

Información satelital como herramienta para el diseño habitable climático omnicomprendivo

America Alonso⁽¹⁾

Resumen: La habitabilidad del entorno construido necesita una observación profunda de los patrones de comportamiento humano y de las dinámicas con su entorno medioambiental. Los grandes desafíos climáticos actuales hacen evidente un necesario trabajo interdisciplinar que, a través del uso de información satelital, abre una oportunidad para la creación de conocimientos más profundos que proyectan espacios adaptados a las variaciones climáticas actuales.

Palabras clave: Información satelital - habitabilidad - arquitectura - temperatura - interdisciplinaridad

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 248]

⁽¹⁾ Arquitecta con una maestría en diseño y construcción ecológicos por la Universidad Rafael Landívar de Guatemala. Se desempeña como investigadora académica para el Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología (Iarna) así como catedrática universitaria para la Facultad de Arquitectura y Diseño de la misma casa de estudios.

Contenido

El ejercicio profesional de diseñar espacios requiere una observación profunda de los patrones de comportamiento del ser humano, y de igual forma necesita la comprensión de elementos contextuales que faciliten la formulación creativa de componentes propios de acondicionamiento y adaptación. Como bien mencionaba ya Christopher Alexander (1979) en su libro *The Timeless Way of Building*, para construir o diseñar es necesario partir de una experiencia interna que defina el espacio o la edificación bajo los acontecimientos que suceden en su interior. Según Alexander, esto es posible gracias a la identificación de patrones compuestos que permiten comprender las cualidades del espacio y traducirlo como algo funcional, hermoso y atemporal para el usuario. Basándonos en las

experiencias de diferentes corrientes estilísticas que han marcado el diseño arquitectónico a lo largo del tiempo, sería posible afirmar que existe una responsabilidad ética en el reconocimiento de las necesidades del usuario y las dinámicas que requiere para habitar un espacio bajo el propósito de garantizar su habitabilidad continua y permanente. En esa idea, el arquitecto como diseñador debe fortalecer su rol de investigador para comprender todos estos factores y, a través del ejercicio creativo, desarrollar una solución que satisfaga estas necesidades, promoviendo experiencias placenteras en el entorno construido. La habitabilidad de un espacio dependerá en gran medida de la sintonía que el usuario mantiene con su entorno ambiental y social.

Desde 1963 Victor Olgay (2015) presenta la importancia del diseño pensado en el clima, bajo metodologías que aproximan hacia una arquitectura regionalista bioclimática y que fundamenta la importancia de comprender de forma holística el clima para diseñar espacios confortables en cualquier lugar del mundo. Olgay destaca el valor que cada factor meteorológico aporta al diseño, y cómo es posible adaptar edificaciones en varios contextos. Hoy en día, el diseño arquitectónico y urbano contemporáneos se enfrentan a grandes desafíos climáticos y ambientales, que cada vez amplían más la brecha entre el diseño y la percepción de confort de sus habitantes. Las preocupaciones de la comunidad científica global por el cambio climático, la variabilidad y el riesgo climáticos, presentan una base teórica y metodológica fundamental que plantea la problemática como algo que afecta y depende de todos en el planeta. Ahora la responsabilidad ética de diseñar el entorno construido no puede solo involucrar los factores sociales, sino también una exploración profunda de todos los factores ambientales que afectan al usuario y que garanticen su uso en el tiempo. En esta necesidad radica la importancia del trabajo interdisciplinar para que ahora el ejercicio profesional de diseñar involucre a otras disciplinas de bases científicas, facilitando un mejor entendimiento de los factores contextuales a los que están sujetos el objeto arquitectónico y urbano.

