

Embodiment in haptic architectural diagrams

Esen Gökçe Özdamar

Introduction: architectural diagrams

Historically, architects have used technical drawings to represent their architectural ideas, not only to refine their thoughts but also to convey their ideas to others¹. Architectural drawings and representations, whether technical or surreal, have enabled designers to enrich their design thinking, processes, and products, and have enabled architects to experiment, reflect, and scrutinize their ideas. Architectural design thinking is a complex process that is primarily shaped in the mind of the designer and simultaneously rendered by a complex milieu, comprising the problem context, limitations, expectations, program, content, users or participants, and the moment in time. It is within this context that architects express themselves freely and openly and generate their ideas. In this complex design context, the designer uses their physical body to varying degrees in sketching, modeling, prototyping, diagramming, and animating. From sketches and scribbles to model making, from digital design to 3D immersive environments, designers communicate through the environments they are embedded in. With the widespread use of computer technologies, designers use tactile paper and pen far less than before, and instead use digital screens, mixed reality, 3D printers, or 3D pens.

Drawings are tools of translation between design and building². They have several typical traits. They are “evocative” in that they convey the experiential qualities of the design, or are “instructional” in that they may be “notational drawings” which convey precise dimensional and material information³. Among architectural representations, diagrams⁴ are “imaginative devices” which convey “powerful metaphors.”⁵ They can be figurative or non-figurative representations and can contain quantitative and qualitative information that can be transformed into physical designs, or which can convey intense visual information relating to tone, context, and a myriad of other ideas. Diagrams convey and refine information in the design process, capturing measured and geometric data, and guiding the creative processes⁶. They enable designers to explore the potentialities of design elements such as form, space, materiality, scale, light, and use⁷. As Andrew Chaplin argues, in the design process a diagram is “a visual language—a medium between thoughts and reality.”⁸ Diagrams clarify relational knowledge, elements of

the design, the process of construction⁹, and the spatial relations in an architectural problem¹⁰. They depict real world objects and the spatial relationships between¹¹ them. In his book *Space is the Machine*, Bill Hillier argues that architectural diagrams are more than just a representation¹² and “the designer is in effect a configurational thinker.”¹³

He argues that “the idea of architecture is at once a thing and an activity, certain attributes of buildings and a certain way of arriving at them” in which product and process are not independent of each other.¹⁴ Product and process converge in Hillier’s work. An architectural diagram serves both as “an activity” and as representation of the designer’s intent in itself and as an “interchangeable artifact.”¹⁵ Therefore, a diagram can embody both the relationship between physical form and spatial form and the relationship between “bodily function and socio-cultural function.”¹⁶

In the design process, architects produce diagrams for two primary purposes. The first is to design “more pictorially” to “record[...] the preconceived idea of the building.”¹⁷

The second and more important purpose is to draw and “interact with their diagrams” in order to design spatially.¹⁸ To design pictorially refers to a representative and descriptive process, while the latter refers to the embeddedness of the designer in the space of the design problem and context. The second purpose offers a more effective and internalized approach due to its physicality. According to Riahi, diagrams, as well as other sorts of drawings and representations reveal the creative process¹⁹. Diagrams, on the other hand, not only demonstrate ingenuity, but also generate visual, kinesthetic, and tactile effects in their process of creation, which can orient the designer.

There are different classifications of architectural diagrams used by designers. Fraser Shields sees diagrams as a tool for architects and speaks of their “open” and “generative” nature as they free the process from “formal considerations.”^{20,21} Analysis, datascape, organizational, operational, conceptual, and abstract diagrams are some examples of this type.^{22,23} Depending on the environment in which they are produced, architectural diagrams can be conventional, digital, or hybrid. Conventional environments involve tools and media such as drawing, collage, and assemblage and can involve the traditional use of ink and paint on surfaces such as parchment, tracing paper, mylar, cardboard, glass, metal, wood, and fabric. An example of this type of diagram is Guy Debord’s map of Paris (*Guide Psychogéographique de Paris*, 1957), which is a mapping of the fragmented city, discovering new ways of moving through the city, drifting, and thinking about places in which the spatiality of difference emerges as a tactic for re-reading the relationship between experience and the built environment²⁴. More mathematical or cinematographic diagrams include Christopher Alexander’s organization charts, Lebbeus Woods’ surreal works, Bernard Tschumi and Peter Eisenman’s montage works, and Zaha Hadid, Rem Koolhaas, and UNStudio’s generative diagrams made

for productive processes.^{25,26} By contrast, some diagrams are built during the design process and bring complex data together to find emerging parameters. These diagrams include sensory maps, network maps, and data that grows or transforms through immersive environments.

However, many diagrams are realized in two-dimensional media and are not haptic or have less tactile traits. Modernist examples of haptic diagrams and experiments are mentioned in Henri Focillon’s *In Praise of Hands*²⁷ and include the influence of haptic education in Montessori,²⁸ haptic collages of the Dada movement, Le Corbusier’s formal investigations with transparent cellophane sheets of superposing Zip-a-tone patterns in *The Modulor II*,²⁹ Bauhaus corporeality and anthropomorphic diagrams, Sol LeWitt’s 3D diagrammatic installations, and Alvar Aalto’s phenomenological haptic wood reliefs. In the 1960s and 1970s, handcrafted visualization tools were widely used in experimental representations in fanzines and in the works of Archigram.

Haptic diagrams can enhance the process and approach of the designer to challenges in design methodology. Therefore, this article investigates how haptic diagrams can improve the efficiency and embodiment of the design process by embedding the designer’s experience in the design problem.

Diagrams can be essential to both the production and acquisition of knowledge as they might allow the designer to discern possible ideas. Diagrams incorporate the perceptions of the designer and the audience, incorporate operational norms, and may make it easier to unravel the mysteries which these contain.³⁰ The study of haptic diagrams in this article is limited to postmodern practices. Many contemporary works of art are characterized by “appropriation, site specificity, impermanence, accumulation, discursivity, [and] hybridization,” distinguishing them from their modernist forebears.³¹ As Owen argues, allegorical imagery is appropriated imagery. In these contemporary works, the allegorist does not create images, rather, they seize them. In their hands, the image changes into something else. Allegory is related to the “fragmentary, the imperfect, the incomplete,” and “affirms its own arbitrariness and contingency.”³² In these works, designers generate images through the reproduction of images.

Hapticity in architectural diagrams

Haptic diagrams are spatial models or representations that demonstrate the concept underlying them by stimulating a sense of touch and bodily connection beyond visual sensory data. They can also be thought of as layered or fractured juxtapositions of diverse parts that are sensorily tactile due to the material and textual properties of the surface on which a diagram or drawing is rendered, and are a layered or fragmented juxtaposition of various elements. A diagram’s tactility is enhanced by its thickness, depth, and fragmentary juxtapositions.

The haptic relates to one's sense of touch or to tactile sensations. According to Papale et al., "Touch is constrained both spatially and temporally, as compared to vision."³³ As Pallasmaa argues that it affords an important role for tactile-based perception and imagery in the architectural experience. Tactility can emotionally integrate inanimate objects and can provide a sense of presence (referring to the perception of immersion in the surrounding environment) whereas vision usually does not do this. Pallasmaa's sensorial integration or involvement through bodily perception occurs through direct contact with the perceived object. Contact is primarily heightened through properties such as surface texture, shape, or position in space.³⁴ In his book, *The Thinking Hand*, he argues that during sketching, the designer's hand is engaged in a "direct and delicate collaboration and interplay with mental imagery," and it is impossible to know whether the internal mental image or the sketch appears first.³⁵ The initial mental image can emerge as a visual entity, but it can also be a "tactile, muscular, or bodily impression, or shapeless feeling that the hand concretizes."³⁶ Therefore, haptic perception can emerge through the interplay of the designer's imagination and hands.³⁷

Evans argues that there are two opposing conditions in representation: one regarding the corporeality of the things made and the disembodied properties in the drawing. He describes these as "involvement, substantiality, tangibility, presence, immediacy, direct action" and "disengagement, obliqueness, abstraction, mediation and action at a distance," respectively.³⁸ Tactility has been found to be the closest to vision in terms of semantic and cognitive processing of pictorial information.³⁹ However, the haptic effect of an architectural diagram brings forth a puzzle-like integration to the process, arousing curiosity and the desire to discover and understand the reality or realities it evokes. Diagrams can be interacted with based on their haptic features. Linear elements such as rope, wire, or surfaces (such as metal and wood), can increase contact with the material. Secondly, diagrams containing illusion-like or angled geometries can increase woven contact and can evoke the urge to understand and explore. Third, in the context of Arnheim's concepts of distortion and deformation, differently perceived formal qualities such as obliqueness, the axonometric effect, depth effect surfaces, or gravity⁴⁰ can enhance the effect of touch. As Arnheim argues, visual experience is not limited to a single object—it can also arise when moving around in an environment and seeing objects from different viewpoints. Viewers can move around an object, or an object can turn in front of the viewer's eyes, resulting in changing projections from the perspective of the viewer.⁴¹

An example of an earlier haptic architectural diagram is volvelles (from the Latin word *volvere*: to spin), known as the rotating paper mechanisms that were mounted inside manuscripts of Arab scholars from the 12th century. Although the books written in this

period were in fields such as astronomy, clockwork, and astrology, these diagrams began to be seen in the fields of geography and medicine in the Western world and partly in architecture. Such an example can be found in Vitruvius' *Ten Books on Architecture*, Barbaro edition (1556)⁴² [Fig. 01]. Folding sheets, volvelles, and other moving book features invited the viewer into a tactile engagement with the book, as the pages became spaces for exploration.⁴³ They not only provided knowledge or control of the knowledge to be discovered, but also provided a sense of sensory integrity and a sense of embodiment through a kind of being-in-knowledge.

Linearity and fragmentation in the enhancement of visual acuity in architectural diagrams

According to psychologist James J. Gibson's (1950) studies, the sensations of space are assumed to be the impressions of surface and edge.⁴⁵ According to the pioneers of Gestalt psychology, Katz and Koffka, one of the key aspects of perception of a determinate surface is visual resistance in relation to texture and visual acuity. This means that the property of a "surface is that it is solid to vision as well as to touch," as well as the qualities of extended color, being illuminated or darkened (i.e., lighted or shadowed), the quality of slant, the property of nearness or farness, the impression of a closed contour, the quality of shape at a given slant, and the quality of size at a given distance.⁴⁶

Sketching becomes a form of exploration in Lebbeus Woods' *Terrain* (1999) project, which contains speculative excursions from the present architectural output and explores new types of space. Woods created dynamic forms in response to swift changes in modern urban cultures and environments.⁴⁷ Similarly, Chris Kenny's three-dimensional collages of map fragments initiate a design process, creating cartographic abstractions as conceptual word clouds [Fig. 02].

Linear or fragmentary pieces in a defined surface (such as wire or string) can provide a stimulus to provoke touch and may even elicit qualities such as elasticity or the production of sound through vibration when touched. Architectural diagrams that are between abstract representations and consist of linearly oriented materials or patterns can provide a sense of touch for the designer. They can elicit the idea and action of an unfinished design intervention that is open and productive to the design process and product. Kate McLean's sensory 'smellscape' mappings, Ben Spong's models [Fig. 03], and Takatsugu Kuriyama's model of Tokyo's complex subway system are a few examples of this kind of diagram.

