoreporte estado emocional.

Tabla 9. Qué y Cómo - Percibo.

Este módulo tiene como objetivo causar una reacción -experiencia restauradora multisensorial- en función del bienestar, a través de la información que recibe el sistema mediante datos neurológicos

<sup>4</sup> <http://www.sputnik.bio-well.com/>

de los usuarios a través de EGG con la herramienta EMOTIV INSIGHT<sup>5</sup> y el test de autoreporte. Una vez obtenidos y procesados los datos se ofrece al usuario una experiencia restauradora compuesta por un sistema de estímulos entre luz, color, olor y sonido.

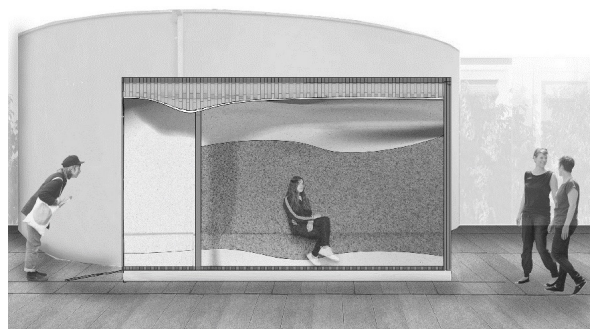


Figura 6. Percibo (ID:E). Exploración de herramientas. Imagen producida por las estudiantes Valentina Cabanzo, Nuria Cabarrocas y Carla Rivera.

En este apartado, a través de los distintos proyectos se detalla cómo se han aplicado algunos aspectos de la evidencia científica detectada en la revisión sistemática. Hay una evolución e intención marcada para integrar parámetros tanto del entorno como del humano en los proyectos creativos, independientemente del sector, para promover un mayor bienestar en las personas a través del diseño. Por otro lado, destaca el uso de nuevas tecnologías para permitir una cuantificación más exacta y objetiva que complementa la parte autoreportada por los usuarios.

## 2. Discusión

### Perspectivas generales

Dentro de los parámetros más estudiados en la teoría científica, se evidencia la calidad del aire y los físico-ambientales, de los cuales preponderan la temperatura y la humedad relativa. La mala calidad del aire es una característica del entorno que tiene repercusiones negativas en la salud de las personas

<sup>5</sup> <https://www.emotiv.com/insight/>

(Carrer y Wolkoff 2018), (Zhang et al. 2018). Esta se vincula principalmente a lo no percibido por lo que las personas no asocian directamente sus efectos físicos (Rasheed y Byrd 2017), dado a que estas características son menos tangibles y menos conscientes.

Las herramientas y tecnologías asociadas a este parámetro son complejas (Baurès et al. 2018), (Harb, Locoge, y Thevenet 2018), (Pantelic et al. 2018). Es por esto que en los estudios empíricos se buscan otras vías de evaluación, como las características de la ventilación del espacio y los componentes de los materiales que se están proyectando a través del software CES<sup>6</sup> selector. No obstante, existe mucha información disponible que se puede utilizar, sobre todo en temas de toxicidad (“Healthy Materials Lab | The Next Generation of Materials”, 2020).

Por otra parte, se puede encontrar mucha información sobre temperatura y humedad relativa. Desde datos territoriales (Hoffman et al. 2018), mediciones ambientales interiores y en su vínculo con el ser humano, se contempla el nivel de metabolismo asociado a la actividad que se debe realizar, incluso se mide la temperatura corporal a través de una píldora ingerible -BodyCAP- (Park, Loftness y Aziz 2018).

El parámetro de luz, también se presenta mucho en la literatura revisada, principalmente con mediciones de iluminancia (luz que incide en una superficie en lux), luminancia o brillo (luz reflejada por la superficie que se representa en %) (Gou et al. 2018). Aunque la tendencia es evaluar la iluminación artificial, en las experiencias empíricas se contempla la iluminación natural sumada a la temperatura de color, pero desde la percepción de los usuarios. La combinación de intensidad, temperatura de color, luz natural y artificial, son fundamentales para abordar el bienestar visual (Araya et al. 2019).

Le siguen a los parámetros anteriormente expuestos, el sonido y/o ruido, el olor y el color. En cuanto al sonido, tanto la literatura científica como los casos empíricos evalúan sus aspectos percibidos, pero hay otras características no percibidas que son importantes de considerar como los infra y ultrasonidos (Alves, et al. 2019).

Relativo a la materia, sus evaluaciones se relacionan en mayor parte a la humedad, los olores y sus compuestos químicos vinculados a la calidad del aire. Estas evaluaciones se relacionan con la química de los materiales a través de métodos como espectrometría de masa (Harb, Locoge & Thevenet 2018), muestradores (Baurès et al. 2018), medidores de humedad (Tähtinen et al. 2018), entre otras.

En los casos menos investigados en la literatura analizada, como la forma, los aspectos biofílicos y la energía, se destacan el uso de imágenes duales para los casos de forma y biofilia (Ergan, Shi & Yu 2018), (Olszewska-Guizzo et al. 2018), por ejemplo, a través de la aplicación de muros verdes (Ghazalli et al. 2018) y la calificación objetiva del ambiente interior de la calidad biofílica (BIDI) (Yin et al. 2018). Por otra parte, se avalúan diferentes aspectos relacionados con hipersensibilidad electromagnética (EHS) (Claeson, Palmquist & Nordin 2018).

Estos mismos parámetros se introducen en los estudios empíricos vinculando, por ejemplo, aspectos de materia y energía con la aplicación de vidrios trabajados termomecánicamente<sup>7</sup> con diferentes informaciones, aplicadas en la iluminación general, provocando reacciones en los usuarios (EAD -D). Por otra parte, se evalúan características energéticas del entorno a través del sensor sputnik de Biowell y finalmente, la biofilia se aplica mediante la inserción de vegetación en el entorno laboral. En el caso de la forma en muchos casos se vincula con la percepción de tamaños y patrones.

<sup>6</sup> <https://www.grantadesign.com/industry/products/ces-selector/>

<sup>7</sup> Vitroquantic® <https://vitroquantic.com/>

### **Importancia de las herramientas psicológicas y otras evaluaciones del ser humano**

La mayor parte de los estudios se relacionan con las respuestas psicológicas de los usuarios, a través de test de autoreporte, el 73% de artículos analizados combinan el estudio de la respuesta humana a través de estas herramientas. Estas se pueden clasificar según lo que se quiera evaluar, es decir, test de percepción, confort / satisfacción, emoción, salud y aspectos relativos al desempeño cognitivo, como creatividad, concentración, productividad, entre otros. A parte de los datos fijos necesarios según el estudio, como la edad y el sexo. En los casos empíricos, estas herramientas dan información crucial sobre la percepción, estados emocionales y comportamientos dentro de los espacios -A, B, C y D -.

En ambos casos -literatura científica y casos empíricos-, la rigurosidad en relación a la ética y el tratamiento de datos es una constante, ya que el trabajo con humanos y seres vivos en general, poseen este requisito.

Si bien las herramientas psicológicas son las más utilizadas, se observa una necesidad de incorporar la dimensión biológica en el estudio del ser humano, que permita correlacionar y validar el autoreporte. Esto debido a que no siempre se condice lo reportado con lo medido. Como se observa en los resultados, sólo el 20,5% abordan estas metodologías de evaluación biológica, donde todos abordan las respuestas fisiológicas y de estos solo un 10% lo acompañan también con respuestas neurológicas. Esto evidencia que en la vía de investigación en neuroarquitectura, es algo que se debe fortalecer (Olszewska-Guizzo et al. 2018).

La tecnología está avanzando a favor de la aplicación de herramientas fisiológicas y neurológicas, disminuyendo sus costos y facilitando las interfaces de comunicación con los usuarios, lo que hasta ahora ha sido una barrera en el campo de la experi-

mentación. A tal punto ha avanzado, que ya se encuentra en estudio un piloto de EEG de oreja (Athavipach, et al. 2019).

En los casos empíricos, se exploran tanto herramientas fisiológicas -A y C-, como neurológicas -A y E-. En estos casos, se ha buscado relacionar lo autoreportado con lo medido, encontrando similitudes que permiten avalar datos y transformarlos en estrategias de diseño basado en la evidencia, por otra parte, según lo reportado y lo medido, se busca promover el aprendizaje sobre las emociones en el contexto universitario -E -.

### **Correlaciones entre parámetros, físicos, psicológicos y biológicos**

En la búsqueda de una mirada sistémica y holística, la correlación de parámetros es fundamental para poder entender y establecer posibles relaciones de causa y efecto. Además, de facilitar y ampliar la visión de conjunto y no de parámetros individuales sin ningún tipo de relación. No obstante, se observa en la literatura que la tendencia es evaluar uno o dos campos, esto se puede deber a la especificidad de las fuentes, también a la complejidad que esto conlleva. Por eso es muy importante promover la interdisciplinariedad que permita abarcar de manera más completa los fenómenos.

Como se observa en la tabla 1. Los parámetros que presentan una mayor correlación son los físico-ambientales y la calidad del aire, esto es debido a la importancia que tiene la temperatura y la humedad. Los otros parámetros se correlacionan escasamente entre más de dos o tres parámetros, como por ejemplo, el artículo que vincula la temperatura de color con el ambiente térmico (Park, et al. 2018). No obstante, si hay estudios relacionados a certificaciones WELL (International WELL Building, 2020) o a estudios sobre el síndrome del edificio enfermo que trabajan más parámetros simultáneamente (Wolkoff, 2018).

La mayor parte de los casos se correlacionan con el ser humano y sus efectos, sólo en los casos de investigación sobre la materia (37 de 61 artículos) y la energía (8 de 10 artículos), se evidencia una menor intervención de medición humana (ver tabla 2).

Es por lo anteriormente expuesto que en las experiencias empíricas se busca trabajar de manera sistémica la mayor cantidad de parámetros, sujeto al objetivo de cada proyecto, esto se da en los casos -A, B, C, D-.

## 5. Conclusiones

Existe una evidente necesidad de ampliar los estudios científicos sobre la biofilia, la forma, los materiales y la energía, ya que estos parámetros del entorno se presentan como los menos estudiados. En relación con el ser humano los estudios de interacción con la materia son los más escasos, tanto a nivel psicológico como biológico. Este último -lo biológico- también se observa como una dimensión a fortalecer.

Por otra parte, se debe potenciar la correlación entre parámetros del entorno, ya que se ha observado una clara tendencia a estudiarlos de manera individual. También entre los estudios psicológicos y biológicos del ser humano, ya que se observa en los casos empíricos, que lo autoreportado en los tests psicológicos, no siempre está relacionado con las respuestas fisiológicas y neuronales.

Se constata, además, que los usuarios de los espacios casi nunca son conscientes de los efectos del entorno, y es en sus experiencias dirigidas como participantes de los casos de estudio, que lo logran distinguir. Cabe destacar que cada vez la medición y el control de parámetros como luz, sonido y color están más al alcance de los usuarios a través de la tecnología cotidiana como las aplicaciones móviles, lo que implica más empoderamiento en temas de bienestar físico y ambiental.

Todo lo anterior evidencia la necesidad de continuar avanzando en investigaciones con visión sistémica y holística (Durmisevic y Ciftcioglu, 2010) para contribuir a la generación de conocimiento de cómo realmente el entorno construido afecta al ser humano. Así como, que se debe contemplar una mejora en la difusión del conocimiento generado, tanto para usuarios como para proyectistas, para así contribuir en la calidad de los proyectos a través del diseño basado en la evidencia.

## 6. Agradecimientos

Los autores agradecen a ELISAVA Facultad de Diseño e Ingeniería de Barcelona (UVic-UCC) y a la Universidad de Santiago de Chile (USACH) por haber hecho posible esta investigación. Así como, la colaboración de todas las instituciones presentes en los proyectos empíricos.

## Referencias

- Abella, A., Araya León, M., Marco-Almagro, L., & Clèries Garcia, L. (2022). Perception evaluation kit: a case study with materials and learning styles. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(3), 1941–1962. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09676-4>
- Abdelaal, M., Soebarto, V. (2018). History matters: The origins of biophilic design of innovative learning spaces in traditional architecture. *Archnet-IJAR*, 12(3), 108–127. <https://doi.org/10.26687/archnet-ijar.v12i3.1655>
- Araya León, M. J., & Abella Garcia, A. (2022). Strategies for well-being in new work spaces: A case study in a post-pandemic context. *Temas de Disseny*, 38, 132–161. <https://doi.org/10.46467/tdd38.2022.132-161>

Araya, M. J., Abella, A., Guasch, R., Estevez, A., & Peña, J. (2020). Emotional Analogous Data: Interaction in the Work Space. *Modern Environmental Science and Engineering*, 1183-1194. DOI:10.15341/mese(2333-2581)/12.05.2019/013

Alves, J., Torres Silva, L., Remoaldo, P. (2019). How Can Low-Frequency Noise Exposure Interact with the Well-Being of a Population? Some Results from a Portuguese Municipality. *Applied Sciences*, 9(24), 5566. <https://doi.org/10.3390/app9245566>

Athavipach, C., Pan-Ngum, S., Israsena, P. (2019). A Wearable In-Ear EEG Device for Emotion Monitoring. *Sensors*, 19(18), 4014. <https://doi.org/10.3390/s19184014>

Awada, M., Srour, I. (2018). A genetic algorithm based framework to model the relationship between building renovation decisions y occupants' satisfaction with indoor environmental quality. *Building y Environment*, 146, 247–257. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.10.001>

Azuma, K., Ikeda, K., Kagi, N., Yanagi, U., Osawa, H. (2018). Physicochemical risk factors for building-related symptoms in air-conditioned office buildings: Ambient particles y combined exposure to indoor air pollutants. *Science of the Total Environment*, 616–617, 1649–1655. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.147>

Azuma, K., Kagi, N., Yanagi, U., Osawa, H. (2018). Effects of low-level inhalation exposure to carbon dioxide in indoor environments: A short review on human health y psychomotor performance. *Environment International*, 121(1), 51–56. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.08.059>

Bardhan, R., Debnath, R., Jana, A., Norford, L. K. (2018). Investigating the association of healthcare-seeking behavior with the freshness of indoor spaces in low-income tenement housing in Mumbai. *Habitat International*, 71, 156–168. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2017.12.007>

Barrett, P., Barrett, L., Davies, F. (2013). Achieving a step change in the optimal sensory design of buildings for users at all life-stages. *Building y Environment*, 67(67), 97–104. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.05.011>

Baurès, E., Blanchard, O., Mercier, F., Surget, E., le Cann, P., Rivier, A., Gangneux, J. P., Florentin, A. (2018). Indoor air quality in two French hospitals: Measurement of chemical y microbiological contaminants. *Science of the Total Environment*, 642, 168–179. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.047>

Bluyssen, P. M., Zhang, D., Kurvers, S., Overtom, M., Ortiz-Sanchez, M. (2018). Self-reported health y comfort of school children in 54 classrooms of 21 Dutch school buildings. *Building y Environment*, 138, 106–123. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.04.032>



Bringslimark, T., Hartig, T., Patil, G. G. (2009). The psychological benefits of indoor plants: A critical review of the experimental literature. *Journal of Environmental Psychology*, 29(4), 422–433. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2009.05.001>

Calvaresi, A., Arnesano, M., Pietroni, F., Revel, G. M. (2018). Measuring metabolic rate to improve comfort management in buildings. *Environmental Engineering y Management Journal*, 17(10), 2287–2296. <https://doi.org/10.30638/eemj.2018.227>

Carrer, P., Wolkoff, P. (2018). Assessment of indoor air quality problems in office-like environments: Role of occupational health services. *International Journal of Environmental Research y Public Health*, 15(4), 741. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040741>

Chaudhuri, T., Zhai, D., Soh, Y. C., Li, H., Xie, L. (2018a) Thermal comfort prediction using normalized skin temperature in a uniform built environment. *Energy y Buildings*, 159, 426–440. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.10.098>

Chaudhuri, T., Zhai, D., Soh, Y. C., Li, H., Xie, L. (2018b). Ryom forest based thermal comfort prediction from gender-specific physiological parameters using wearable sensing technology. *Energy y Buildings*, 166, 391–406. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.02.035>

Claeson, A. S., Palmquist, E., Nordin, S. (2018). Physical y chemical trigger factors in environmental intolerance. *International Journal of Hygiene y Environmental Health*, 221(3), 586–592. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.02.009>

Dai, K., Yu, Q., Zhang, Z., Wang, Y., Wang, X. (2018). Aromatic hydrocarbons in a controlled ecological life support system during a 4-person-180-day integrated experiment. *Science of the Total Environment*, 610–611, 905–911. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.164>

Demattè, M. L., Zucco, G. M., Roncato, S., Gatto, P., Paulon, E., Cavalli, R., Zanetti, M. (2018). New insights into the psychological dimension of wood–human interaction. *European Journal of Wood y Wood Products*, 76(4), 1093–1100. <https://doi.org/10.1007/s00107-018-1315-y>

Dreyer, B. C., Coulombe, S., Whitney, S., Riemer, M., Labbé, D. (2018). Beyond Exposure to Outdoor Nature: Exploration of the Benefits of a Green Building's Indoor Environment on Wellbeing. *Frontiers in Psychology*, 9, 1583. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01583>

Durmisevic, S., Ciftcioglu, Ö. (2010). Knowledge Modeling Tool for Evidence-Based Design. *HERD: Health Environments Research & Design Journal*, 3(3), 101–123. <https://doi.org/10.1177/193758671000300310>