Si bien la importancia de transitar desde los ejercicios disciplinares y multidisciplinarios hacia otros inter o transdisciplinarios se ha discutido desde finales del siglo XX, los modelos actuales para el entendimiento del clima global y su aplicación para comprender dinámicas urbanas y arquitectónicas han sido exploradas en la última década, principalmente desde una caracterización con imágenes satelitales. Sin embargo, es posible identificar oportunidades para la creación de conocimientos más profundos a través de ejercicios interdisciplinarios que se fortalezcan en la generación de datos climáticos que permitan proyectar espacios habitables adaptados o al menos sugerir opciones para la mitigación de los efectos de este cambio y variabilidad climática a los que están sujetos. En el caso de Guatemala, un pequeño país en la región de Centroamérica, esta es una oportunidad para fortalecer los vacíos de información a nivel nacional y promover una mejor calidad de vida urbana y rural.

El trabajo interdisciplinar en el diseño contemporáneo

Desde el siglo XX la comunidad científica a nivel mundial da apertura a espacios de diálogo y reflexión sobre la importancia de promover ejercicios interdisciplinarios para llegar a conocimientos más profundos o soluciones a problemáticas más acertadas. El ejercicio interdisciplinar reconoce la complejidad de las problemáticas actuales, y es sólo a través de la concurrencia de varias disciplinas que es posible plantear soluciones a los desafíos que tiene la humanidad. Si bien el trabajo disciplinar es importante, cada disciplina en su propia especialización tendrá ciertas limitaciones para abordar sistemas complejos y es allí, en el reconocimiento de las capacidades individuales, que el pensamiento colectivo se fortalece.

La interdisciplinariedad surge como proceso de relaciones que respetan el nuevo mundo del conocimiento. Significa el nuevo espíritu del saber de la transformación de las cosas para el que lo primero es salvaguardar la integridad de las disciplinas. No se trata con la interdisciplinariedad de reducir unas disciplinas a otras, sino de relacionarlas para enriquecer las aportaciones propias (Rodríguez, 1997, p. 7).

Para el ámbito del diseño, los ejercicios multidisciplinarios han sido parte de las fortalezas para la creación de soluciones funcionales con valores estéticos fortalecidos en la sociedad que los habita. La creación de espacios como tal requiere de investigación e identificación de factores funcionales basados en la experiencia de otras disciplinas. Sin embargo, la interdisciplina en el diseño «requiere una mentalidad abierta y una voluntad de trabajar en colaboración con personas de diferentes disciplinas y perspectivas» (Olivares, Campos y Osuna, 2023, p. 112). El trabajo conjunto de las ciencias naturales y sociales no siempre será tan fácil, pero sí es necesario para la comprensión de dinámicas complejas. De pronto el diseño arquitectónico y urbano será más fácil de afiliarse con aquellas disciplinas que implican otros ámbitos del diseño como el gráfico e industrial, pues compartirán elementos en común desde las metodologías, bases teóricas o referenciales. Si bien este es un ejercicio que seguramente proveerá de conocimientos nuevos y específicos al ámbito del diseño en general (Olivares, Campos y Osuna, 2023, p. 113), conocimientos más profundos y acertados se alcanzarán sólo al combinarse con las ciencias naturales, en especial para dar respuesta ante los problemas climáticos y ambientales que presenta el planeta. Un ejemplo práctico de esto lo evidencian Silva y Teixeira (2018, p. 901 y p. 904), con la propuesta de un proyecto de planificación urbana y diseño de edificaciones con adaptación al cambio climático en microescala, incluyendo las olas de calor proyectadas por los escenarios del IPCC AR-5. Para este objetivo propusieron un equipo conformado por miembros de una escuela de arquitectura y urbanismo junto al departamento de ciencias de la atmósfera, dando como resultado propuestas de regulaciones que pueden impulsar códigos locales para el diseño y construcción vinculados al cambio climático y las problemáticas de calor urbano. En esa misma línea, y con un análisis más complejo, la exploración de Hidalgo, Lemonsu y Masson afirma que en las últimas décadas la climatología