Sarah Sze's 3D works alter the scale between microscopic observation and the macroscopic vision of infinity by combining gathered objects and photographs from both the physical and digital worlds in complex multimedia pieces. Sze's work is dynamic and productive, encompassing sculpture, painting, drawing, printmaking, video, and installation with 3D materials related to entropy and

temporality.⁵⁰ The combination of collage with axonometric representations is intriguing, as is Daniel Libeskind's transformation of handcrafted collages into three-dimensional shapes, and the haptic installations of artist Katsumi Hayakawa [Fig. 04]. Another example by SANAA demonstrates how an Euclidean layout of the Glass Pavilion at the Toledo Museum of Art can be transformed into a haptic representation and how diagrams act as catalysts for reimagining space [Fig. 05].

Complexity and transparency in the enhancement of visual acuity in architectural diagrams

The layering, fracturing, or transparency of the elements of architectural diagrams can result in the perceiver moving to process the data physically. These diagrams create a sense of playfulness, intervention, exploration, and bodily interaction between the designer and the environment. The intricate structure of architectural diagrams, as well as the transparency and traceability of physical media such as paper and acetate or digital media, are helpful in creating layered and tacit knowledge. Transparency and the superposition of shapes, is heightened by shape relations and their lightness.⁵³ The tracing paper and the medium used to draw or transfer diagrams have similar effects. Tracing allows designers to combine diverse elements into a composition using cinematic techniques like montage.⁵⁴ As stated by Olcott Price, tracing paper is used in the drawing⁵⁵ process, and in the reading of drawings. Tracing is a type of knowledge production in architecture that has shown remarkable persistence in the face of significant changes in dominant modes of architectural production. It allows for both copying and innovation through line selection and omission, variety, and invention. The layering of materials such as paper or other media introduces a plurality and a layering that can be manipulated, rearranged, animated, and repositioned to create variation or unity in the design thinking process. In tracing paper representations, there are "continuities and discontinuities, flows and abrupt halting," which include "a depth and thickness."⁵⁶ This understanding of tracing is reminiscent of Gibson's (1986: 22) ideas on the distinction between "medium, substances, surfaces,"^{57, 58}

In these diagrams, the tactile features become more visible, or this effect may be achieved by digital manipulation, creating the effect of depth. Shaun Murray's ENIAtype diagrams can be given as an example of a transdisciplinary reading methodology. Murray proposes a notational system for the relationship of context, design, and communication. Based on the 26-rule and a contextualism-based notation system, Murray's diagrams draw inspiration from Gregory Bateson's recursive vision. Murray demonstrates the interconnections between the environment and human behavior that translate into space in this system. The notation sets and drawings initiate a dialogue that reveals potential interactions and existing environmental conditions. "Affective touch" (no. 21) and "tactile insertions" (no. 22) are two of these rules.⁵⁹ He conveys

shamanistic intensities of creativity as well as empirical and scientific registers of diagramming in his other exploratory mapping, *Mirror Curtain* (2021). He methodically manages and embodies the material while claiming bodily independence from such constraints.⁶⁰

Many analog architectural collages are haptic due to their partial transference, transparency, and material layering, which foster haptic interaction, evoke a visceral response, and suggest several interpretations. Many designers believe that “tangible qualities of space and form are heightened and revealed” through the creation of collages, and that the collage enriches the perception of the spatial and material experience of the architecture⁶¹ [Fig. 06].

In the above Figure 6, the diagrams are multi-layered cut-out drawings printed on tracing paper and acetate and are re-readings of contemporary urban residential spaces in Istanbul, Vienna, and Amsterdam. They are ontological, epistemological, and logic of the middle axioms, and are derived from the transdisciplinary methodology of Basarab Nicolescu.⁶³ The superimposed layers depict the temporal span of the re-reading process, merging fragments of urban dynamics such as speed and flexibility, as well as an installation art project and in-depth interviews with various participant groups. Transparency in the superimposed layers, as described by Rowe and Robert Slutzky, displays implicit knowledge and tangible properties in the signified system. It represents more than simply optical information; instead it represents a higher level of spatial organization. Transparency refers to the simultaneous awareness of many spatial locations. The position of the transparent figures conveys an ambiguous message.⁶⁴

Geometrical distortion in the enhancement of visual acuity in 3D architectural diagrams

Physical models allow architects to create tangible, tactile representations of their designs that can be touched and manipulated, providing a more direct and immediate sensory experience. Virtual reality simulations make use of computer graphics and advanced technology to create immersive, interactive environments that simulate the physical sensation of inhabiting space. Interactive digital interfaces allow users to manipulate digital representations of a design, providing a more flexible and dynamic way to explore and understand the design. Many three-dimensional visualizations realized with two-dimensional architectural media contain information about the distorted and oblique view and depth. This information is conveyed with exploded perspectives or axonometric perspectives. These architectural diagrams can facilitate a fused sense of involvement in both the optical and tactile senses of the viewer.

Digital diagrams can be created when manual drawings are digitized or through electronic 3D modeling. Such diagrams give the impression of morphing and movement.

Examples of such representations include UNStudio's flowcharts, musical notes, electrical circuit diagrams in technical books, reproduction pictures, datascares, and randomly selected images which replace deconstruction devices. These diagrams may not only evoke the viewer's visual bodily involvement, but also the body's tactile and physical involvement.

While the precise spatial and temporal information provided by vision and auditory senses are well understood, the haptic system is particularly effective at processing the material properties of surfaces and objects. While contact through active investigation tends to direct the observer's attention to aspects of the external environment, passive touch tends to focus the observer's attention on their subjective physical experiences. With the popularization of VR, 3D pens, 3D printing, and data visualization, diagrammatic representations of digital data are becoming increasingly haptic and tangible in day-to-day human experience.⁶⁵

As Blackwell argues, diagrams are increasingly being used in human-computer interaction. Furthermore, improved publication technologies (particularly the PostScript language) have enabled consistent reproduction of diagrams.⁶⁶ Furthermore, VR technologies with 3D audio or tactile haptic feedback mechanisms improve the sophistication of diagrammatic communication.⁶⁷ Diagrams created with VR headsets in digitally generated or immersive worlds can also be accompanied by sound, sight, scent, or can be drawn by hand in the air using technologies such as 3D pens. 3D-printed data visualizations and code-based graphics (such as Mapzilla) are examples of these new techniques and tools [Fig. 07].

Due to the physicality of material, the materiality of a 3D diagram or model that is hand-crafted or manufactured with a 3D printer necessitates different perception than analog diagrams. Touch is important in “communicative and emotional” senses.⁶⁹ Through an encounter with a design diagram, we perceive a quality of being-in-its-presence and because we engage with it to such an extent, we experience a depth of sensory engagement. The “embodiment and embodied knowledge approach to drawing” might be the reason for this.⁷⁰ Given the increasing usage of three-dimensional haptic diagrams in new and immersive technologies, the design process will likely be increasingly replaced by more haptic and inclusive environments and approaches.

Final words

While diagrams have been a means of conveying measurable data and universal knowledge (particularly in the ancient and medieval eras), they have evolved into more expressive, generative images in the postmodern era. In some cases, this has been achieved through the replication of multiple images extracted from the original context and given new value. As a result, these diagrams become difficult-to-decipher representation of tacit information. The

objecthood of haptic diagrams can be tactile and informative, stimulating ways of thinking to bridge the gap between representation and reality and better engage with the designer's embeddedness in the act of thinking and designing. They act as intermediaries between the designer, the architectural product, its representation, and the perceiver. Touch as a design thinking interface in architectural diagrams can help the designer to be more physically immersed in the process, both methodologically and in terms of the result.

Diagrams are ocular because they first establish their own universe of knowledge and experience, whether through a representational, a design or inquiry tool, or the result of a clearer and explicit mapping (such as dreamscapes). The combined effects of linearity, contrast, perspective, and distortion or fragmented linkages is perceived visually. On the other hand, Haptic diagrams correspond with a combination of sight and touch. They are physical at the same time, not only because they are created by hand using diverse interfaces in traditional or digital media, but also because they manipulate the physiological reality of touch. As with volvelles, knowledge is only extended through the body, and its embodiment comes through face-to-face encounters. In digital or immersive environments, this takes the form of information articulation via a pseudo-haptic interface or interaction. The haptic refers to tactility only for those who can physically touch the diagram. If contact is not possible, a perceiver experiences it as a pseudo-haptic experience.

Diagrams produce meaning allegorically through abstract and incomplete relations of meaning. The necessity for touch in haptic diagrams encourages the perceiver to gather information via experience and to follow impulse rather than picturing spatial information and numerically deciphering the forms conveyed in diagrams. This experience is transformed into a puzzle when transparent, tactile, or fragmented elements are included in diagrams. Meaning emerges both in the middle and at the end of a path through a diagram. The viewer must uncover and synthesize diagrammatic information between representations and multiple sources.⁷¹

Instead of increasing the vividness of visual communication in the design process, 3D haptic architectural diagrams might increase the spatiality of the design methodology. The digitization of transparent or superimposing layers or diverse materials can also boost the efficacy of diagrams. What advantages does the tactility of diagrams offer designers? Architects can investigate and comprehend the spatial and sensory qualities of their designs by developing haptic architectural diagrams. This can help them better embody their designs and comprehend how others will interact with them physically. Haptic diagrams can also help architects communicate with those perceiving their diagrams by offering a tangible, tactile representation of the design. Cognitive and other somatosensory testing is required to understand the extent of this communication.