- Ergan, S., Shi, Z., Yu, X. (2018). Towards quantifying human experience in the built environment: A crowdsourcing based experiment to identify influential architectural design features. *Journal of Building Engineering*, 20, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.07.004>
- Fischl, G., Gärling, A. (2008). Identification, visualization, y evaluation of a restoration-supportive built environment. *Journal of Architectural y Planning Research*, 254-269.
- Ghazalli, A. J., Brack, C., Bai, X., Said, I. (2018). Alterations in use of space, air quality, temperature y humidity by the presence of vertical greenery system in a building corridor. *Urban Forestry y Urban Greening*, 32, 177–184. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.04.015>
- Goronovski, A., Joyce, P. J., Björklund, A., Finnveden, G., Tkaczyk, A. H. (2018). Impact assessment of enhanced exposure from Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM) within LCA. *Journal of Cleaner Production*, 172, 2824–2839. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.131>
- Gou, Z., Khoshbakht, M., Mahdoudi, B. (2018). The impact of outdoor views on students' seat preference in learning environments. *Buildings*, 8(8). <https://doi.org/10.3390/buildings8080096>
- Harb, P., Locoge, N., Thevenet, F. (2018). Emissions y treatment of VOCs emitted from wood-based construction materials: Impact on indoor air quality. *Chemical Engineering Journal*, 354, 641–652. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.08.085>
- Hawick, L., Clely, J., Kitto, S. (2018). 'I feel like I sleep here': how space y place influence medical student experiences. *Medical Education*, 52(10), 1016–1027. <https://doi.org/10.1111/medu.13614>
- Healthy Materials Lab | *The next generation of materials* (n.d.) Retrieved June 16, 2020, from <https://healthymaterialslab.org/>
- Hoffman, K., Hammel, S. C., Phillips, A. L., Lorenzo, A. M., Chen, A., Calafat, A. M., Ye, X., Webster, T. F., Stapleton, H. M. (2018). Biomarkers of exposure to SVOCs in children y their demographic associations: The TESIE Study. *Environment International*, 119, 26–36. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.06.007>
- International WELL Building, I. (2020). *The WELL Performance Verification Guidebook*. <https://a.storyblok.com/f/52232/x/cc341e5b92/well-performance-verification-guidebook-with-q2-2020-addenda.pdf>
- Irga, P. J., Pettit, T. J., Torpy, F. R. (2018). The phytoremediation of indoor air pollution: a review on the technology development from the potted plant through to functional green wall biofilters. *Reviews in Environmental Science y Biotechnology*, 17(2), 395–415. <https://doi.org/10.1007/s11157-018-9465-2>
- Jiang, J., Wang, D., Liu, Y., Xu, Y., Liu, J. (2018). A study on pupils' learning performance y thermal comfort of primary schools in China. *Building and Environment*, 134, 102-113. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.02.036>



Karwowski, W. (2012). Hybook of human factors y ergonomics. In *Hybook of human factors y ergonomics*. <https://doi.org/10.1002/0470048204.ch27>

Khyelwal, H., Schenning, A. P., Debije, M. G. (2017). Infrared regulating smart window based on organic materials. *Advanced Energy Materials*, 7(14), 1. <https://doi.org/10.1002/aenm.201602209>

Mendell, M. J., Macher, J. M., Kumagai, K. (2018). Measured moisture in buildings y adverse health effects: A review. *Indoor Air*, 28(4), 488–499. <https://doi.org/10.1111/ina.12464>

Mujan, I., Anđelković, A. S., Munćan, V., Kljajić, M., Ružić, D. (2019). Influence of indoor environmental quality on human health y productivity - A review. *Journal of Cleaner Production*, 217, 646–657. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.307>

Olszewska-Guizzo, A., Escoffier, N., Chan, J., Yok, T. P. (2018). Window view y the brain: Effects of floor level y green cover on the alpha y beta rhythms in a passive exposure eeg experiment. *International Journal of Environmental Research y Public Health*, 15(11). <https://doi.org/10.3390/ijerph15112358>

Othman, M., Latif, M. T., Mohamed, A. F. (2018). Health impact assessment from building life cycles y trace metals in coarse particulate matter in urban office environments. *Ecotoxicology y Environmental Safety*, 148, 293–302. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.10.034>

Pantelic, J., Rysanek, A., Miller, C., Peng, Y., Teitelbaum, E., Meggers, F., Schlüter, A. (2018). Comparing the indoor environmental quality of a displacement ventilation y passive chilled beam application to conventional air-conditioning in the Tropics. *Building y Environment*, 130, 128–142. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.11.026>

Park, J., Loftness, V., Aziz, A. (2018). Post-Occupancy Evaluation y IEQ Measurements from 64 Office Buildings: Critical Factors y Thresholds for User Satisfaction on Thermal Quality. *Buildings*, 8(11), 156. <https://doi.org/10.3390/buildings8110156>

Proctor, C. R., Reimann, M., Vriens, B., Hammes, F. (2018). Biofilms in shower hoses. *Water Research*, 131, 274–286. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.12.027>

Rasheed, E. O., Byrd, H. (2017). Can self-evaluation measure the effect of IEQ on productivity? A review of literature. *Facilities*, 35(11–12), 601–621. <https://doi.org/10.1108/F-08-2016-0087>

Rein, G. (2004). Bioinformation within the biofield: beyond bioelectromagnetics. *Journal of Alternative y Complementary Medicine*, 10(1), 59–68. <https://doi.org/10.1089/107555304322848968>

Salata, F., Golasi, I., Verrusio, W., de Lieto Vollaro, E., Cacciafesta, M., de Lieto Vollaro, A. (2018). On the necessities to analyse the thermohygrometric perception in aged people. A review about indoor thermal comfort, health y energetic aspects y a perspective for future studies. *Sustainable Cities and Society*, 41, 469–480. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.06.003>

Sun, Y., Hou, J., Kong, X., Zhang, Q., Wang, P., Weschler, L. B., Sundell, J. (2018). “Dampness” y “Dryness”: What is important for children’s allergies? A cross-sectional study of 7366 children in northeast Chinese homes. *Building y Environment*, 139, 38–45. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.05.013>

Tähtinen, K., Lappalainen, S., Karvala, K., Remes, J., Salonen, H. (2018). Association between four-level categorisation of indoor exposure y perceived indoor air quality. *International Journal of Environmental Research y Public Health*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph15040679>

te Kulve M, Schlangen, L., van Marken Lichtenbelt, W. (2018). Interactions between the perception of light y temperature. *Indoor Air*, 28(6), 881–891. <https://doi.org/10.1111/ina.12500>

Viola, A. U., James, L. M., Schlangen, L., Dijk, D. (2008) Blue-enriched white light in the workplace improves self-reported alertness, performance y sleep quality. *Scandinavian Journal of Work, Environment y Health*, 34(4), 297–306. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1268>

Wolkoff, P. (2018). Indoor air humidity, air quality, y health – An overview. *International Journal of Hygiene y Environmental Health*, 221(3), 376–390. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.01.015>

Yin, J., Zhu, S., MacNaughton, P., Allen, J. G., Spengler, J. D. (2018). Physiological y cognitive performance of exposure to biophilic indoor environment. *Building y Environment*, 132, 255–262. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2018.01.006>

Zhang, J., Sun, C., Liu, W., Zou, Z., Zhang, Y., Li, B., Zhao, Z., Deng, Q., Yang, X., Zhang, X., Qian, H., Sun, Y., Sundell, J., Huang, C. (2018). Associations of household renovation materials y periods with childhood asthma, in China: A retrospective cohort study. *Environment International*, 113, 240–248. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.02.001>

### María José Araya León

Doctora Cum Laude en Arquitectura, Máster en Diseño, Arquitecta y Ergonomista.

Actualmente, es investigadora en la línea de Decoding Well-Being de Elisava Research, codirectora del máster en Design for One Health y académica en la misma institución. Paralelamente, se desarrolla como arquitecta en maLeon Arquitectura y TEMA Studio.

Su campo de investigación se centra en las bases psicológicas, cognitivas y biológicas de la experiencia arquitectónica, con el objetivo de contribuir al bienestar integral del ser humano, a través de la codificación y parametrización de su relación con el entorno construido. Desde el diseño basado en la evidencia, la mirada sistémica, la ergonomía y los principios de la neuroarquitectura.

## Ainoa Abella García

---

Doctora en Estadística e Investigación Operativa por la UPC e Ingeniera en Diseño Industrial por Elisava. Actualmente, es responsable del Programa de Estudios Simultáneos, profesora en Elisava e investigadora dentro de la línea Decoding Wellbeing en Elisava Research. Su trabajo y publicaciones se centran en la parametrización de las emociones, la experiencia del usuario, el bienestar y la percepción de materiales, a través de la ingeniería kansei y la aplicación de la estadística y la visualización de datos.

## Ricardo Guasch Ceballos

---

Doctor en Arquitectura por la UPC, 2011.

Miembro de la línea de investigación Decoding Wellbeing, en el área de Research de Elisava. Desde 2017 Profesor en la Escuela Elisava desde 1994. Ha sido Director Académico de Elisava entre 2011 y 2014. Actualmente es Director del Máster en Diseño de Interiores para Hoteles, Bares y Restaurantes. Codirector del Máster en “Diseño del Espacio Interior”. Director del máster en Diseño de Interiores de Shifta-Elisava. Coordinador de Área de Másteres de Elisava.

Profesor asociado en el Departamento de Composición Arquitectónica, en la ETSA Vallès – UPC, entre 1993 y 2011.

Ejercicio profesional de la arquitectura desde 1985.  
Ver LinkedIn: ricardoguasch

## Javier Peña Andrés

---

Javier Peña es un apasionado de la energía, la frecuencia y la vibración como expresión del universo y la materia contenida en él. Profesor universitario y divulgador científico desde 1998, se doctoró en Ciencias Químicas en el año 2000.

Javier ejerce desde 2016 como Director General de Elisava, institución en la que fu Jefe de Estudios del Grado en Ingeniería de Diseño Industrial entre los años 2010 y 2016, y codirector del Máster en Producción Gráfica y Packaging, entre 2004 y 2008.

Centra su investigación en los nuevos materiales funcionales, su interacción con la vida, su relación con el entorno y su selección durante el proceso de diseño. Fundador de Materfad en 2008 y Director Científico hasta 2018, ha comisariado diversas exposiciones y es autor y editor de diversos libros y artículos en el ámbito de los materiales.



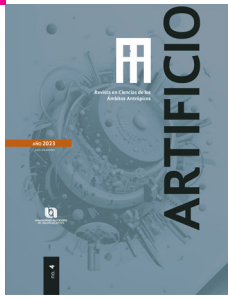
### **Política de acceso abierto**

La Revista Artificio proporciona un acceso abierto a su contenido, basado en el principio de que ofrecer un acceso libre a las investigaciones ayuda a incrementar el intercambio global del conocimiento. Artificio no cobra ni cobrará ningún cargo a sus lectores por concepto de suscripción, ni a los autores por enviar, procesar o publicar sus artículos.

Como condición de publicación, los autores acuerdan liberar sus derechos de autor bajo una licencia compartida, específicamente la licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a cualquier persona compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato bajo los siguientes términos:

- \*Dar crédito al autor del texto
- \*No hacer uso del material con propósitos comerciales
- \*No transformar o modificar el material.



## Artificio

Revista en Ciencias de los Ámbitos Antrópicos  
Centro de Ciencias del Diseño y de la Construcción  
Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.  
Núm. 4 (2023) periodo julio-diciembre

e-ISSN

2992-7463

Site

[https://revistas.uaa.mx/  
index.php/artificio](https://revistas.uaa.mx/index.php/artificio)



## Percepción térmica en espacios urbanos patrimoniales. Caso de estudio: Guanajuato.

*Thermal perception in heritage urban spaces.  
Case study: Guanajuato.*

### Claudia Eréndira Vázquez-Torres

Laboratorio de Modelado y Optimización de Procesos Energéticos y Ambientales, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México  
ORCID: 0000-0002-5388-0780  
claudia.vazquez@correo.uady.mx

### Cristina Sotelo-Salas

Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, México  
ORCID: 0000-0001-8685-4290  
cristina.sotelo@uabc.edu.mx

### Ruth María Grajeda-Rosado

Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat, P.E. Arquitectura - Universidad Veracruzana, México  
ORCID: 0000-0001-9961-3541  
claudia.vazquez@correo.uady.mx

Recived: 2023-10-17  
Accepted: 2023-11-09

#### Cómo citar este trabajo. *How to cite this paper*

Vázquez-Torres, C., Sotelo-Salas, C., Grajeda-Rosado, R. (2023). Percepción térmica en espacios urbanos patrimoniales. Caso de estudio: Guanajuato. *Artificio* 4(4), eD1-eD18.

# Percepción térmica en espacios urbanos patrimoniales. Caso de estudio: Guanajuato

Claudia Eréndira Vázquez-Torres · Cristina Sotelo-Salas · Ruth María Grajeda-Rosado

eD2

## Resumen

Los espacios urbanos desempeñan un papel crucial en la búsqueda por mejorar condiciones de salud humana y ambiental debido a su alta concentración de usuarios y su potencial para implementar de estrategias de mitigación y prácticas sustentables frente a los crecientes niveles de CO<sub>2</sub> del ambiente. Los espacios urbanos patrimoniales presentan un reto mayor por su elevado índice de ocupación y a las restricciones normativas para su conservación. Además, el turismo local y foráneo, como fenómeno socio-económico dinámico, requiere estrategias compatibles con protocolos de calidad ambiental ante los retos sociales actuales. El objetivo de este estudio, fue identificar las condiciones térmicas que influyen en la comodidad de los usuarios al ocupar espacios públicos, y proponer estrategias sustentables de mejora. Se utilizó un método experimental para monitorear el comportamiento térmico en una calle conectada con el centro histórico de Guanajuato, que cuenta con clima templado, y se calificó el estrés térmico en espacios exteriores a través de un índice internacional. Los resultados muestran la necesidad de reducir el estrés térmico de acuerdo con los meses de medición, que derivaron en estrategias de mejoramiento efectivas para espacios urbanos patrimoniales enfocados en la movilidad sustentable.

**Palabras clave:** *movilidad sustentable, confort térmico en exteriores, ciudades turísticas, ciudades patrimoniales, espacios urbanos.*

## Abstract

Urban spaces play a crucial role in the search to improve human and environmental health conditions due to their high concentration of users and their potential to implement mitigation strategies and sustainable practices in the face of increasing levels of CO<sub>2</sub> in the environment. Heritage urban spaces present a greater challenge due to their high occupancy rate and the regulatory restrictions for their conservation. Furthermore, local and foreign tourism, as a dynamic socio-economic phenomenon, requires strategies compatible with environmental quality protocols in the face of current social challenges. The objective of this study was to identify the thermal conditions that influence the comfort of users when occupying public spaces, and to propose sustainable improvement strategies. An experimental method was used to monitor the thermal behavior in a street connected to the historic center of Guanajuato, which has a temperate climate, and the thermal stress in outdoor spaces was rated through an international index. The results show the need to reduce thermal stress according to the months of measurement, which resulted in effective improvement strategies for heritage urban spaces focused on sustainable mobility.

**Keywords:** *sustainable mobility, outdoor thermal comfort, tourist cities, heritage cities, urban spaces.*

## 1. Introducción

La evidencia científica ha sido conservadora en las proyecciones sobre el cambio climático y su impacto a nivel global (Brysse et al., 2013), este fenómeno se manifiesta más rápido de lo previsto. La Organización Meteorológica Mundial (OMM) estimó que hay 20% de probabilidad de que el aumento de las temperaturas supere los 1,5°C a partir de 2024 (World Meteorological Organization, 2022), por lo que las Naciones Unidas a través de su secretario general, solicitó acciones multilaterales (United Nations, 2022). Las condiciones de sobrecalentamiento presentan un incremento continuo en intensidad y frecuencia con potencial para afectar la salud humana y ambiental en todas las escalas.

Además de impactar en el aumento del calor sensible a escala urbana, y contribuir en el incremento de la demanda de enfriamiento y emisiones de CO<sub>2</sub>, las altas temperaturas afectan la habitabilidad térmica en espacios urbanos. Ante este escenario, se han realizado numerosas investigaciones sobre el desarrollo de estrategias de mitigación, como el uso de vegetación, el desarrollo de materiales frescos, tratamiento del volumen de la envolvente urbana y relación de aspecto, así como la incorporación de cuerpos de agua (Lai et al., 2019). Estrategias que generalmente se implementan en el contexto de la rehabilitación sustentable, a partir de la intervención en espacios existentes, y en algunos casos, como lineamientos de diseño para influir de manera temprana en la gestión y planeación de políticas energéticas para espacios urbanos.

Los entornos urbanos patrimoniales no fueron concebidos para responder a necesidades contemporáneas en torno a la salud humana y ambiental. Adicionalmente, las restricciones para la preservación de su valor cultural no permiten la modificación de las envolventes. El centro histórico de una ciudad, es el destino de tráfico interurbano más importante (Ramírez-Rosete et al., 2020a), por lo que es preciso contar con casos de estudio para generar diag-

nósticos asertivos sobre las necesidades específicas del contexto y contribuir a los esfuerzos de conservación del patrimonio con alternativas sustentables que mejoren las redes de movilidad y las condiciones de habitabilidad en centros históricos patrimoniales.

### 1.1 Casos Análogos

Investigaciones recientes han estudiado el desarrollo de estrategias de preservación y habitabilidad bajo diferentes escenarios patrimoniales y distintas escalas de intervención, como los que presenta la Tabla 1. La evolución en los patrones de temperatura ambiente a nivel urbano, fue el objeto de estudio de (Jamei et al., 2015), donde se realizó una comparación entre los efectos de la urbanización en el microclima de dos secciones de la ciudad: la zona histórica y la zona contemporánea de una ciudad que es patrimonio de la humanidad. Los resultados indicaron que el sitio patrimonial mostró menor temperatura durante el día, debido una mayor densidad en urbanización, pero mayor temperatura durante la noche, esto se determinó a partir de estaciones meteorológicas fijas, mediciones dinámicas, Sistemas de Información Geográfica (SIG) e imágenes satelitales.

