

De lo conductual a lo emocional: métodos gráficos de evaluación arquitectónica

On behaviour and emotion: graphic approaches for architectural evaluation

Ángel J. Fernández-Álvarez
Vicente A. López-Chao

Resumen

El diseño sostenible requiere métodos de evaluación del espacio arquitectónico centrados en el usuario. Los avances de la informática y el pensamiento computacional permiten la utilización de herramientas como la sintaxis espacial o las tecnologías de seguimiento visual que valoran aspectos relacionales, sociales y culturales del entorno construido, pero también aspectos emocionales y perceptivos del proceso de cognición espacial. Las conexiones relacionales y topológicas evidencian características de la organización funcional del espacio y la recogida de datos cuantitativos biométricos en combinación con la experiencia del usuario permiten utilizar estos métodos en la investigación sobre el diseño arquitectónico, en particular, en el análisis de la denominada arquitectura informal o no convencional como la arquitectura vernácula, los asentamientos informales o la arquitectura del paisaje.

Palabras clave: métodos formales, diseño arquitectónico, percepción visual, sintaxis espacial, *eye-tracking*

Abstract

Sustainable design requires methods to evaluate the architectural space under the user-centred design approach. Advances in computational thinking have brought tools such as spatial syntax or visual tracking technologies that assess relational, social and cultural aspects of the built environment, but also emotional and perceptual aspects of the spatial cognition process. The relational and topological connections display the functional organization of the space, while the collection of quantitative biometric data provides assessments of the user experience. Highly useful information on architectural design, particularly in the analysis of informal architecture or vernacular architecture, informal settlements or landscape architecture.

Keywords: formal methods, architectural design, visual perception, space syntax, eye-tracking

Cómo citar · Citation

Fernández-Álvarez, Ángel J., y Vicente López-Chao. "De lo conductual a lo emocional: Métodos gráficos de evaluación arquitectónica." *BAC Boletín Académico. Revista de investigación y arquitectura contemporánea* 12 (2022):74-95. <https://doi.org/10.17979/bac.2022.12.o.8862>

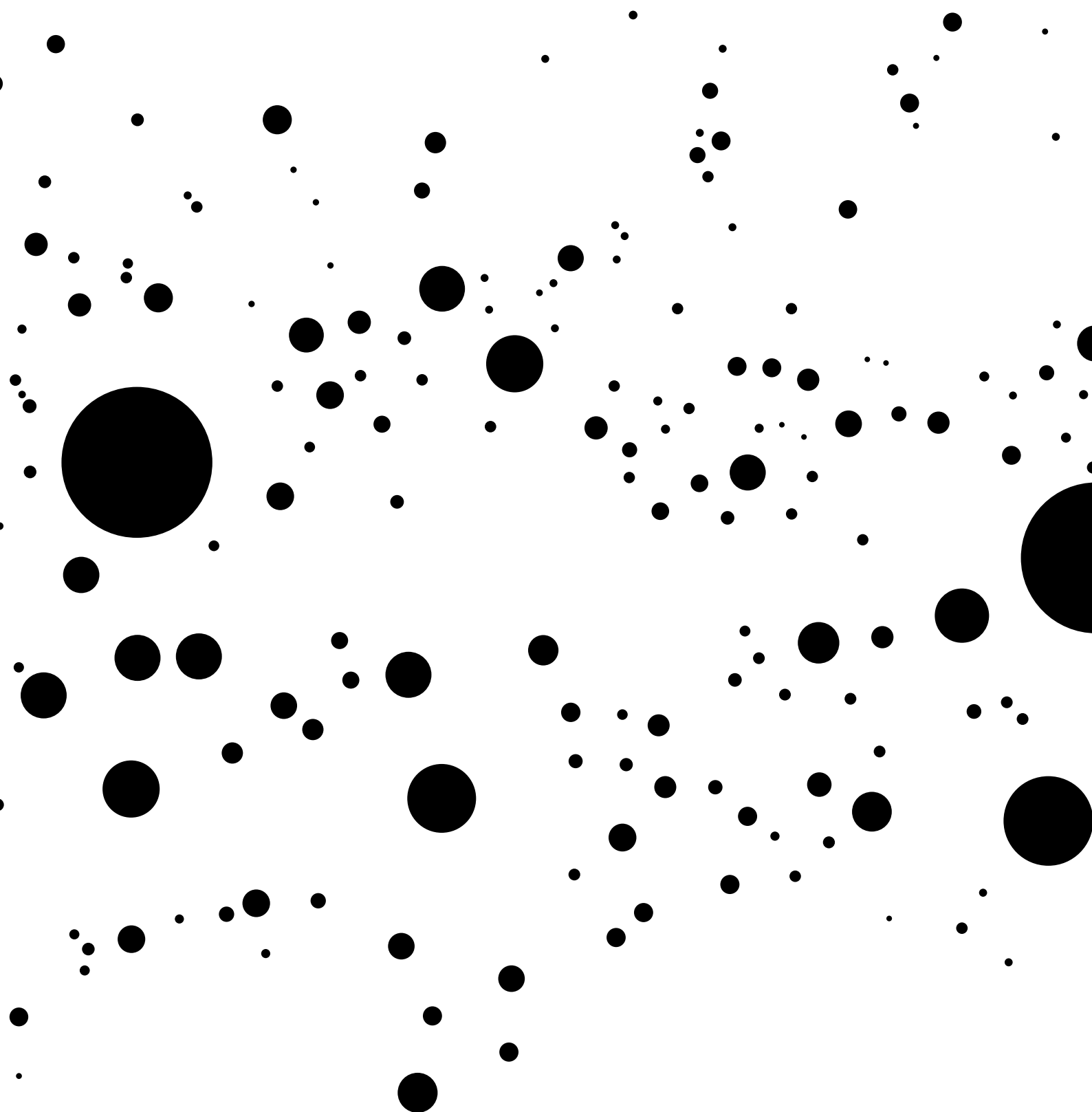
Boletín Académico.
Revista de Investigación y
Arquitectura Contemporánea
Journal of Research and
Contemporary Architecture
Escola Técnica Superior
de Arquitectura da Coruña

Número · Number: 12 (2022)
Páginas · Pages: 74 - 95
Recibido · Received: 26.12.2021
Aceptado · Accepted: 20.10.2022
Publicado · Published: 31.12.2022

ISSN 0213-3474
eISSN 2173-6723
DOI: <https://doi.org/10.17979/bac.2022.12.o.8862>

Este trabajo está autorizado
por una Licencia Creative
Commons (CC BY-NC-SA) 4.0





1. Introducción

El desarrollo sostenible es el fundamento de la Agenda 2030, plan de acción adoptado por la Asamblea General de las Naciones Unidas¹. La arquitectura vernácula ofrece referencias de diseño sostenible que deben ser aprovechadas en este proceso. En su influyente obra *Arquitectura sin arquitectos*, Bernard Rudofsky pone en valor este tipo de arquitectura “sin genealogía” o “informal” en la que analiza el arte de construir como un fenómeno global desarrollado por no especialistas (los “constructores sin escuela”), pero que muestran un “admirable talento para ubicar sus edificios en el medio natural (...) se adaptan al clima y aceptan el desafío de la topografía”².

Esta arquitectura que surge de una actividad espontánea pone el acento en la empresa comunal y se convierte en una protoarquitectura del “común”, que refleja una aplicación racional de la inteligencia a la hora de resolver problemas prácticos lo que la convierte en una arquitectura inequívocamente humana. Victor Olgay, en su obra *Design with Climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism*³, ya señalaba al ser humano como “medida central de la arquitectura” (p.14) al establecer las estrechas relaciones existentes entre las condiciones bioclimáticas y las formas de vida de los habitantes de una región.

Esta arquitectura informal, anónima, espontánea o intuitiva, auto construida por el usuario final, responde a las necesidades básicas de las personas que la habitan y desarrolla métodos de diseño, construcción y sostenibilidad, económicos y adecuados para una determinada zona o región. Su conocimiento y análisis pueden resultar de utilidad en la actualidad y constituyen una fuente de información histórico-cultural necesaria para entender los comportamientos de las personas en relación con el diseño del edificio⁴.

De cara a su conservación, rehabilitación y puesta en valor, es prioritario establecer métodos de evaluación y diagnóstico que aborden

¹ La Agenda 2030 plantea 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con 169 metas de carácter integrado e indivisible que abarcan las esferas económica, sociocultural y medioambiental y que deberían ser tenidas en cuenta en el ámbito de la investigación arquitectónica con una perspectiva transversal, global y multidisciplinar. Accesible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>

² Bernard Rudofsky, *Architecture Without Architects. An Introduction to Non-Pedigreed Architecture* (Nueva York: The Museum of Modern Art, 1964).

³ Victor Olgay, *Design with Climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism* (Nueva Jersey: Princeton University Press, 1963).

⁴ Aunque el análisis de la arquitectura vernácula y del patrimonio construido podría conectarse con el conjunto de los ODS al contemplar aspectos medioambientales, socioculturales y económicos, se considera que podría existir una mayor relación con los objetivos 11 (Lograr que las ciudades y en general los asentamientos humanos y comunidades) sean más inclusivas, seguros, resilientes y sostenibles) y 12 (Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles y responsables).

1. Introduction

Sustainable development is the main goal of the 2030 Agenda, a plan launched by the General Assembly of the United Nations¹. Vernacular architecture offers sustainable design references that can bring benefits to this process. In Bernard Rudofsky's influential essay *Architecture without architects*, he values this architecture without genealogy or informal in which he analyses the art of building as a global phenomenon developed by non-specialists (“the untutored builders”). Who demonstrate an “admirable talent for fitting their buildings into the natural surroundings. (...) Instead of trying to conquer nature, as we do, they welcome the vagaries of climate and the challenge of topography”².

This architecture that arises from a spontaneous activity puts the accent on the communal enterprise and becomes a proto-architecture of “the common”, which reflects a rational application of intelligence when solving practical problems, which makes it an unequivocally human architecture. In his book, *Design with Climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism*³, Victor Olgay identified the human being as “architecture's central measure” (p.14) by establishing the close relationships between bioclimatic conditions and the ways of life of the inhabitants of a region.

This informal, anonymous, spontaneous or intuitive architecture is self-built by the future user based on their basic needs. It develops design, construction and sustainability methods that are economical and appropriate for a given area or region. A knowledge that can be useful today and become a source of historical and cultural information on the behaviour of people in relation to the design of the building.⁴

¹ The 2030 Agenda proposes 17 Sustainable Development Goals (SDG) with 169 goals of an integrated and indivisible nature that cover the economic, sociocultural and environmental spheres and that should be considered in the field of architectural research with a transversal, global and multidisciplinary. Accessible at: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>

² Bernard Rudofsky, *Architecture Without Architects. An Introduction to Non-Pedigreed Architecture* (Nueva York: The Museum of Modern Art, 1964).

³ Victor Olgay, *Design with Climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism* (Nueva Jersey: Princeton University Press, 1963).

⁴ The analysis of vernacular architecture and built heritage connects to the set of SDGs by considering environmental, sociocultural and economic aspects. More specifically, it is considered that there is a greater relationship with goals 11 (Make cities and human settlements and communities in general more inclusive, safe, resilient and sustainable) and 12 (Ensure sustainable and responsible consumption and production patterns).

características que vayan más allá de la concepción técnica de la construcción y contemplen también aspectos sociales, cognitivos, relacionales, conductuales y emocionales con un criterio holístico e integrador del análisis arquitectónico en la línea de pensamiento definida por el “diseño centrado en el usuario”, entendido como una herramienta útil para cumplir con los ODS de la Agenda 2030.

Al desarrollo de estrategias gráficas para el análisis de factores espaciales y ambientales hay que añadir las herramientas de visualización de datos y las herramientas de simulación surgidas con los avances de la computación digital, el aumento de la potencia y capacidad del hardware y el desarrollo progresivo del software. Todos estos factores posibilitan la utilización de métodos que permiten cuantificar parámetros vinculados a la experiencia visual del entorno construido.

Los métodos de análisis gráfico para la evaluación y mejora del diseño espacial y ambiental plantean distintos tipos de interacción entre agentes: interacción usuario-arquitecto (implicación de ambos en la toma de decisiones de diseño); interacción arquitecto-diseño (procedimientos que involucran únicamente al diseñador con las herramientas gráficas y procesos cognitivos); interacción físico-empírica (incorporación de diseños del mundo físico para ser evaluados en condiciones reales); y la interacción digital-empírica (operaciones que se basan en la inclusión de información real en entornos digitales vinculada al modelado geométrico). En esta línea, los avances en el ámbito de los estudios urbanos, unidos al desarrollo del pensamiento computacional, han producido la aparición de métodos de análisis que permiten cuantificar determinados aspectos visuales del entorno construido como los estudios de sintaxis espacial o las tecnologías de registro visual (*eye-tracking*).