1. Ana Vasconcelos, "Digital Diagrams in Contemporary Architectural Design: A Creative Interface Between Human Imagination and Form," in *Advances in Human Factors in Architecture, Sustainable Urban Planning and Infrastructure, Proceedings of the AHFE 2021 Virtual Conference on Human Factors in Architecture, Sustainable Urban Planning and Infrastructure*, July 25-29, 2021, USA, ed. Jerzy Charytonowicz, Alicja Maciejko, and Christianne S. Falcão (Switzerland: Springer Nature, 2021), 109, https://doi.org/10.1007/978-3-030-80710-8_14.
2. Robin Evans, "Translations from Drawing to Building," in *AA Files* 12 (Summer 1986), accessed July 11, 2023, <https://www.jstor.org/stable/29543512>.
3. Jennifer A. E. Shields, "Displacement: Architectural Collage, Investigating Atmospheres in a Design Studio," in *Proceedings of the 4th International Congress on Ambiances, Alloaesthesia: Senses, Inventions, Worlds, Réseau International Ambiances* (December 2020): 339, <https://doi.org/10.48537/hal-03220336>.
4. In philosophical contexts, Deleuze and Guattari mentioned a diagram as something that "does not function to represent even something real, but rather constructed a real that is yet to come, a new type of reality" (Gilles Deleuze and Felix Guattari, *A Thousand Plateaus*, trans. Brian Massumi (Minneapolis: University of Minnesota Press, 1987), 141).
5. Pari Riahi, "Expanding the Boundaries of Architectural Representation," *The Journal of Architecture* 22, no. 5 (2017): 816, 821, <https://doi.org/10.1080/13602365.2017.1351671>.
6. Michael Friendly, "Milestones in the History of Thematic Cartography, Statistical Graphics, and Data Visualization," 2008, 1, accessed January 07, 2022, https://www.usu.edu/math/symanzik/teaching/2009_stat6560/downloads/friendly_milestone.pdf.
7. Shields, "Displacement," 339-340.
8. Andrew Chaplin, "The Architecture of Diagrams: A Taxonomy of Architectural Diagrams," 1-51, accessed October 03, 2022, https://issuu.com/andrew-chaplin/docs/architecture_of_diagrams.
9. Chaplin, "The Architecture of Diagrams," 1-51.
10. Ellen Yi-Luen Do and Mark D. Gross, "Thinking with Diagrams in Architectural Design," *Artificial Intelligence Review* 15 (2001): 136, <https://doi.org/10.1023/A:1006661524497>.
11. Thora Tenbrink, Ruth Conroy Dalton, and Anwen Jago Williams, "The Language of Architectural Diagrams," in COSIT 2019: 14th Conference on Spatial Information Theory, ed. Sabine Timpf, Christoph Schlieder, Markus Kattenbeck, Bernd Ludwig, and Kathleen Stewart (Dagstuhl Publishing, 2019), 23:3, <https://doi.org/10.4230/LIPIcs.COSIT.2019.17>.
12. Bill Hillier, *Space is the Machine: A Configurational Theory of Architecture* (London: Space Syntax, 2007), 12.
13. Hillier, *Space is the Machine*, 32.
14. As cited by Tenbrink, Dalton, and Williams, "The Language of Architectural Diagrams," 23:3.
15. Op. cit. 23:4.
16. Hillier, *Space is the Machine*, 17.
17. Georg Vrachliotis, "Articulating Space Through Architectural Diagrams," in *AAAI Spring Symposium: Reasoning with Mental and External Diagrams: Computational Modeling and Spatial Assistance*, Technical Report SS-05-06 (2005), 127-133, Stanford, California, March 21-23.
18. Vrachliotis, "Articulating Space Through Architectural Diagrams," 127-133.
19. Riahi, "Expanding the Boundaries," 816.
20. Gerrit Conforius, "Editorial," *Daidalos* 74 (2000): 4-5.
21. Fraser Shields, "Diagrams in Architecture an Examination of Diagram Based Design Methods in Contemporary Urban Architecture Projects" (Master's thesis, School of Architecture of Victoria University of Wellington, 2012), 20, <http://hdl.handle.net/10063/2179>.
22. Shields, "Diagrams in Architecture," 56-58.
23. Taxonomically different from Shields's classification, Chaplin mentions that there are planimetric, sectional, axonometric, programmatic, contextual, circulation, structural, scaled, sequential, generative, topological, euclidian, pertaining to a visual field, pertaining to senses, parti diagrams and post facto explications (Archisoup, "Understanding Architectural Diagrams," accessed February 01, 2023, <https://www.archisoup.com/studio-guide/architectural-diagrams>).
24. Steve Pile, "'The Problem of London', or, How to Explore the Moods of the City," in *The Hieroglyphics of Space: Reading and Experiencing the Modern Metropolis*, ed. Neil Leach (London and New York: Routledge, 2002), 212.
25. Bernard Tschumi's deconstruction work in the 1970s represented the movement in space as a juxtaposition of event cities combined with dance notation systems in the design of La Villette park. Similarly, Eisenman derived from a juxtaposition of the "historical analysis of modernism" and of structural linguistics (Anthony Vidler, "Diagrams of Diagrams: Architectural Abstraction and Modern Representation," *Representations* 72 (2000): 3).
26. Rem Koolhaas's collages of the 1970s inspired by the Italian utopian projects of the 1960s, and Mies van der Rohe's collages borrowed from the Berlin Dadaists of the 1920s, Lebbeus Woods and Archigram's works are some examples (Jesús Vassallo, "Seamless: Digital Collage and Dirty Realism in Architecture," *Log* 39 (Winter 2017): 58).
27. Henri Focillon and Victoria Charles, *In Praise of Hands* (New York: Parkstone Press International, 2018).
28. Josephina Concannon, "A Review of Research on Haptic Perception," *The Journal of Educational Research* 63, no. 6 (1970): 250-252, <http://www.jstor.org/stable/27535980>.
29. Charles Edouard Jeanneret (Le Corbusier), *Modulor I and II, Modulor 2: Let The User Speak Next*, trans. Peter de Francia, and Anna Bostock (Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1980), 153 (originally in 1958).
30. Frederik Stjernfelt, *Diagrammatology: An Investigation on the Borderlines of Phenomenology, Ontology and Semiotics* (Dordrecht: Springer, 2007).
31. Owens, "The Allegorical Impulse: Toward a Theory of Postmodernism," *October* 12 (1980): 75, <https://doi.org/10.2307/778575>.
32. Owens, "The Allegorical Impulse," 69-71.
33. Paolo Papale, Leonardo Chiesi, Alessandra C. Rampinini, Pietro Pietrini, and Emiliano Ricciardi, "When Neuroscience 'Touches' Architecture: From Hapticity to a Supramodal Functioning of the Human Brain," *Front. Psychol.* 7, no.866 (2016): 5, <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00866>.
34. Papale, Chiesi, Rampinini, Pietrini, and Ricciardi, "When Neuroscience 'Touches' Architecture," 2, 5.
35. Juhani Pallasmaa, *The Thinking Hand: Existential and Embodied Wisdom in Architecture* (UK: Wiley, 2009), 91.
36. Pallasmaa, *The Thinking Hand*, 91-92.
37. Op. cit. 91-92.
38. Evans, "Translations from Drawing to Building," 5.
39. Richa Gupta, M. Balakrishnan, and P.V.M. Rao, "Tactile Diagrams for the Visually Impaired," *IEEE Potentials, Assistive Technology*, (January/February 2017): 14, <https://doi.org/10.1109/MPOT.2016.2614754>.
40. Rudolf Arnheim, *Art and Visual Perception: A Psychology of the Creative Eye* (Berkeley and London: University of California Press, 1997), 258 (originally 1954).
41. Rudolf Arnheim, *The Dynamics of Architectural Form* (Berkeley and Los Angeles: University of California Press, 1977), 110-111.
42. Marcus Pollio Vitruvius and Daniele Barbaro, *I dieci libri dell'architettura di M. Vitruvio tradotti et commentati da Monsignor Barbaro eletto patriarca d'Aquilegia* (In Vinegia: 1556), ETH-Bibliothek Zürich, Rar 9902, per Francesco Marcolini, Public Domain Mark, 265, <https://doi.org/10.3931/e-rara-7582>.
43. Amaranth Borsuk, *The Book* (Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2018).
44. Vitruvius and Barbaro, *I dieci libri dell'architettura*.
45. James J. Gibson, "The Perception of Visual Surfaces," *The American Journal of Psychology*, 63, no. 3 (1950): 367, accessed March 19, 2023, <https://www.jstor.org/stable/141800>.
46. Gibson, "The Perception of Visual Surfaces," 368-370.
47. MOMA, Lebbeus Woods, accessed August 20, 2023, <https://www.moma.org/collection/works/88853>.
48. Chris Kenny, *Maidenhead Thicket*, Map Works, accessed August 25, 2023, <https://www.chriskenny.co.uk/map-works/149nbvov7tmz6pow10i4b3df9cbyb>.
49. Ben Spong, *Designing a dialogue*, accessed July 17, 2023, <https://benspongarch.tumblr.com/post/130199472109/ben-spong-designing-a-dialogue-a-small-selection/amp>.
50. Sarah Size, *Works*, accessed February 17, 2023, <https://gagosian.com/artists/sarah-size/>.
51. Katsumi Hayakawa, *Multilayer Structure*, accessed August 23, 2023, <http://katsumihayakawa.com/mlstructure.html>.
52. Fernando Cecilia Márquez and Richard Levene, ed., "Glass Pavilion at the Toledo Museum of Art," in *El Croquis 139: SANAA. Kazuyo Sejima Ryue Nishizawa. 2004-2008, Architectural Topology* (Madrid: El Croquis Editorial, 2008), 86.
53. Arnheim, *Art and Visual Perception*, 253, 257.
54. Raymond Lucas, "The Discipline of Tracing in Architectural Drawing," in *The Materiality of Writing: A Trace-Making Perspective*, ed. Christian Mosbæk Johannessen and Theo van Leeuwen (Routledge: London and New York, 2018), 124.
55. Louis Olcott Price, *Line, Shade and Shadow: The Fabrication and Preservation of Architectural Drawings* (Houten: Hes & De Graaf Publishers, 2010).
56. Lucas, "The Discipline of Tracing in Architectural Drawing," 130, 134, 135.
57. Op. cit. 135.
58. James J. Gibson, *The Ecological Approach to Visual Perception* (New York, East Sussex: Psychology Press, 1986).
59. Shaun Murray, "Abducted Ground: The Ineffaceable Beaduric's Island," *AIS - Architecture Image Studies Scientific Journal: Narrative Architecture* 1, no. 2 (2020): 109, <https://doi.org/10.48619/ais.v1i2.326>.
60. Robin Wilson, "World Shaping: Choreographies of Mapping and Construction," *Architectural Design (AD)* 92, no. 4 (2022): 72, <https://doi.org/10.1002/ad.2837>.
61. Jennifer A. E. Shields, *Collage and Architecture* (New York and Abingdon: Routledge, 2014), 59.
62. Esen Gökçe Özdamar, "A Re-reading of Narrative of Contemporary Housing in Context of Urban Dynamics: Istanbul, Vienna, Amsterdam" (PhD dissertation, Istanbul Technical University, 2011), <https://polen.itu.edu.tr/items/ade167fa-0aea-47a5-a0e0-c51cc2a37348>.
63. Basarab Nicolescu, *Manifesto of Transdisciplinarity* (USA: Suny Press, 2002).
64. Colin Rowe and Robert Slutzky, "Transparency: Literal and Phenomenal," *Perspecta* 8 (1963): 45, <https://doi.org/10.2307/1566901>.
65. Susan J. Lederman and Roberta L. Klatzky, "Haptic Perception: A Tutorial," *Attention, Perception, & Psychophysics* 71, no. 7 (2009): 1439, <https://doi.org/10.3758/APP.71.7.1439>.
66. Alan F. Blackwell, ed., "Introduction: Thinking with Diagrams," *Artificial Intelligence Review* 15, no. 1-2 (2001): 1, <https://doi.org/10.1023/A:1006673610113>.
67. Paul Brna, Richard Cox, and Judith Good, "Learning to Think and Communicate with Diagrams: 14 Questions to Consider," *Artificial Intelligence Review* 15, no. 1-2 (2001): 131, <https://doi.org/10.1023/A:1006584801959>.
68. Mapzilla, "NACIS," accessed February 01, 2023, <https://mapzilla.co.uk/work/nacis>.
69. Alberto Gallace and Charles Spence, "The Cognitive and Neural Correlates of Tactile Memory," *Psychological Bulletin* 135, no. 3 (2009): 380-406, <https://doi.org/10.1037/a0015325>.
70. Lucas, "The Discipline of Tracing in Architectural Drawing," 133.

Diagram
Haptic
Perception
Embodiment

La materialización en diagramas arquitectónicos hápticos

Esen Gökçe Özdamar

DOI: <https://doi.org/10.20868/cpa.2023.13.5168>

Este artículo se centra en las posibilidades que ofrecen los materiales hápticos y tridimensionales en los diagramas arquitectónicos creados en el proceso de diseño. Estos materiales pueden inspirar a los diseñadores y potenciar su creatividad. Los diagramas hápticos incorporan la experiencia del diseñador al problema de diseño y, por tanto, mejoran sus procesos mediante la eficacia incorporada. La primera sección del artículo enumera y explica brevemente los diagramas arquitectónicos y sus tipos. En la segunda sección se valoran los diagramas arquitectónicos analógicos o digitales con cualidades táctiles. Los diagramas hápticos se clasifican en función de su contenido y del entorno en el que se crean, con tres tipos de agudeza visual: si son lineales o fragmentarios, complejos o transparentes, y si están distorsionados geométricamente. El artículo sostiene que los diagramas arquitectónicos hápticos pueden mejorar la plasmación del pensamiento de diseño en la arquitectura. Los diagramas hápticos, ya sean analógicos, digitales o tridimensionales, pueden ayudar a los arquitectos a comunicarse y colaborar más eficazmente con las personas que perciben la arquitectura, al proporcionar una representación tangible y háptica del diseño. Y es que los diagramas hápticos son objetos que transmiten la materialidad de la forma y encarnan el conocimiento, transmitiendo la metodología del diseño de forma experiencial.