Localidad	Metodología	Estrategia / Recomendación
Al-Najaf	Enfoque analítico	A escala urbana, se recomendó una reestructuración de la movilidad para preservar el tejido urbano histórico y crear conciencia colectiva en la revitalización de espacios públicos (Farhan et al., 2020).
Querétaro	Enfoque sistémico y dinámico	Guzmán propuso la conservación del patrimonio a partir de un análisis que considera la dimensión de la sostenibilidad y el control del crecimiento urbano (Guzman, 2020).
Puebla La Habana Quito	Descriptivo	Ramírez-Rosete et al. hicieron énfasis en que no se ha logrado una visión de sustentabilidad a largo plazo en estos casos de estudio, y proponen fortalecer las políticas públicas para preservar los centros históricos y la generación de nuevas líneas de investigación para proteger el patrimonio (Ramírez-Rosete et al., 2020b).



Localidad	Metodología	Estrategia / Recomendación
Diego de Almagro	Analítico	Dávila et al. establecieron una estrategia de revegetación en patios para mejorar las condiciones climáticas a escala urbana (Dávila Mosquera et al., 2018).
América latina, Italia y España	Enfoque descriptivo y clasificatorio	González et al. concluyeron que en América Latina el principal problema es la dimensión ambiental, y establecieron como desafío la sostenibilidad integral ante estrategias de restauración, renovación y revitalización enfocadas a centros históricos (González Biffis & Etulain, 2018).
Puebla	Enfoque sistémico	Ramírez et al. recomendaron estrategias de revitalización en centros históricos, mejorar las políticas y las estrategias con la participación de todos los actores sociales para garantizar la trascendencia del legado histórico a futuras generaciones (Ramírez Rosete et al., 2020).

Tabla 1. Elaboración propia.

Adicionalmente, en la ciudad de Malacca, se realizó una investigación para modelar dos escenarios de mitigación a partir de estrategias de vegetación (Saito et al., 2017) orientadas a mejorar el microclima y el confort térmico de los usuarios de los espacios urbanos, y como contribución a la preservación del patrimonio a través de la conexión de las áreas verdes existente. Se han analizado espacios dentro de los centros históricos de las ciudades patrimonio de la humanidad, en particular, patios en edificios del centro histórico, pasajes, calles y cañones urbanos. En sus estudios, (Rodríguez-Algeciras et al., 2018), aplicaron estrategias de mitigación a partir de cambios en la relación de aspecto y orientación de los patios, y lograron reducciones de hasta 15.7 °C al girar el eje longitudinal de los patios en el sentido norte-sur.

En el estudio de pasajes históricos y su comportamiento térmico, (Yildirim, 2020), demostró que las soluciones vernáculas de adecuación climática son

efectivas y generan condiciones de confort, en clima cálido seco extremo. (Castaldo et al., 2017) implementaron a través de simulación y experimentación, una propuesta de reemplazo de materiales tradicionales, con materiales contemporáneos que se le asemeja en apariencia pero con una mejora en propiedades termo-físicas, para disminuir la temperatura superficial de los elementos que componen el cañón urbano, y evitar el sobrecalentamiento, la propuesta de los investigadores resulta efectiva, al mejorar la percepción térmica de los usuarios en un contexto mediterráneo.

Con relación al desarrollo urbano y el cambio climático, El Desarrollo Sostenible considera importante generar las herramientas adecuadas para realizar mediciones de variables ambientales en el contexto urbano (Guzman, 2020). Por lo que se determinó realizar mediciones de las condiciones térmicas en un espacio urbano patrimonial con un alto índice de ocupación, para definir estrategias y lineamientos de diseño que contribuyan en el mejoramiento de las condiciones de confort térmico en beneficio de los usuarios locales y turistas de estos espacios en el centro histórico, y sus calles aledañas.

## 2. Métodos

Las características establecidas para la metodología corresponden a un enfoque cuantitativo experimental, en un caso de estudio que, además cuenta con el título de Patrimonio de la Humanidad desde 1988 (Secretaría de Turismo, 2021). El proceso metodológico que se presenta en la Fig. 1 permitió realizar un análisis climático a microescala, a partir de la medición de las variables ambientales: temperatura del aire y humedad relativa. Las mediciones en campo, pese a la complejidad del entorno, ofrecieron datos cuantitativos útiles y repetibles.

## 1 Selección del caso de estudio

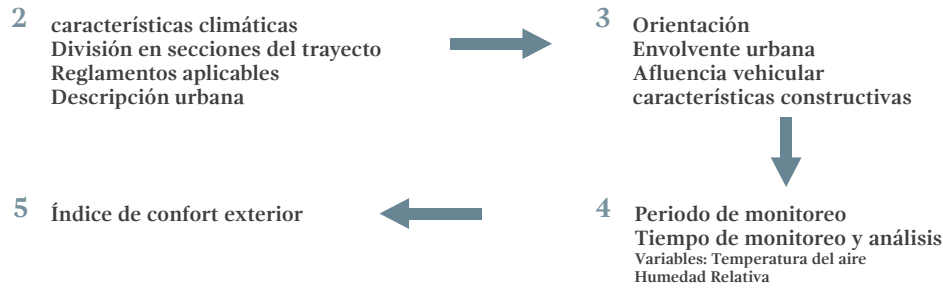


Figura 1. Representación esquemática del proceso metodológico. Fuente: Elaboración propia.

A partir de la selección del caso de estudio, se determinaron las características climáticas, físicas y de la envoltura a lo largo del transecto estudiado, adicionalmente se estudiaron las restricciones reglamentarias aplicables. Para estudiar el transecto completo, se determinó dividirlo en secciones (S1 a S4). La descripción urbana incluyó considerar la orientación que se presentó a lo largo del transecto, así como la afluencia vehicular en cada sección y las características constructivas de los edificios y características de la pavimentación, guarniciones y banqueta.

Se determinó un periodo de monitoreo a cada 30 segundos, en total por cada día de monitoreo se obtuvieron 261 datos por cada variable. Con estos resultados, se utilizó un índice internacional denominado Índice Universal de Clima Térmico (UTCI, por sus siglas en inglés) que evalúa los efectos termofisiológicos con base en el modelo de confort desarrollado por De Dear (Bröde, 2022), para determinar el índice de estrés por calor de acuerdo al rango para espacios que no presentan estrés térmico por calor característico de las condiciones climáticas donde se desarrolló este estudio (9 °C a 26 °C).

Fue importante considerar variables de contexto durante la recolección de la información, estos da-

tos podrían usarse en futuras comparaciones con otros estudios, e inclusive entre investigaciones con diferentes tipos de climas; marcando una pauta importante en todas las observaciones climatológicas urbana (Anderson et al., 2012).

Los registros sugeridos en este trabajo fueron:

- Indicación de los materiales y sistemas constructivos,
- geometría o relación de aspecto para establecer los perfiles edilicios (ancho, altura y largo de la calle),
- orientación, para analizar las sombras desde esta variable, y
- aforo vehicular, que es el número de vehículos que transitan durante el periodo de prueba, información obtenida durante las campañas para realizar su recuento e identificación de tipología.

### 2.1 Área de estudio

El transecto de estudio (calle Del Padre Belauzarán), está ubicado en la ciudad de Guanajuato, capital del estado del mismo nombre, en la región central de México. De acuerdo con cifras del año 2020 su población asciende a los 72,237 habitantes, que representa el 2% de la población total del Estado (INEGI, Instituto Nacional de Geografía, 2022); sin embargo,

cuenta con una gran afluencia turística, tan solo en el mes de enero de este año, se registraron más de 1.3 millones de visitantes (Secretaría de Turismo, 2022). En la Fig. 2 se observa, de la mesoescala a la microescala, el objeto de este estudio. La importancia del estudio de este transecto consiste en conectar

la zona poniente de la ciudad con el centro histórico de la localidad, beneficiando a una gran cantidad de usuarios locales y turistas, y en generar estrategias para favorecer la movilidad peatonal e incrementar la salud humana y ambiental de esta localidad.

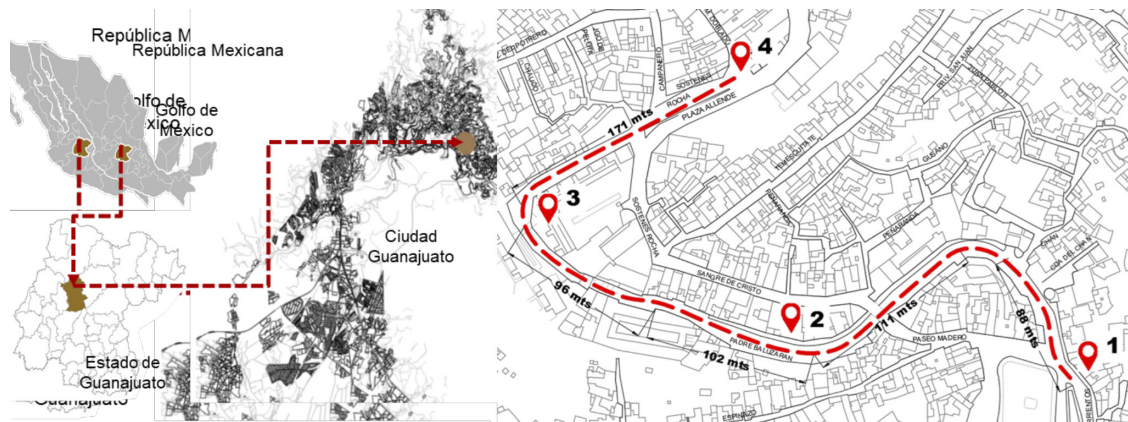


Figura 2. Ubicación del caso de estudio de la mesoescala a la microescala. Fuente: Elaboración propia.

En la Fig. 2, los números 1 al 4 representan las secciones (S1 a S4), para dividir las mediciones. Es decir, en cada sección se determinó tomar datos por 10 minutos, excepto en las S1 y S4, donde se tomaron datos por 30 minutos en cada sección. Los traslados entre cada sección llevaron de 2 a 4 minutos. Como resultado, se obtuvieron 261 datos por cada día de medición para cada variable.

Las variables del cañón urbano que inciden en el comportamiento térmico, fueron analizadas para mejorar el confort exterior con estrategias sustentables. La Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas (Diario Oficial de la Federación, 2012) y el Reglamento de edificación y mantenimiento para la ciudad de Guanajuato y su municipio (Periódico Oficial del Gobierno del Estado, 2011), regulan los criterios de intervención

en esta localidad patrimonial. El Gobierno del Estado cuenta adicionalmente, con el Reglamento para el control patrimonial de bienes muebles e inmuebles del municipio de Guanajuato (Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato, 2009). Existen colores oficiales para su uso en el centro histórico, es importante señalar que la normatividad aplicable en esta localidad, no establece criterios o limitaciones sobre el uso de vegetación.

#### 2.1.1. Análisis: Recubrimientos y disponibilidad de árboles.

Gracias a la observación directa y a la información del INEGI, en su apartado Inventario Nacional de Viviendas 2016 (INEGI, Instituto Nacional de Geografía, 2016), se corroboró que el área general donde se ubica el transecto y donde fueron tomadas las mediciones cuenta con un 80% de pavimentación imper-

meable tipo pórfido<sup>1</sup> (Fig. 3A), y el resto un tipo de suelo permeable, donde es intermitente el uso del asfalto o concreto junto al empedrado o adoquín.

Con respecto a la disponibilidad de sombras gracias a la vegetación, la Fig. 3B, patentiza que desde el inicio del recorrido y en sus áreas aledañas el 80% de

su recorrido no tiene protección solar, y el resto se presenta algún tipo de vegetación, especialmente en la S1 que colinda con un jardín público y la S4 que cuenta con árboles aledaños de 3 m de altura aproximadamente. Estas condiciones generan, diferentes tipos de microclimas y sensaciones de confort.

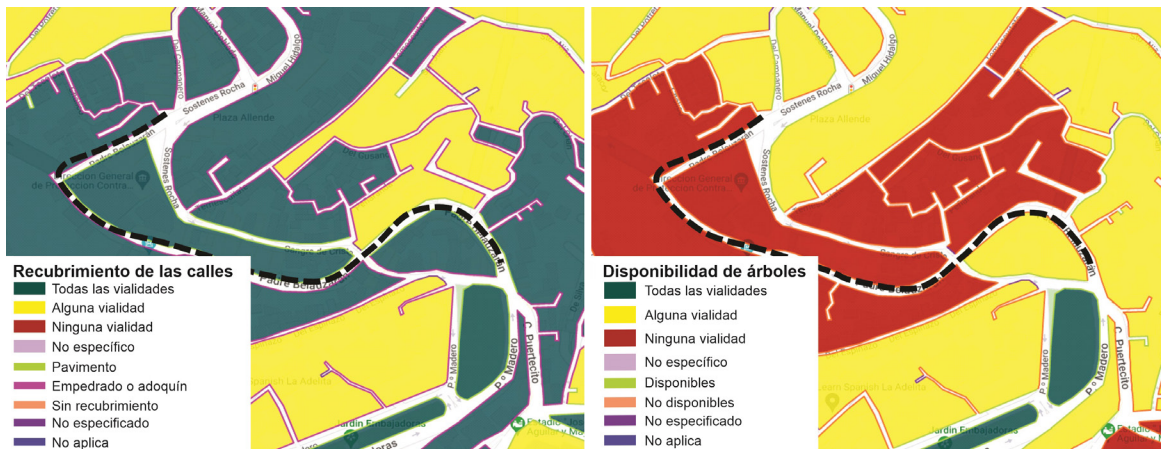


Figura 3. Disponibilidad de recubrimiento de las calles (A) y Disponibilidad de árboles en la zona (B). Fuente: Elaboración propia.

### 2.1.2 Análisis: Comportamiento vehicular.

La consideración del Calor Antropogénico Vehicular ( $Q_{FV}$ ), constituye un factor con potencial para impulsar la falta de confort térmico, por ejemplo, en ciudades como Houston, el calentamiento antropogénico total del sector de vehículos es de  $300 \text{ W/m}^2$  durante la hora pico de la tarde, sobre cuadrículas de análisis de 500m ubicadas en las calles principales (Sailor & Lu, 2004). Por este motivo, en el análisis del transecto, se realizó el conteo del afluente vehicular, donde se establecieron periodos de medición a diferentes horas durante los días de medición. Los datos obtenidos fueron: S1 (12 autos/minuto), S2 (10 autos/minuto), S3 (10 autos/minuto) y en la S4 (8 autos/minuto), dando un promedio de 10 autos por minuto.

En México, el transporte consume más del 45 % de la energía a nivel nacional, y emitió un 95% de las emisiones de CO, 73 % de óxidos de nitrógeno y 15 % de dióxido de azufre (Elizondo & Hernández Amezcua, 2018). Por lo que una propuesta de movilidad sustentable, beneficia la salud pública de los transeúntes y sus zonas aledañas.

### 2.1.3 Análisis: Relación de aspecto.

En la Tabla 2, se exponen datos gráficos y fotografías de cada sección del transecto, que corresponden a la calle Del Padre Belauzarán, punto de conexión entre la zona poniente de la ciudad con su centro histórico.

<sup>1</sup> Roca constituida principalmente por cristales de feldespato y cuarzo incluidos en una masa de color rojo oscuro.



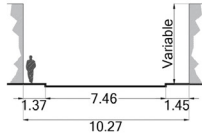
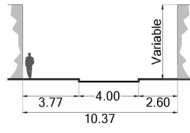
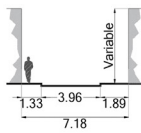
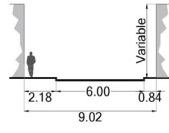








S1	S2	S3	S4
21°00'43.3"N 101°14'55.9" W	21°00'42.6"N 101°15'01.5" W	21°00'45.5" N 101°15'07.3" W	21°00'47.5" N 101°15'04.3" W
			
			
			

Tabla 2. Relación de aspecto de la Sección 1 (S1) a la Sección 4 (S4).  
Fuente: Elaboración propia.

Los materiales de rodamiento son impermeables y las envolventes de las construcciones son de tipo pétreo; no se observan grandes sobresalientes en el perfil del área; la abertura o ancho de la calle oscila entre los 7 y 10 metros y, hay una escasa vegetación en ambas banquetas del cañón urbano.

La trayectoria de la calle está conformada por varias curvas abiertas, por lo que constantemente hay un cambio en la orientación del transecto, las edificaciones muestran alturas variadas, la topografía del terreno y la traza urbana de estilo plato roto, genera diferentes alturas y configuraciones. Estas características contribuyen a una variación en la transferencia de calor a lo largo del transecto. A lo largo del trayecto, se presentan sombras por la envolvente que contribuye en la reducción de la temperatura entre las secciones.

#### 2.1.4. Análisis: Climático y Periodo de estudio.

De acuerdo con la caracterización climática desarrollada por (Gómez-Azpeitia, 2016), en esta localidad se desempeña un clima templado sub-húmedo. Las Normales Climatológicas Nacionales en el periodo de 1981-2010 reportaron una temperatura máxima anual de 26.6 °C, una temperatura mínima anual de 11 °C, con temperatura promedio anual de 19 °C (Sistema Meteorológico Nacional, 2020). La precipitación pluvial varía con 712 milímetros anuales. En los meses de junio a septiembre se observaron las mayores incidencias de lluvias alcanzando un valor máximo de 179 milímetros. El mes más lluvioso fue julio y el más árido fue diciembre.

Estudios climatológicos y estadísticos de Guanajuato, a partir de escenarios regionalizados comprueban un cambio en el clima para el periodo del 2010 al

2099, que conllevan un incremento de los eventos de temperaturas máximas extremas y a un decremento de los eventos de temperaturas mínimas extremas, dicho aumento oscila entre 1 a 2 °C, con aumento

en la precipitación de 3mm (Gómez-Mendoza et al., 2017). En la Tabla 3 se observan las principales características climáticas de la localidad de estudio.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temp.Máx.Abs.	28.9	33.6	34.7	37	38.9	37.2	34.1	34.5	33.5	34	29.8	29.7
Temp.Máx.Media	22.3	24.1	27.1	29.4	30.6	28.7	26.9	26.8	26.1	25.5	24.2	22.6
Temp.Media	14.6	16	18.4	20.8	22.3	21.7	20.5	20.4	19.9	18.6	16.6	15
Temp.Mín.Media	6.9	7.9	9.7	12.2	14	14.7	14.1	14.1	13.8	11.7	9	7.5
Temp. Mín. Abs.	-1.5	-2	0.3	5.5	8	9	10.4	9	4.8	2.2	-4	-4
Precipitación (mm)	16	12	9	8	42	137	180	149	123	36	10	10
Horas de sol	235.6	226	266.6	261	260.4	210	201.5	220.1	198	244.9	252	217

Tabla 3. Parámetros climáticos promedio de Guanajuato (1951-2010) WPTC. Nota. Los valores de la temperatura se presentan en °C. Fuente: Sistema Meteorológico Nacional, 2020.