Por un lado, el análisis sintáctico espacial, que explica las dinámicas sociales de conducta que condicionan la estructura espacial de los edificios, proporciona recursos gráficos de gran utilidad para la interpretación del entorno construido⁵. Tiene sus bases conceptuales en el análisis cultural del espacio arquitectónico como soporte de elementos semánticos⁶ y de significados sociales derivados de cuestiones relacionales. Las características de las lógicas espaciales subyacentes se ilustran mediante herramientas gráficas de distintos tipos: mapas de convergencia y gráficos de accesibilidad y de visibilidad en combinación con otros índices de valor numérico⁷.

· 5
Bill Hillier y Julienne Hanson, *The Social Logic of Space* (Cambridge University Press, 1984), <https://doi.org/10.1017/CBO9780511597237>.

· 6
Amos Rapoport, *House form and culture* (London, England: Prentice Hall, 1969).

· 7
Jesús Bermejo Tirado, «Aplicaciones de sintaxis espacial en Arqueología: una revisión de algunas tendencias actuales», *Arqueología de la Arquitectura*, n.o 12 (2015): e031, <https://doi.org/10.3989/arq.arqt.2015.122>.

In order to conserve and value its essence in future rehabilitations, it is mandatory to design evaluation and diagnosis methods that address characteristics that go beyond its technical solutions. They need to consider social, cognitive, relational, behavioural and emotional aspects with a holistic approach based on “user-centred design”, understood as a useful tool to meet the SDGs of the 2030 Agenda.

Advances in digital computing and increased hardware and software power have led to powerful graphical analysis strategies and data visualization and simulation tools. Both provide methods to quantify parameters of the visual experience of the built environment and consequently evaluate spatial and environmental characteristics.

Graphic analysis methods on spatial and environmental design pose different types of interaction between agents: user-architect interaction (involvement of both in design decision-making); architect-design interaction (procedures that only involve the designer with graphic tools and cognitive processes); physical-empirical interaction (incorporation of designs from the physical world to be evaluated in real conditions); and digital-empirical interaction (operations based on the inclusion of real information in digital environments linked to geometric modeling). Thus, advances in the field of urban studies, together with the development of computational thinking, have produced analytical methods that quantify visual aspects of the built environment, such as spatial syntax studies or eye tracking technologies.

On the one hand, space syntax explores the social dynamics of behaviour related to the spatial structure of buildings, providing very useful graphic resources for the interpretation of the built environment⁵. Its conceptual bases come from cultural analysis of architectural space as a support for semantic elements⁶ and social meanings derived from relational issues. Graphical tools of different types illustrate the characteristics of the underlying spatial logics: convex maps and accessibility and visibility graphs in combination with other numerical value indices⁷.

· 5
Bill Hillier and Julienne Hanson, *The Social Logic of Space* (Cambridge University Press, 1984), <https://doi.org/10.1017/CBO9780511597237>.

· 6
Amos Rapoport, *House Form and Culture* (London, England: Prentice Hall, 1969).

· 7
Jesús Bermejo Tirado, «Aplicaciones de sintaxis espacial en Arqueología: una revisión de algunas tendencias actuales», *Arqueología de la Arquitectura*, n.o 12 (2015): e031, <https://doi.org/10.3989/arq.arqt.2015.122>.

Por otro, las tecnologías de seguimiento visual (*eye-tracking*), en combinación con otros métodos de análisis de la respuesta emocional de los usuarios, permiten descubrir las relaciones existentes entre la atención visual generada por un estímulo y las experiencias subjetivas producidas durante la observación⁸. Se utilizan para estudiar el complejo proceso de la percepción del espacio condicionada por múltiples variables y por el papel de la subjetividad determinada por las motivaciones y experiencias personales del usuario y constituyen una aproximación cognitivo-emocional a la interpretación del entorno. Se basan conceptualmente en las teorías de la percepción y de la representación de la imagen como fenómeno de selección visual de la realidad, los principios de percepción activa de la psicología de la Gestalt^{9,10} y las leyes compositivas de la teoría general de la imagen^{11,12}. Habría que destacar también la utilización de enfoques procedentes de la neurociencia aplicados a la dimensión cognitivo-emocional de la arquitectura (neuroarquitectura)^{13,14}. En este sentido, cabe mencionar los estudios de la relación *environment-behavior* desarrollados por el equipo del Grupo de Investigación Neuroarquitectura, integrado en el Institute for Research and Innovation in Bioengineering (i3B) de la Universitat Politècnica de Valencia.

Este trabajo tiene como objetivo analizar las posibilidades que ofrecen este tipo de técnicas para la evaluación arquitectónica con métodos de análisis gráfico a partir de la evidencia empírica del espacio construido y las posibilidades de aplicación a la investigación de arquitecturas no convencionales como la arquitectura vernácula o determinados elementos del patrimonio histórico, arqueológico o medioambiental. Se enmarca en un proyecto de investigación sobre herramientas gráficas digitales aplicadas a la investigación en diseños de arquitectura sostenibles, centrados en la persona y con una perspectiva de digitalización de la docencia.

· 8
Andrew Duchowski, *Eye Tracking Methodology. Theory and Practice*, 3ª ed. (Londres: Springer, 2017).

· 9
Ernst Gombrich, *Arte e ilusión. Estudio sobre la psicología de la representación pictórica* (Madrid: Debate, 1998).

· 10
Rudolf Arnheim, *Arte y percepción visual: psicología del ojo creador* (Madrid: Alianza, 2005).

· 11
Donis A. Dondis, *La sintaxis de la imagen. Introducción al alfabeto visual* (Barcelona: Gustavo Gili, 1997).

· 12
Abraham Moles, *La imagen. Comunicación funcional* (México: Trillas, 1991).

· 13
Tulay Karakas y Dilek Yildiz, «Exploring the influence of the built environment on human experience through a neuroscience approach: A systematic review», *Frontiers of Architectural Research* 9, n.o 1 (marzo de 2021): 236-47, <https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.10.005>.

· 14
Juan Luis Higuera-Trujillo, Carmen Linares, y Eduardo Macagno, «The Cognitive-Emotional Design and Study of Architectural Space: A Scoping Review of Neuroarchitecture and Its Precursor Approaches», *Sensors* 21, n.o 6 (marzo de 2021): 2193, <https://doi.org/10.3390/s21062193>.

On the other hand, the combination of eye-tracking technologies with the emotional response of users sheds light on the relationships between the visual attention generated by a stimulus and the subjective experiences produced during observation⁸. They help to understand the perception of space, a complex process conditioned by multiple variables and by the subjectivity determined by the user's motivations and personal experiences and constitute a cognitive-emotional approach to the interpretation of the environment. They are based on the theories of perception and representation of the image as a phenomenon of visual selection of reality, the principles of active perception of Gestalt psychology^{9,10} and the laws of image composition^{11,12}. It should also be noted the use of approaches from neuroscience applied to the cognitive-emotional dimension of architecture (neuroarchitecture)^{13,14}. In this sense, it is worth mentioning the studies of the environment-behaviour relationship developed by the team of the *Grupo de Investigación Neuroarquitectura*, integrated in the Institute for Research and Innovation in Bioengineering (i3B) of the Universitat Politècnica de Valencia.

The objective of this paper is to examine the techniques for architectural evaluation using graphic methods based on the empirical evidence of the built space and its possibilities to investigate non-conventional architectures such as vernacular architecture or certain elements of the historical, archaeological or environmental heritage. This proposal is part of a research project on digital graphic tools applied to research in sustainable, human-centered architectural designs and their application in teaching.

· 8
Andrew Duchowski, *Eye Tracking Methodology. Theory and Practice*, 3ª ed. (Londres: Springer, 2017).

· 9
Ernst Gombrich, *Arte e ilusión. Estudio sobre la psicología de la representación pictórica* (Madrid: Debate, 1998).

· 10
Rudolf Arnheim, *Arte y percepción visual: psicología del ojo creador* (Madrid: Alianza, 2005).

· 11
Donis A. Dondis, *La sintaxis de la imagen. Introducción al alfabeto visual* (Barcelona: Gustavo Gili, 1997).

· 12
Abraham Moles, *La imagen. Comunicación funcional* (México: Trillas, 1991).

· 13
Tulay Karakas and Dilek Yildiz, «Exploring the influence of the built environment on human experience through a neuroscience approach: A systematic review», *Frontiers of Architectural Research* 9, n.o 1 (marzo de 2021): 236-47, <https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.10.005>.

· 14
Juan Luis Higuera-Trujillo, Carmen Linares, and Eduardo Macagno, "The Cognitive-Emotional Design and Study of Architectural Space: A Scoping Review of Neuroarchitecture and Its Precursor Approaches," *Sensors* 21, no. 6 (March 21, 2021): 2193, <https://doi.org/10.3390/s21062193>.

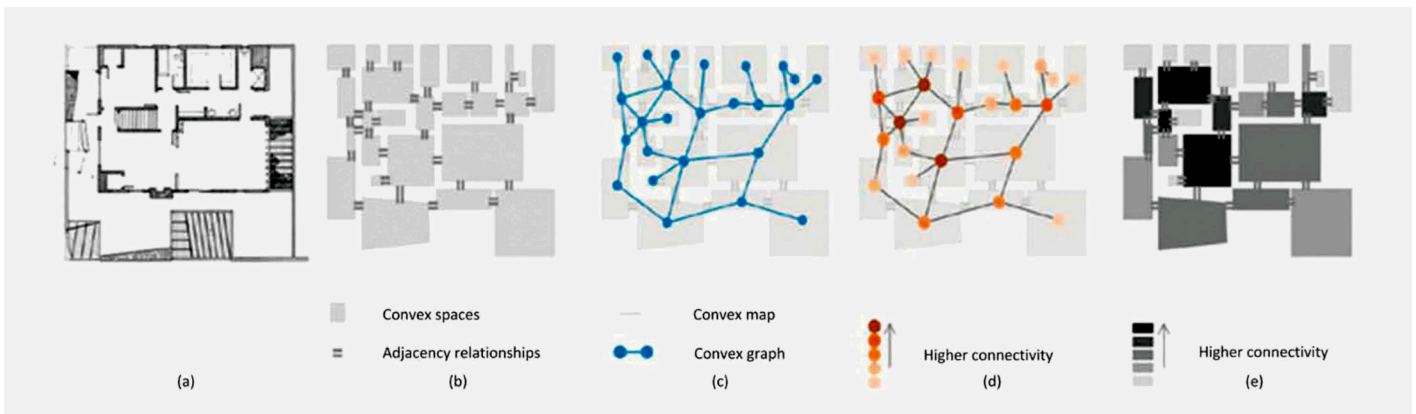


Fig 1. La representación de los espacios convexos de la planta de una vivienda diseñada por Frank Gehry: (a) diseño original de la casa; (b) los espacios del edificio representados por un conjunto de espacios convexos; (c) los espacios convexos representados por un grafo; (d) el valor de conectividad se resalta; (e) el valor de conectividad se ilumina en el mapa convexo

Fig 1. Convex spaces of the floor plan of a house designed by Frank Gehry: (a) original design of the house; (b) the spaces of the building represented by a set of convex spaces; (c) the convex spaces represented by a graph; (d) the connectivity value is highlighted; (e) The connectivity value lights up on the convex map.

El enfoque metodológico de la investigación, con un carácter analítico-descriptivo, se basa en la revisión, selección y análisis documental de una serie de contribuciones científicas recientes que reflejan distintas experiencias concretas de utilización en el campo de la investigación sobre diseño arquitectónico. Este diseño de investigación considera limitaciones relacionadas con el alcance de los avances de las tecnologías gráficas de evaluación de la arquitectura. El estudio se ha centrado en investigaciones de sintaxis del espacio y rastreo ocular que tienen como objeto de estudio la arquitectura informal, no convencional o vernácula por lo que podrían encontrarse más aplicaciones de estos métodos de investigación todavía no aplicados y de gran interés para el estudio y conservación de este tipo de arquitecturas.

The research design follows an analytical-descriptive method, based on the review, selection and documentary analysis of recent scientific contributions that bring to light findings and experiences of use in the field of research on architectural design. This proposal considers limitations related to the scope of advances in graphical architecture evaluation technologies. The study has focused on investigations of the syntax of space and eye tracking that have informal, non-conventional or vernacular architecture as their object of study. Therefore, more applications of these research methods not yet applied and of great interest for the study and conservation of this type of architecture may exist.

2. El enfoque centrado en el ser humano: la sintaxis del espacio

2. The human-centred approach: Space syntax

Uno de los métodos formales que obtiene información del modelo arquitectónico y se centra en el ser humano es la sintaxis del espacio. Este enfoque simula el comportamiento de los usuarios en el espacio como herramienta para la evaluación y el diseño arquitectónico.