Diagrama
Percepción
Háptico
Materialización

This article focuses on the possibilities afforded by haptic and three-dimensional materials in architectural diagrams created in the design process. These materials can inspire designers and enhance their creativity. Haptic diagrams incorporate the designer's experience into the design problem, and therefore improve design processes through embodied efficiency. The first section of the article enumerates and briefly explains architectural diagrams and their types. In the second section, analog or digitally made architectural diagrams with tactile qualities are appraised. Haptic diagrams are classified based on their content and the setting in which they are created, with three types of visual acuity, including whether they are linear or fragmentary, complex or transparent, and whether they are geometrically distorted. The article argues that haptic architectural diagrams can improve the embodiment of design thinking in architecture. Haptic diagrams, whether analog, digital, or 3D, can help architects to communicate and collaborate more effectively with people perceiving architecture, by providing a tangible, haptic representation of design. This is because haptic diagrams are objects which convey materiality of form and embody knowledge, conveying design methodology experientially.

Architectural diagram
Haptic diagrams
Haptic perception
Embodiment

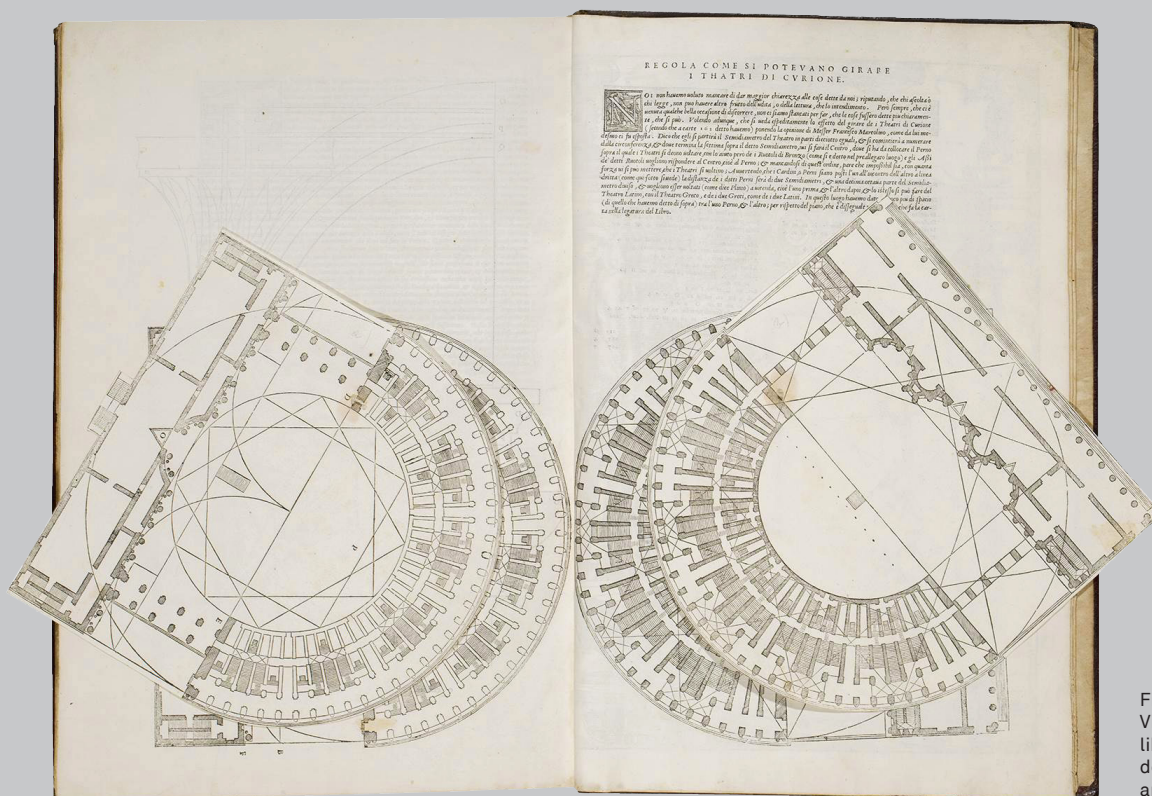


Fig. 01.
Vitruvius y Barbaro, I dieci libri dell'architettura (Uno de los primeros diagramas arquitectónicos hápticos impresos).

Introducción: diagramas arquitectónicos

Históricamente, los arquitectos han utilizado dibujos técnicos para representar sus ideas arquitectónicas, no sólo para refinar sus pensamientos, sino también para transmitir sus ideas a los demás¹. Los dibujos y representaciones arquitectónicas, ya sean técnicos o surrealistas, han permitido a los diseñadores enriquecer su pensamiento de diseño, sus procesos y sus productos, y han permitido a los arquitectos experimentar, reflexionar y escudriñar sus ideas. La reflexión sobre el diseño arquitectónico es un proceso complejo que se forja principalmente en la mente del diseñador y, al mismo tiempo, se desarrolla en un entorno complejo, que comprende el contexto del problema, las limitaciones, las expectativas, el programa, el contenido, los usuarios o participantes y el momento en el tiempo. Es en este contexto donde los arquitectos se expresan libre y abiertamente y generan sus ideas. En este complejo proceso, el diseñador utiliza su cuerpo físico en diversos grados para esbozar, modelar, crear prototipos, diagramar y animar. De los bocetos y garabatos a la creación de modelos, del diseño digital a los entornos inmersivos en 3D, los diseñadores se comunican a través de los entornos en los que están inmersos. Con el uso generalizado de las tecnologías informáticas, los diseñadores utilizan cada vez menos el papel y el bolígrafo táctil, y en su lugar emplean pantallas digitales, realidad mixta o impresoras y bolígrafos 3D.

Los planos son herramientas de traducción entre el diseño y la construcción². Tienen varias características típicas: por un lado, son “evocadores” porque transmiten las cualidades experimentales del diseño y, por otro, son “instructivos” porque pueden ser “dibujos de anotación” que transmiten información precisa sobre dimensiones y materiales³. Entre las representaciones arquitectónicas, los diagramas⁴ pueden considerarse “dispositivos imaginativos” que transmiten “metáforas poderosas.”⁵ Pueden ser representaciones figurativas o no figurativas y contener información cuantitativa y cualitativa que puede transformarse en diseños físicos, o que pueden transmitir información visual intensa relacionada con el tono, el contexto y una miríada de otras ideas.

Los diagramas transmiten y refinan la información en el proceso de diseño, capturando datos tanto medidos como geométricos y guiando los procesos creativos⁶. Permiten a los diseñadores explorar las potencialidades de elementos de diseño como la forma, el espacio, la materialidad, la escala, la luz y el uso⁷. Como afirma Andrew Chaplin, en el proceso de diseño un diagrama es “un lenguaje visual, un medio entre el pensamiento y la realidad.”⁸ Los diagramas aclaran el conocimiento relacional, los elementos del diseño, el proceso de construcción⁹ y las relaciones espaciales en un problema arquitectónico¹⁰. Representan objetos del mundo real y las relaciones espaciales entre ellos¹¹. En su libro *Space is the Machine*, Bill Hillier sostiene que los diagramas arquitectónicos son algo más que una simple representación¹² y que “el diseñador es, en efecto, un pensador configuracional.”¹³ Sostiene que “la idea de arquitectura es a la vez una cosa y una actividad, ciertos atributos de los edificios y cierta forma de llegar a ellos”, en la que producto final y el proceso no son independientes entre sí:¹⁴ existe una convergencia entre ellos. Un diagrama arquitectónico sirve a la vez como “una actividad” y como representación de la intención del diseñador en sí mismo y como “artefacto intercambiable.”¹⁵ Por tanto, un diagrama puede encarnar tanto la relación entre forma física y forma espacial como la relación entre “función corporal y función sociocultural.”¹⁶

En el proceso de diseño, los arquitectos elaboran diagramas con dos fines principales. El primero es diseñar “más pictóricamente” para “registrar[...] la idea preconcebida del edificio.”¹⁷ El segundo, más importante, es dibujar e “interactuar con sus diagramas” para diseñar espacialmente¹⁸. El primero se refiere a un proceso representativo y descriptivo, mientras que el segundo se refiere a la incrustación del diseñador en el espacio del problema de diseño y el contexto. Este último ofrece un enfoque más eficaz e interiorizado debido a su fisicidad. Según Riahi, los diagramas, al igual que otros tipos de dibujos y representaciones, revelan el proceso creativo¹⁹. No sólo demuestran ingenio, sino que generan efectos visuales, cinestésicos y táctiles en su proceso de creación, que pueden orientar al diseñador.

1. Ana Vasconcelos, “Digital Diagrams in Contemporary Architectural Design: A Creative Interface Between Human Imagination and Form,” en *Advances in Human Factors in Architecture, Sustainable Urban Planning and Infrastructure, Proceedings of the AHFE 2021 Virtual Conference on Human Factors in Architecture, Sustainable Urban Planning and Infrastructure*, July 25-29, 2021, USA, ed. Jerzy Charytonowicz, Alicja Maciejko, y Christianne S. Falcão (Switzerland: Springer Nature, 2021), 109, https://doi.org/10.1007/978-3-030-80710-8_14.

2. Robin Evans, “Translations from Drawing to Building,” en *AA Files* 12 (Summer 1986), accedido 11 de julio de 2023 <https://www.jstor.org/stable/29543512>.

3. Jennifer A. E. Shields, “Displacement: Architectural Collage, Investigating Atmospheres in a Design Studio,” en *Proceedings of the 4th International Congress on Ambiances, Alloaesthesia: Senses, Inventions, Worlds, Réseau International Ambiances* (Diciembre 2020): 339, <https://doi.org/10.48537/hal-03220336>.

4. En contextos filosóficos, Deleuze y Guattari mencionaron un diagrama como algo que “no funciona para representar siquiera algo real, sino que construye un real que está por venir, un nuevo tipo de realidad...” (Gilles Deleuze y Félix Guattari, *A Thousand Plateaus*, trad. Brian Massumi (Minneapolis: University of Minnesota Press, 1987), 141).

5. Pari Riahi, “Expanding the Boundaries of Architectural Representation,” *The Journal of Architecture* 22, no. 5 (2017): 816, 821, <https://doi.org/10.1080/13602365.2017.1351671>.



Fig. 02.
Maidenhead Thicket,
Construcción con
fragmentos de mapas
originales, Chris Kenny,
2011. Courtesy of
Chris Kenny.

6. Michael Friendly, "Milestones in the History of Thematic Cartography, Statistical Graphics, and Data Visualization," 2008, 1, accedido 7 de enero de 2022, https://www.usu.edu/math/symanzik/teaching/2009_stat6560/downloads/friendly_milestone.pdf.

7. Shields, "Displacement," 339-340.

8. Andrew Chaplin, "The Architecture of Diagrams: A Taxonomy of Architectural Diagrams," 1-51, accedido 3 de octubre de 2022, https://issuu.com/andrew-chaplin/docs/architecture_of_diagrams.