Para obtener datos representativos de esta localidad, se determinó tomar mediciones en días representativos de marzo a septiembre, que corresponden a la temporada donde históricamente se presentan las mayores temperaturas y la transición a la temporada de otoño.

## 2.2 Instrumentación y monitoreo

Previo a los datos de observación, se realizaron recorridos en diferentes horas y temporadas, durante el año 2021, para establecer criterios preliminares del periodo y ubicación del monitoreo. Se determi-

nó realizar una prueba piloto durante la semana del 21 al 25 de febrero de este año. Como resultado, se establecieron los siguientes criterios para el periodo de monitoreo:

- Periodo: Mediciones durante días representativos de los meses de marzo a septiembre de este año.
- Horario: de 11:00 a 13:10 horas, considerando que los materiales y sistemas constructivos recibieron la radiación solar durante toda la mañana.
- Intervalos de medición: a cada 30 segundos para contar con un número de datos estadísticamente representativos. Se obtuvieron 261 datos por recorrido.

- Altura: ubicada a 1.20 m, punto de ubicación promedio del corazón (Figura 4a).
- Ubicación transversal: a 0.50 m de la fachada, para que no interfiera en la temperatura ambiental, la radiación de estas (Figura 4b).
- Equipos: dispositivos marca Elitech, modelo RC-51h, calibrados previamente durante una semana. Estos dispositivos están diseñados para realizar mediciones de temperatura de bulbo seco y humedad relativa en un rango de (-30 °C a 70 °C) y (5 % a 95%) respectivamente (Figura 4c). Además, se colocó una protección sobre los equipos de medición (Figura 4d).

Se consideró la norma ISO 7626: 1998 Instrumentos para medir cantidades físicas (World Meteorological Organization, 2018), especificaciones para los instrumentos que miden cantidades físicas del medio ambiente, en ambientes cálidos, templados o fríos. Los puntos de medición determinados son resultado de diferentes orientaciones y por lo tanto de diferentes comportamientos en la transferencia de calor.



Figura 4. Dispositivos de medición y arreglo experimental.

Nota. De izquierda a derecha. 4a) Posición de la altura, 4b) Ubicación entre los dispositivos de medición y la envolvente urbana, 4c) Dispositivo de medición y 4d) Protección del equipo de medición. Fuente: Vázquez-Torres, 2022.

Los resultados de medición (temperatura y humedad relativa), se utilizaron para evaluar el estrés térmico a partir del Índice Universal de Clima Térmico (UTCI por sus siglas en inglés), que considera la transferencia de calor con enfoque en el balance de calor humano a partir de la Ec. 1 que se presenta a continuación.

$$UCTI (T_a, T_r, v_a, p_a) = T_a + \text{Offset} (T_a, T_r, v_a, p_a) \quad \text{Ec. 1}$$

La desviación de la UTCI con respecto a la temperatura del aire ( $T_a$ ) se define como el offset y depende de los valores reales del caso de estudio de la temperatura radiante del aire y de la media ( $T_r$ ), de la velocidad del viento ( $v_a$ ) y de la humedad relativa, expresada como presión de vapor de agua ( $p_a$ ) o humedad relativa (RH). El UTCI es definido como la temperatura del aire de la condición de referencia que provoca la misma respuesta del modelo que



las condiciones reales (Błazejczyk et al., 2013); este índice se desarrolló en el 2009 y describe el confort fisiológico del cuerpo humano en condiciones meteorológicas específicas. El UCTI se divide en 10 categorías de estrés que abarcan desde el estrés por calor extremo (por encima de 46 °C) hasta el estrés por frío extremo (por debajo de - 40 °C). Para este caso de estudio, se determinó utilizar el rango de 9 °C a 26 °C establecido para localidades que no presentan normalmente estrés ambiental, que corresponde al clima templado en el que se desempeña el objeto de este estudio.

### 3. Resultados

En la Fig. 5 se presentan los resultados de la evaluación del UCTI para Guanajuato, en esta figura se observan los días de medición, en rojo la línea superior que indica la temperatura de confort superior (TCS),

no se alcanza a visualizar la temperatura de confort inferior (TCI) debido a que los valores no presentaron tareas de calentamiento durante el periodo de medición. En tonos grises, se dividió el tiempo de medición por cada sección (S1 a S4).

Los resultados mostraron una similitud en la trayectoria de los diferentes días y meses, con diferentes oscilaciones. Como se esperaba, los días de medición de mayo presentaron los más altos niveles de estrés térmico, que disminuyó a partir de agosto y se corrobora en septiembre. Se presentó un comportamiento ascendente del estrés térmico, es importante señalar que las mediciones en la S1 reflejaron un mejor confort térmico, esto se debe a la cercanía con el jardín público con árboles de 5 m aproximadamente; en menor medida, se observó un comportamiento similar en la S4.

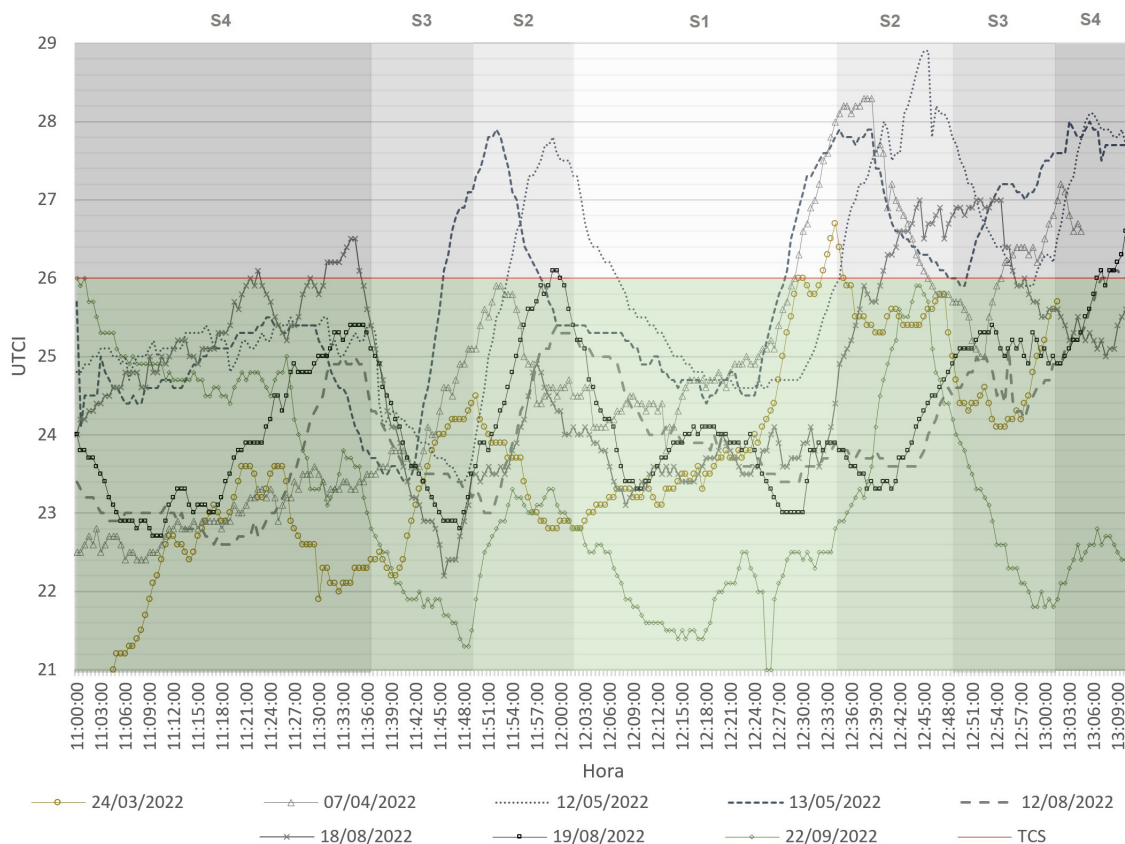


Figura 5. Resultados del Índice del UCTI para Guanajuato.

Fuente: Elaboración propia.

Destaca el incremento del estrés térmico en la S2, con resultados en diferentes horarios durante los meses de medición. Los resultados mostraron necesidades de enfriamiento en esta sección para favorecer la movilidad peatonal. Las características de la S2, generan la oportunidad de proponer una revegetación para favorecer las condiciones térmicas de los peatones.



*Figura 6. S2 del transecto donde se presentaron los más altos niveles de estrés térmico.  
Fuente: Elaboración propia.*

En la S2 se observó un área de oportunidad para establecer estrategias pasivas para enfriar el espacio urbano y promover la movilidad peatonal por las dimensiones, materiales y características físicas que presenta. En la Fig. 6 se observa el espacio disponible para la propuesta de revegetación. Por las limitaciones normativas que implica este espacio patrimonial, se propone contener las raíces en macetas para controlar su crecimiento. El tipo de vegetación propuesta corresponde al dosel vegetal caducifolio, que incrementa su dosel durante el verano y disminuye en el invierno, característica que permite el paso de la radiación en los meses con menor temperatura.

Adicionalmente, se propone analizar las viviendas aledañas a este transecto, para proponer la revegetación en patios con la finalidad de aumentar la vegetación en la zona e incrementar los niveles de humedad relativa, que además contribuye a la disminución del CO<sub>2</sub> en la zona centro de la localidad. Díaz-López et al. concluyeron que la revegetación es una estrategia efectiva a escala urbana (Díaz-López et al., 2022), con capacidad para mejorar el microclima del entorno.

Uno de los compromisos que adquirió el gobierno mexicano en el marco de la Conferencia de las Partes convocada por la Convención Marco para el Cambio Climático, fue la armonización de las políticas públicas la normativa de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés), con enfoque estricto para disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> progresivamente hasta el 2025 (Elizondo & Hernández Amezcua, 2018). Este compromiso implica, por un lado, la actualización de políticas energéticas en el entorno urbano, y la evaluación de las estrategias sustentables enfocadas en el sector transporte y la salud humana y ambiental. Especialmente en centros históricos con altos niveles de ocupación, valorados como Patrimonio de la Humanidad.

#### 4. Conclusiones

En este estudio, se realizó un experimento que incluyó un periodo de observación y pre-monitoreo en diferentes días representativos de la temporada de calor, entre los meses de marzo a septiembre; para obtener variables climáticas que permitieron calcular el estrés térmico utilizando un índice internacional, en un transecto que conecta la zona poniente con el centro histórico de Guanajuato.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la localidad es representativa de un clima templado subhúmedo. Los resultados mostraron estrés térmico durante el periodo de monitoreo, especialmente en la S2, don-

de se presentaron los niveles más altos de estrés térmico de acuerdo con el índice internacional UTCI. La envolvente del transecto recibió radiación solar directa en las horas de la mañana, con materiales de construcción como adobe, piedra, cantera, que son considerados de alta densidad y alta inercia térmica. Es importante tener en cuenta que estos materiales, originalmente no fueron considerados para responder a los efectos del cambio climático que se ha desarrollado durante las últimas décadas, y que perjudica el ciclo de vida de los materiales y su salud.

Se ratifica la necesidad de innovar técnicas pasivas en centros históricos para que además puedan ser renovados utilizando recubrimientos en infrarrojo, estrategias para aportar humedad, estrategias de sombreado. Y se considera la necesidad de sistematizar la observación meteorológica en áreas urbanas patrimoniales, para obtener registros periódicos del comportamiento en puntos estratégicos, que permitan la visualización de puntos altos de temperatura y su oportuna intervención en favor de la salud humana y ambiental.

Como área de oportunidad se identifica el desarrollo de propuestas dirigidas a la envolvente, que mejoren el movimiento del viento para disipar calor, creando turbulencias a una altura mayor a 3 metros. Adicionalmente, se observa la oportunidad de extender el período de monitoreo para el registro del comportamiento térmico del cañón urbano a lo largo del año para observar, además, el comportamiento durante la temporada de frío.

Las estrategias propuestas se enfocaron en favorecer la movilidad sustentable y disminuir el estrés térmico. Es pertinente elaborar propuestas de adecuación para propiciar condiciones confortables a los usuarios del espacio urbano, considerando la normatividad aplicable a los espacios públicos patrimoniales a nivel nacional.

## Agradecimientos

La primera autora agradece el financiamiento del CONACYT (CVU No. 181807) a través de una beca posdoctoral. Este producto es producto de la colaboración de la Red Iberoamericana de Eficiencia y Salubridad en Edificios (IBERESE 723RT0151) y la Red Iberoamericana de Pobreza Energética y Bienestar Ambiental (RIPEBA).

## Referencias

- Anderson, M. c., Allen, R., Morse, A., & Kustas, W. (2012). Use of Landsat thermal imagery in monitoring evapotranspiration and managing water resources. *Remote Sensing of Environment*, 122, 50–65. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.08.025>
- Błazejczyk, K., Jendritzky, G., Bröde, P., Fiala, D., Havenith, G., Epstein, Y., Psikuta, A., & Kampmann, B. (2013). *An introduction to the Universal thermal climate index (UTCI)*. *Geographia Polonica*, 86(1), 5–10. <https://doi.org/10.7163/GPol.2013.1>
- Bröde, P. (2022). *Universal Thermal Climate Index*. <http://www.utci.org/index.php>
- Brysse, K., Oreskes, N., O'Reilly, J., & Oppenheimer, M. (2013). Climate change prediction: Erring on the side of least drama? *Global Environmental Change*, 23(1), 327–337. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.10.008>

Castaldo, V., Rosso, F., Golasi, I., Piselli, C., Salata, F., Pisello, A., Ferrero, M., Cotana, F., & De Lieto Vollaro, A. (2017). Thermal comfort in the historical urban canyon: The effect of innovative materials. *Energy Procedia*, 134, 151–160. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.553>

Dávila Mosquera, S., D'Alencon, R., & Morris, R. (2018). *Oasis en el Desierto : El patio arborizado como estrategia de desarrollo sustentable para el diseño urbano de Diego de Almagro*. <https://static1.squarespace.com/static/5ce1c57d1ecba20001733cda/t/5e2522693e92f9543990b8fa/1579491977093/06.Davila.pdf>

Diario Oficial de la Federación. (2012). *Ley Federal Sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas E Ley Federal Sobre Monumentos y Zonas Arqueologicos, Artísticos E Historicos Capítulo I*. 1–15.

Díaz-López, C., Serrano-Jiménez, A., Verichev, K., & Barrios-Padura, Á. (2022). Passive cooling strategies to optimise sustainability and environmental ergonomics in Mediterranean schools based on a critical review. *Building and Environment*, 221(April). <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109297>

Elizondo, A., & Hernández-Amezcu, T. (2018). Regulación de las emisiones de CO2 para vehículos ligeros en México. *Gestión y Política Pública*, 27, 1–24. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-10792018000200571](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-10792018000200571)

Farhan, S., Akef, V., & Nasar, Z. (2020). The transformation of the inherited historical urban and architectural characteristics of Al-Najaf's Old City and possible preservation insights. *Frontiers of Architectural Research*, 9(4), 820–836. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2020.07.005>

Gómez-Azpeitia, G. (2016). *Caracterización climática, Universidad de Colima*.

Gómez-Mendoza, L., Bello Mendoza, L., & Abigail, C. T. D. (2017). Escenarios regionales de cambio climático para la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda Guanajuato, México. *Acta Universitaria*, 27, 1–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.15174/au.2017.1077>

González Biffis, A., & Etulain, J. (2018). Problemáticas y estrategias para la intervención y gestión en centros históricos de Italia, España y América Latina. *Cuaderno Urbano*, 24(24), 137–170. <https://doi.org/10.30972/crn.24242925>

Guzman, P. (2020). Assessing the sustainable development of the historic urban landscape through local indicators. Lessons from a Mexican World Heritage City. *Journal of Cultural Heritage*, 46, 320–327. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.06.017>

INEGI, Instituto Nacional de Geografía, E. e I. (2016). *Inventario Nacional de Vivienda*.