urbana se ha convertido en un aspecto de interés para la investigación internacional e interdisciplinar, puesto que los datos de infraestructura urbana resultan importantes tanto para los estudios del impacto medioambiental que generan las ciudades, así como para la integración conocimientos locales climáticos que faciliten la planificación urbana (2019, pp. 1-3). Así mismo, el estudio evidencia que la aproximación a una climatología urbana a través de zonas climáticas locales tiene un impacto positivo para el diálogo entre los científicos y los urbanistas que intervienen en el sitio, facilitando metodologías comunes para el trabajo colaborativo. En parte, el conocimiento local permite el desarrollo de indicadores multicriterio que pueden ser evaluados desde diferentes perspectivas puesto que las estrategias de adaptación constituyen un campo que necesita estandarizaciones, aunque se reconoce que las dinámicas y problemáticas, aunque aborden los mismos temas se evidencian significativamente diferentes entre una ciudad a otra. De esta forma, la vulnerabilidad y riesgo climático, del presente como del futuro, puede ser evaluada para generar acciones de adaptación o incluso mitigación (Hidalgo, Lemonsu y Masson, 2019, pp. 11-12).

Alcances de la imagen satelital para la comprensión de áreas urbanas

Para la comprensión de la climatología y sus cambios en el tiempo existen diversos métodos y herramientas que dependen de información histórica y registros constantes para proveer estimaciones climáticas. La observación de la tierra a través de satélites ha permitido el entendimiento del clima global desde el lanzamiento del primero por la NASA en 1960, hasta los 514 que ya se habían lanzado para el año 2011. Si bien aún es posible reconocer que presentan ciertas limitaciones en sus aplicaciones, la tecnología implementada en la observación espacial ha facilitado grandes progresos en el entendimiento de los efectos globales del clima, dando una imagen completa y con una continuidad de datos que no se ve afectada por la práctica humana (Guo, Zhang & Zhu, 2015, pp. 109-116; Yang et. al, 2013, pp. 880-881). Esta información ha tomado un camino relevante a través de la geomática y su aplicación en la comprensión de áreas urbanas y componentes arquitectónicos, de gran y mediana escala, especialmente con imágenes satelitales.

Esta exploración de imágenes satelitales se ha fortalecido en la comprensión de áreas urbanas intentando detectar de forma más eficiente el entorno construido, puesto que la práctica común depende en gran medida de un criterio humano en la toma última de decisiones. En esa línea, existen modelos para la detección de edificaciones con formas arbitrarias, de diferentes tamaños e inclusive colores significativamente diferentes, implementando métodos de agrupación por colores que eliminan imágenes de vegetación y sombras (Liasis y Stavrou, 2015, pp. 1149-1150), así mismo otros modelos desarrollan atributos apropiados para medir la complejidad de las imagen satelital de alta resolución, identificando adicionalmente cuerpos de agua, elementos no edificados grandes como patios o parques y vehículos (Ghanea et al., 2016, pp. 5235-5241), e inclusive modelos de sensores remotos con una clasificación más fina en cuanto a la geometría de las edificaciones (Huang et al., 2022, pp. 1413-1416 y p. 1420; Zeng, Guo y Li, 2022, p. 2691 y pp. 2700-2705). Otra aplicación que también ha sido parte importante de algunos descubrimientos

científicos realizados desde la geomática es la determinación de alturas de edificaciones. Esto se ha logrado en gran parte a través de un análisis de máscaras de sombra, en algunos casos incluyendo determinación de tipos de cubierta, donde principalmente se calcula la longitud de la sombra y así se estima el ángulo de elevación del sol a través de algoritmos, que luego facilitan la estimación de la altura máxima edificada (Liasis y Stavrou, 2016, pp. 444-449; Izadi y Saeedi, 2012, pp. 2254-2256, p. 2271).