Space syntax is a formal method that obtains information from the architectural model and focuses on the human. This approach simulates the behaviour of users in space, positioning itself as a key tool for architectural evaluation and design.

Se basa en que todos los espacios están interconectados y la estrategia consiste en un desglose en componentes que representan redes de elección a través de mapas que describen la relación de conectividad e integración entre ellos. Los estudios de sintaxis espacial abstraen la configuración de un espacio y se centran en sus relaciones topológicas para describir aspectos sociológicos y ambientales. La definición topológica evita errores de documentación, se presta a enfoques numéricos y permite ignorar las pequeñas diferencias geométricas circunstanciales, favoreciendo de este modo la clasificación y jerarquización de espacios¹⁵.

Its basis lies in the fact that all spaces are interconnected. It breaks down into components that represent networks of choice through maps that describe the relationship of connectivity and integration between them. Space syntax studies abstract the configuration of a space and focus on its topological relationships to describe sociological and environmental aspects. The topological definition avoids documentation errors, allows numerical approaches and ignores small circumstantial geometric differences, thus favouring the classification and hierarchy of spaces¹⁵.

¹⁵ Sonit Bafna, «Space Syntax», *Environment and Behavior* 35, n.o 1 (26 de enero de 2003): 17-29, <https://doi.org/10.1177/0013916502238863>.

¹⁵ Sonit Bafna, «Space Syntax», *Environment and Behavior* 35, n.o 1 (26 de enero de 2003): 17-29, <https://doi.org/10.1177/0013916502238863>.

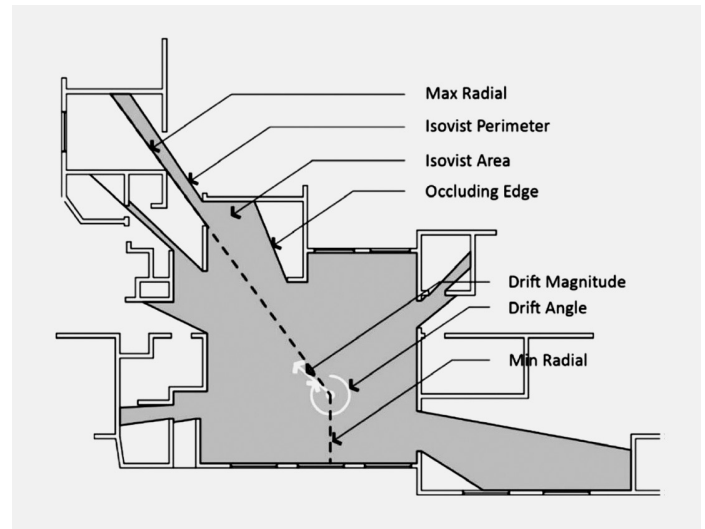
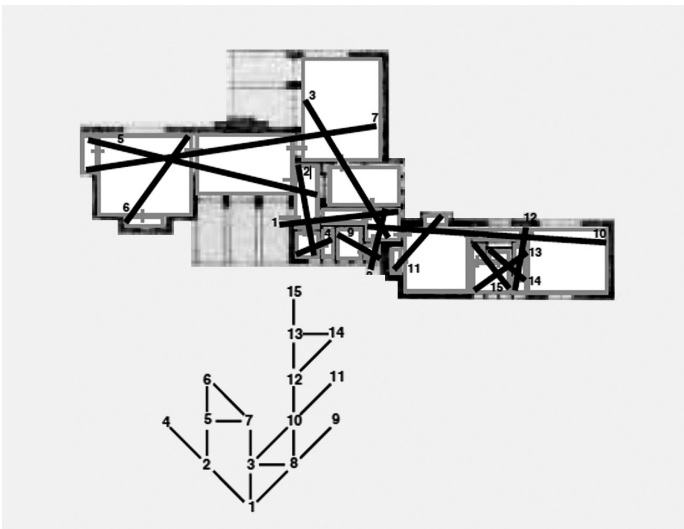


Fig 2. Planta baja de la residencia Eliat de Mies van der Rohe. Mapa axial y grafo correspondiente.
Fig 2. Ground floor-Eliat house by Mies van der Rohe. Axial map and corresponding graph.

Fig 3. El concepto de isovista y sus medidas.
Fig 3. The concept of isovist and its measures.

Una de las grandes dificultades del método consiste en reducir cualquier configuración espacial a un gráfico apropiado que permita la descripción sintáctica del espacio desde diferentes puntos de vista. La expresión mínima de espacios se representa mediante los polígonos que componen su perímetro, mientras que las conexiones se expresan con líneas en una estrategia gráfica que define los denominados mapas convexos (Fig. 01). Los grafos resultantes (denominados *justified graph* o *j-graph*) identifican los espacios con un nodo y la conexión accesible entre los mismos con una línea proporcionando un gráfico estático de relaciones. El mapa de espacios convexos representa parámetros de contigüidad y proximidad mientras que el grafo visualiza mediante puntos la accesibilidad y permeabilidad. De esta forma se puede comprender y valorar la capacidad de la organización de los espacios para producir encuentros entre personas que faciliten los procesos de interacción social. Estos gráficos aportan el análisis de profundidad relativa o integración, en los que un lugar se considera integrado cuando tiene múltiples conexiones¹⁶. Conceptos como el de privacidad se traducen en la forma en que los individuos establecen y mantienen el control de la accesibilidad¹⁷. Así, una conexión más débil entre espacios y, por tanto, una mayor profundidad, conllevaría un mayor grado de intimidad espacial.

One of the great difficulties is to reduce any spatial configuration to an appropriate graph that allows the syntactic description of the space from different points of view. The convex maps are this minimal expression of the layout configuration and consist of the polygons that configure the perimeters of the rooms and the lines that define their connections (Fig. 01). The resulting justified graph or j-graph identifies the spaces with a node and the accessible connection between them with a line, providing a static graph of relationships. The map of convex spaces represents contiguity and proximity parameters while the graph visualizes accessibility and permeability through points. In this way, it is possible to understand and value the capacity of the organization of spaces to produce meeting points between people that facilitate the processes of social interaction. These graphs provide analysis of relative depth or integration, where a greater number of connections¹⁶ determines a high degree of integration. The way in which individuals establish and maintain accessibility¹⁷ control explain concepts with that of privacy. Thus, a weaker connection between spaces and, therefore, a greater depth, would entail a greater degree of spatial intimacy.

¹⁶ B. Hillier et al., «Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement», *Environment and Planning B: Planning and Design* 20, n.o 1 (1993): 29-66, <https://doi.org/10.1068/b200029>.

¹⁷ Gregory A. Laurence, Yitzhak Fried, y Linda H. Slowik, «"My space": A moderated mediation model of the effect of architectural and experienced privacy and workspace personalization on emotional exhaustion at work», *Journal of Environmental Psychology* 36 (2013): 144-52, <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2013.07.011>.

¹⁸ Asya Natapov et al., «Linking building-circulation typology and wayfinding: design, spatial analysis, and anticipated wayfinding difficulty of circulation types», *Architectural Science Review* 63, n.o 1 (2020): 34-46, <https://doi.org/10.1080/00038628.2019.1675041>.

¹⁶ B. Hillier et al., «Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement», *Environment and Planning B: Planning and Design* 20, n.o 1 (1993): 29-66, <https://doi.org/10.1068/b200029>.

¹⁷ Gregory A. Laurence, Yitzhak Fried, and Linda H. Slowik, «"My space": A moderated mediation model of the effect of architectural and experienced privacy and workspace personalization on emotional exhaustion at work», *Journal of Environmental Psychology* 36 (2013): 144-52, <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2013.07.011>.

¹⁸ Asya Natapov et al., «Linking building-circulation typology and wayfinding: design, spatial analysis, and anticipated wayfinding difficulty of circulation types», *Architectural Science Review* 63, n.o 1 (2020): 34-46, <https://doi.org/10.1080/00038628.2019.1675041>.

El estudio dinámico de relaciones toma como base esta sintaxis sobre la que se superponen otros tipos de mapa como el axial, que identifica la línea recta de visión y posible ruta de desplazamiento, cuyo grafo representa cada línea como un nodo y cada intersección como un eje (Fig. 02). La línea de visión es un factor importante en la organización del espacio en la cual la cantidad de giros en una ruta es más determinante para la experiencia del espacio que la distancia recorrida, por lo que la profundidad se cuantifica también por el número de giros a lo largo de un recorrido. Este tipo de representación permite realizar el análisis de movimiento y de orientación en el espacio (*wayfinding*)¹⁸.

Mientras que en ejemplos anteriores se ha considerado la información visual que obtiene la persona desde un punto, este espacio visible se puede representar mediante polígonos de visibilidad que cubren un ángulo de 360° desde esa posición¹⁹. Esta teoría revela una fuerte conexión entre la configuración visual y la percepción espacial desde una determinada posición, la cual se correlaciona a su vez con el comportamiento de las personas en un determinado ambiente en relación con aspectos como el movimiento. Estos gráficos permiten medir características de la experiencia espacial: amplitud, cerramiento, apertura, fuerza y dirección de atracción visual entre otras²⁰ (Fig. 03).

Estas ideas tuvieron continuidad en los análisis de visibilidad gráfica (VGA, *Visibility Graph Analysis*), que miden en cada vértice las características de todo el gráfico, con el fin de describir una determinada configuración espacial de acuerdo con criterios de accesibilidad y visibilidad. Esto permite comparar las diferencias entre distintas ubicaciones dentro de un mismo sistema espacial y también entre configuraciones geométricas diferentes²¹.

Los VGA incluyen²²: (a) el análisis de conectividad, entendida como la cantidad de unidades espaciales conectadas a un espacio o la cantidad de líneas axiales intersecadas en una línea axial, que crea conexiones de visibilidad entre todos los espacios; (b) la integración visual o grado de conexión o separación entre un punto y el sistema general, es un índice directamente proporcional a la conectividad; (c) análisis de visión a través, que analiza cómo varían los campos visuales

This syntax also establishes the dynamic study of the relationships that allows superimposing other types of maps such as the axial one. The one that identifies the straight line of sight and possible path of movement, whose graph represents each line as a node and each intersection as an axis (Fig. 02). The line of sight is an important factor in the organization of space in which the number of turns in a route is more decisive for the experience of space than the distance travelled, so the number of turns throughout a tour also quantifies. This type of representation allows analysis of movement and orientation in space (*wayfinding*)¹⁸.

While the previous examples consider the visual information that the person obtains from a point, visibility polygons that cover an angle of 360° from that position represent the visible space¹⁹. This theory reveals a strong connection between visual configuration and spatial perception from a certain position, which in turn correlates with the behaviour of people in a certain environment in relation to aspects such as movement. These graphs allow us to measure characteristics of the spatial experience: amplitude, enclosure, opening, force and direction of visual attraction, among others²⁰ (Fig. 03).

These ideas continued in Visibility Graph Analysis (VGA), which measure the characteristics of the entire graph at each vertex, in order to describe a certain spatial configuration according to accessibility and visibility criteria. This makes it possible to compare the differences between different locations within the same spatial system and between different geometric configurations²¹.

The VGA include²²: (a) connectivity analysis, understood as the number of spatial units connected to a space or the number of axial lines intersected in an axial line, which creates visibility connections between all spaces; (b) visual integration or degree of connection or separation between a point and the general system, is an index directly proportional to connectivity;

· 19

M. L. Benedikt, «To take hold of space: isovists and isovist fields», *Environment and Planning B: Planning and Design* 6, n.º 1 (1979): 47-65, <https://doi.org/10.1068/b060047>.

· 20

Xiaoyu Du, «Methods of spatial analysis for natural ventilation potential», *A+ BE: Architecture and the Built Environment*, n.º 10 (2019): 239-48, <https://doi.org/10.7480/abe.19.10.4112>.

· 21

Alasdair Turner et al., «From Isovists to Visibility Graphs: A Methodology for the Analysis of Architectural Space», *Environment and Planning B: Planning and Design* 28, n.º 1 (2001): 103-21, <https://doi.org/10.1068/b2684>.

· 22

Amer Al-Jokhadar y Wassim Jabi, «Spatial reasoning as a syntactic method for programming socio-spatial parametric grammar for vertical residential buildings», *Architectural Science Review* 63, n.º 2 (2020): 135-53, <https://doi.org/10.1080/00038628.2019.1646631>.

· 19

M. L. Benedikt, «To take hold of space: isovists and isovist fields», *Environment and Planning B: Planning and Design* 6, n.º 1 (1979): 47-65, <https://doi.org/10.1068/b060047>.

· 20

Xiaoyu Du, «Methods of spatial analysis for natural ventilation potential», *A+ BE: Architecture and the Built Environment*, n.º 10 (2019): 239-48, <https://doi.org/10.7480/abe.19.10.4112>.