9. Chaplin, "The Architecture of Diagrams," 1-51.

10. Ellen Yi-Luen Do y Mark D. Gross, "Thinking with Diagrams in Architectural Design," *Artificial Intelligence Review* 15 (2001): 136, <https://doi.org/10.1023/A:1006661524497>.

11. Thora Tenbrink, Ruth Conroy Dalton, y Anwen Jago Williams, "The Language of Architectural Diagrams," en *COSIT 2019: 14th Conference on Spatial Information Theory*, ed. Sabine Timpf, Christoph Schlieder, Markus Kattenbeck, Bernd Ludwig, y Kathleen Stewart (Dagstuhl Publishing, 2019), 23:3, <https://doi.org/10.4230/LIPIcs.COSIT.2019.17>.

12. Bill Hillier, *Space is the Machine: A Configurational Theory of Architecture* (London: Space Syntax, 2007), 12.

13. Hillier, *Space is the Machine*, 32.

14. Citado por Tenbrink, Dalton, y Williams, "The Language of Architectural Diagrams," 23:3.

15. Op. cit. 23:4.

16. Hillier, *Space is the Machine*, 17.

17. Georg Vrachliotis, "Articulating Space Through Architectural Diagrams," en *AAAI Spring Symposium: Reasoning with Mental and External Diagrams: Computational Modeling and Spatial Assistance*, Informe Técnico SS-05-06 (2005), 127-133, Stanford, California, March 21-23.

18. Vrachliotis, "Articulating Space Through Architectural Diagrams," 127-133.

19. Riahi, "Expanding the Boundaries," 816.

20. Gerrit Confurius, "Editorial," *Daidalos* 74 (2000): 4-5.

21. Fraser Shields, "Diagrams in Architecture an Examination of Diagram Based Design Methods in Contemporary Urban Architecture Projects" (Tesis de máster, School of Architecture of Victoria University of Wellington, 2012), 20, <http://hdl.handle.net/10063/2179>.

22. Shields, "Diagrams in Architecture," 56-58.

23. Taxonómicamente diferente de la clasificación de Shields, Chaplin menciona que existen explicaciones planimétricas, seccionales, axonométricas, programáticas, contextuales, circulatorias, estructurales, a escala, secuenciales, generativas, topológicas, euclidianas, pertenecientes a un campo visual, pertenecientes a los sentidos, parti diagrams y post facto (Archisoup, "Understanding Architectural Diagrams," accedido 1 de febrero de 2023, <https://www.archisoup.com/studio-guide/architectural-diagrams>).

24. Steve Pile, "The Problem of London", or, How to Explore the Moods of the City," en *The Hieroglyphics of Space: Reading and Experiencing the Modern Metropolis*, ed. Neil Leach (London y New York: Routledge, 2002), 212.

25. El trabajo de deconstrucción de Bernard Tschumi en los años setenta representó el movimiento en el espacio como una yuxtaposición de ciudades acontecimiento combinada con sistemas de notación de danza en el diseño del parque de La Villette. Del mismo modo, Eisenman derivó de una yuxtaposición del "análisis histórico del modernismo" y de la lingüística estructural (Anthony Vidler, "Diagrams of Diagrams: Architectural Abstraction and Modern Representation," *Representations* 72 (2000): 3).

26. Los collages de Rem Koolhaas de los años 70, inspirados en los proyectos utópicos italianos de los 60, y los de Mies van der Rohe, tomados de los dadaístas berlineses de los años 20, son algunos ejemplos (Jesús Vassallo, "Seamless: Digital Collage and Dirty Realism in Architecture," *Log* 39 (Winter 2017): 58).

Existen distintas clasificaciones de los diagramas arquitectónicos utilizados por algunos diseñadores destacados. Fraser Shields, por ejemplo, considera los diagramas como una herramienta para los arquitectos y habla de su naturaleza "abierta" y "generativa", ya que liberan el proceso de "consideraciones formales."^{20, 21} Algunos ejemplos de este tipo son los diagramas de análisis, de paisaje de datos, organizativos, operativos, conceptuales o abstractos^{22, 23}.

Dependiendo del entorno en el que se produzcan, los diagramas arquitectónicos pueden ser convencionales, digitales o híbridos. Los entornos convencionales implican herramientas y medios como el dibujo, el collage y el ensamblaje, y pueden implicar el uso tradicional de tinta y pintura sobre superficies como pergamino, papel de calco, mylar, cartón, vidrio, metal, madera y tela. Un ejemplo de este tipo de diagramas es el mapa de París de Guy Debord (*Guide Psychogéographique de Paris*, 1957), una cartografía de la ciudad fragmentada que descubre nuevas formas de moverse por la ciudad, de ir a la deriva y de pensar en lugares en los que la espacialidad de la diferencia emerge como táctica para releer la relación entre la experiencia y el entorno construido²⁴. Entre los diagramas más matemáticos o cinematográficos se encuentran los organigramas de Christopher Alexander, las obras surrealistas de Lebbeus Woods, las obras de montaje de Bernard Tschumi y Peter Eisenman, y los diagramas generativos de Zaha Hadid, Rem Koolhaas y UNStudio realizados para procesos productivos^{25, 26}. En cambio, algunos diagramas se construyen durante el proceso de diseño y reúnen datos complejos para encontrar parámetros emergentes. Estos diagramas incluyen mapas sensoriales, mapas de redes y datos que crecen o se transforman a través de entornos inmersivos.

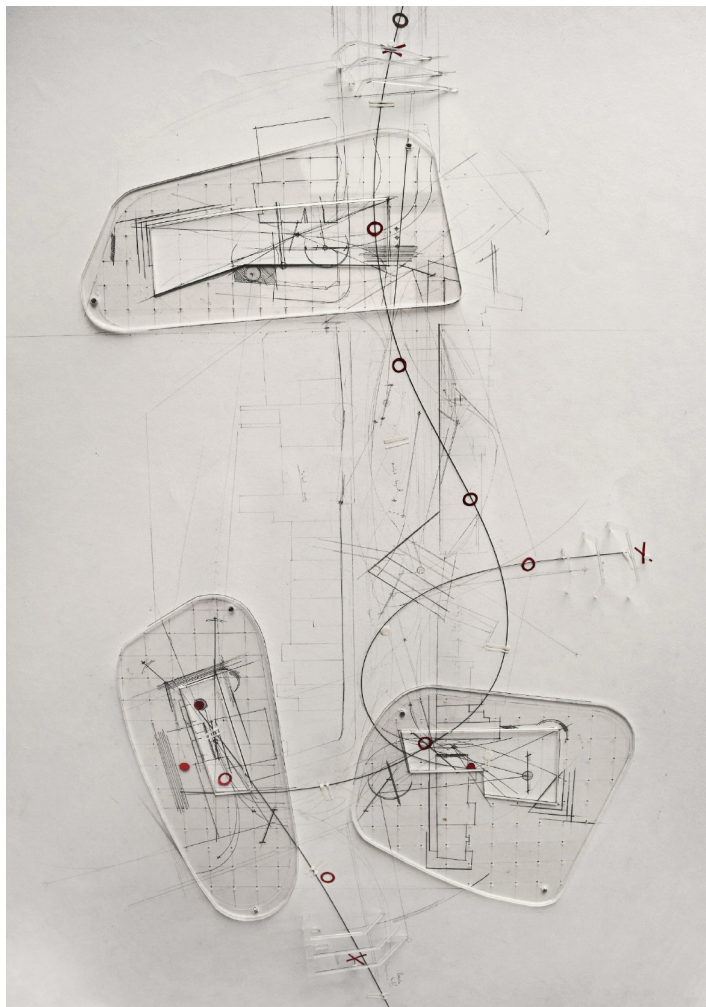
Sin embargo, muchos diagramas se realizan en medios bidimensionales y no son hápticos o tienen rasgos menos táctiles. Ejemplos modernistas de diagramas y experimentos hápticos se mencionan en *In Praise of Hands*²⁷, de Henri Focillon, e incluyen casos como la influencia de la educación háptica en Montessori²⁸, los collages hápticos del movimiento Dadá, las investigaciones formales de Le Corbusier con láminas de celofán transparente de patrones Zip-a-tone superpuestos en *The Modulor II*²⁹, la corporeidad y los diagramas antropomórficos de la Bauhaus, las instalaciones diagramáticas tridimensionales de Sol LeWitt y los relieves fenomenológicos en madera de Alvar Aalto. En las décadas de 1960 y 1970, las herramientas de visualización artesanal se utilizaron ampliamente en representaciones experimentales en fanzines y en las obras de Archigram.

Los diagramas hápticos pueden mejorar el proceso de diseño al incorporar la experiencia del diseñador en la resolución de problemas, lo que a su vez aumenta la eficacia y la materialización de dicho proceso. Pueden ser esenciales tanto para la producción como para la adquisición de conocimientos, ya que permiten al diseñador discernir posibles ideas. Incorporan las percepciones del diseñador y del público, así como normas operativas que pueden facilitar el desentrañamiento de los contenidos que estos encierran³⁰.

En este artículo, el estudio de los diagramas hápticos se limita a las prácticas posmodernas. En muchas ocasiones, las obras de arte contemporáneas se caracterizan por "la apropiación, la especificidad del lugar, la impermanencia, la acumulación, el discurso [y] la hibridación," lo que las distingue de sus antepasados modernistas³¹. Como sostiene Owen, las imágenes alegóricas son imágenes apropiadas. En estas, el alegorista no crea las imágenes sino que se apodera de ellas. En sus manos, una imagen se transforma en otra cosa. La alegoría se relaciona con "lo fragmentario, lo imperfecto, lo incompleto" y "afirma su propia arbitrariedad y contingencia"³². En estas obras, los diseñadores generan imágenes mediante la reproducción de otras imágenes.

Hapticidad en los diagramas arquitectónicos

Los diagramas hápticos son modelos o representaciones espaciales que transmiten conceptos mediante los estímulos del sentido del tacto y la conexión corporal, y van más allá de la información visual. Estos diagramas se componen de diversas partes táctiles debido a las propiedades materiales y texturales de la superficie en la que se representan. Estas partes se superponen o se dividen en diversas capas, añadiendo una dimensión táctil al diagrama a tra-



27. Henri Focillon y Victoria Charles, *In Praise of Hands* (New York: Parkstone Press International, 2018).

28. Josephina Concannon, "A Review of Research on Haptic Perception," *The Journal of Educational Research* 63, no. 6 (1970): 250-252, <http://www.jstor.org/stable/27535980>.

29. Charles Edouard Jeanneret (Le Corbusier), *Modulor I and II, Modulor 2: Let The User Speak Next*, trad. Peter de Francia, y Anna Bostock (Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1980), 153 (originalmente en 1958).

Fig. 03.
Modelo-diagrama
arquitectónico de Ben
Spong. Cortesía of Ben
Spong.