INEGI, Instituto Nacional de Geografía, E. e I. (2022). *Población*. Cuéntame de México. <https://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/default.aspx?tema=P>

Jamei, E., Jamei, Y., Rajagopalan, Pr., Remaz Ossen, D., & Roushenas, S. (2015). Effect of built-up ratio on the variation of air temperature in a heritage city. *Sustainable Cities and Society*, 14, 280–292. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2014.10.001>

Lai, D., Liu, W., Gan, T., Liu, K., & Chen, Q. (2019). A review of mitigating strategies to improve the thermal environment and thermal comfort in urban outdoor spaces. *Science of the Total Environment*, 661, 337–353. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.062>

Periódico Oficial del Gobierno del Estado. (2011). *Reglamento de edificación y mantenimiento para la ciudad de Guanajuato y su municipio*. <http://www.guanajuatocapital.gob.mx/files/2013-11/Reglamento de Edificacion y Mantenimiento.pdf>

Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato. (2009). *Reglamento para el control patrimonial de bienes muebles e inmuebles del municipio de Guanajuato, Gto.* [http://www.guanajuatocapital.gob.mx/files/2019-09/reglamento\\_para\\_el\\_control\\_patrimonial\\_de\\_bienes\\_muebles\\_e\\_inmuebles\\_de\\_guanajuato\\_\(mar\\_2009\).pdf](http://www.guanajuatocapital.gob.mx/files/2019-09/reglamento_para_el_control_patrimonial_de_bienes_muebles_e_inmuebles_de_guanajuato_(mar_2009).pdf)

Ramírez-Rosete, N., González-González, M., & Reyes-Granados, J. (2020a). Estrategias de Preservación del Patrimonio Cultural de los Centros Históricos de Puebla, La Habana y Quito. *Revista de Estudios Andaluces*, 39, 45–65. <https://doi.org/10.12795/rea.2020.i39.03>

Ramírez Rosete, N., Reyes Granados, J., & Calderón-Calderón, B. (2020b). El turismo y su impacto en el patrimonio cultural del centro histórico de Puebla. *Antrópica*, 6, 129–154. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7502424>

Rodríguez-Algeciras, J., Tablada, A., Chaos-Yeras, M., De la Paz, G., & Matzarakis, A. (2018). Influence of aspect ratio and orientation on large courtyard thermal conditions in the historical centre of Camagüey-Cuba. *Renewable Energy*, 125, 840–856. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.01.082>

Sailor, D. J., & Lu, L. (2004). A top-down methodology for developing diurnal and seasonal anthropogenic heatSecng profiles for urban areas. *Atmospheric Environment*, 38, 2737–2748. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.01.034>

Saito, K., Said, I., & Shinozaki, M. (2017). Evidence-based neighborhood greening and concomitant improvement of urban heat environment in the context of a world heritage site - Malacca, Malaysia. *Computers, Environment and Urban Systems*, 64, 356–372. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.04.003>



Secretaría de Turismo. (2021). *Ciudades Mexicanas Patrimonio Mundial*. Análisis Integral de Turismo. <https://www.datatur.sectur.gob.mx/SitePages/CiudadesPatrimonio.aspx>

Secretaría de Turismo. (2022). *Indicadores de la actividad turística en el Estado de Guanajuato*. [http://www.observatorioturistico.org/cenDoc/6bc88-Boleti--n-Actividad-Turi--stica\\_ENE2022.pdf](http://www.observatorioturistico.org/cenDoc/6bc88-Boleti--n-Actividad-Turi--stica_ENE2022.pdf)

Sistema Meteorológico Nacional. (2020). *Climatic conditions*. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado>

United Nations. (2022). *Global temperatures: costs continued to soar in 2021*. 13 September. <https://www.unep.org/news-and-stories/story/global-temperatures-costs-continued-soar-2021>

World Meteorological Organization. (2018). Guía de prácticas climatológicas. In *Organización Meteorológica Mundial* (Vol. 100). [http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/guide/documents/wmo\\_100\\_es.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/guide/documents/wmo_100_es.pdf)

World Meteorological Organization. (2022). *New climate predictions assess global temperatures in coming five years*. 13 September. <https://public.wmo.int/en/media/press-release/new-climate-predictions-assess-global-temperatures-coming-five-years>

Yildirim, M. (2020). Shading in the outdoor environments of climate-friendly hot and dry historical streets: The passageways of Sanliurfa, Turkey. *Environmental Impact Assessment Review*, 80. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.106318>

### **Dra. Claudia Eréndira Vázquez Torres**

Arquitecta por la Universidad de Guanajuato; Maestra en Arquitectura por la Universidad Nacional Autónoma de México; Doctora en Arquitectura por la Universidad de Colima.

Ponente en foros nacionales e internacionales, con publicaciones arbitradas e indizadas bajo la línea de Confort térmico, cambio climático y análisis energético, con énfasis en Diseño Bioclimático y Edificación Sostenible. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, del Registro Estatal de Investigadores en Yucatán y del Laboratorio de Modelado y Optimización de Procesos Energéticos y Ambientales en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, donde actualmente cursa un posdoctorado.

### **Dra. Cristina Sotelo Salas**

---

Arquitecta por la Universidad Autónoma de Baja California; Máster en Arquitectura y Sostenibilidad por la Universidad Politécnica de Cataluña; Maestra en Arquitectura por la Universidad Autónoma de Baja California; Doctora en Arquitectura por la Universidad de Colima.

Miembro de la Academia Institucional de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología de la UABC desde 2021. Ponente en foros nacionales e internacionales, con publicaciones arbitradas e indizadas bajo la línea de Diseño Sostenible, con énfasis en Diseño Bioclimático y Edificación Sostenible. Profesora-investigadora de tiempo completo y Coordinadora de Investigación y Posgrado de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la UABC.

### **Dra. Ruth Maria Grajeda Rosado**

---

Arquitecta por la Universidad Veracruzana (UV), con Especialidad y Maestría en Construcción por la UV; Doctora en Arquitectura por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Ha publicado en revistas nacionales e internacionales y participado en congresos internacionales y nacionales como: el Passive Low Energy Architecture Conference en Hong Kong (2018) y Santiago de Chile (2022), entre otros. Colaboradora del Cuerpo Académico Habitabilidad y Tecnología Sustentable CA-440 de la Universidad Veracruzana. Académico en la UV en el programa de Arquitectura, Ingeniería Civil e Ingeniería Electrónica y Comunicaciones. Coordinadora de la Academia de Edificación del Programa de Arquitectura.





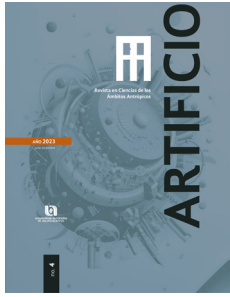
### **Política de acceso abierto**

La Revista Artificio proporciona un acceso abierto a su contenido, basado en el principio de que ofrecer un acceso libre a las investigaciones ayuda a incrementar el intercambio global del conocimiento. Artificio no cobra ni cobrará ningún cargo a sus lectores por concepto de suscripción, ni a los autores por enviar, procesar o publicar sus artículos.

Como condición de publicación, los autores acuerdan liberar sus derechos de autor bajo una licencia compartida, específicamente la licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a cualquier persona compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato bajo los siguientes términos:

- \*Dar crédito al autor del texto
- \*No hacer uso del material con propósitos comerciales
- \*No transformar o modificar el material.



## Artificio

Revista en Ciencias de los Ámbitos Antrópicos  
Centro de Ciencias del Diseño y de la Construcción  
Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.  
Núm. 4 (2023) periodo julio-diciembre

e-ISSN

2992-7463

Site

[https://revistas.uaa.mx/  
index.php/artificio](https://revistas.uaa.mx/index.php/artificio)



## Mejoras para la Regulación Microclimática del Entorno Urbano del Antiguo Mercado Municipal de Mexicali, México.

*Improvements for Microclimatic Regulation  
of Urban Environment around the Former  
Municipal Market of Mexicali, Mexico.*

**Alan García-Haro**

Facultad de Arquitectura y Diseño,  
Universidad Autónoma de Baja California  
ORCID: 0000-0002-4302-6492  
[alan.haro@uabc.edu.mx](mailto:alan.haro@uabc.edu.mx)

Received: 2023-10-16

Accepted: 2023-11-10

### **Cómo citar este trabajo. How to cite this paper**

García-Haro, A. (2023). Mejoras para la Regulación Microclimática del Entorno Urbano del Antiguo Mercado Municipal de Mexicali, México. *Artificio* 4(4), eE1-eE19.



# Mejoras para la Regulación Microclimática del Entorno Urbano del Antiguo Mercado Municipal de Mexicali, México

Alan García-Haro

## Resumen

En entornos urbanos con clima desértico, las condiciones térmicas derivadas del incremento proyectado de temperaturas debido al cambio climático, el efecto de isla de calor urbana y las altas temperaturas que naturalmente se registran en la región, demandan estrategias de regulación microclimática en los espacios exteriores urbanos para reducir el estrés térmico de los usuarios y asegurar su óptimo funcionamiento. En este contexto, la presente investigación plantea una aproximación a la identificación del impacto microclimático de estrategias de diseño en los alrededores urbanos del Antiguo Mercado Municipal de Mexicali, México. Con este objetivo se plantearon tres etapas de análisis: 1) mediciones de campo para el análisis detallado del comportamiento térmico del estado actual de los espacios urbanos; 2) planteamiento de distintas estrategias y escenarios de diseño urbano para la mejora microclimática; y 3) evaluación de la influencia térmica de dichas estrategias mediante simulación térmica de exteriores en ENVI-met. Finalmente, los resultados presentan la efectividad de las estrategias de diseño urbano propuestas en torno a la movilidad y el uso recreativo de los espacios públicos. Donde se identificaron una serie de consideraciones que permiten una respuesta técnicamente justificada a la adaptación climática del entorno urbano del Antiguo Mercado Municipal de Mexicali.

**Palabras clave:** *clima urbano, diseño urbano, vulnerabilidad al cambio climático, simulación térmica de exteriores.*

## Abstract

In urban environments with a desert climate, the thermal conditions derived from the projected increase in temperatures due to climate change, the urban heat island effect, and the natural high temperatures in the region, demand microclimatic regulation strategies in urban outdoor spaces, to reduce thermal stress of users and ensure optimal conditions. In this context, the present research proposes an approach to the identification of the microclimatic impact of design strategies in the urban surroundings of the Former Municipal Market of Mexicali, Mexico. With this objective, three stages of analysis were proposed: 1) field measurements for detailed analysis of the thermal behavior of the current state of urban spaces; 2) approach to different strategies and urban design scenarios for microclimatic improvement; and 3) evaluation of the thermal influence of these strategies through outdoor thermal simulation in ENVI-met. Finally, the results present the effectiveness of the urban design strategies proposed around mobility and the recreational use of public spaces. Where a series of considerations were identified that allow a technically justified response to the climatic adaptation of the urban environment of the Former Municipal Market of Mexicali.

**Keywords:** *urban climate, urban design, climate change vulnerability, outdoor thermal simulation.*

## 1. Introducción

Este trabajo presenta una aproximación metodológica al análisis del comportamiento térmico actual y los posibles impactos microclimáticos de una serie de propuestas de mejora del entorno urbano del Antiguo Mercado Municipal de Mexicali, Baja California, México. Particularmente, se evalúan dos propuestas conceptuales en los alrededores de dicho edificio histórico, ubicada en los límites del Centro Histórico de la ciudad, buscando fomentar la preservación de su patrimonio histórico arquitectónico, bajo los criterios de conservación la tipología y estructura de la edificación original, pero con una propuesta de mejora del contexto urbano, que promoviera la integración peatonal en los espacios públicos de los alrededores.

La ciudad de Mexicali se encuentra ubicada dentro de una región climática desértica cálida (Bwh), donde las temperaturas oscilan entre los 5°C y 45°C en periodos regulares de frío y calor respectivamente, aunque en 2020, registró los valores más altos del país, alcanzando 50.2°C (Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional, 2021). Aunque esta situación condiciona naturalmente el uso diurno de los espacios exteriores durante los periodos cálidos de primavera, verano y otoño; la situación se agrava debido al efecto de isla de calor urbana, ocasionado en gran medida por la predominante presencia de superficies de asfalto en vialidades y estacionamientos (Casillas-Higuera, García-Cueto, & Leyva-Camacho, 2014). Asimismo, se ha identificado que es durante la noche cuando se distingue con mayor claridad el efecto de isla de calor, al prolongarse la liberación del calor almacenado por las superficies hasta horas después de haberse ocultado el sol (Arellano & Roca, 2021). Situación que, en una ciudad desértica, representa la extensión de la vulnerabilidad a las altas temperaturas hacia los periodos nocturnos, reduciendo las horas disponibles para que los habitantes realicen actividades sociales y recreativas en los espacios públicos exteriores durante estos periodos.

Por otra parte, las proyecciones de aumento de temperatura aunadas al cambio climático global incrementan la vulnerabilidad al estrés térmico en los espacios urbanos exteriores. Se estima que entre 2011 y 2020, las actividades humanas generaron incrementos en la temperatura media del planeta entre los 0.8 y 1.30°C superiores que los registrados entre 1850 a 1900 (IPCC, 2023). Mientras que las proyecciones indican que estos valores alcanzarán los 2°C en los próximos 30 años. Particularmente, la región en la que se encuentra Mexicali había registrado un aumento en las temperaturas medias de 1.86°C entre 1900 y 2018. Así como las proyecciones indican que, de acatarse el escenario RCP 2.6 con medidas estrictas en la regulación de emisiones de gases de efecto invernadero, el aumento de temperatura en la región pudiera verse controlado e incluso oscilar alrededor de valores inferiores a los actuales con 1.68°C de aumento proyectados para 2050. Aunque el escenario pesimista RCP 8.5 con un aumento en las emisiones siguiendo la tendencia de crecimiento actual llevaría a un incremento en las temperaturas de hasta de 2.67°C para 2050 en la región. Anomalías que se han visto asociadas a severas afectaciones a la salud de los habitantes de las ciudades alrededor del mundo.

Si bien, no se ha identificado una amplia literatura referida específicamente al caso del comportamiento climático del centro histórico de Mexicali, existen múltiples estudios que estudian las estrategias reconocidas como mitigantes del calentamiento de las ciudades (García Haro & Arellano Ramos, 2018). En contextos desérticos, estudios han identificado el papel fundamental de la generación de sombra mediante árboles o elementos artificiales (Ahmadi Venhari, Tenpierik, & Taleghani, 2019; Colter, Middel, & Martina, 2019), así como la sustitución de las cubiertas de suelo por otras de mayor albedo en la escala local (Mohammed, Khan, & Santamouris, 2021) y pequeña escala (Sen, Mendèz-Ruiz Fernandèz, & Roesler, 2020).

En este contexto, la presente investigación surge como respuesta a la necesidad de adaptación de los espacios urbanos a las condiciones climáticas de la región y las dinámicas sociales de la localidad. Así como busca promover el proceso de análisis aquí planteado como ejercicio cotidiano en los talleres de proyecto arquitectónico de las escuelas de Arquitectura.

## 2. Datos y métodos

En la presente investigación se constituye un ejercicio metodológico para la toma de decisiones en la definición de las estrategias de integración urbana durante el proceso de diseño y planeación de los espacios urbanos aledaños al proyecto arquitectónico. Particularmente, el estudio se divide en tres etapas: 1) mediciones de campo para el análisis del comportamiento climático detallado de los espacios urbanos bajo las condiciones actuales y la identificación de

puntos vulnerables al estrés térmico; 2) planteamiento de distintas estrategias y escenarios de intervención urbana para la mejora microclimática de los alrededores del proyecto; y 3) evaluación de la influencia de los diferentes escenarios de estrategias de diseño planteadas sobre el comportamiento térmico de los espacios mediante simulación térmica en ENVI-met (Bruse & Fleer, 1998).

### 2.1 Descripción del caso de estudio

El presente estudio se enfoca en el análisis de las propuestas de diseño de los espacios urbanos comprendidos por la intersección entre la Avenida Álvaro Obregón con la Calle Pedro F. Pérez y Ramírez, colindantes al Antiguo Mercado Municipal de Mexicali, ubicado en la Colonia Primera Sección en los límites del Centro Histórico de la ciudad de Mexicali, Baja California, México. Ciudad en el límite norte del municipio homónimo y capital del Estado de Baja California, en la frontera con los Estados Unidos.



Figura 1. Ubicación del antiguo Mercado Municipal de Mexicali.  
Fuente: Elaboración propia con información del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información (INEGI, 2020) y Esri (2022).

El Antiguo Mercado Municipal cubre una superficie aproximada de 2,200m<sup>2</sup> y tuvo su inauguración en el año de 1956, constituyendo durante décadas uno de principales puntos de comercio local. En 2010 el edificio fue desalojado debido a los daños estructurales que sufrió durante el terremoto del 4 de abril de ese año. Desde entonces y hasta la actualidad, se encuentra abandonado y presenta un alto grado de deterioro físico. Por lo que, en los últimos años, la administración local y la sociedad civil han expresado su interés por rehabilitar la edificación, buscando conservarla como parte patrimonio arquitectónico de la localidad (Ruelas Parra, 2018).



Figura 2. Vista del estado actual del Antiguo Mercado Municipal de Mexicali desde intersección de Avenida Álvaro Obregón y Calle Pedro F. Pérez y Ramírez. Fuente: Fotografía propia tomada el 5 de mayo de 2022 a las 16:03hrs.

## 2.2 Registro del comportamiento climático de los espacios urbanos del proyecto

Con instrumentos portátiles se registró la temperatura de aire ( $T_a$ ) y superficies ( $T_s$ ), en 17 puntos del área de estudio el 5 de mayo entre las 15:32 y 16:34 horas del día, así como la noche inmediata después,

el 6 de mayo entre las 00:06 y 00:50 horas, ambos en hora local. Fechas seleccionadas como días representativos de primavera, considerada la temporada con los valores de temperatura medios representativos y con mayor expectativa de posibilidad de uso de espacios exteriores en el clima desértico. Se utilizó la estación portátil Extech HT30 y el anemómetro Extech 45118 posicionados a una altura de 1.5m sobre el suelo para obtener las variables atmosféricas y una cámara termográfica Fluke TiS20 para registrar la temperatura de las superficies con radiación directa del sol, bajo sombra y durante la noche. Asimismo, se calculó el Albedo de las superficies mediante un luxómetro, obteniendo la relación entre la radiación solar directa y la reflejada por las superficies. Para su interpretación espacial, se elaboró un mapa de  $T_a$  para los registros de día y noche mediante una interpolación de Ponderación de distancia inversa (IDW por sus siglas en inglés) en ArcGIS.