· 21

Alasdair Turner et al., «From Isovists to Visibility Graphs: A Methodology for the Analysis of Architectural Space», *Environment and Planning B: Planning and Design* 28, n.º 1 (2001): 103-21, <https://doi.org/10.1068/b2684>.

· 22

Amer Al-Jokhadar y Wassim Jabi, «Spatial reasoning as a syntactic method for programming socio-spatial parametric grammar for vertical residential buildings», *Architectural Science Review* 63, n.º 2 (2020): 135-53, <https://doi.org/10.1080/00038628.2019.1646631>.

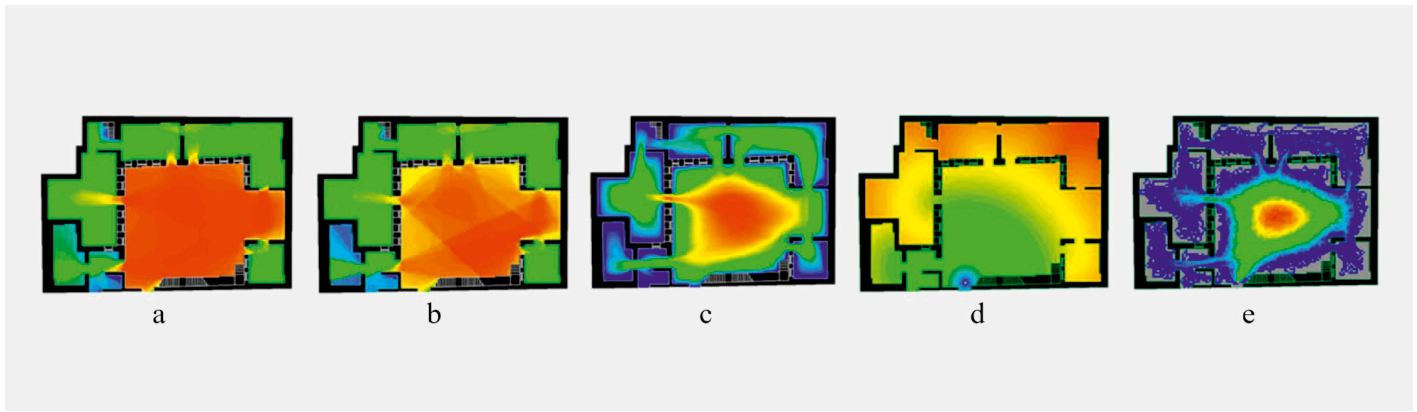


Fig 4. Ejemplos de análisis de visibilidad gráfica de una vivienda tradicional en Siria. Fig 4. Examples of VGA of a traditional house in Siria.

dentro de un entorno; (d) análisis de profundidad, entendida como la cantidad de estancias entre dos espacios, muestra los cambios de dirección que se necesitarían para llegar desde la ubicación seleccionada a cualquier otra ubicación; y (e) análisis de agentes, basado en la característica de elección o cantidad de rutas alternativas, indica patrones de movimiento y uso frecuente de espacios liberados desde un punto (Fig. 04).

En las últimas décadas esta metodología gráfica se ha utilizado para caracterizar viviendas, establecer jerarquías de espacios e identificar la facilidad de desplazamiento entre ellos. Además, estas variables básicas se han relacionado con otras que complementan el estudio de los comportamientos sociales y su relación con la configuración espacial. La jerarquización del espacio se vincula a la profundidad en una relación de proporcionalidad directa. Además, las configuraciones altamente profundas conllevan segregación, mientras que en el caso contrario los espacios se atraen entre sí. Este tipo de aproximación ha dado lugar a investigaciones en las que, por ejemplo, se evidencia la segregación espacial por género en viviendas tradicionales en Turquía²³.

Diversos autores han aplicado estrategias de sintaxis espacial para caracterizar la vivienda vernácula o asentamientos informales en diferentes contextos geográfico-culturales. Bandyopadhyay y Merchant²⁴ comprobaron si el dominio colonial y la naturaleza híbrida de la arquitectura doméstica se reflejaba en la organización espacial de algunas casas coloniales en la India. Eloy y Duarte²⁵ complementaron sintaxis del espacio con gramática de la forma para garantizar la relación entre el diseño y la organización fun-

(c) view-through analysis, which analyses how visual fields vary within an environment; (d) depth analysis, understood as the number of rooms between two spaces, shows the changes in direction that would be needed to get from the selected location to any other location; and (e) agent analysis, based on the characteristic of choice or number of alternative routes, indicates patterns of movement and frequent use of spaces released from a point (Fig. 04).

In recent decades, this graphic methodology has helped to determine dwellings according to space characteristics establish hierarchies of spaces and identify the ease of movement between them. In addition, these basic variables complement the study of social behaviour and its relationship with the spatial configuration that previously focused on others. This hierarchy of space and depth entails a relationship of direct proportionality. Furthermore, highly deep configurations lead to segregation, while in the opposite case the spaces attract each other. This type of approach has given rise to research showing spatial gender segregation in traditional Turkish dwellings²³.

Various authors applied these strategies to characterize vernacular housing or informal settlements in different geographical-cultural contexts. Bandyopadhyay and Merchant tested whether colonial rule and the hybrid nature of domestic architecture was reflected in the spatial organization of some colonial houses in India²⁴. Eloy and Duarte supported space syntax with

²³ Deniz Ohrun, «The relationship between space and gender in traditional homes across Turkey», *Journal of Architectural and Planning Research* 27, n.º 4 (2010): 340-55. <http://www.jstor.org/stable/43030916>.

²⁴ Abir Bandyopadhyay y Arif N Merchant, «Space Syntax Analysis of Colonial Houses in India», *Environment and Planning B: Planning and Design* 33, n.º 6 (30 de diciembre de 2006): 923-42. <https://doi.org/10.1068/b32082>.

²⁵ Sara Eloy y José Pinto Duarte, «A Transformation Grammar for Housing Rehabilitation», *Nexus Network Journal* 13, n.º 1 (2011): 49-71. <https://doi.org/10.1007/s00004-011-0052-x>.

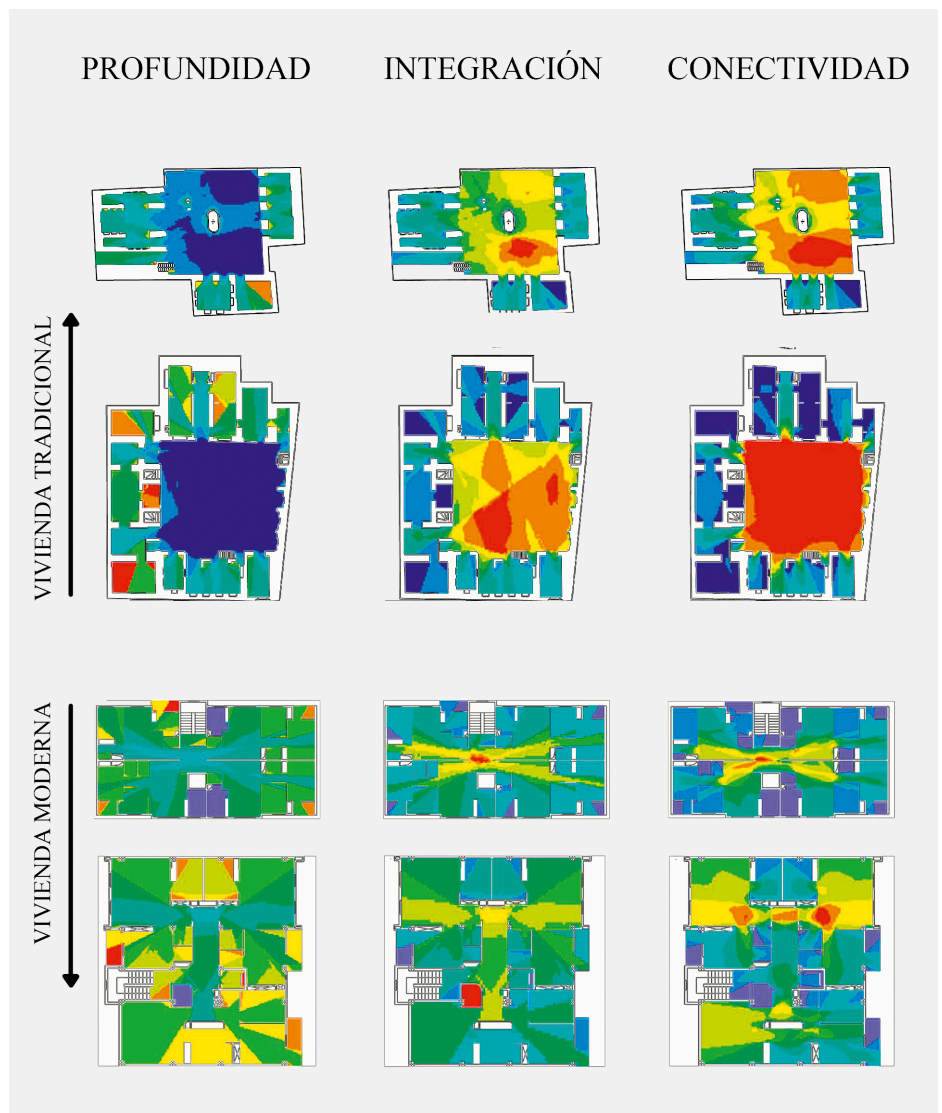
²³ Deniz Ohrun, «The relationship between space and gender in traditional homes across Turkey», *Journal of Architectural and Planning Research* 27, n.º 4 (2010): 340-55. <http://www.jstor.org/stable/43030916>.

²⁴ Abir Bandyopadhyay y Arif N Merchant, «Space Syntax Analysis of Colonial Houses in India», *Environment and Planning B: Planning and Design* 33, n.º 6 (30 de diciembre de 2006): 923-42. <https://doi.org/10.1068/b32082>.

²⁵ Sara Eloy y José Pinto Duarte, «A Transformation Grammar for Housing Rehabilitation», *Nexus Network Journal* 13, n.º 1 (2011): 49-71. <https://doi.org/10.1007/s00004-011-0052-x>.

› Fig 5. Comparativa de VGA entre casos de vivienda tradicional y moderna en Irán. El color rojo indica la cantidad máxima de conectividad, integración y profundidad, y el color azul indica la cantidad mínima de estos índices.

Fig 5. VGA comparison between cases of traditional and modern housing in Iran. The red colour indicates the maximum amount of connectivity, integration and depth, and the blue colour indicates the minimum amount of these indices.



cional del espacio. Alitajer y Molavi Nojumi²⁶ identificaron las configuraciones espaciales a lo largo del tiempo en la arquitectura residencial iraní, comprobando que la jerarquía de acceso a los espacios se limita en las casas modernas con una atenuación de la privacidad. En los gráficos correspondientes se muestra, mediante un mayor contraste de color, la existencia de jerarquía en las viviendas tradicionales, mientras que el color se homogeniza en los casos de vivienda moderna (Fig. 05).

Por su parte, Zhou y Wei²⁷ caracterizaron las influencias de culturas externas sobre viviendas vernáculas en Shui (China) examinando la visibilidad y campos de visión. El uso de VGA sobre

shape grammars to ensure the relationship between design and functional organization of space²⁵. Alitajer and Molavi Nojumi identified spatial configurations over time in Iranian residential architecture, finding that the hierarchy of access to spaces is limited in modern houses with an attenuation of privacy²⁶. The corresponding graphs show the existence of a hierarchy in traditional dwellings through a greater chromatic contrast, while the colour is more homogeneous in the cases of modern housing (Fig. 05).

Furthermore, Zhou and Wei characterized the influences of external cultures on

· 26
Saeid Alitajer y Ghazaleh Molavi Nojumi, «Privacy at home: Analysis of behavioral patterns in the spatial configuration of traditional and modern houses in the city of Hamedan based on the notion of space syntax», *Frontiers of Architectural Research* 5, n.o 3 (2016): 341-52, <https://doi.org/10.1016/j.foar.2016.02.003>.

· 27
Yizhi Zhou y Miao Wei, «Sinicisation and ethnicity: spatial characteristics of Shui vernacular architecture in Guizhou, Southwest China», *Built Heritage* 5, n.o 1 (2021): 2, <https://doi.org/10.1186/s43238-021-00021-1>.

· 26
Saeid Alitajer and Ghazaleh Molavi Nojumi, «Privacy at home: Analysis of behavioral patterns in the spatial configuration of traditional and modern houses in the city of Hamedan based on the notion of space syntax», *Frontiers of Architectural Research* 5, n.o 3 (2016): 341-52, <https://doi.org/10.1016/j.foar.2016.02.003>.