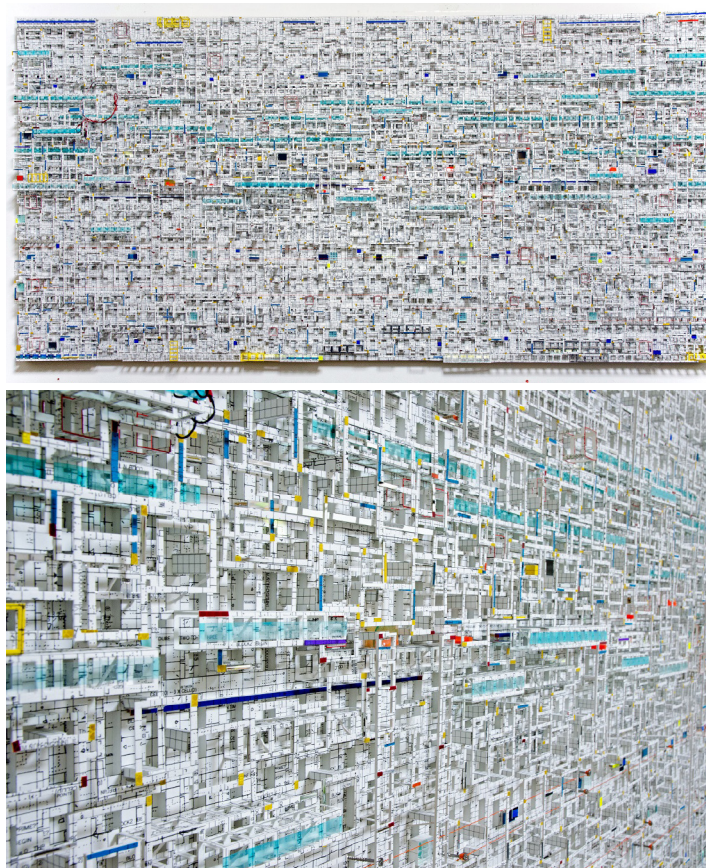


Fig. 04.
Multilayer Structure,
Instalación de paisaje
de papel, Técnica mixta,
Katsumi Hayakawa, 2016.
Cortesía de
Katsumi Hayakawa.

30. Frederik Stjernfelt, *Diagrammatology: An Investigation on the Borderlines of Phenomenology, Ontology and Semiotics* (Dordrecht: Springer, 2007).

31. Owens, "The Allegorical Impulse: Toward a Theory of Postmodernism," *October* 12 (1980): 75, <https://doi.org/10.2307/778575>.

32. Owens, "The Allegorical Impulse," 69-71.

33. Paolo Papale, Leonardo Chiesi, Alessandra C. Rampinini, Pietro Pietrini, y Emiliano Ricciardi, "When Neuroscience 'Touches' Architecture: From Hapticity to a Supramodal Functioning of the Human Brain," *Front. Psychol.* 7, no.866 (2016): 5, <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00866>.

34. Papale, Chiesi, Rampinini, Pietrini, y Ricciardi, "When Neuroscience 'Touches' Architecture," 2, 5.

35. Juhani Pallasmaa, *The Thinking Hand: Existential and Embodied Wisdom in Architecture* (UK: Wiley, 2009), 91.

36. Pallasmaa, *The Thinking Hand*, 91-92.

37. Op. Cit., 91-92.

38. Evans, "Translations from Drawing to Building," 5.

39. Richa Gupta, M. Balakrishnan, y P.V.M. Rao, "Tactile Diagrams for the Visually Impaired," *IEEE Potentials, Assistive Technology*, (Janero/Febrero 2017): 14, <https://doi.org/10.1109/MPOT.2016.2614754>.

40. Rudolf Arnheim, *Art and Visual Perception: A Psychology of the Creative Eye* (Berkeley and London: University of California Press, 1997), 258 (originalmente en 1954).

41. Rudolf Arnheim, *The Dynamics of Architectural Form* (Berkeley and Los Angeles: University of California Press, 1977), 110-111.

42. Marcus Pollio Vitruvius, y Daniele Barbaro, *I dieci libri dell'architettura di M. Vitruvio tradutti et commentati da Monsignor Barbaro eletto patriarca d'Aquileggia* (In Vinegia: 1556), ETH-Bibliothek Zürich, Rar 9902, per Francesco Marcolini, Marca de Dominio Público, 265, <https://doi.org/10.3931/e-rara-7582>.

vés de características como el grosor, la profundidad y las divisiones. Lo háptico también se refiere al sentido del tacto o a las sensaciones táctiles. Según Papale et al., "El tacto está limitado tanto espacial como temporalmente, en comparación con el sentido de la vista"³³. Y, según Pallasmaa, esto otorga un papel importante a la percepción y la imaginaria táctiles en la experiencia arquitectónica. El sentido del tacto tiene la capacidad de generar una conexión emocional con objetos inanimados e inducir una sensación de presencia en el entorno, en contraste con la visión, que generalmente no posee esta cualidad. La integración sensorial a través de la percepción corporal se logra a través del contacto directo con el objeto percibido. El contacto se intensifica principalmente a través de propiedades como la textura de la superficie, la forma o la posición en el espacio³⁴. En el libro *The Thinking Hand*, se afirma que, durante el esbozo la mano del diseñador participa en una "colaboración e interacción directa y delicada con las imágenes mentales," y es imposible saber si aparece primero la imagen mental interna o el esbozo³⁵. La imagen mental inicial puede surgir como una entidad visual, pero también puede ser una "impresión táctil, muscular o corporal, o una sensación informe que la mano concreta."³⁶ Por tanto, la percepción háptica puede surgir a través de la interacción de la imaginación y las manos del diseñador³⁷.

Evans sostiene que existen dos condiciones opuestas en la representación: una, relativa a la corporeidad de las cosas hechas y, otra, las propiedades incorpóreas en el dibujo. Las describe como "implicación, sustancialidad, tangibilidad, presencia, inmediatez, acción directa" y "desvinculación, oblicuidad, abstracción, mediación y acción a distancia", respectivamente³⁸. Se sabe que el tacto es lo más parecido a la visión en términos de procesamiento semántico y cognitivo de la información pictórica³⁹. No obstante, el efecto háptico de un diagrama arquitectónico confiere al proceso un nivel de integración semejante al de un rompecabezas, estimulando la curiosidad y el afán de descubrir y comprender las realidades que evoca. Los componentes lineales, como cuerdas, alambres o superficies de materiales como el metal y la madera pueden intensificar la interacción táctil con el material. En segundo lugar, los diagramas que incorporan geometrías ilusorias o ángulos prominentes pueden ampliar la interacción táctil con la estructura, suscitando un impulso intrínseco de comprensión y exploración. En tercer lugar, en el marco de los conceptos de distorsión y deformación de Arnheim, las características formales que se perciben de manera diferenciada, tales como la oblicuidad, el efecto axonométrico, las superficies con efecto de profundidad o la influencia de la gravedad⁴⁰, pueden potenciar el efecto del tacto. Como sostiene Arnheim, la experiencia visual no se limita a un único objeto, sino que también puede surgir al moverse por un entorno y ver los objetos desde distintos puntos de vista. Los espectadores pueden moverse alrededor de un objeto, o un objeto puede girar delante de los ojos del espectador, dando lugar a proyecciones cambiantes desde la perspectiva del espectador⁴¹.

Un ejemplo de diagrama arquitectónico háptico anterior son los volvelles (de la palabra latina *volvere*: girar), conocidos como los mecanismos de papel giratorio que se montaban en el interior de los manuscritos de los eruditos árabes a partir del siglo XII. Aunque los libros escritos en este periodo versaban sobre campos como la astronomía, la relojería y la astrología, estos diagramas empezaron a verse en los campos de la geografía y la medicina en el mundo occidental y, en parte, en la arquitectura. Un ejemplo de ello se encuentra en los I dieci libri dell'architettura de Vitruvio editados por Barbaro (1556)⁴² [Fig. 01]. Las hojas plegables, las volutas y otros elementos móviles del libro invitaban al espectador a un compromiso táctil con el libro, ya que las páginas se convertían en espacios para la exploración⁴³. No solo facilitaban la adquisición o el dominio del conocimiento por descubrir, sino que también conferían una sensación de integridad sensorial y una sensación de encarnación a través de lo que podría denominarse un 'ser-en-conocimiento'.

Aunque los diagramas arquitectónicos pretenden ser visualmente atractivos, la experiencia del flujo de información, la transferencia de información, la internalización de datos y el proceso requieren un enfoque racional para el perceptor, que a menudo debe releer y reexaminar el diagrama. Esto conduce a una relación íntima, desarrollada a lo largo de un periodo más prolongado, en la que el espectador emplea el contacto táctil para comprender y escudriñar el diagrama. Esta fase va más allá de la experiencia óptica del perceptor



Fig. 05.
Maqueta del Pabellón de
Cristal de Toledo, Museo
de Arte de Toledo, 2008.
Imagen utilizada con
permiso de El Croquis.
Cortesía de El Croquis y
SANAA.

43. Amaranth Borsuk, *The Book* (Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2018).

44. James J. Gibson, "The Perception of Visual Surfaces," *The American Journal of Psychology*, 63, no. 3 (1950): 367, accedido 19 de marzo de 2023, <https://www.jstor.org/stable/141800>.

45. Gibson, "The Perception of Visual Surfaces," 368-370.

46. MOMA, Lebbeus Woods, accedido 20 de agosto de 2023, <https://www.moma.org/collection/works/88853>.

47. Sarah Sze, *Works*, accedido 17 de febrero de 2023, <https://gagosian.com/artists/sarah-sze/>.

de cualquier representación arquitectónica. Del mismo modo, los diagramas pueden ayudar al diseñador a adentrarse en el espacio narrativo tridimensional del problema de diseño. Esta objetividad de los diagramas y el espacio que ocupan pueden ayudar a reducir las barreras entre el acto de diseñar y la incorporación del diseñador.

Aunque los diagramas arquitectónicos aspiran a ser visualmente atractivos, la experiencia de flujo de información, transferencia de datos, internalización de contenidos y el proceso mismo requieren un enfoque racional por parte del observador, quien a menudo se ve obligado a revisitar y analizar minuciosamente el diagrama. Esto da lugar a una relación más estrecha y prolongada, en la cual el espectador utiliza el sentido del tacto para comprender y explorar el diagrama, trascendiendo la experiencia puramente óptica de una representación arquitectónica. De manera similar, los diagramas pueden asistir al diseñador en adentrarse en el espacio narrativo tridimensional del problema de diseño. La objetividad inherente de los diagramas y el espacio que ocupan pueden contribuir a la disminución de las barreras entre el acto de diseñar y la participación activa del diseñador en dicho proceso.

Linealidad y fragmentación en la mejora de la agudeza visual en diagramas arquitectónicos

Según los estudios del psicólogo James J. Gibson (1950), las sensaciones del espacio son las impresiones de superficie y borde⁴⁴. Según los pioneros de la psicología de la Gestalt, Katz y Koffka, uno de los aspectos clave de la percepción de una superficie determinada es la resistencia visual en relación con la textura y la agudeza de la vista. Esto implica que una superficie posee la propiedad de ser percibida como sólida tanto de forma visual como táctil, además de exhibir características como la extensión de color, la presencia o ausencia de iluminación (es decir, sombreado o iluminación), la cualidad de inclinación, la percepción de proximidad o distancia, la impresión de un contorno cerrado, la característica de adquirir una forma particular en una inclinación determinada y la cualidad de tamaño en una distancia específica⁴⁵.

El esbozo se convierte en una forma de exploración en el proyecto Terrain (1999), de Lebbeus Woods. En este proyecto se incluyen expediciones de carácter especulativo a partir de la producción arquitectónica existente, y se investigan nuevas tipologías espaciales. Woods desarrolló formas dinámicas en respuesta a los vertiginosos cambios en las culturas y entornos urbanos contemporáneos⁴⁶. Del mismo modo, los collages tridimensionales elaborados a partir de fragmentos de mapas de Chris Kenny inician un proceso de diseño, creando abstracciones cartográficas que parecen nubes de palabras conceptuales [Fig. 02].