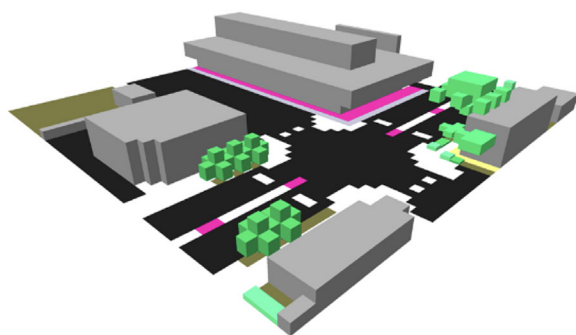
## 2.3 Modelado y simulación térmica de escenarios de mejora del contexto urbano

La simulación térmica de los espacios exteriores se realizó mediante el modelo microclimático ENVI-met 5.0.3. Donde se evaluaron tres escenarios; uno bajo las condiciones físicas actuales de los espacios urbanos y otros dos con propuestas de modificación planteadas a partir de los resultados de las mediciones de campo y la simulación del escenario actual. Los tres escenarios se modelaron en un área cuadrangular de 100m por lado (2m celda), buscando integrar la relación entre la intersección vial y las fachadas principales del edificio (Figura 1). La simulación se corrió para la misma fecha y hora de las mediciones de campo (5 y 6 de mayo de 2022). Donde la calibración climática se realizó con la información de temperatura, dirección y velocidad del viento registradas en la estación meteorológica Mexicali-EMA (Sistema Meteorológico Nacional (SMN), 2022), aproximadamente a tres kilómetros del área de estudio [32.6666N; -115.4577°].



El modelado de las edificaciones corresponde a las condiciones actuales de la zona, planteando la conservación íntegra de la edificación actual del antiguo Mercado Municipal y considerando el Concreto con aislamiento moderado como material predominante en edificaciones, así como Concreto sin aislamiento en muros divisorios exteriores. Mientras que los principales cambios planteado en los escenarios propuestos corresponden al cambio de superficies y vegetación.

Finalmente, para su análisis, se extrajeron las imágenes de la potencial temperatura de aire del área de estudio a una altura de 1.8m. Tomando como referencia el corte de las 15:30hrs para analizar el periodo diurno y el de la 00:30hrs para el nocturno.



### 2.3.1 Escenario actual

El modelo para la simulación del escenario actual se representó con una abstracción de los materiales y vegetación identificados al momento de las mediciones de campo (Figura 2). Con una predominante superficie cubierta por asfalto en vialidades vehiculares, concreto gris sobre las banquetas, concreto estampado rojo brillante en los andadores peatonales aledaños al edificio en cuestión y tierra y pasto en los arriates de la vegetación actualmente en el área. Asimismo, actualmente la presencia de vegetación está conformada por 11 árboles, una palma, cinco arbustos y dos superficies cubiertas de pasto (Figura 3).

ID	Material	Albedo
	Asfalto	0.2
	Concreto gris	0.5
	Concreto estampado rojizo brillante	0.8
	Tierra	0.2
	Pasto	0.2

ID	Vegetación	Cant.
DS	Árbol follaje denso, tronco delgado, 5m de altura	9
SS	Árbol follaje medio, tronco delgado, 5m altura	1
DM	Palma 10m de altura	1
AC	Árbol follaje medio, tronco delgado, 2m altura	1
XY	Arbusto denso, 50cm altura	5
LG	Pasto, 10cm altura	2

Figura 3. Modelado del escenario actual en ENVI-met.  
Fuente: Elaboración propia

### 2.3.2 Primer escenario propuesto: paso elevado en intersección

Una vez identificados los puntos vulnerables, se hizo una primera propuesta. Particularmente, se propuso un paso elevado en la intersección de las avenidas principales con sustitución del asfalto por pavimento

empedrado y estampado de concreto, y se integró vegetación en áreas específicas de interés. Así como se reconfiguró la avenida lateral al edificio, cambiando una porción del asfalto y el concreto gris oscuro por un concreto claro (Figura 4).

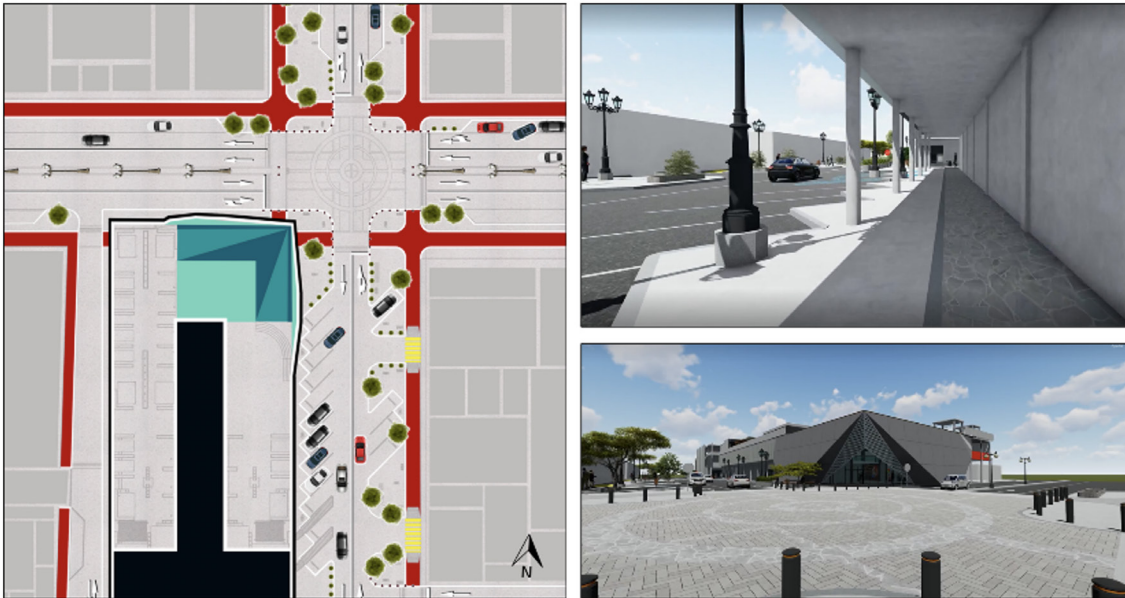
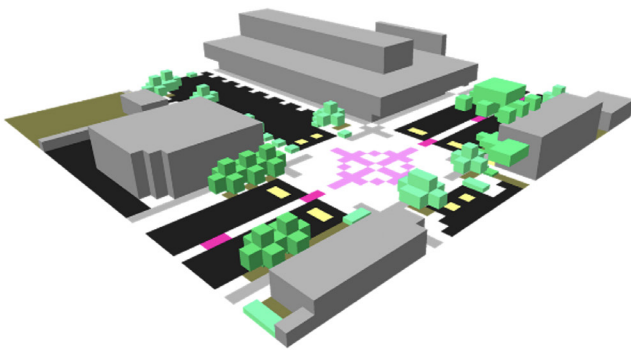


Figura 4. Primera propuesta de intervención urbana, paso elevado en intersección. Fuente: Elaboración propia.

El modelo para la simulación del primer escenario se representó con los materiales y vegetación listados en la Figura 5, donde se expresa su Albedo como característica de interés debido a su influencia sobre

el microclima de los espacios exteriores (Sen, Mendèz-Ruiz Fernández, & Roesler, 2020; Mohammed, Khan, & Santamouris, 2021).



ID	Material	Albedo
	Asfalto	0.2
	Concreto gris	0.5
	Concreto claro (banquetas)	0.8
	Concreto estampado rojizo brillante	0.8
	Concreto estampado gris oscuro	0.5
	Acabado de pintura amarilla	0.8
	Pavimento empedrado (brillante)	0.8
	Empedrado (basalto)	0.8
	Tierra	0.2
	Pasto	0.2

ID	Vegetación	Cantidad
DS	Árbol follaje denso, tronco delgado, 5m de altura	10
SS	Árbol follaje medio, tronco delgado, 5m altura	6
DM	Palma 10m de altura	1
AC	Árbol follaje medio, tronco delgado, 2m altura	1
XY	Arbusto denso, 50cm altura	21
LG	Pasto, 10cm altura	2

Figura 5. Modelado de primer escenario propuesto. Fuente: Elaboración propia.

2.3.3 Segundo escenario propuesto: camellón arbolado

Asimismo, la segunda propuesta se plantea con relación a la incorporación de un camellón con vegetación en la calle lateral al edificio y la reducción de la

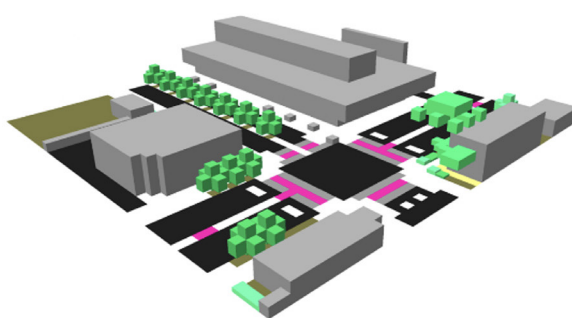
superficie de asfalto mediante la modificación de los estacionamientos actuales, así como se ve acompañada de unos pasos pompeyanos en la intersección (Figura 6).



Figura 6. Segunda propuesta de intervención urbana, camellón arbolado. Fuente: Elaboración propia

El modelo para la simulación de este segundo escenario se representó con los materiales y vegetación

listados en la Figura 6 con sus características principales.



ID	Material	Albedo
	Asfalto	0.2
	Concreto gris	0.5
	Concreto claro (banquetas)	0.8
	Concreto estampado rojizo brillante	0.8
	Pavimento baldosa de concreto	0.3
	Acabado de pintura amarilla	0.8
	Tierra	0.2
	Pasto	0.2
ID	Vegetación	Cantidad
DS	Árbol follaje denso, tronco delgado, 5m de altura	16
SS	Árbol follaje medio, tronco delgado, 5m altura	1
DM	Palma 10m de altura	1
AC	Árbol follaje medio, tronco delgado, 2m altura	1
XY	Arbusto denso, 50cm altura	26
LG	Pasto, 10cm altura	2

Figura 7. Modelado de segundo escenario propuesto. Fuente: Elaboración propia

### 3. Resultados

#### 3.1 Comportamiento microclimático en exteriores del Antiguo Mercado Municipal

Las mediciones de campo de temperatura de aire ( $T_a$ ) y superficie ( $T_s$ ) permitieron identificar las variaciones microclimáticas en los espacios urbanos alrededor del edificio (Tabla 1). Se registró una  $T_a$

diurna promedio de 26.92°C, con una amplitud térmica de 5.9°C entre 36.4 y 42.3°C, mientras que la  $T_a$  nocturna osciló 1.5°C entre 26.3 a 27.8°C. Entre día y noche se registró una diferencia promedio de 12.27°C, con una variación máxima de 15.70°C en el Punto 11 y una mínima de 9.00°C en el Punto 7. En relación a la estación meteorológica, la  $T_a$  diurna registró una diferencia media de 3.74°C, mientras que en la noche se registró -1.5°C.

Pto.	Día					Noche					Diferencia Ta Día - Noche (°C)	
	Hora	Ta (°C)	Vv (km/h)	HR (%)	Ta estación (°C)	Hora	Ta (°C)	Vv (km/h)	HR (%)	Ta estación (°C)		
1	15:32	40.5	9.36	6.1%	35.3	00:06	27.6	3.60	8.3%	29.1	12.9	
2	15:38	38.8	6.84	6.1%	35.3	00:10	27.8	4.32	8.4%	29.1	11.0	
3	15:41	39.7	11.88	5.8%	35.4	00:12	27.4	5.76	8.7%	28.8	12.3	
4	15:45	40.8	5.76	5.2%	35.4	00:15	27.3	5.40	9.1%	28.8	13.5	
5	15:48	41.5	7.20	5.0%	35.4	00:17	27.0	3.60	9.4%	28.8	14.5	
6	15:55	38.8	10.44	6.6%	35.4	00:19	27.4	5.04	9.1%	28.8	11.4	
7	16:58	36.4	7.56	6.4%	35.4	00:21	27.4	3.60	9.0%	28.5	9.0	
8	16:01	38.9	6.84	6.1%	35.4	00:23	27.0	3.60	9.3%	28.5	11.9	
9	16:09	38.4	5.04	5.4%	35.4	00:25	26.8	3.96	9.4%	28.5	11.6	
10	16:15	37.0	1.44	5.8%	35.6	00:30	26.6	6.84	9.8%	28.5	10.4	
11	16:19	42.1	2.88	5.0%	35.6	00:33	26.4	3.24	10.2%	28.4	15.7	
12	16:23	42.3	1.44	4.7%	35.6	00:36	26.7	3.96	10.1%	28.4	15.6	
13	16:26	38.5	4.32	5.2%	35.6	00:38	26.4	2.16	10.1%	28.4	12.1	
14	16:28	38.0	15.48	5.0%	35.6	00:41	26.5	11.16	10.3%	28.5	11.5	
15	16:30	39.5	5.04	5.2%	35.6	00:44	26.3	3.96	10.5%	28.5	13.2	
16	16:32	37.7	12.60	5.7%	35.4	00:46	26.3	7.20	10.5%	28.5	11.4	
17	16:34	37.4	3.60	6.1%	35.4	00:50	26.8	3.24	10.1%	28.5	10.6	
<b>Media campaña:</b>		<b>39.19</b>	<b>6.92</b>	<b>0.06</b>	<b>35.46</b>		<b>0.02</b>	<b>26.92</b>	<b>4.74</b>	<b>0.10</b>	<b>28.62</b>	<b>12.27</b>

Tabla 1. Variables micrometeorológicas registradas durante campañas de medición. Fuente: Elaboración propia.

Dichas variaciones explican un efecto de calentamiento de aire y superficies durante el día en el área de estudio. No obstante, también indican una ligera disminución de temperatura en el sitio durante la noche, en relación con las condiciones atmosféricas

registradas en la estación meteorológica, situación que pudiera indicar que las características de la zona favorecen la pérdida de calor por convección o una menor concentración de emisiones de calor antropogénico en comparación de la ubicación de la estación.

Pto.	Día	Noche	Ts media			Diferencia Ts media (°C)		
	Hora	Hora	Sol (°C)	Smbra (°C)	Noche (°C)	Sol - Sombra	Sol - Noche	Sombra - Noche
1	15:32	00:06	62.0	-	30.1	-	31.9	-
2	15:38	00:10	47.5	44.2	30.6	3.3	16.9	13.6
3	15:41	00:12	62.5	-	30.4	-	32.1	-
4	15:45	00:15	61.3	-	30.1	-	31.2	-
5	15:48	00:17	63.2	-	31.4	-	31.8	-
6	15:55	00:19	-	44.8	29.3	-	-	15.5
7	16:58	00:21	-	35.8	29.0	-	-	6.8
8	16:01	00:23	53.0	43.8	27.0	9.2	26.0	16.8
9	16:09	00:25	53.7	47.4	26.8	6.3	26.9	20.6
10	16:15	00:30	53.9	-	30.4	-	23.6	-
11	16:19	00:33	53.5	-	30.3	-	23.2	-
12	16:23	00:36	62.1	54.3	30.1	7.7	31.9	24.2
13	16:26	00:38	58.6	40.6	28.5	18.0	30.2	12.2
14	16:28	00:41	59.5	54.4	30.2	5.1	29.4	24.2
15	16:30	00:44	57.2	-	25.1	-	32.1	-
16	16:32	00:46	56.8	53.0	27.0	3.7	29.8	26.0
17	16:34	00:50	-	40.0	32.4	-	-	7.7
<b>Media campaña:</b>			<b>57.49</b>	<b>45.83</b>	<b>29.34</b>	<b>7.61</b>	<b>28.36</b>	<b>16.76</b>

Tabla 2. Ts registrada durante campañas de medición.  
Fuente: Elaboración propia.



Por otra parte, la  $T_s$  Sol registró una media de  $57.48^{\circ}\text{C}$ ,  $45.84^{\circ}\text{C}$  en la  $T_s$  Sombra y  $29.33^{\circ}\text{C}$  durante la noche (Tabla 2). Así como la temperatura de las superficies al sol y sombra registraron una diferencia media de  $-7.60^{\circ}\text{C}$ , entre la  $T_s$  Sol y la  $T_s$  Noche se registró una diferencia de  $-28.3^{\circ}\text{C}$ , así como entre  $T_s$  Sombra y  $T_s$  Noche alcanzó  $-16.8^{\circ}\text{C}$ . En este caso en particular, se requiere un mayor entendimiento de los materiales para poder evaluar las condiciones físicas relacionadas con estas variaciones.

### 3.1.1 Temperatura de aire en los espacios

Por su parte, mediante la interpolación, se identificó una reducción de  $T_a$  diurna al norte, este y oeste del edificio, extendiéndose hacia la avenida lateral en los Puntos 14 y 16 (Figura 7). Particularmente, los puntos con menor temperatura (6, 7 y 17) co-

rresponden a las banquetas cubiertas por la volumetría de la edificación, mientras que el Punto 10, por su ubicación, no ha recibido gran cantidad de radiación solar debido a la sombra proyectada del edificio del Mercado Municipal, así como del edificio contiguo. Por otra parte, también podemos destacar la concentración de las temperaturas más altas en la zona sur del edificio, en los puntos 11 y 12. Aquí particularmente, durante las mediciones, estos puntos se encontraban totalmente expuestos a la radiación solar, así como no se observaron elementos que pudieran proyectar sombra sobre estos puntos. Finalmente, también se registra un aumento de temperaturas sobre la Av. Álvaro Obregón, en particular en los carriles norte, los cuales están totalmente expuestos a la radiación solar al no verse dentro de la proyección de sombras y los edificios, así como tener superficie principalmente de asfalto.