· 27
Yizhi Zhou and Miao Wei, «Sinicisation and ethnicity: spatial characteristics of Shui vernacular architecture in Guizhou, Southwest China», *Built Heritage* 5, n.o 1 (2021): 2, <https://doi.org/10.1186/s43238-021-00021-1>.

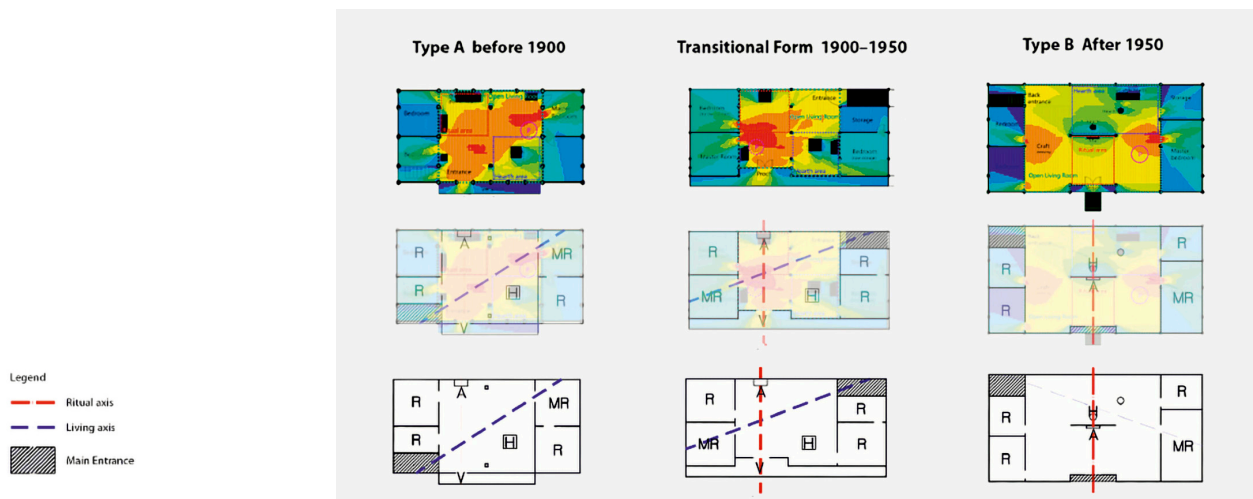


Fig 6. Proceso de abstracción desde VGA hasta diagramas simplificados.
Fig 6. Abstraction process from VGA to simplified diagrams.

múltiples casos llevó a la obtención de patrones simplificados que permitieron diferenciar tres tipologías de vivienda (Fig. o6).

3. La aproximación cognitivo-emocional: tecnologías de seguimiento visual

La evaluación de los espacios arquitectónicos debe considerar también los parámetros emocionales que condicionan la respuesta subjetiva del observador ante distintas situaciones y estímulos: imágenes fotográficas, imágenes digitales (*renders*) o imágenes virtuales, dibujos arquitectónicos o también la observación directa realizada durante un itinerario por un escenario urbano. Gordon Cullen²⁸ ya había hecho referencia a las situaciones de alta intensidad emocional que se producen en el recorrido por un escenario ciudadano en lo que denominó “visión serial”, formada por series fragmentadas en las que la mente humana reacciona ante los contrastes y las diferencias.

El análisis del comportamiento visual ante un estímulo determinado es una herramienta de estudio y evaluación de la arquitectura ya que constituye un reflejo de la atención prestada por el observador. Se convierte así en una técnica de investigación de diseño centrado en el usuario para conocer las necesidades y comportamiento del mismo junto a los test o cuestionarios, la evaluación heurística, la agrupación de tarjetas, la aproximación etnográfica, las entrevistas, las encuestas o el *data analytics*. Su uso se ve favorecido por los avances digitales y la creciente accesibilidad a las denominadas tecnologías de rastreo y de registro de los movimientos oculares de la visión humana conocidas como

vernacular dwellings in Shui (China) by examining visibility and fields of vision²⁷. The use of VGA on multiple cases led to obtaining simplified patterns that made it possible to differentiate three types of housing (Fig. o6).

3. The cognitive-emotional approach: eye-tracking technologies

The evaluation of the architectural space must also consider the emotional parameters that condition the observer's subjective response to different situations and stimuli: photographic images, digital images (*renders*) or virtual images, architectural drawings or even direct observation of the urban environment. Gordon Cullen had already referred to the situations of high emotional intensity that occur in the journey through a city scene that determined his serial vision, made up of fragmented series in which the human mind reacts to contrasts and differences²⁸.

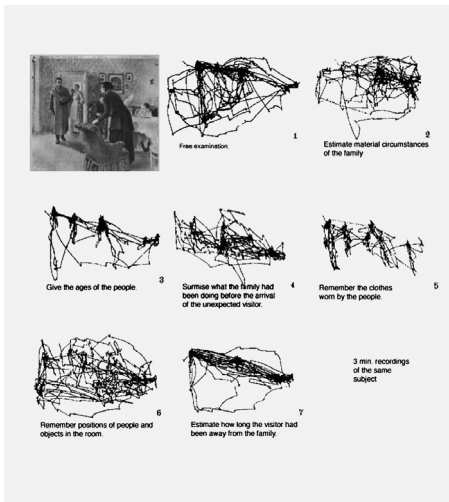
In addition, the visual behaviour before a stimulus is a valuable source of information to understand the architecture since it explains where the observer focuses his attention. It thus becomes a user-centred design research technique to find out the needs and conducts of the user along with tests or questionnaires, heuristic evaluation, card grouping, the ethnographic approach, interviews, surveys or data analytics. Digital advances and the increasing accessibility to eye-tracking technologies favour their use²⁹. There are

²⁸ Gordon Cullen, *El paisaje urbano. Tratado de estética urbanística* (Barcelona: Blume, 1974).

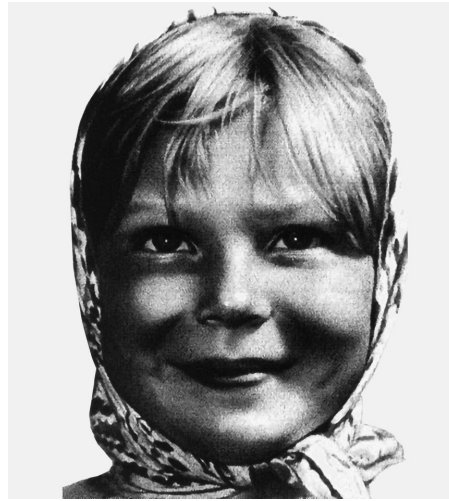
²⁹ Susana Iñarra Abad et al., «Atención visual en la evaluación de espacios arquitectónicos», *EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica* 20, n.o 25 (2015): 228, <https://doi.org/10.4995/ega.2015.3585>.

²⁸ Gordon Cullen, *El paisaje urbano. Tratado de estética urbanística* (Barcelona: Blume, 1974).

²⁹ Susana Iñarra Abad et al., «Atención visual en la evaluación de espacios arquitectónicos», *EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica* 20, n.o 25 (2015): 228, <https://doi.org/10.4995/ega.2015.3585>.



a



b

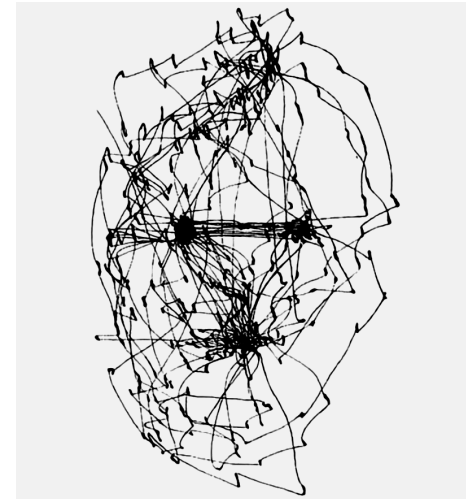


Fig 7. (a) Estudio del movimiento ocular sobre el cuadro "El visitante inesperado", pintura al óleo de Ilya Repin, 1884-88. (b) Idem. sobre la fotografía "Niña del Volga", visualizada sin instrucciones durante 3 minutos.

Fig 7. (a) Reproduction from Ilya E. Repin's picture "An Unexpected Visitor" (1884-88) and records of the eye movement of seven different subjects. (b) Record of the eye movements during free examination of the photograph "Girl from the Volga" with both eyes for 3 minutes (without instruction).

*eye-tracking*²⁹. Son numerosas y conocidas las aplicaciones de esta tecnología en el ámbito de la publicidad (en empresas, televisión, cine, *on line*), el *visual merchandising*, el diseño de *packaging*, los análisis de usabilidad en el diseño web y en el desarrollo de aplicaciones de software, pero su uso no había sido frecuente hasta ahora en el campo de la investigación arquitectónica.

Dentro del marco de los estudios basados en la cognición visual, el *eye-tracking* permite analizar las reacciones de los observadores ante el estímulo de una determinada imagen mediante la medición de parámetros relacionados con el movimiento de los ojos. Los principales son las fijaciones de la mirada (paradas) y los denominados movimientos sacádicos (o sacadas) que son los movimientos rápidos que se producen de una fijación a otra³⁰ (Fig. 07). La métrica de las fijaciones se basa en el recuento del número, la duración (total y en promedio) y las coordenadas de posición en las mismas. En el caso de las sacadas se basan en la amplitud o distancia recorrida, la duración y la velocidad. Habría que tener en cuenta además los movimientos de seguimiento y convergencia que se producen en el complejo proceso de la mirada. La secuencia de fijaciones y sacadas constituye un recorrido visual que presenta como métricas la longitud del trayecto y el tiempo de exploración.

La metodología de investigación se sustenta en una selección adecuada de los estímulos (estáticos o dinámicos, con contenido activo o pasivo, representaciones 2D o 3D) y de los parámetros relevantes, así como de la muestra de sujetos participantes, la elaboración de cuestionarios y el posterior tratamiento estadístico de los datos obtenidos para establecer relaciones significativas entre el conjunto de elementos analizados. En esta fase final se obtienen *outputs* gráficos derivados del software utilizado (Fig. 08), y que consisten en la representación de las denominadas áreas de interés (AoI, *Areas of Interest*), los

numerous and well-known applications of this technology in the field of advertising (in companies, television, cinema, online), visual merchandising, packaging design, usability analysis in web design and in the development of applications of software, but its use had not been frequent until now in the field of architectural research.

In the visual cognition literature, eye tracking allows us to approach the observers' reactions to the stimulus of a certain image by measuring parameters related to the movement of the eyes. The main ones are gaze fixations (stops) and the so-called saccadic movements (or saccades), which are rapid movements that occur from one fixation to another³⁰ (Fig. 07). The gaze fixations metric consists of the count of the number, the duration (total and average) and their position coordinates. On the other hand, the saccades come from the amplitude or distance travelled the duration and the speed. It is also necessary to consider the follow-up and convergence movements that occur in the complex process of the gaze. The sequence of fixations and saccades is a visual tour that measures the length of the path and the exploration time.

The research method requires an adequate selection of stimuli (static, dynamic, with active or passive content, 2D, or 3D representations), of the relevant parameters and of the sample of participating subjects. Likewise, it requires the design of surveys and the subsequent statistical treatment of the data to test significant relationships between the variables. In the final phase, graphic outputs are obtained (Fig. 08) that represent the so-called areas of interest (AoI), the heat maps and

³⁰ Alfred L. Yarbus, *Eye Movements and Vision* (Boston, MA: Springer US, 1967), <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-5379-7>.

³⁰ Alfred L. Yarbus, *Eye Movements and Vision* (Boston, MA: Springer US, 1967), <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-5379-7>.



Fig 8. Distintas representaciones gráficas de datos de registro eye-tracking en forma de recorrido de la mirada (izquierda), mapa de calor (centro) y zonas de interés (derecha).
Fig 8. Different graphic representations of eye-tracking registration data in the form of gaze path (left), heat map (center) and areas of interest (right).

mapas de calor (*heat maps*) y las valoraciones de los recorridos visuales o estudio de las rutas sacádicas (*scan paths*)³¹. Estas imágenes se combinan con datos cuantitativos como los valores temporales vinculados a la duración total de las fijaciones, valores de ángulos y distancias de observación, etc.

Todos estos datos permiten obtener una visión de la respuesta emocional del observador o usuario ante una imagen que puede ser plana o tridimensional, virtual o real, o ante un determinado estímulo visual (página web, interfaz de software). Se puede evaluar de este modo la respuesta biométrica (fisiológica) objetiva del observador en combinación con aspectos procedentes del campo de la neurociencia. Con este propósito se utilizan también metodologías de valoración del componente subjetivo de la observación y de la percepción. Es el caso de la ingeniería *kansei* surgida en los años 70 para el desarrollo de productos orientados al usuario³², en la que se emplean escalas de semántica diferencial³³⁻³⁴⁻³⁵. Todos estos métodos han comenzado a utilizarse para el estudio del espacio arquitectónico con objetivos variados: en valoraciones de promociones inmobiliarias³⁶, percepción de entornos urbanos³⁷⁻³⁸ y del paisaje o entornos naturales (Fig. 09)³⁹.

the assessments of the visual routes or study of the saccadic routes (scan paths)³¹. These images are interpreted together with quantitative data such as temporal values linked to the total duration of the fixations, values of angles and observation distances, etc.