Las imágenes satelitales también han apoyado la gestión del riesgo, a través de estudios que desarrollan modelos para la ayuda humanitaria y la recuperación post desastre. Los datos de las imágenes satelitales facilitan la evaluación del daño en las edificaciones de varios tipos de desastres por medio de la detección de cambios en la superficie de la Tierra que facilita el análisis para la estimación de cambios en las edificaciones tras un evento natural (Gupta et al., 2019, pp. 10-13; Janalipour y Taleai, 2016, p. 83 y pp. 95-96). En el caso de la vulnerabilidad sísmica, un estudio realizado en Estambul presentó un modelo de datos que incluye atributos importantes y necesarios para la estimación de los daños que puede ocasionar un sismo, incluyendo variables particulares de cada edificación como el año de construcción, el código estructural utilizado, la cantidad de niveles y el tipo de construcción (Ergun, Karaman y Sahin, 2016).

Otro tipo de aplicación de la información satelital son las metodologías que permiten el desarrollo de modelados energéticos de un área urbana específica, y que están basados en arquetipos por la forma de las edificaciones que facilitan la estimación del cálculo de desempeño energético a través de bases de datos tridimensionales, para luego adicionar datos de las características particulares de las edificaciones como materiales del envolvente, relaciones ventana pared, entre otras (Xinyi et al., 2018).

Las imágenes satelitales se han fortalecido en el monitoreo térmico de los últimos años a través del uso de metodologías con sensores remoto de libre uso provenientes de ASTER y Landsat 8, siendo fuentes confiables para la investigación del efecto isla de calor urbano en contextos más amplios donde análisis de costo beneficio se utilizan para influenciar la planificación urbana y los monitoreos a largo plazo (Mullerova y Williams, 2019, pp. 3-24). Así mismo, la teledetección aérea térmica ofrece oportunidades para adquirir información detallada sobre las características térmicas de los materiales y objetos que se encuentran en el suelo urbano como cubiertas de edificios, redes de calefacción, superficies asfaltadas y otros. De forma particular, estos estudios pueden ayudar en el análisis de pequeñas ciudades proveyendo de explicaciones detalladas de los fenómenos observados (Gulbe, Caune, Korats, 2017, pp. 51-53).

En esa misma línea, y dejando por un lado la imagen satelital como tal, las bases de datos de temperatura superficial geoestacionaria y multitemporal tiene potencial para estimar series de tiempo a escala local de la temperatura urbana y rural. A pesar de la necesidad de investigaciones futuras, la temperatura del aire proveniente de satélites podría llegar a ser oportuna, barata, y adecuada para complementar observaciones y modelos en sitio, permitiendo servicios como sistemas de alerta por calor que potencialmente pueda apoyar la planificación urbana sostenible, el manejo de la construcción y transporte, y servicios de salud (Bechtel et al., 2017). En ese caso, un trabajo interdisciplinario para el análisis e interpretación de los datos se presume necesario para alcanzar umbrales más altos en el conocimiento térmico para una aplicabilidad en el diseño.

Información satelital para caracterizaciones climáticas en el diseño guatemalteco

Las variaciones climáticas en Guatemala han facilitado la generación de diversas formas de vida, puesto a que en su corta extensión territorial su posición geográfica, su topografía y las variaciones en los rangos de altitud han facilitado este desarrollo. Para Guatemala la información climática satelital cobra especial importancia ante los vacíos de información en los datos que provee el instituto meteorológico local: en gran parte se debe a las pausas prolongadas en el funcionamiento de las estaciones, las dificultades para obtener la información en corto tiempo, los errores humanos cometidos en la documentación de los datos o inclusive la falta de estaciones meteorológicas en las zonas más remotas del territorio. Ante esta problemática, para un diseño sostenible y adaptado a las condiciones climáticas del sitio, la información satelital provee de oportunidades que mejoran el desarrollo arquitectónico y urbano local.