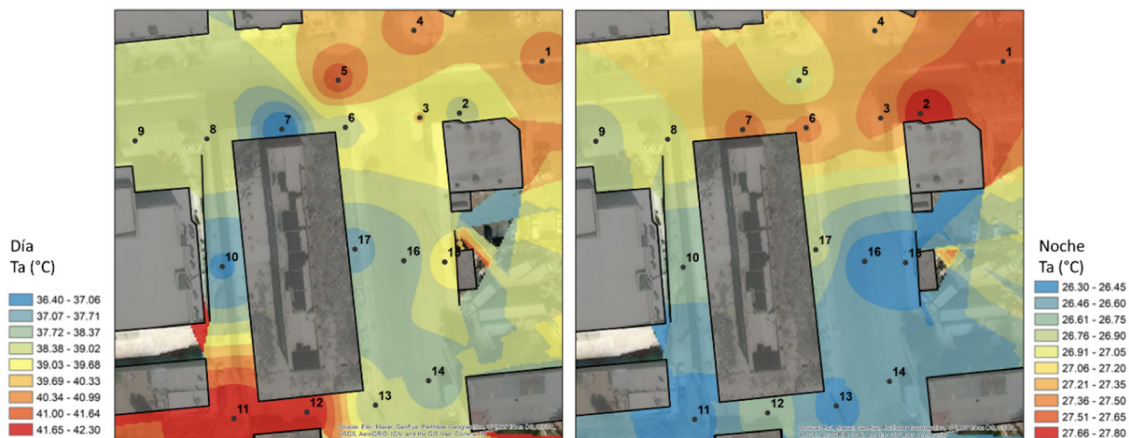


Figura 8. Temperatura de aire registrada durante campañas de medición.  
Fuente: Elaboración propia.



Durante la noche, las temperaturas más altas se registraron sobre la calle norte del edificio, con la particularidad que estas se extienden hacia los puntos 6 y 7, los cuales durante el día registraron las temperaturas más bajas. Asimismo, se registró que la  $T_a$  más baja durante la noche se concentra en los puntos ubicados en la calle lateral y al sur del edificio, de los cuales también algunos registraron la  $T_a$  más alta durante la medición de día.

### 3.1.2 Temperatura de superficie y el comportamiento térmico de los materiales

Durante las mediciones, se clasificaron las superficies exteriores en cinco materiales fundamentalmente: asfalto de las vialidades, concreto gris de las banquetas, concreto estampado con acabado rojizo

brillante en las banquetas de la edificación, tierra en algunas zonas y pasto. La mayoría de los puntos están principalmente cubiertos por superficies de asfalto y concreto gris. El concreto estampado rojizo se observó en cinco puntos, con mayor predominancia en los puntos 6, 7 y 17. Así como solo se observó tierra en tres puntos y pasto en dos. No obstante, el material predominante de todos los puntos fue el asfalto. Así como, de los cinco materiales, el asfalto registró la  $T_s$  más elevada al sol, sombra y en la noche (Tabla 3). Al sol registró una máxima de 68.2°C y una media de todos los puntos de medición de 59.9°C; mientras que la media en sombra es superada por la Tierra con 49.8°C, aunque si es el asfalto el que registra la máxima más elevada con 54.4°C.

N = 17 (°C)	Sol			Sombra			Noche		
	Media	Max	Min	Media	Max	Min	Media	Max	Min
Asfalto	59.9	68.2	46.5	47.1	54.4	38.3	30.4	33.4	25.1
Concreto (banquetas)	57.0	61.7	47.5	41.5	47.4	34.5	28.5	30.7	25.0
Concreto estampado rojizo	-	-	-	37.4	39.2	34.7	28.9	32.4	26.9
Tierra	59.8	62.2	57.5	49.8	54.3	45.3	28.6	30.1	27.1
Pasto	42.1	43.0	41.3	-	-	-	21.9	22.0	21.8
$T_s$ media	57.5	68.2	41.3	43.5	54.4	34.5	29.0	33.4	21.8

Tabla 3.  $T_s$  media registrada por tipo de material.  
Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, la mayor capacidad de enfriamiento la registró la superficie de Tierra, con una diferencia media de 31.2°C entre el día al sol y la noche, y 21.3°C entre día a la sombra y noche (Tabla 4).

Seguida del asfalto con una reducción media de 29.5°C y 16.7°C respectivamente. Después el concreto gris de las banquetas y por último el concreto estampado rojizo.

N = 17 (°C)	Sol - Sombra			Sol - Noche			Sombra - Noche		
	Media	Max	Min	Media	Max	Min	Media	Max	Min
Asfalto	12.8	13.8	8.2	29.5	34.8	21.4	16.7	21.0	13.2
Concreto (banquetas)	15.5	14.4	13.0	28.5	31.0	22.5	13.0	16.7	9.5
Concreto estampado rojizo	-	-	-	-	-	-	8.5	6.8	7.8
Tierra	10.0	7.8	12.2	31.2	32.1	30.4	21.2	24.2	18.2
Pasto	-	-	-	20.2	21.0	19.5	-	-	-
Ts media	14.1	13.8	6.8	28.5	34.8	19.5	14.5	21.0	12.7

Tabla 4. Diferencia sol, sombra y noche de Ts registrada por tipo de material. Fuente: Elaboración propia.

Desde otra perspectiva, el material que registró la mayor diferencia de Ts bajo sol y sombra fue el concreto de las banquetas, alcanzando 15.6°C de reducción bajo la sombra. Seguida del asfalto con una reducción media de 12.8°C.

### 3.2 Comportamiento climático de los espacios propuestos

La simulación térmica arrojó las potenciales variaciones de Ta que se pudieran generar mediante las intervenciones urbanas alrededor del conjunto arquitectónico (Figura 8). Durante el día, con una Ta máxima de 36.28°C y mínima de 33.65°C, el escenario actual registró la temperatura más elevada sobre las vialidades, predominando valores arriba de los 35.45°C. Mientras que los valores más bajos se registraron en el callejón posterior alcanzando entre 33.35 a 33.7°C. Este comportamiento se asemeja en gran medida al registrado durante las mediciones de campo, validando la distribución espacial de las variaciones microclimáticas.

La propuesta 1 registró una reducción en la Ta máxima y mínima de 0.25°C y 0.20°C respectivamente. Donde se observó una importante

disminución de superficie cubierta por temperaturas superiores a los 35.45°C en la intersección bajo el escenario actual, reduciendo hasta 1°C mediante las estrategias propuestas. Asimismo, se observa como los rangos de Ta alrededor de la edificación registraron un descenso de alrededor de 0.65°C y la superficie cubierta por los valores mínimos obtenidos incrementó en la parte posterior de la edificación.

Por su parte, la propuesta 2 registró un descenso en la Ta máxima y mínima de 0.15°C y 0.11°C respectivamente con relación al escenario actual. Donde nuevamente se observó una reducción en la superficie cubierta por las temperaturas superiores a los 35.45°C registradas en el escenario actual, aunque en este caso con reducciones de 0.70°C en las vialidades. No obstante, los espacios colindantes a la edificación registran un comportamiento semejante a la propuesta 1, donde predominan las temperaturas 0.70°C inferiores que en el escenario actual.

En cuanto al periodo nocturno, los escenarios propuestos 1 y 2, registraron apenas una reducción de 0.01°C con relación a la Ta máxima y mínima del escenario actual. Particularmente, la propuesta 1

no registró importantes variaciones espaciales de  $T_a$  durante la noche con relación al escenario actual. No obstante, la propuesta 2 sí registró una extensión de los rangos más bajos de temperatura a lo largo de la vialidad lateral al edificio, con reducciones de hasta  $0.46^\circ\text{C}$ .

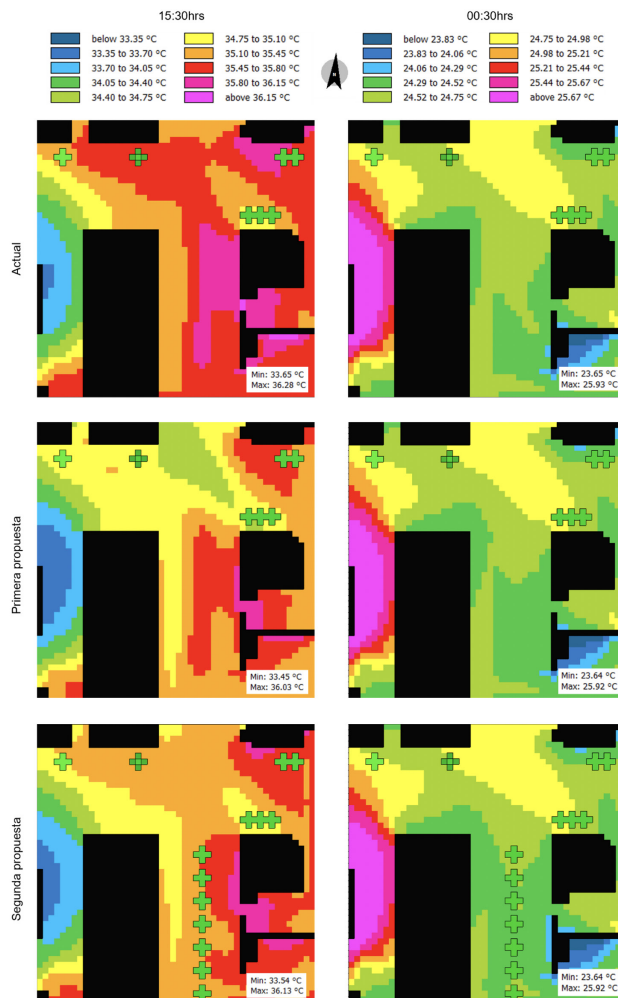


Figura 9. Potencial temperatura de aire en los tres escenarios simulados en ENVI-met.

Fuente: Elaboración propia.

## 4. Conclusiones

### 4.1 Eficiencia de las estrategias para la optimización microclimática

Los resultados nos presentan una primera aproximación al reconocimiento de la influencia de las características físicas actuales y propuestas sobre el comportamiento climático de los espacios exteriores de una propuesta de intervención arquitectónica. Particularmente, el enfoque de análisis planteado nos permite identificar tres principales estrategias de diseño urbano climáticamente sensible: 1) disposición de edificaciones para la reducción de la incidencia solar sobre las superficies de andadores; 2) sustitución de materiales de superficies; y 3) integración de vegetación.

#### 4.1.1 Disposición de edificaciones para la reducción de la incidencia solar

Desde las mediciones de campo, podemos corroborar que la reducción de la predominante exposición del concreto y asfalto a la radiación solar, es la estrategia con la mayor reducción de temperatura en los espacios públicos urbanos de Mexicali. Estudios previos han relacionado el sombreado de las edificaciones con un efecto de enfriamiento prolongado a lo largo del año, esto debido a la poca o nula exposición de radiación solar de las cubiertas de suelo a lo largo del día en distintos periodos del año (Yu, y otros, 2019). Situación que se ha manifestado en la reducción de la Temperatura Media Radiante (TMR), variable fundamental en el cálculo de los indicadores de confort térmico (Acero, Koh, Sun Tan, & Norford, 2021).

Particularmente, el efecto de la reducción de la incidencia solar por la edificación queda reflejado en el punto 10 del transecto de medición (Figura 7). En el cual, durante el momento de la medición las superficies se encontraban expuestas a la radiación solar

directa, no obstante, por su ubicación al oeste de la edificación, en horas previas estos espacios se encontraban cubiertos por la sombra de la edificación, lo que se manifestó en una menor temperatura que el resto de espacios con las mismas características físicas, pero con distinta ubicación. No obstante, el beneficio microclimático de esta característica física de los espacios exteriores, es que su efecto se concentra en las proximidades de la edificación, cuya propagación hacia el entorno urbano, se ve limitada por el efecto de calentamiento causado por la configuración de las vialidades y otros espacios edificados cercanos (García-Haro, Arellano, & Roca, 2023).

#### 4.1.2 Sustitución de materiales de superficies del suelo

Al evaluar los tres escenarios, se observó que la sustitución de las superficies de asfalto por otras de mayor albedo resulta fundamental en la reducción de la temperatura de los espacios viales urbanos y la propagación del efecto de enfriamiento generado por la proyección de la sombra de las edificaciones (Figura 8). Estudios previos han identificados que una mayor cobertura de superficies con mayor albedo y la selección de materiales con una menor capacidad de almacenamiento del calor recibido por la radiación solar directa, permiten contrarrestar la isla de calor urbana y lograr una mayor extensión del efecto de regulación microclimática durante los periodos cálidos (Ren, Shi, Kong, & Zhou, 2023).

En el caso del Antiguo Mercado Municipal, la sustitución de la superficie de la intersección de las dos vialidades en la primera propuesta generó una reducción en la  $T_a$  de hasta  $1.40^{\circ}\text{C}$ . Particularmente, señalando el papel que la superficie de asfalto de una intersección sin ningún tipo de reducción de la radiación solar directa, tiene sobre la isla de calor urbana y el potencial enfriamiento que al intervenir sobre la misma se pudiera generar. No obstante, en los resultados se observa que la pro-

porción se asfalto sustituida no fue suficiente para alcanzar un efecto favorable en los andadores de la manzana frente a la edificación en cuestión, por lo que una intervención integral implicaría considerar una estrategia complementaria en los espacios no favorecidos.

#### 4.1.3 El papel de la vegetación

Los tres escenarios señalaron un ínfimo efecto de enfriamiento de la vegetación. Particularmente, la segunda propuesta, con una mayor disposición de número de árboles, no reflejó una reducción en la  $T_a$  del área de estudio, pero sí favoreció la propagación de las temperaturas ya registradas en los espacios aledaños del Antiguo Mercado Municipal. Asimismo, se observa que la propagación de dicho efecto está limitada por el calentamiento de las superficies de asfalto contiguas.

Estudios previos han identificado que el efecto de enfriamiento de la vegetación es resultado de la relación entre la calidad, tamaño y configuración de las cubiertas contiguas de vegetación y la intensidad de la isla de calor generada por el medio físico edificado (Rakoto, Deilami, Hurley, Amati, & Sun, 2021; García-Haro, Arellano, & Roca, 2023). Donde entre más compleja y dispersa sea la cubierta de vegetación, menor es su capacidad de contrarrestar la isla de calor urbana. En este sentido, mayor análisis es requerido en torno a la interacción de estos elementos.

## 4.2 Evaluación del impacto microclimático de propuestas de transformación urbana para mitigar el calentamiento de las ciudades

Este estudio ha puesto de relieve la importancia de la definición de parámetros de diseño urbano climáticamente sensible para la adaptación de las ciudades al cambio climático. Los resultados permitieron cuantificar la reducción de temperatura generada por propuestas de transformación urbana mediante simulación térmica y contrastarlas con la reali-

dad de su aplicación. Dicha previsualización de los efectos térmicos de los cambios físicos en el espacio destaca que la planificación no solo debe considerar aspectos estéticos y funcionales, sino también abordar de manera preventiva sus posibles impactos sobre el clima urbano para identificar y aplicar estrategias de diseño que regulen el microclima de manera benéfica para contrarrestar el calentamiento en las ciudades.

En este contexto, la simulación térmica emerge como una herramienta esencial para la gestión urbana sustentable. Su capacidad para prever y evaluar los impactos térmicos en entornos urbanos ofrece una perspectiva valiosa para diseñar estrategias que mitiguen el efecto isla de calor y promuevan entornos más habitables. Por lo que la integración de dichos métodos de evaluación en las políticas y directrices urbanas, sentarían las bases para un desarrollo urbano más consciente y sustentable.

#### 4.3 Limitaciones y futuras líneas de investigación

El presente estudio ha sentado las bases para una comprensión más profunda de las mejoras urbanas destinadas a la optimización microclimática en el Antiguo Mercado Municipal de Mexicali. Sin embargo, el camino hacia ciudades más resilientes y sostenibles sigue presentando desafíos y oportunidades para futuras investigaciones. Investigaciones posteriores podrían explorar la integración de las variaciones espaciotemporales para la valoración microclimática de las estrategias de transformación urbana. Asimismo, sería esencial investigar de manera más exhaustiva los impactos sociales y económicos de estas mejoras, considerando la participación comunitaria como un factor clave. Adicionalmente, se sugiere la evaluación a largo plazo de las intervenciones implementadas y la adaptación de las estrategias a escenarios climáticos futuros. Además, comparar y analizar críticamente diferentes enfoques de optimización microclimáti-

ca permitiría identificar las soluciones más eficaces y aplicables a contextos específicos. Estas futuras investigaciones no solo contribuirían al conocimiento científico, sino que también ofrecerían pautas prácticas para el diseño urbano sustentable en el contexto específico de Mexicali y podrían tener implicaciones más amplias para otras ciudades que buscan hacer frente a desafíos similares.

#### Agradecimientos

Un agradecimiento a Kevin Gómez Bueno, Emma V. Hernández Valenzuela y Marco A. Guerrero Fontes, estudiantes de la Licenciatura en Arquitectura de la Escuela de Arquitectura del Centro de Estudios Superiores Xochicalco Campus Mexicali, autores de las propuestas de diseño evaluadas y quienes colaboraron en las mediciones de campo del estudio. Asimismo, un agradecimiento a la Mtra. Eva Angelina Coronado Jaramillo, directora de dicho programa, quien puso a disposición el equipo de medición y gestionó la vinculación entre las instituciones a favor de promover la integración de los estudiantes de licenciatura en la elaboración de investigación aplicada.