These data allow visualizing the observer's emotional response to a virtual or real image, or to a certain visual stimulus (web page, software interface). In this way, it is possible to evaluate the biometric response of the observer in combination with aspects coming from the field of neuroscience. For this purpose, assessment methodologies of the subjective component of observation and perception are also used. This is the case of *kansei* engineering that emerged in the 1970s for the development of user-oriented products³², in which differential semantic scales are used³³⁻³⁴⁻³⁵. All these methods have begun to be used for the study of architectural space with varied objectives: in real estate development evaluations³⁶, perception of urban environments³⁷⁻³⁸ and of the landscape or natural environments (Fig. 09)³⁹.

31 Ann Sussman y Janice M. Ward, «Game-changing eye-tracking studies reveal how we actually see architecture», *Common edge*, 2017, <https://commonedge.org/game-changing-eye-tracking-studies-reveal-how-we-actually-see-architecture/>.

32 Simon T. W. Schütte et al., «Concepts, methods and tools in Kansei engineering», *Theoretical Issues in Ergonomics Science* 5, n.º 3 (2004): 214-31, <https://doi.org/10.1080/1463922021000049980>.

33 Charles Osgood, George Suci, y Percy Tannenbaum, *The Measurement of Meaning* (Urbana, IL: University of Illinois Press, 1957).

34 Carmen Llinares Millán, Susana Iñarra, y Jaime Guixeres, «Design Attributes Influencing the Success of Urban 3D Visualizations: Differences in Assessments According to Training and Intention», *Journal of Urban Technology* 25, n.º 4 (octubre de 2018): 39-57, <https://doi.org/10.1080/10630732.2018.1444873>.

35 Nuria Castilla et al., «Affective evaluation of the luminous environment in university classrooms», *Journal of Environmental Psychology* 58 (agosto de 2018): 52-62, <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2018.07.010>.

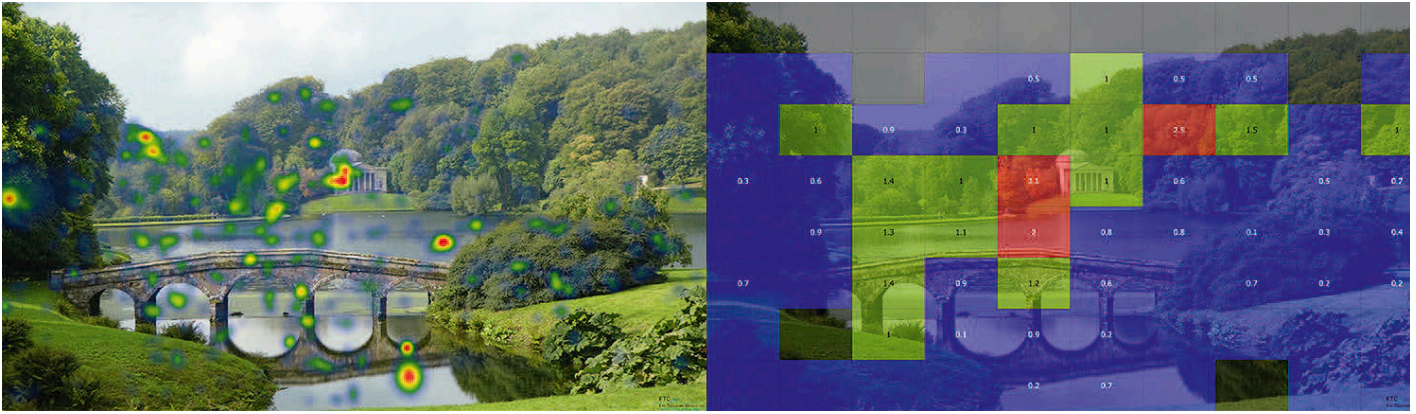
31 Ann Sussman and Janice M. Ward, «Game-changing eye-tracking studies reveal how we actually see architecture», *Common edge*, 2017, <https://commonedge.org/game-changing-eye-tracking-studies-reveal-how-we-actually-see-architecture/>.

32 Simon T. W. Schütte et al., «Concepts, methods and tools in Kansei engineering», *Theoretical Issues in Ergonomics Science* 5, n.º 3 (2004): 214-31, <https://doi.org/10.1080/1463922021000049980>.

33 Charles Osgood, George Suci, and Percy Tannenbaum, *The Measurement of Meaning* (Urbana, IL: University of Illinois Press, 1957).

34 Carmen Llinares Millán, Susana Iñarra, and Jaime Guixeres, «Design Attributes Influencing the Success of Urban 3D Visualizations: Differences in Assessments According to Training and Intention», *Journal of Urban Technology* 25, n.º 4 (octubre de 2018): 39-57, <https://doi.org/10.1080/10630732.2018.1444873>.

35 Nuria Castilla et al., «Affective evaluation of the luminous environment in university classrooms», *Journal of Environmental Psychology* 58 (agosto de 2018): 52-62, <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2018.07.010>.



^ Fig 9. Mapa de calor (izquierda) y retícula de áreas de Interés AOI (derecha) superpuestas en punto de vista "viewpoint 1" (Bristol Cross) en Stourhead. ETC.la (2017).
 Fig 9. Heat map (left) and gridded AOI (right) overlaid on viewpoint 1 (Bristol Cross) in Stourhead. ETC.la (2017).

La accesibilidad a este tipo de herramientas de seguimiento y el desarrollo de software específico para el análisis de los datos (iMotions, SMI Redn Professional, EyeWorks, PyGaze, OptiKey, Tobii EyeX, Gazepoint, Irisbond Prima, Eyezag,...) están permitiendo la proliferación de estudios de investigación sobre el diseño arquitectónico que, desde un planteamiento ligado a la cognición visual y al diseño centrado en el usuario, intentan definir los parámetros de diseño más adecuados para un proyecto, las características de la representación visual de la arquitectura, la percepción del espacio tanto virtual como real o la influencia de los aspectos emocionales en el diseño de espacios más eficientes.

El registro del movimiento ocular permite la recogida de datos empíricos que posibilitarían un diseño arquitectónico basado en evidencias⁴⁰ al analizar una serie de factores cognitivos que condicionan el proceso de evaluación de los observadores. Esta metodología de trabajo tiene distintas aplicaciones en la investigación arquitectónica como, por ejemplo, el análisis de la experiencia subjetiva en la observación de edificios históricos⁴¹ a lo largo de un recorrido. En combinación con técnicas basadas en cues-

Numerous investigations on architectural design arise due to the ease of access to this type of monitoring tools and the development of specific software for data analysis (iMotions, SMI Redn Professional, EyeWorks, PyGaze, OptiKey, Tobii EyeX, Gazepoint, Irisbond Prima, Eyezag,...). They combine the approach of visual cognition and user-centred design to define the most appropriate design parameters for a project, the characteristics of the visual representation of architecture, the perception of both virtual and real space or the influence of emotional aspects in the design of more efficient spaces.

Eye movement tracing is an empirical data collection tool that would enable an evidence-based architectural design⁴⁰, since it yields a series of cognitive factors that condition the observer evaluation process. In architectural research, its use made it possible to evaluate the experience of the observer in a tour of historic buildings⁴¹. In combination with techniques based on questionnaires and

· 36
 Carmen Llinares y Alvaro Page, «Application of product differential semantics to quantify purchaser perceptions in housing assessment», *Building and Environment* 42, n.o 7 (2007): 2488-97, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.06.012>.

· 37
 Y. Kinoshita et al., «Kansei and colour harmony models for townscape evaluation», *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering* 220, n.o 8 (2006): 725-34, <https://doi.org/10.1243/09596518JSCE149>.

· 38
 Justin B. Hollander et al., «Eye-tracking emulation software: a promising urban design tool», *Architectural Science Review* 64, n.o 4 (julio de 2021): 383-93, <https://doi.org/10.1080/00038628.2021.1929055>.

· 39
 Peng Wang et al., «Insights into Public Visual Behaviors through Eye-Tracking Tests: A Study Based on National Park System Pilot Area Landscapes», *Land* 10, n.o 5 (mayo de 2021): 497, <https://doi.org/10.3390/land10050497>.

· 40
 Ann Sussman y Justin Hollander, *Cognitive Architecture. Designing for How We Respond to the Built Environment*, 2ª ed. (Nueva York: Routledge, 2021).

· 41
 Luis Alfonso de la Fuente Suárez, «Subjective experience and visual attention to a historic building: A real-world eye-tracking study», *Frontiers of Architectural Research* 9, n.o 4 (2020): 774-804, <https://doi.org/10.1016/j.foar.2020.07.006>.

· 36
 Carmen Llinares and Alvaro Page, «Application of product differential semantics to quantify purchaser perceptions in housing assessment», *Building and Environment* 42, n.o 7 (2007): 2488-97, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.06.012>.

· 37
 Y. Kinoshita et al., «Kansei and colour harmony models for townscape evaluation», *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering* 220, n.o 8 (2006): 725-34, <https://doi.org/10.1243/09596518JSCE149>.

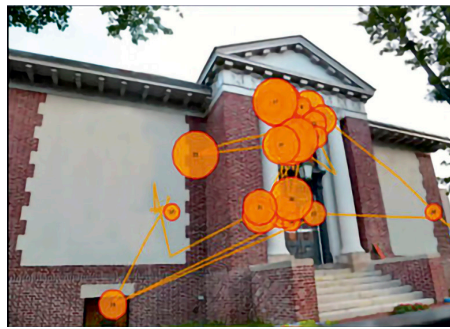
· 38
 Justin B. Hollander et al., «Eye-tracking emulation software: a promising urban design tool», *Architectural Science Review* 64, n.o 4 (julio de 2021): 383-93, <https://doi.org/10.1080/00038628.2021.1929055>.

· 39
 Peng Wang et al., «Insights into Public Visual Behaviors through Eye-Tracking Tests: A Study Based on National Park System Pilot Area Landscapes», *Land* 10, n.o 5 (mayo de 2021): 497, <https://doi.org/10.3390/land10050497>.

· 40
 Ann Sussman and Justin Hollander, *Cognitive Architecture. Designing for How We Respond to the Built Environment*, 2ª ed. (Nueva York: Routledge, 2021).

· 41
 Luis Alfonso de la Fuente Suárez, «Subjective experience and visual attention to a historic building: A real-world eye-tracking study», *Frontiers of Architectural Research* 9, n.o 4 (2020): 774-804, <https://doi.org/10.1016/j.foar.2020.07.006>.

Fig 10. Visualización de fijaciones (círculos) y movimientos sacádicos (líneas) en dos imágenes de la Biblioteca de Stapleton en Staten Island (NY). A la derecha la imagen real del edificio y a la izquierda una imagen modificada digitalmente con las ventanas eliminadas. Fig 10. Visualization of "fixations" (circles) and "saccades" (lines) in two images from the Stapleton Library in Staten Island (NY), with windows photoshopped away, at left; the original building, at right.



tionarios y protocolos de pensamiento en voz alta o pensamiento manifestado (*Think-Aloud Protocols*), facilita valorar aspectos multidimensionales de la experiencia arquitectónica a través de las cualidades sensoriales y emotivas de los fenómenos espaciales y los objetos arquitectónicos. Los resultados se obtienen de la correlación de los datos empíricos con el registro de la experiencia subjetiva del observador, aspecto que promete resultados muy positivos en el análisis de las ya mencionadas arquitecturas "informales", "sin genealogía" o vernáculas, entendidas como un ejemplo significativo de diseño centrado en el usuario y de integración con el medio natural y social y que, por tanto, se adecuan a los métodos de investigación basados en la cognición espacial y visual⁴².

Son numerosas las investigaciones que emplean esta tecnología con objetivos diversos tendentes a mejorar la eficacia del diseño de los elementos arquitectónicos mediante el análisis de las propiedades visuales del entorno construido (Fig.10). En algunos casos se busca la elaboración de guías de diseño tomando en consideración determinadas variables estéticas y diferenciando entre observadores expertos con formación arquitectónica (*majors*) y no expertos (*non majors*)⁴³. También se utiliza como herramienta para la elaboración de directrices y actividades didácticas relacionadas con la protección de edificios y espacios históricos. Para ello se estudia el contenido de la información obtenida en el momento de la observación y la competencia perceptiva existente entre determinados detalles del objeto y los espacios contemporáneos ^{44,45}.