En un estudio interdisciplinar realizado por el Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología (Iarna) de la Universidad Rafael Landívar en el 2023, se utilizó la experiencia de otros sectores en la geomática, la estadística y la tecnología en el uso de bases de datos satelital para complementar el conocimiento del diseño local en la caracterización de zonas climáticas de Guatemala a nivel de división política, que permitieran comprender la variabilidad climática por temperatura a la que el territorio está sujeta y así determinar características que la infraestructura o la planificación urbana debería considerar en el corto y mediano plazo para mitigar o adaptarse a los cambios evidenciados. El curso metodológico consistió en cuatro elementos: la estimación de información climática satelital de temperatura proveniente de la fuente *Global Land Data Assimilation System (GLDAS)* en 42 años de estudio, seguido por un análisis estadístico de variabilidad climática, la caracterización de zonas climáticas locales y por último el desarrollo de criterios para el monitoreo de territorios con mayores conflictos en su variabilidad climática por temperatura. Los resultados evidenciaron que el 59 % del territorio presenta variabilidad climática por temperatura principalmente en el incremento de sus temperaturas y, por tanto, generando mayores necesidades de acondicionamiento para enfriamiento. De igual forma, se identificaron cinco zonas climáticas que permiten la estimación de estrategias de adaptación para acondicionar la infraestructura a los factores climáticos que la condicionan. Así como la identificación de oportunidades en la incidencia pública de aquellos territorios urbanos y rurales donde existen mayores conflictos climáticos y que presentan menores acciones para promover la sostenibilidad ecológica y el bienestar para sus habitantes.

A través de la experiencia de otros sectores en el análisis de variabilidad climática, con una combinación interdisciplinar entre la climatología, geomática, estadística e informática junto al diseño arquitectónico fue posible comprender las dinámicas actuales del comportamiento térmico aplicado al entorno construido guatemalteco. De igual manera, el estudio abrió la evaluación del potencial en el uso de bases de datos satelitales para análisis locales más complejos desde una mirada en el diseño local. Y ante esto surge la importancia del trabajo en equipos interdisciplinarios para explorar información existente, aprovechar las experiencias de otras disciplinas, y aportar en la mejora de la calidad de vida urbana y

rural. Si bien el diseño de espacios es un ejercicio que se ve enriquecido por otras disciplinas, la necesidad de explorar las oportunidades de vinculación con las ciencias naturales en la coyuntura actual, y bajo las problemáticas ambientales que se esperan en el corto, mediano y largo plazo, puede contribuir a la mejora de la idea creativa en el ejercicio de diseñar o que faciliten su ejecución y adaptación final.

Referencias bibliográficas

- Alexander, C. (1979). *The Timeless Way of Building*. Oxford University Press.
- Bechtel, B., Zaksek, K., Obenbrügge, J., Kaveckis, G. Y Böhner, J. (2017). Towards a satellite based monitoring of urban air temperatures. *Sustainable Cities and Society* 34: 22-31. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.05.018>
- Ergun Konukcu, B., Karaman, H. y Sahin, Muhammed. (2016). Determination of building age for Istanbul buildings to be used for the earthquake damage analysis according to structural codes by using aerial and satellite images in GIS. *Natural Hazards* 85: 1811-1834. DOI 10.1007/s11069-016-2666-5
- Ghanea, M., Moallem, P., y Momeni, M. (2016). Building extraction from high-resolution satellite images in urban areas: recent methods and strategies against significant challenges. *International Journal of Remote Sensing*, 37(21): 5234–5248. <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1230287>
- Gulbe, L., Caune, V. y Korats, G. (2017). Urban area thermal monitoring: Liepaja case study using satellite and aerial thermal data. *International Journal of Applied Earth Observation Geoinformation* 63: 45-54. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.07.005>
- Guo, H., Zhang, L. & Zhu, L. (2015). Earth observation big data for climate change research. *Advances in Climate Change Research* 6: 108-117. <https://doi.org/10.1016/j.accre.2015.09.007>
- Gupta, R., Goodman, B., Patel, N., Hosfelt, R., Sajeev, S., Heim, E., Doshi, J., Lucas, K., Choset, H. y Gaston, M. (2019). Creating xBD: A Dataset for Assessing Building Damage from Satellite Imagery. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) Workshops*: 10-17.
- Hidalgo, J., Lemonsu, A. y Masson, V. Between progress and obstacles in urban climate interdisciplinary studies and knowledge transfer to society. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1436 (1): 5-18. <https://doi.org/10.1111/nyas.13986>
- Huang, X., Ren, L., Liu, C., Wang, Y., Yu, H., Schmitt, M., Hänsch, R., Sun, X., Huang, H. y Mayer, H. Urban building classification (UBC)-A Dataset for individual building detection and classification from satellite imagery. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) Workshops*: 1413-1421
- Izadi, M. y Saeedi, P. (2012). Three-Dimensional Polygonal Building Model Estimation From Single Satellite Images. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing* 50(6): 2254-2272. 10.1109/TGRS.2011.2172995