Los elementos lineales o fragmentarios presentes en una superficie determinada, como alambres o cuerdas, pueden servir como estímulos para activar el sentido del tacto y, en algunos casos, pueden inducir cualidades como la elasticidad o generar sonidos a través de vibraciones al entrar en contacto con ellos. En el contexto de los diagramas arquitectónicos, que se sitúan entre representaciones abstractas y constan de materiales o patrones dispuestos linealmente, pueden proporcionar una experiencia táctil al diseñador. Esto puede dar lugar a la concepción y ejecución de una intervención de diseño que se perciba como inacabada, abierta y productiva tanto en el proceso de diseño como en el resultado final del proyecto. Los mapas sensoriales 'smellscape' de Kate McLean, los modelos de Ben Spong [Fig. 03] o el modelo de Takatsugu Kuriyama del complejo sistema de metro de Tokio son algunos ejemplos de este tipo de diagramas.

Las construcciones tridimensionales de Sarah Sze inciden en la modificación de la escala, estableciendo una conexión entre la observación a nivel microscópico y la visión macroscópica del infinito. Esto se logra mediante la amalgama de objetos recopilados y de fotografías provenientes tanto del mundo físico como del ámbito digital, dando lugar a piezas multimedia de gran complejidad. El trabajo de Sze se caracteriza por su dinamismo y productividad, abarcando diversas disciplinas artísticas, como la escultura, la

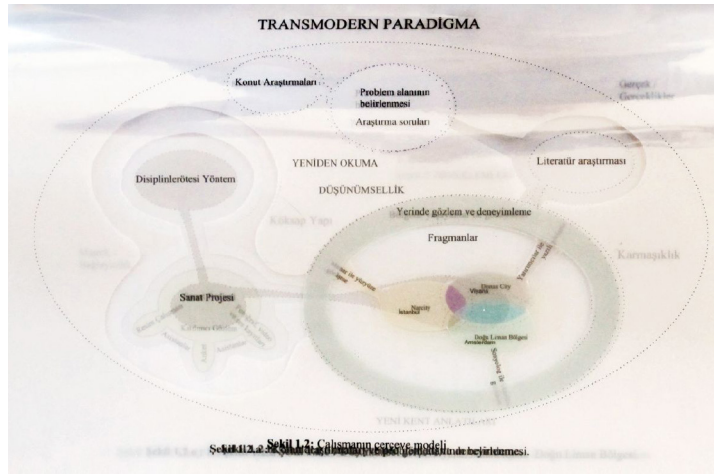
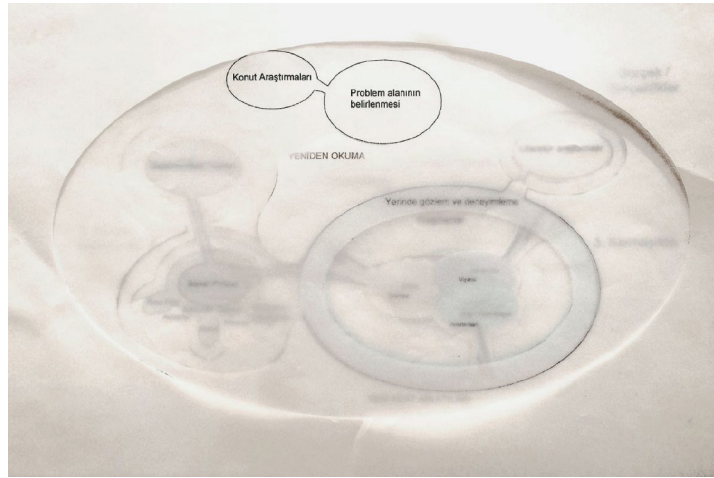


Fig. 06.
Relectura transdisciplinar
de zonas residenciales
de Estambul, Viena y
Ámsterdam. Dibujos
recortados impresos en
papel vegetal y acetato,
2011.

48. Arnheim, *Art and Visual Perception*, 253, 257.

49. Raymond Lucas, "The Discipline of Tracing in Architectural Drawing," En *The Materiality of Writing: A Trace-Making Perspective*, ed. Christian Mosbæk Johannessen y Theo van Leeuwen (Routledge: London y New York, 2018), 124.

50. Louis Olcott Price, *Line, Shade and Shadow: The Fabrication and Preservation of Architectural Drawings* (Houten: Hes & De Graaf Publishers, 2010).

51. Lucas, "The Discipline of Tracing in Architectural Drawing," 130, 134, 135.

52. Op. cit. 135.

53. James J. Gibson, *The Ecological Approach to Visual Perception* (New York, East Sussex: Psychology Press, 1986).

54. Shaun Murray, "Abducted Ground: The Ineffaceable Beaduric's Island," *AIS - Architecture Image Studies Scientific Journal: Narrative Architecture* 1, no. 2 (2020): 109, <https://doi.org/10.48619/ais.v1i2.326>.

55. Jennifer A. E. Shields, *Collage and Architecture* (New York y Abingdon: Routledge, 2014), 59.

56. Basarab Nicolescu, *Manifesto of Transdisciplinarity* (USA: Suny Press, 2002).

pintura, el dibujo, el grabado, el vídeo y la instalación. En estas obras, se emplean materiales tridimensionales que exploran temáticas vinculadas a la entropía y la temporalidad.⁴⁷ La combinación de collage con representaciones axonométricas es intrigante, al igual que la transformación de collages artesanales en formas tridimensionales de Daniel Libeskind, y las instalaciones hápticas del artista Katsumi Hayakawa [Fig. 04]. Otro ejemplo de SANAA demuestra cómo un trazado euclidiano del Pabellón de Cristal del Museo de Arte de Toledo puede transformarse en una representación háptica y cómo los diagramas actúan como catalizadores para re-imaginar el espacio [Fig. 05].

Complejidad y transparencia en la mejora de la agudeza visual en diagramas arquitectónicos

La estratificación, fragmentación o transparencia de los elementos presentes en los diagramas arquitectónicos puede inducir al observador a realizar movimientos físicos con el propósito de procesar la información de manera más efectiva. Estos diagramas crean una sensación de juego, intervención, exploración e interacción corporal entre el diseñador y el entorno. La intrincada estructura de los diagramas arquitectónicos, así como la transparencia y trazabilidad de medios físicos como el papel y el acetato o los medios digitales, son útiles para crear conocimiento tácito y por capas. La transparencia y la superposición de formas se ven acentuadas por las relaciones entre ellas y su ligereza⁴⁸. El papel de calco y el medio utilizado para dibujar o transferir diagramas tienen efectos similares: por un lado, el calco permite a los diseñadores combinar diversos elementos en una composición utilizando técnicas cinematográficas como el montaje⁴⁹. Como afirma Olcott Price, el papel de calco se utiliza en el proceso de dibujo y en la lectura de los mismos⁵⁰. Por otro lado, el papel de calco es una herramienta de producción de conocimiento que ha mostrado una notable persistencia frente a los cambios significativos en los modos dominantes de producción arquitectónica. Permite tanto la copia como la innovación a través de la selección y omisión de líneas, la variedad y la invención. La estratificación de materiales como el papel u otros medios introduce una pluralidad y un sistema de capas que pueden manipularse, reorganizarse, animarse y reposicionarse para crear variación o unidad en el proceso de reflexión sobre el diseño. En las representaciones en papel de calco, hay "continuidades y discontinuidades, flujos y detenciones abruptas," que incluyen "una profundidad y un grosor."⁵¹, Esta forma de entender el dibujo sobre papel de calco recuerda a las ideas de Gibson (1986: 22) sobre la distinción entre "medio, sustancias, superficies."^{52, 53}

En estos diagramas, los rasgos táctiles se hacen más visibles. Este efecto también puede conseguirse mediante la manipulación digital, creando el efecto de profundidad. Los diagramas tipo ENIA de Shaun Murray son un ejemplo de metodología transdisciplinar de lectura. Murray propone un sistema de notación de la relación entre contexto, diseño y comunicación. Siguiendo los preceptos de la Regla 26 y empleando un sistema de notación contextual, los diagramas concebidos por Murray encuentran su inspiración en la perspectiva recursiva de Gregory Bateson. En su trabajo, Murray ilustra las interconexiones que existen entre el entorno y el comportamiento humano, traduciéndolas al ámbito espacial dentro de este sistema. Los conjuntos de notación y las representaciones gráficas establecen un diálogo que desvela las posibles interacciones y las condiciones ambientales prevaletantes. "Toque afectivo" (nº 21) e "Inserciones táctiles" (nº 22) son dos de estas reglas⁵⁴. En su obra cartográfica y exploratoria *Mirror Curtain* (2021) se transmiten potentes manifestaciones de creatividad, a la par que se incorporan registros empíricos y científicos en el proceso de diagramación. De manera metódica, el autor manipula y personifica el material, al tiempo que reivindica la autonomía corporal en relación con tales restricciones.

Muchos collages arquitectónicos analógicos son hápticos debido a su transferencia parcial, transparencia y estratificación de materiales, que fomentan la interacción, evocan una respuesta visceral y sugieren varias interpretaciones. Muchos diseñadores creen que "las cualidades tangibles del espacio y la forma se realzan y revelan" mediante la creación de collages, y que el collage enriquece la percepción de la experiencia espacial y material de la arquitectura [Fig. 06]⁵⁵.

En la figura 6, los diagramas representan reinterpretaciones de espacios residenciales urbanos contemporáneos en Estambul, Viena y Ámsterdam. Estos diagramas son representaciones

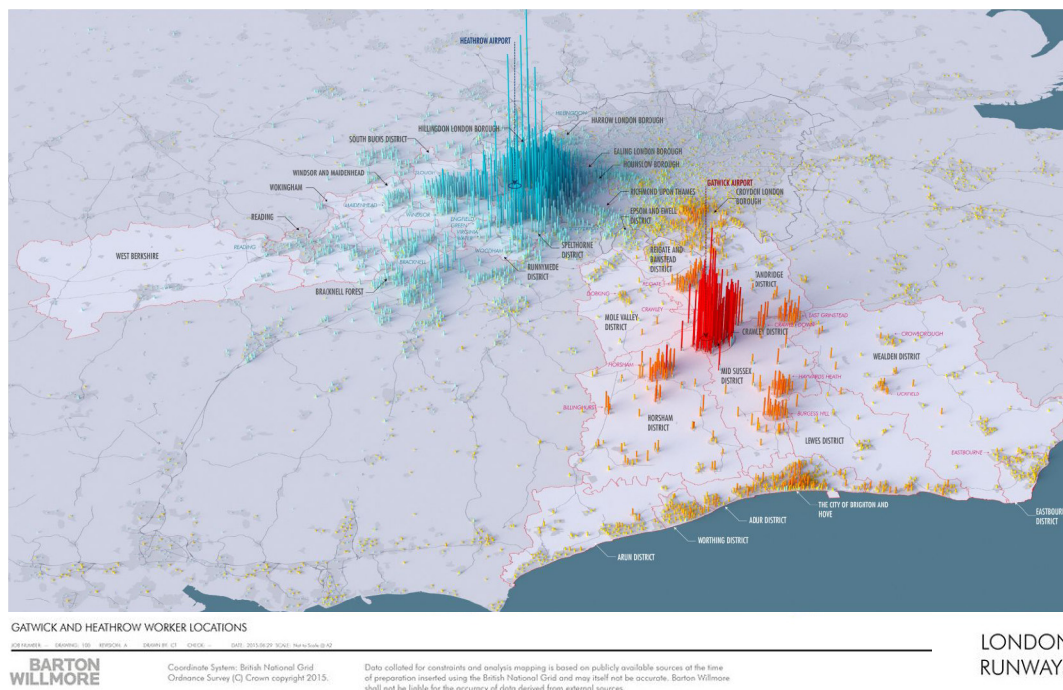


Fig. 07. Atlas of Design, modelado de ciudades de Mapzilla como visualizaciones en 3D a modo de diagramas basados en datos. Cortesía de Mapzilla y Craig Taylor.