⁴² Rafael Millán-Pascual et al., «Materialidades, espacio, pensamiento: arqueología de la cognición visual», *Trabajos de Prehistoria* 78, n.o 1 (2021): 7-25, <https://doi.org/10.3989/tp.2021.12262>.

⁴³ Sangwon Lee et al., «Using an eye tracker to study three-dimensional environmental aesthetics: The impact of architectural elements and educational training on viewers' visual attention», *Journal of Architectural and Planning Research* 32, n.o 2 (2015): 145-67.

⁴⁴ Małgorzata Lisińska-Kuśnierz y Michał Krupa, «Research on perception of objects and spaces», *Technical Transactions* 12 (2018): 5-22, <https://doi.org/10.4467/2353737XCT.18.175.9663>.

⁴⁵ Marta Rusnak, «Eye-tracking support for architects, conservators, and museologists. Anastylosis as pretext for research and discussion», *Heritage Science* 9, n.o 1 (diciembre de 2021): 81, <https://doi.org/10.1186/s40494-021-00548-7>.

Think-Aloud Protocols, it facilitates the assessment of multidimensional factors of the architectural experience based on the sensory and emotional qualities of spatial phenomena and architectural objects. The results correlate the empirical data with the record of the observer's experience, which promises very positive results in order to understand the aforementioned "informal", "without genealogy" or vernacular architectures. This relationship is binding due to its conception of user-centred design and integration with the natural and social environment and that, therefore, are suitable for research methods based on spatial and visual cognition⁴².

Numerous investigations use this technology for various purposes, which tend to improve the effectiveness of architectural design through the analysis of the visual properties of the built environment (Fig.10). In some cases, the aim is to develop design guides that consider certain aesthetic variables and differentiate between expert observers with architectural training (*majors*) and non-experts (*non-majors*)⁴³. It also assisted in developing educational guidelines and activities to safeguard historic buildings and spaces. The researchers explore the content of the information collected during the observation, as well as the rule of perceptual competition between details of objects and spaces, both historical and contemporary^{44,45}.

⁴² Rafael Millán-Pascual et al., «Materialidades, espacio, pensamiento: arqueología de la cognición visual», *Trabajos de Prehistoria* 78, n.o 1 (2021): 7-25, <https://doi.org/10.3989/tp.2021.12262>.

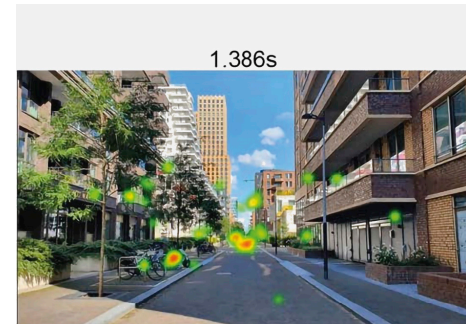
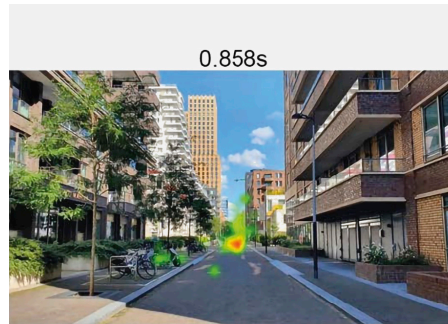
⁴³ Sangwon Lee et al., «Using an eye tracker to study three-dimensional environmental aesthetics: The impact of architectural elements and educational training on viewers' visual attention», *Journal of Architectural and Planning Research* 32, n.o 2 (2015): 145-67.

⁴⁴ Małgorzata Lisińska-Kuśnierz y Michał Krupa, «Research on perception of objects and spaces», *Technical Transactions* 12 (2018): 5-22, <https://doi.org/10.4467/2353737XCT.18.175.9663>.

⁴⁵ Marta Rusnak, «Eye-tracking support for architects, conservators, and museologists. Anastylosis as pretext for research and discussion», *Heritage Science* 9, n.o 1 (diciembre de 2021): 81, <https://doi.org/10.1186/s40494-021-00548-7>.

- Fig 11. Ejemplo de agregación de mapas de calor que muestra la dinámica del movimiento ocular con fijaciones centradas a lo largo de un área vertical de interés (arriba izquierda); agrupadas hacia el final de la calle (arriba derecha); con fuerte fijación central (abajo izquierda) y en exploración horizontal de la escena (abajo derecha).

Fig 11. Aggregated heatmap of George Gershwinlaan, Amsterdam, using eye-tracked data collected from 31 participants. It shows the eye-movement dynamics from the start, with eye-fixations centring along a vertical area of interest (top left); clustered towards the end of the street (top right); and strong central fixation (bottom left) developing into horizontal exploration of the scene (bottom right).



Otra utilización se produce en estudios de arquitectura del paisaje para el análisis de la interacción cualitativa en espacios abiertos con sistemas de *eye-tracking* móvil que permiten evaluar la experiencia de usuario⁴⁶. También se investigan procesos de *biofeedback* en el diseño de espacios interactivos virtuales integrando el *eye-tracking* con el reconocimiento de emociones⁴⁷ y la adquisición de información visual perceptiva en este tipo de espacios virtuales 3D mediante el análisis de la distribución de la fijación ocular⁴⁸. Se han desarrollado experiencias de uso de los patrones de seguimiento ocular para su aplicación al diseño coherente de paisajes urbanos en entornos con edificios de gran altura (Fig. 11) en las que se han obtenido soluciones de diseño a nivel de calle a partir de las pautas biométricas analizadas⁴⁹.

Otro campo emergente con grandes posibilidades es el de la aplicación en el ámbito de la educación arquitectónica para monitorizar los

In landscape architecture studies, previous literature monitored qualitative interaction in open spaces with mobile eye-tracking systems⁴⁶. Biofeedback processes also use eye tracking to design interactive virtual spaces in combination with emotion recognition⁴⁷ to acquire perceptual visual information in this type of 3D virtual spaces according to the distribution of eye-fixation⁴⁸. Thus, the development of user visual experiences on eye tracking patterns to apply them in the design of urban landscapes in high-rise environments (Fig. 11) can provide solutions at street level based on the biometric guidelines⁴⁹.

In addition, in the field of architectural education, eye tracking could monitor learning processes to optimize teaching methods and consequently improve the acquisition of skills through participation

· 46 Dirk Junker y Christian Nollen, «Mobile Eye Tracking in Landscape Architecture: Discovering a New Application for Research on Site», en *Landscape Architecture - The Sense of Places, Models and Applications* (InTech, 2018), <https://doi.org/10.5772/intechopen.74992>.

· 47 Wanyu Pei, Tiantian Lo, y Xiangmin Guo, «A Biofeedback Process: Detecting Architectural Space with the integration of emotion recognition and Eye-Tracking Technology», en Dominik Holzer et al, eds., *Anthropocene, Design in the Age of Humans* (Bangkok: The Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA), 2020).

· 48 Jong Ha Kim y Ju Yeon Kim, «Measuring Visual Attention Processing of Virtual Environment Using Eye-Fixation Information», *Architectural research* 22, n.o 4 (2020): 155-62, <https://doi.org/10.5659/AIKAR.2020.22.4.155>.

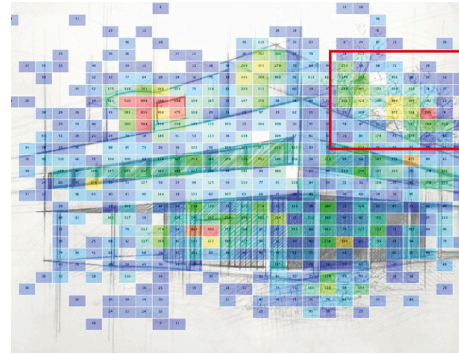
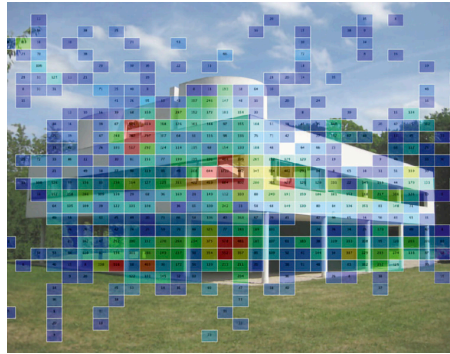
· 49 Gideon Spanjar y Frank Suurenbroek, «Eye-Tracking the City: Matching the Design of Streetscapes in High-Rise Environments with Users' Visual Experiences», *Journal of Digital Landscape Architecture* 5 (2020): 374-85, <https://doi.org/10.14627/537690038>.

· 46 Dirk Junker and Christian Nollen, «Mobile Eye Tracking in Landscape Architecture: Discovering a New Application for Research on Site», en *Landscape Architecture - The Sense of Places, Models and Applications* (InTech, 2018), <https://doi.org/10.5772/intechopen.74992>.

· 47 Wanyu Pei, Tiantian Lo, and Xiangmin Guo, «A Biofeedback Process: Detecting Architectural Space with the integration of emotion recognition and Eye-Tracking Technology», en Dominik Holzer et al, eds., *Anthropocene, Design in the Age of Humans* (Bangkok: The Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA), 2020).

· 48 Jong Ha Kim and Ju Yeon Kim, «Measuring Visual Attention Processing of Virtual Environment Using Eye-Fixation Information», *Architectural research* 22, n.o 4 (2020): 155-62, <https://doi.org/10.5659/AIKAR.2020.22.4.155>.

· 49 Gideon Spanjar and Frank Suurenbroek, «Eye-Tracking the City: Matching the Design of Streetscapes in High-Rise Environments with Users' Visual Experiences», *Journal of Digital Landscape Architecture* 5 (2020): 374-85, <https://doi.org/10.14627/537690038>.



› Fig 12. Visualización (izquierda) y mapa de fijaciones (derecha) en una fotografía y un dibujo lineal.
Fig 12. Visualization of fixations (left) and fixation map (right) of a photograph and a line drawing

procesos de aprendizaje y optimizar los métodos didácticos empleados para la adquisición de habilidades profesionales especializadas mediante estrategias de participación y autoevaluación. Por un lado, se aprovechan las aplicaciones de la neurociencia en la arquitectura⁵⁰, pero además permite evaluar el impacto del modo de representación en la percepción visual de la arquitectura (Fig. 12) con estudios comparativos entre la fotografía y el dibujo lineal de un edificio⁵¹. En este mismo sentido, y en relación con las aplicaciones de esta tecnología en el diseño de interfaces, resulta de utilidad en el análisis del comportamiento cognitivo del usuario de herramientas CAAD (*Computer Aided Architectural Design*) al permitir analizar los protocolos de uso, los centros de atención en el proceso de realización de un proyecto (fachadas, bordes, esquinas,...), las fases de revisión del diseño, etc., y abre la posibilidad de mejorar el desarrollo y usabilidad de las herramientas digitales de diseño y modelado⁵².

and self-assessment strategies. Previous research took advantage of the utilities of neuroscience in architecture⁵⁰, and others compared the impact of the representation in photography vs linear drawing of a building in the visual perception of architecture (Fig. 12)⁵¹. In this sense, in interface design it is useful to understand the cognitive behaviour of the CAAD user (*Computer Aided Architectural Design*), since it brings to light procedures, the focus of attention in the project process (facades, edges, corners,...) and calls for improvement in the development and usability of digital design and modelling tools⁵².

4. Conclusions

Graphic evaluation and diagnosis strategies are essential for user-centred ar-

· 50
Marta Alina Rusnak y Mateusz Rabięga, «The Potential of Using an Eye Tracker in Architectural Education: Three Perspectives for Ordinary Users, Students and Lecturers», *Buildings* 11, n.º 6 (2021): 245, <https://doi.org/10.3390/buildings11060245>.

· 51
Jaewan Park et al., «The Impact of Design Representation on Visual Perception: Comparing Eye-Tracking Data of Architectural Scenes Between Photography and Line Drawing», *Archives of Design Research* 32, n.º 1 (2019): 5-29, <https://doi.org/10.15187/adr.2019.02.32.1.5>.

· 52
Rongrong Yu y John S. Gero, «Using eye-tracking to study designers' cognitive behaviour when designing with CAAD», en *52nd International Conference of the Architectural Science Association* (Melbourne: The Architectural Science Association and RMIT University, 2018), 443-51.

· 50
Marta Alina Rusnak and Mateusz Rabięga, «The Potential of Using an Eye Tracker in Architectural Education: Three Perspectives for Ordinary Users, Students and Lecturers», *Buildings* 11, n.º 6 (2021): 245, <https://doi.org/10.3390/buildings11060245>.