- Janalipour, M. y Taleai, M. (2016). Building change detection after earthquake using multicriteria decision analysis based on extracted information from high spatial resolution satellite images. *International Journal of Remote Sensing* 38(1): 82-99. <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1259673>
- Liasis, G. y Stavrou, S. (2015). Building extraction in satellite images using active contours and colour features. *International Journal of Remote Sensing*, 37(5): 1127-1153. <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1148283>
- Liasis, G. y Stavrou, S. (2016). Satellite images analysis for shadow detection and building height estimation. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* (119): 437-450. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.07.006>
- Mullerova, D. y Williams, M. (2019). Satellite monitoring of thermal performance in smart urban designs. *Remote Sens* 11(19): 2244. <https://doi.org/10.3390/rs11192244>
- Olgay, V. (2015). *Design with climate, bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princeton University Press.
- Olivares Gallo, J.E., Campos Barragán, M.N. y Osuna Ruiz, E.G. (2023). La interdisciplinariedad del diseño mediante el aprendizaje colaborativo y basado en proyectos. *Zincografía* 7(14): 111-130. <https://doi.org/10.32870/zcr.v7i14.218>
- Rodríguez Neira, T. (1997). Interdisciplinariedad: aspectos básicos. *Aula abierta* (62): 3-22.
- Silva Duarte, D.H. y Teixeira Goncalves, F.L. (2018). The role of planning, urban and building design for climate adaptation in the microscale: An interdisciplinary research experience empowering architectural education. *Scopus*, 2: 892-897.
- Xinyi, L., Runming, Y., Meng, L., Vincenzo, C., Wei, Y., Wenbo, W., Short, A. Y Baizhan, L. (2018). Developing urban residential reference buildings using clustering analysis of satellite images. *Energy and Buildings*, (169): 417-429. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.03.064>
- Yang, J., Gong, P., Fu, R., Zhang, M., Chen, J., Liang, S., Xu, B., Shi, J. y Dickinson, R. (2013). The role of satellite remote sensing in climate change studies. *Nature Climate Change* 3: 875-883. <https://doi.org/10.1038/nclimate1908>
- Zeng, Y., Guo, Y. y Li, J. (2022). Recognition and extraction of high-resolution satellite remote sensing image buildings based on deep learning. *Neural Computing and Applications* 34: 2691-2706. <https://doi.org/10.1007/s00521-021-06027-1>

Abstract: The built environment's habitability requires a deep observation of the human behavior patterns and dynamics within its environmental surroundings. The current climate challenge highlights the need for interdisciplinary collaboration utilizing satellite data to facilitate a deeper understanding of adapting spaces to current climate variations.

Keywords: Satellite information - habitability - architecture - temperature - interdisciplinarity

Resumo: A habitabilidade do ambiente construído requer uma observação profunda dos padrões e dinâmicas de comportamento humano no seu entorno ambiental. O atual desafio climático destaca a necessidade de colaboração interdisciplinar utilizando dados de satélite para facilitar uma compreensão mais profunda da adaptação dos espaços às atuais variações climáticas.

Palavras-chave: Informação de satélite - habitabilidade - arquitetura - temperatura - interdisciplinaridade

[Las traducciones de los abstracts fueron supervisadas por el autor de cada artículo.]