#### Referencias

- Acero, J. A., Koh, E. J., Sun Tan, Y., & Norford, L. K. (2021). Quantifying the Effect of Building Shadowing and Cloudiness on Mean Radiant Temperature in Singapore. *Atmosphere*, 1012. doi: <https://doi.org/10.3390/atmos12081012>
- Ahmadi Venhari, A., Tenpierik, M., & Taleghani, M. (2019). The role of sky view factor and urban street greenery in human thermal comfort and heat stress in a desert climate. *Journal of Arid Environments*, 68-76. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.04.009>

Arellano, B., & Roca, J. (2021). Using remote sensing imagery to study urban heat island and heat waves. *Proceedings Volume 11829, Earth Observing Systems XXVI. 1182905*. San Diego, California, Estados Unidos: International Society for Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE). doi: <https://doi.org/10.1117/12.2594387>

Bruse, M., & Fleer, H. (1998). Simulating surface–plant–air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. *Environmental Modelling & Software*, 13(3-4), 373-384. doi: [https://doi-org/10.1016/S1364-8152\(98\)00042-5](https://doi-org/10.1016/S1364-8152(98)00042-5)

Casillas-Higuera, Á., García-Cueto, R., & Leyva-Camacho, O. (2014). Detección de la Isla de Calor mediante Modelado Dinámico en Mexicali, B.C. México. *Información Tecnológica*, 25(1), 139-150. doi: <https://www.doi.org/10.4067/S0718-07642014000100015>

Colter, K., Middel, A., & Martina, C. (2019). Effects of natural and artificial shade on human thermal comfort in residential neighborhood parks of Phoenix, Arizona, USA. *Urban Forestry & Urban Greening*, 44. doi: <https://doi-org/10.1016/j.ufug.2019.126429>

Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. (2021). *Reporte del Clima en México. Reporte Anual 2020*. Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua de México. Obtenido de <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Diagn%C3%B3stico%20Atmosf%C3%A9rico/Reporte%20del%20Clima%20en%20M%C3%A9xico/Anual2020.pdf>

Esri. (2022). World Imagery. Obtenido de ArcGIS Basemap: <https://www.arcgis.com/home/itemhtml?id=10df2279f9684e4a9f6a7f08febac2a9>

García Haro, A., & Arellano Ramos, B. (2018). Isla de frío de los parques urbanos de Barcelona. Estudio de caso del Turó parc y el parc del Centre del Poblenou. *12º Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual* (págs. 381-400). Mendoza, Argentina: Centre de Política de Sol i Valoracions, CPSV / Universitat Politècnica de Catalunya, UPC. doi: <http://dx.doi.org/10.5821/ctv.8253>

García-Haro, A., Arellano, B., & Roca, J. (2023). Quantifying the influence of design and location on the cool island effect of the urban parks of Barcelona. *Journal of Applied Remote Sensing*, 17(3), 034512. doi: <https://doi.org/10.1117/1.JRS.17.034512>

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información (INEGI). (2020). *Marco Geoestadístico Nacional*. Obtenido de Banco Digital de Mapas: <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>

IPCC. (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. *Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)*, 35-115. Ginebra, Suiza: IPCC. Obtenido de <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>



- Mohammed, A., Khan, A., & Santamouris, M. (2021). On the mitigation potential and climatic impact of modified urban albedo on a subtropical desert city. *Building and Environment*, 206. doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108276>
- Rakoto, P. Y., Deilami, K., Hurley, J., Amati, M., & Sun, Q. (2021). Revisiting the cooling effects of urban greening: Planning implications of vegetation types and spatial configuration. *Urban Forestry & Urban Greening*, 64, 127266. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127266>
- Ren, J., Shi, K., Kong, X., & Zhou, H. (2023). On-site measurement and numerical simulation study on characteristic of urban heat island in a multi-block region in Beijing, China. *Sustainable Cities and Society*, 95, 104615. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104615>
- Ruelas Parra, R. (2018). Cuatro inmuebles icónicos de Mexicali y su Valle. Propuesta para su protección y rehabilitación. *Congreso de Patrimonio Histórico y Cultural de Baja California*. Mexicali, Baja California, México. Obtenido de <https://congresodepatrimonio.wordpress.com/2017/05/03/cuatro-inmuebles-iconicos-de-mexicali-y-su-valle-propuesta-para-su-proteccion-y-rehabilitacion/>
- Sen, S., Mendèz-Ruiz Fernandèz, J., & Roesler, J. (2020). Reflective Parking Lots for Microscale Urban Heat Island Mitigation. *Journal of the Transportation Research Board*, 2674(8), 663-671. doi: <https://doi.org/10.1177/0361198120919401>
- Sistema Meteorológico Nacional (SMN). (2022). *Registro de variables de Estación Meteorológica Automática Mexicali*. Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua. Obtenido de <https://smn.conagua.gob.mx/es/observando-el-tiempo/estaciones-meteorologicas-automaticas-ema-s>
- Yu, K., Chen, Y., Wang, D., Chen, Z., Gong, A., & Li, J. (2019). Study of the Seasonal Effect of Building Shadows on Urban Land Surface Temperatures Based on Remote Sensing Data. *Remote Sensing*, 11(5), 497. doi: <https://doi.org/10.3390/rs11050497>

### Alan García Haro

Profesor de tiempo completo de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC).

Candidato a Doctor en Gestión y Valoración Urbana y Arquitectónica por la Universidad Politécnica de Cataluña, Maestro en Planeación y Desarrollo Sustentable y Arquitecto por la UABC. Su investigación se desarrolla en torno a la definición de estrategias de planeación y diseño urbano para la adaptación de las ciudades al cambio climático.



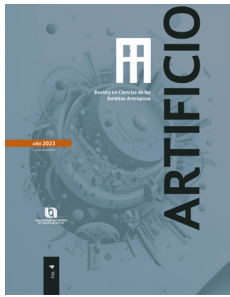
### **Política de acceso abierto**

La Revista Artificio proporciona un acceso abierto a su contenido, basado en el principio de que ofrecer un acceso libre a las investigaciones ayuda a incrementar el intercambio global del conocimiento. Artificio no cobra ni cobrará ningún cargo a sus lectores por concepto de suscripción, ni a los autores por enviar, procesar o publicar sus artículos.

Como condición de publicación, los autores acuerdan liberar sus derechos de autor bajo una licencia compartida, específicamente la licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a cualquier persona compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato bajo los siguientes términos:

- \*Dar crédito al autor del texto
- \*No hacer uso del material con propósitos comerciales
- \*No transformar o modificar el material.



## Artificio

Revista en Ciencias de los Ámbitos Antrópicos  
Centro de Ciencias del Diseño y de la Construcción  
Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.  
Núm. 4 (2023) periodo julio-diciembre

e-ISSN

2992-7463

Site

[https://revistas.uaa.mx/  
index.php/artificio](https://revistas.uaa.mx/index.php/artificio)

Reseña de libros.



## Revisión crítica de “Diseño para un mundo mejor” por Don Norman.

*Critical Review of “Design for a Better World” by Don Norman.*

**León Felipe Irigoyen Morales**

Universidad de Sonora, México  
ORCID: 0000-0002-5451-5400  
[leon.irigoyen@unison.mx](mailto:leon.irigoyen@unison.mx)

### Cómo citar este trabajo. *How to cite this paper*

Irigoyen, L. (2023). Revisión crítica de “Diseño para un mundo mejor” por Don Norman. *Artificio* 4(4), eF1-eF7.

# Revisión crítica de “Diseño para un mundo mejor” por Don Norman

León Felipe Irigoyen Morales

eF2

Reseña de libros.

La más reciente obra del ingeniero, psicólogo y catedrático norteamericano Don Norman (1935-), titulada *Design for a Better World: Meaningful, Sustainable, Humanity Centered* [“Diseño para un Mundo Mejor: Significativo, Sostenible, Centrado en la Humanidad”], editada por The MIT Press en 2023, despertó mi interés inicialmente debido a la relevancia teórica que prometía para el futuro de nuestra profesión y el mundo. Sin embargo, tras sumergirme en sus más de 300 páginas, me veo en la necesidad de expresar mi decepción ante su falta de rigurosidad académica y su desorden narrativo.

Aunque el libro aborda temas cruciales como la noción de lo artificial, aspectos económicos, psicológicos y de diseño, inicialmente esperaba una aproximación similar a la propuesta por Simon (1996), al cual Norman hace referencia en más de una ocasión. No obstante, me encontré con una sucesión de argumentos desconectados e ideas que parecen ser recopiladas de diversos libros ajenos, acompañadas de anécdotas que atraviesan todo el texto. La obra consta de 38 capítulos teóricamente integrados en seis partes, pero esta estructura no se revela sino hasta el sexto capítulo, careciendo de la cohesión presente en los diversos ensayos que presentaba Bierut (2007).

El autor comienza reflexionando sobre la completa artificialidad que caracteriza al mundo que nos rodea. Destaca que incluso los lugares que consideramos como espacios naturales, como los cuidados jardines californianos, están meticulosamente planificados según categorías impuestas por la humanidad. Esta artificialidad se extiende a todos los aspectos de nuestra creación, desde utensilios y ropa hasta viviendas, libros, dinero, formas de gobierno y estructuras organizativas, y hasta cómo se llaman las personas. Todos estos “diseños” nos han formado, moldeado y restringido por lo que las cosas que diseñamos terminan por diseñarnos a nosotros.

Sin embargo, en lugar de ahondar en ideas fundamentales, el libro explora de manera superficial una variedad de temas de manera aleatoria, utilizando las partes solo como categorías recopilatorias vagas. Habla del colonialismo inglés en la India y cómo las clases dominan-

tes acentúan diferencias inexistentes, por lo que el colonialismo, el racismo y la discriminación son consecuencias de un “mal diseño” social. Del mismo modo, aborda la concepción equivocada de que los recursos naturales son infinitos y que su explotación, bajo el concepto de “destino manifiesto”, constituye derechos inalienables de los humanos e insiste en que, si el diseño nos ha conducido a estos problemas, también puede ser la solución. Pero para lograr esto es imperativo reconocer que todos estamos interconectados en este desafío, formando parte de sistemas sociotécnicos altamente complejos y que las acciones futuras no deben estar determinadas por nuestro pasado como especie.

Norman (2023) sostiene que no es necesario profundizar exhaustivamente en la historia para identificar los aspectos en los que nos equivocamos, ya que muchos de ellos, al ser impuestos y artificiales, son modificables. Este cambio implica un análisis autorreflexivo profundo de nuestra forma de vida, acciones, creencias y comportamientos, por más naturales o lógicos que puedan parecernos.

El autor también aborda las prácticas del capitalismo moderno y examina cómo el comportamiento de grandes corporaciones, mercados financieros y bancos mundiales impacta de forma significativa en las personas y en el medio ambiente debido a su búsqueda insaciable de ganancias. Aunque es innegable este impacto, la argumentación del autor parece estar impulsada por lo que podría denominarse una especie de “culpa blanca” en lugar de basarse en un análisis académico riguroso. Este aspecto se evidencia al hablar de la explotación de esclavos en la pizca de algodón en el sur de Estados Unidos, la organización arbitraria del tiempo en las fábricas modernas y la búsqueda de métodos para aumentar la productividad a expensas del bienestar y la dignidad humana.

Asimismo, se discute el papel de la tecnología, el racionalismo científico y los ideales de progreso en la conformación de la “maldición de la modernidad”. El autor, al igual que Papanek (2014), sostiene que el diseño como profesión se vuelve perjudicial cuando solo responde a las necesidades de manufactura y comercio impulsadas por las distintas etapas de la Revolución Industrial. por lo que “si queremos que el diseño salve al mundo, debe tratarse de otro tipo de diseño” (Norman, 2023, p.13). Por su parte el autor subraya que todas las personas, de una forma u otra, ejercen el acto de “diseñar” al decidir deliberadamente cómo modificar la forma en que se realiza una actividad. Sin embargo, insiste en que los diseñadores profesionales tienen una mayor responsabilidad en abordar estos problemas e intentar resolverlos o mitigarlos.

A la modernidad y a la Revolución Industrial el autor incorpora las ideas del economista escocés Adam Smith como las tres mayores influencias históricas en la configuración de los sistemas económicos y gubernamentales actuales. También critica cómo las revoluciones subsiguientes han perpetuado ideales y modelos matemáticos que ignoran aspectos difíciles de cuantificar. El uso casi exclusivo de indicadores como el IDH o el PIB, que incorporan aspectos negativos como el desperdicio y la contaminación, también es objeto de crítica. A pesar de que estos indicadores apenas cambian en muchos países, no reflejan el índice de satisfacción, felicidad o calidad de vida percibida, aspectos que a menudo son pasados por alto por economistas y las decisiones políticas subsecuentes.

El libro continúa presentando una amalgama de datos y comentarios dispersos sobre una amplia variedad de temas, entre los que resaltan los constructos humanos en relación con el tiempo (como el desarrollo de husos horarios para sistemas de trenes, caprichos como el calendario decimal francés y la definición científica del tiempo necesario para los GPS). También aborda aspectos relacionados con la manufactura (como los cinturones de seguridad y los tableros de información en los automóviles, y su papel en la configuración de los suburbios urbanos). Además, critica el diseño de productos que deliberadamente fomentan la adicción (como redes sociales, videojuegos y series de televisión) y el diseño de dispositivos que incluyen componentes que no se pueden reparar ni reciclar y su relación con métodos lineales de producción (aquellos que van desde las materias primas, su conversión en bienes a través de la manufactura y con una descarga final como desecho).

También aborda cómo la tecnología controla nuestro comportamiento y espía en nuestras vidas, así como la notable parcialidad de nuestros sistemas que resulta en injusticias y desigualdades. Cuestiona el énfasis educativo en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés), señalando que esta orientación excluye aspectos humanos y disciplinas complementarias, generando descripciones incompletas y poco significativas de la realidad. Lo mismo sucede con el diseño de interfaces e infografías, que no logran explicar de manera precisa y adecuada temas críticos como el calentamiento global, lo que dificulta la comprensión masiva de estos problemas.

Continúa aportando datos interesantes, como la utilidad del storytelling para proporcionar contexto y comprensión. Explica el ingenioso aislamiento térmico de las casas mayas e iraníes, así como la existencia de la obsolescencia programada en algunos productos tecnológicos. Se adentra en el tema del reciclaje, destacando que el plástico, a di-



ferencia del vidrio o metal, no puede ser reciclado más de dos veces, y explora las consecuencias contaminantes de los bioplásticos. El libro aborda la economía circular y las adaptaciones necesarias desde el diseño, introduciendo las cuatro propiedades clave que deben tener los sistemas circulares: ser sustentables, robustos, resilientes y capaces de regenerarse. En esta etapa, el autor comienza a explicar superficialmente conceptos sistémicos como los bucles recursivos en el funcionamiento de los aires acondicionados y su contribución al calentamiento global, sin establecer una conexión coherente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas que menciona posteriormente.

Se mencionan las advertencias ambientales de Alexander von Humboldt en 1800, se exploran métodos de investigación de accidentes aéreos y se destacan las diferencias entre el diseño centrado en el humano (que refiere a la facilidad de uso, haciendo énfasis en la habilidad humana para entender y utilizar un producto) y el diseño centrado en la humanidad, este último enfoque sin las implicaciones cibernéticas del término anterior, con una visión a largo plazo y alineado con las preocupaciones globales.

Al reconocer que “los métodos tradicionales de diseño son una forma de colonización” (Norman, 2023, p.184), el autor aboga por que el trabajo de los diseñadores no solo señale fallas y sugiera cómo hacer las cosas, sino que trabaje con y no para la comunidad para lograr un diseño verdaderamente democrático. A pesar de esta insistencia, el autor se permite sugerir transformaciones en la educación universitaria, proponiendo un enfoque modular donde los estudiantes seleccionen los conocimientos y las experiencias que les interesan, en vez de preocuparse por materias y calificaciones. También ofrece ideas sobre cómo las Naciones Unidas podrían llevar a cabo sus sesiones, sin la necesidad de consensos totales en todas las decisiones. Por lo que su insistencia en que sólo los diseñadores deben actuar como conductores, facilitadores, supervisores y mentores no presenta mucho sentido.

El autor también explora el movimiento do-it-yourself, que transforma y reinterpreta productos existentes, así como las ventajas de la escala hacia abajo (top-down) al configurar negocios y proyectos. Se plantea la posible vinculación del diseño con la administración de proyectos y se discuten los obstáculos que suponen los cambios, utilizando el sufragio femenino como ejemplo. Además, se aborda cómo las personas tienden a responder positivamente a las tragedias, pero suelen pasar por alto las ventajas de prevenirlas a través del mantenimiento, citando ejemplos como los accidentes causados por el precio del equipo de

buceo; mientras que se critica el sistema de recompensas para los investigadores universitarios, que fomenta el trabajo individual en lugar de la colaboración.

Esto sigue y sigue hasta que realizar unos pronósticos respecto al dominio de la tecnología y de cómo centrarse sólo en estos aspectos redefinirá las virtudes humanas como deficiencias; incluye un apartado acerca del futuro de la tecnología (como la computación cuántica y los exoesqueletos), pero desde proyecciones poco arriesgadas basadas en inventos ya existentes en esta década (como los patinetes eléctricos, las criptomonedas y la inteligencia artificial). El último apartado, sobre las acciones, es breve y carece de profundidad, concluyendo en la necesidad de combinar proyectos existentes, advertir e involucrar a todas las personas en estas urgencias, abordar los problemas desde una variedad de enfoques y la urgencia de cambiar el mundo, identificando el comportamiento humano como uno de los mayores obstáculos para lograrlo.

Este extenso y caótico repaso se hace para ahorrarle tiempo a futuros lectores preocupados e interesados en estos temas, pero que simplemente no obtendrán respuestas en este libro que habla de todo y de nada a la vez; Diseño para un mundo mejor carece de una idea central clara, de una metodología de investigación o de una propuesta concreta. En lugar de eso, se presenta como un conjunto de recortes e ideas aisladas, cuya información pertinente se diluye entre un mar de argumentos que, en sentido estricto, guardan poca relación con el diseño.

## Referencias

Bierut, M. (2007). *Seventy-Nine Short Essays on Design*. Princeton Architectural Press.

Norman, D. (2023). *Design for a Better World. Meaningful, Sustainable, Humanity Centered*. The MIT Press.

Papanek, V. (2014). *Diseñar para el mundo real. Ecología humana y cambio social*. Pollen edicions.

Simon, H.A. (1996). *The Sciences of the Artificial*. The MIT Press.



### **Política de acceso abierto**

La Revista Artificio proporciona un acceso abierto a su contenido, basado en el principio de que ofrecer un acceso libre a las investigaciones ayuda a incrementar el intercambio global del conocimiento. Artificio no cobra ni cobrará ningún cargo a sus lectores por concepto de suscripción, ni a los autores por enviar, procesar o publicar sus artículos.

Como condición de publicación, los autores acuerdan liberar sus derechos de autor bajo una licencia compartida, específicamente la licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a cualquier persona compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato bajo los siguientes términos:

- \*Dar crédito al autor del texto
- \*No hacer uso del material con propósitos comerciales
- \*No transformar o modificar el material.