· 51
Jaewan Park et al., «The Impact of Design Representation on Visual Perception: Comparing Eye-Tracking Data of Architectural Scenes Between Photography and Line Drawing», *Archives of Design Research* 32, n.º 1 (2019): 5-29, <https://doi.org/10.15187/adr.2019.02.32.1.5>.

· 52
Rongrong Yu and John S. Gero, «Using eye-tracking to study designers' cognitive behaviour when designing with CAAD», en *52nd International Conference of the Architectural Science Association* (Melbourne: The Architectural Science Association and RMIT University, 2018), 443-51.

4. Conclusiones

El desarrollo de estrategias gráficas aplicadas al diseño arquitectónico centrado en el usuario permite desarrollar métodos de evaluación y diagnóstico que podrían tener una importante aplicación en el estudio y análisis de la denominada arquitectura "informal". La posibilidad de cuantificar parámetros vinculados a las dinámicas sociales de conducta y a la experiencia visual del observador configura un marco de posibilidades en el campo de la investigación aplicada al diseño arquitectónico.

La sintaxis espacial combina cuestiones relacionales y topológicas con aspectos culturales y sociológicos estableciendo variables de conectividad e integración susceptibles de ser parametrizadas. Esto permite analizar el movimiento, la orientación en el espacio y las condiciones de accesibilidad. La jerarquización de espacios y la facilidad de desplazamiento entre ellos, así como la evaluación sistemática de la privacidad, posibilita identificar grados de segregación espacial. También resulta de utilidad para caracterizar una tipología arquitectónica y evaluar los índices de impacto de diversos factores histórico-culturales en su modificación que, en combinación con la gramática de la forma, ayudan a comprender la relación entre el diseño del espacio y la organización funcional. El desarrollo de esta metodología permite considerar las diversas relaciones de la persona con la arquitectura y su evolución en el tiempo a partir del diseño del espacio con base en la planta del edificio.

Las tecnologías de seguimiento visual complementan esa orientación centrada en la persona mediante una aproximación emocional que registra las respuestas subjetivas del observador en un análisis del comportamiento visual desarrollado en combinación con otras estrategias basadas en la cognición espacial. En ambos casos la recogida de datos empíricos se combina con la obtención de *outputs* gráficos que permiten una visualización de datos que facilita un mejor conocimiento y percepción del espacio arquitectónico lo que permite definir parámetros de diseño (color, cualidades formales y funcionales, mobiliario urbano, naturaleza, etc.) más adecuados y eficaces con una orientación centrada en el ser humano. Con un enfoque relacional posibilitan describir la influencia de los aspectos cognitivo-emocionales en el proceso de diseño a partir de la experiencia subjetiva (significados, bienestar, temporalidad, alegría, etc.) de observación de edificios y espacios por parte de los usuarios.

El alcance de la investigación desarrollada permite destacar las posibilidades de utilización de estas metodologías, favorecidas por los avances de la informática y el pensamiento computacional, especialmente en elementos

arquitectural design, so they are suitable to understand the so-called "informal" architecture. Eye tracking collects information interpretable under social dynamic theories of behaviour and the visual experience of the observer, a vital approach for applied research in architectural design.

Spatial syntax combines relational and topological issues with cultural and sociological aspects, establishing connectivity and integration variables. This allows analysis of movement, orientation in space and accessibility conditions. The hierarchy of spaces and the ease of movement between them, as well as the systematic evaluation of privacy, make it possible to identify degrees of spatial segregation. It is also useful for characterizing an architectural typology and evaluating the impact indices of various historical-cultural factors in its modification, which, in combination with shape grammars, help to understand the relationship between space design and functional organization. This methodology allows us to consider the various relationships between people and architecture and their evolution over time based on the design of the space based on the floor plan of the building.

Eye tracking technologies complement this human-centred orientation through an emotional approach that records the observer's responses based on their visual behaviour together with other strategies based on spatial cognition. In both cases, the collection of empirical data provides graphic outputs that promote knowledge and perception of the architectural space. Its results guide the choice of design parameters (colour, formal and functional qualities, urban furniture, nature, etc.) that are more appropriate and effective with a human-centred orientation. From a relational approach, they describe the influence of cognitive-emotional aspects in the design process based on their experience of observing buildings and spaces as users, whether they are meanings, well-being, temporality, joy, etc.

The scope of the research highlights the possibilities of these methodologies, favoured by advances in information technology and computational thinking, especially in elements of complex geometry such as vernacular architecture, architectural heritage, informal settlements or the architectural landscape.

de geometrización compleja como en el caso de la arquitectura vernácula, el patrimonio arquitectónico, los asentamientos informales o la arquitectura del paisaje.

Finalmente, la importancia de la orientación hacia el usuario se pone de manifiesto en su potencial utilización en el ámbito de la educación arquitectónica, las estrategias de representación y la mejora y desarrollo de las herramientas digitales de diseño.

Finally, the importance of user orientation is evident in its potential in the field of architectural education, representation strategies and the improvement and development of digital design tools.

Procedencia de las imágenes

Fig. 1. Al Sayed et al., 2014.
Fig. 2. Bafna, 2003.
Fig. 3. Lee, Ostwald y Lee, 2017.
Fig. 4. Al-Jokhadar y Wasim 2019.
Fig. 5. Composición realizada a partir de los gráficos originales de Alitajer y Molavi Nojumi, 2016.
Fig. 6. composición realizada a partir de los planos originales de Zhou y Wei 2021.
Fig. 7. Yarus, 1967 (figs. 109 y 115).
Fig. 8. Sussman, A. y Ward, J. (2017).
Fig. 9. Junker, D. y Nollen, Ch. (2019).
Fig. 10. Sussman et al., 2021.
Fig. 11. panjar, G. y Suurenbroek, F. (2020).
Fig. 12. Park, J. et al. (2019).

Sobre los autores

Ángel J. Fernández-Álvarez (Puerto de Vega, 1964)
Doctor (Representación y Teoría de la Arquitectura). Profesor en la Universidade da Coruña (Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica).
angel.fernandez.alvarez@udc.es
<https://orcid.org/0000-0001-8376-4839>

Vicente A. López-Chao (Villalba, 1990)
Doctor (Arquitectura y Urbanismo). Profesor en la Universidade da Coruña (Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica).
v.lchao@udc.es
<https://orcid.org/0000-0002-7369-0319>

Source of illustrations

Fig. 1. Al Sayed et al., 2014.
Fig. 2. Bafna, 2003.
Fig. 3. Lee, Ostwald and Lee, 2017.
Fig. 4. Al-Jokhadar y Wasim 2019
Fig. 5. Authors' composition from original drawings by Alitajer and Molavi Nojumi, 2016.
Fig. 6. Authors' composition made from the original plans by Zhou and Wei 2021.
Fig. 7. Yarus, 1967 (figs. 109 and 115).
Fig. 8. Sussman, A. and Ward, J. (2017).
Fig. 9. Junker, D. y Nollen, Ch., 2019
Fig. 10. Sussman et al., 2021.
Fig. 11. Spanjar, G. and Suurenbroek, F., 2020.
Fig. 12. Park, J. et al., 2019.

About the authors

Ángel J. Fernández-Álvarez (Puerto de Vega, 1964)
PhD Architect (Representation and theory of architecture). Professor at University of A Coruña (Architectural Graphic Expression Department)
angel.fernandez.alvarez@udc.es
<https://orcid.org/0000-0001-8376-4839>

Vicente A. López-Chao (Villalba, 1990)
PhD Architect (Architecture and Urbanism). Adjunct Professor at University of A Coruña (Architectural Graphic Expression Department) v.lchao@udc.es
<https://orcid.org/0000-0002-7369-0319>

- Al-Jokhadar, Amer, y Wassim Jabi. "Spatial reasoning as a syntactic method for programming socio-spatial parametric grammar for vertical residential buildings". *Architectural Science Review* 63, n.º 2 (2020): 135-53. <https://doi.org/10.1080/00038628.2019.1646631>.
- Alitajer, Saeid, y Ghazaleh Molavi Nojumi. "Privacy at home: Analysis of behavioral patterns in the spatial configuration of traditional and modern houses in the city of Hamedan based on the notion of space syntax". *Frontiers of Architectural Research* 5, n.º 3 (2016): 341-52. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2016.02.003>.
- Arnheim, Rudolf. *Arte y percepción visual: psicología del ojo creador*. Madrid: Alianza, 2005.
- Bafna, Sonit. "Space Syntax". *Environment and Behavior* 35, n.º 1 (26 de enero de 2003): 17-29. <https://doi.org/10.1177/0013916502238863>.
- Bandyopadhyay, Abir, y Arif N Merchant. "Space Syntax Analysis of Colonial Houses in India". *Environment and Planning B: Planning and Design* 33, n.º 6 (30 de diciembre de 2006): 923-42. <https://doi.org/10.1068/b32082>.
- Benedikt, M L. "To take hold of space: isovists and isovist fields". *Environment and Planning B: Planning and Design* 6, n.º 1 (1979): 47-65. <https://doi.org/10.1068/b060047>.
- Bermejo Tirado, Jesús. "Aplicaciones de sintaxis espacial en Arqueología: una revisión de algunas tendencias actuales". *Arqueología de la Arquitectura*, n.º 12 (2015): e031. <https://doi.org/10.3989/arq.arqt.2015.122>.
- Castilla, Nuria, Carmen Llinares, Fabio Bisegna, y Vicente Blanca-Giménez. "Affective evaluation of the luminous environment in university classrooms". *Journal of Environmental Psychology* 58 (agosto de 2018): 52-62. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2018.07.010>.
- Cullen, Gordon. *El paisaje urbano. Tratado de estética urbanística*. Barcelona: Blume, 1974.
- Dondis, Donis A. *La sintaxis de la imagen. Introducción al alfabeto visual*. Barcelona, Spain: Gustavo Gili, 1997.
- Du, Xiaoyu. "Methods of spatial analysis for natural ventilation potential". A+ BE: *Architecture and the Built Environment*, n.º 10 (2019): 239-48. <https://doi.org/10.7480/abe.19.10.4112>.
- Duchowwski, Andrew. *Eye Tracking Methodology. Theory and Practice*. 3ª ed. Londres: Springer, 2017.
- Eloy, Sara, y José Pinto Duarte. "A Transfformation Grammar for Housing Rehabilitation". *Nexus Network Journal* 13, n.º 1 (2011): 49-71. <https://doi.org/10.1007/s00004-011-0052-x>.
- Fuente Suárez, Luis Alfonso de la. "Subjective experience and visual attention to a historic building: A real-world eye-tracking study". *Frontiers of Architectural Research* 9, n.º 4 (2020): 774-804. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2020.07.006>.
- Gombrich, Ernst. *Arte e ilusión. Estudio sobre la psicología de la representación pictórica*. Madrid; Debate, 1998.
- Higuera-Trujillo, Juan Luis, Carmen Llinares, y Eduardo Macagno. "The Cognitive-Emotional Design and Study of Architectural Space: A Scoping Review of Neuroarchitecture and Its Precursor Approaches". *Sensors* 21, n.º 6 (marzo de 2021): 2193. <https://doi.org/10.3390/s21062193>.
- Hillier, B, A Penn, J Hanson, T Grajewski, y J Xu. "Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement". *Environment and Planning B: Planning and Design* 20, n.º 1 (1993): 29-66. <https://doi.org/10.1068/b200029>.
- Hillier, Bill, y Julienne Hanson. *The Social Logic of Space*. Cambridge University Press, 1984. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511597237>.
- Hollander, Justin B., Ann Sussman, Peter Lowitt, Neil Angus, y Minyu Situ. "Eye-tracking emulation software: a promising urban design tool". *Architectural Science Review* 64, n.º 4 (julio de 2021): 383-93. <https://doi.org/10.1080/00038628.2021.1929055>.
- Iñarra Abad, Susana, Francisco Juan Vidal, Carmen Llinares Millán, y Jaime Guixeres Provinciale. "Atención visual en la evaluación de espacios arquitectónicos". *EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica* 20, n.º 25 (2015): 228. <https://doi.org/10.4995/ega.2015.3585>.
- Junker, Dirk, y Christian Nollen. "Mobile Eye Tracking in Landscape Architecture: Discovering a New Application for Research on Site". En *Landscape Architecture: The Sense of Places, Models and Applications*. InTech, 2018. <https://doi.org/10.5772/intechopen.74992>.
- Karakas, Tulay, y Dilek Yildiz. "Exploring the influence of the built environment on human experience through a neuroscience approach: A systematic review". *Frontiers of Architectural Research* 9, n.º 1 (marzo de 2021): 236-47. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.10.005>.
- Kim, Jong Ha, y Ju Yeon Kim. "Measuring Visual Attention Processing of Virtual Environment Using Eye-Fixation Information". *Architectural research* 22, n.º 4 (2020): 155-62. <https://doi.org/10.5659/AIKAR.2020.22.4.155>.