57. Colin Rowe, and Robert Slutzky, "Transparency: Literal and Phenomenal," *Perspecta* 8 (1963): 45, <https://doi.org/10.2307/1566901>.

58. Susan J. Lederman y Roberta L. Klatzky, "Haptic Perception: A Tutorial," *Attention, Perception, & Psychophysics* 71, no. 7 (2009): 1439, <https://doi.org/10.3758/APP.71.7.1439>.

59. Alan F. Blackwell, ed., "Introduction: Thinking with Diagrams," *Artificial Intelligence Review* 15, no. 1-2 (2001): 1, <https://doi.org/10.1023/A:1006673610113>.

60. Paul Brna, Richard Cox, y Judith Good, "Learning to Think and Communicate with Diagrams: 14 Questions to Consider," *Artificial Intelligence Review* 15, no. 1-2 (2001): 131, <https://doi.org/10.1023/A:1006584801959>.

61. Alberto Gallace and Charles Spence, "The Cognitive and Neural Correlates of Tactile Memory," *Psychological Bulletin* 135, no. 3 (2009): 380-406, <https://doi.org/10.1037/a0015325>.

62. Lucas, "The Discipline of Tracing in Architectural Drawing," 133.

63. Brna, Cox, y Good, "Learning to Think and Communicate with Diagrams," 131.

gráficas confeccionadas a partir de múltiples capas, que han sido impresas en papel vegetal y acetato. Son axiomas ontológicos, epistemológicos y de lógica del medio, y se derivan de la metodología transdisciplinar de Basarab Nicolescu⁵⁶. Las capas superpuestas en estos diagramas simbolizan el transcurso temporal del proceso de reinterpretación, amalgamando fragmentos de dinámicas urbanas relacionadas con la velocidad y la flexibilidad, junto con un proyecto artístico de instalación y entrevistas exhaustivas realizadas con diversos grupos de participantes. La transparencia presente en estas capas superpuestas, conforme a la concepción de Rowe y Robert Slutzky, revela tanto el conocimiento implícito como las cualidades tangibles inherentes al sistema de significado. Este elemento visual no se limita meramente a ofrecer información óptica, sino que encarna un nivel superior de organización espacial. La transparencia se refiere a la capacidad de percibir simultáneamente diversas ubicaciones espaciales, y la posición de las figuras transparentes comunica un mensaje ambiguo⁵⁷.

Distorsión geométrica en la mejora de la agudeza visual en diagramas arquitectónicos tridimensionales

Las capas superpuestas en los diagramas representan el desarrollo temporal del proceso de reinterpretación, fusionando elementos relacionados con dinámicas urbanas tales como la velocidad y la flexibilidad, además de incorporar un proyecto artístico de instalación y un exhaustivo conjunto de entrevistas con diversos grupos de participantes. La transparencia presente en estas capas superpuestas, siguiendo la perspectiva de Rowe y Robert Slutzky, revela tanto el conocimiento implícito como las propiedades tangibles inherentes al sistema de significado. Este aspecto visual no se limita a la mera presentación de información óptica, sino que encarna un nivel superior de organización espacial. La transparencia se refiere a la capacidad de percibir simultáneamente diversas ubicaciones espaciales, y la disposición de las figuras transparentes comunica un mensaje ambiguo. Esta información se transmite con perspectivas explosionadas o perspectivas axonométricas. Estos diagramas arquitectónicos pueden facilitar una sensación fusionada de implicación tanto en el sentido óptico como táctil del espectador.

Los diagramas digitales pueden crearse digitalizando dibujos manuales o mediante modelado electrónico tridimensional. Estos diagramas sugieren morphing y movimiento. Ejemplos de este tipo de representaciones son los diagramas de flujo de UNStudio, las notas musicales, diagramas de circuitos eléctricos hallados en textos técnicos, cuadros de reproducción, paisajes de datos, y la selección aleatoria de imágenes que desempeñan el papel de dispositivos de construcción. Estos diagramas no solo tienen la capacidad de evocar la implicación visual corporal del espectador, sino que también pueden incitar una participación táctil y física del cuerpo. Aunque es bien conocida la precisa información espacial y temporal que proporcionan la visión y los sentidos auditivos, el sistema háptico es especialmente eficaz para procesar las propiedades materiales de superficies y objetos. Mientras que el contacto mediante la investigación activa tiende a dirigir la atención del observador hacia aspectos del entorno externo, el tacto pasivo tiende a centrar la atención del observador en sus experiencias físicas subjetivas⁵⁸. Con la popularización de la Realidad Virtual, los bolígrafos 3D, la impresión 3D y la visualización de datos, las representaciones diagramáticas de los datos digitales son cada vez más hápticas y tangibles en la experiencia humana cotidiana.

Como afirma Blackwell, los diagramas se utilizan cada vez más en la interacción persona-ordenador. Además, la mejora de las tecnologías de publicación (en particular el lenguaje PostScript) ha permitido una reproducción coherente de los diagramas⁵⁹. Además, las tecnologías de Realidad Virtual con audio 3D o mecanismos de retroalimentación háptica táctil mejoran la sofisticación de la comunicación diagramática⁶⁰. Los diagramas creados a través del uso de cascos de realidad virtual, pueden estar complementados con elementos sensoriales adicionales, como sonido, visualización, aromas, o incluso ser creados manualmente en el espacio tridimensional mediante tecnologías como los bolígrafos 3D. Las visualizaciones de datos impresas en 3D y los gráficos basados en código (como Mapzilla) son ejemplos de estas nuevas técnicas y herramientas [Fig. 07].

Dada la fisicidad inherente del material, la materialidad de un diagrama o modelo tridimensional confeccionado manualmente o producido mediante una impresora 3D exige una percepción

distinta en comparación con los diagramas analógicos. En este contexto, el sentido del tacto adquiere una relevancia significativa en términos tanto “comunicativos como emocionales”⁶¹. Al enfrentarnos a este tipo de diagrama, experimentamos la sensación de estar inmersos en su presencia, lo que a su vez nos sumerge en un profundo compromiso sensorial al involucrarnos con él de manera significativa. Esta intensa conexión podría explicarse por la aplicación del “enfoque basado en la corporeidad y el conocimiento corporeizado” en el proceso de dibujo⁶². Dado el creciente uso de diagramas hápticos tridimensionales en tecnologías nuevas y de inmersión, es probable que el proceso de diseño se vea cada vez más sustituido por entornos y enfoques más hápticos e inclusivos.

Conclusiones

Aunque los diagramas han sido siempre un medio para transmitir datos mensurables y conocimientos universales, en la postmodernidad han evolucionado hacia imágenes más expresivas y generativas. En algunos casos, esto se ha logrado mediante la replicación de múltiples imágenes extraídas del contexto original y a las que se ha dado un nuevo valor. Como resultado, estos diagramas se convierten en complejas representaciones de información tácita. La objetualidad inherente a los diagramas hápticos puede manifestarse tanto en su dimensión táctil como informativa, dando lugar a formas de pensamiento que superan la brecha entre representación y realidad. Esta cualidad promueve una mayor implicación del diseñador en el proceso de reflexión y diseño. Actúan como intermediarios entre el diseñador, el producto arquitectónico, su representación y el perceptor. La incorporación del tacto como interfaz en la concepción de diagramas arquitectónicos puede facilitar que el diseñador se involucre de manera más profunda y física en el proceso, tanto desde una perspectiva metodológica como en relación con el producto final. Los diagramas ostentan una naturaleza eminentemente visual al instaurar, en primer término, su propio ámbito de conocimiento y experiencia. Este fenómeno se manifiesta a través de diversas herramientas, ya sea como instrumentos de representación, diseño o indagación, así como el resultado de una cartografía más lúcida y explícita, como se observa en los paisajes oníricos. Se perciben visualmente sus efectos combinados de linealidad, contraste, perspectiva y distorsión o vínculos fragmentados. Por otro lado, los diagramas hápticos combinan el sentido de la vista y el tacto. Son físicos al mismo tiempo, no sólo porque se crean a mano utilizando diversas interfaces en medios tradicionales o digitales, sino también porque manipulan la realidad fisiológica del tacto. Como ocurre con las volvelles, el conocimiento sólo se extiende a través del cuerpo, y su encarnación se produce mediante encuentros cara a cara. En contextos digitales o inmersivos, esta dinámica se manifiesta mediante la articulación de la información a través de una interfaz o interacción pseudo-háptica. La háptica se vincula con la percepción táctil exclusivamente para aquellos que pueden interactuar físicamente con el diagrama. Cuando el contacto físico no es factible, el observador experimenta la interacción de manera pseudo-háptica. Los diagramas producen significado de forma alegórica a través de relaciones abstractas e incompletas de significado. La necesidad del tacto en los diagramas hápticos anima al perceptor a recopilar información a través de la experiencia y a seguir el impulso en lugar de imaginar la información espacial y descifrar numéricamente las formas que se transmiten en los diagramas. Se trata de una experiencia que se transforma en rompecabezas cuando se incluyen en los diagramas elementos transparentes, táctiles o fragmentados. Su significado surge tanto en medio como al final del recorrido por un diagrama. El espectador debe descubrir y sintetizar información diagramática entre representaciones y fuentes múltiples⁶³.

En lugar de simplemente enriquecer la comunicación visual en el proceso de diseño, los diagramas arquitectónicos hápticos en 3D podrían amplificar la espacialidad en la metodología de diseño. Asimismo, la digitalización de transparencias o la superposición de capas y materiales diversos pueden contribuir a potenciar la eficacia de estos diagramas. ¿Qué ventajas ofrece a los diseñadores la tactilidad de los diagramas? Los arquitectos pueden investigar y comprender las cualidades espaciales y sensoriales de sus diseños mediante el desarrollo de diagramas arquitectónicos hápticos. Esta práctica puede facilitar una representación más precisa y comprensiva de sus proyectos, permitiéndoles adquirir una comprensión más profunda de la interacción física de los individuos con sus creaciones. Además, los diagramas hápticos pueden facilitar la comunicación con aquellos que perciben sus diseños al proporcionar una representación tangible y táctil. La evaluación del impacto cognitivo y somatosensorial de esta modalidad de comunicación es esencial para comprender su alcance de manera más completa.

BIBLIOGRAFÍA:

- Archisoup. (n.d.). "Understanding Architectural Diagrams." Accedido 1 de febrero de 2023. <https://www.archisoup.com/studio-guide/architectural-diagrams>.
- Arnheim, Rudolf. *The Dynamics of Architectural Form*. Berkeley y Los Angeles: University of California Press, 1977.
- Arnheim, Rudolf. *Art and Visual Perception: A Psychology of the Creative Eye*. Berkeley y London: University of California Press, 1997 (originalmente en 1954).
- Blackwell, Alan F. ed. "Introduction: Thinking with Diagrams." *Artificial Intelligence Review* 15, no. 1-2 (2001): 1-3. <https://doi.org/10.1023/A:1006673610113>.
- Borsuk, Amaranth. *The Book*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2018.
- Brna, Paul, Richard Cox, y Judith Good. "Learning to Think and Communicate with Diagrams: 14 Questions to Consider." *Artificial Intelligence Review* 15, no. 1-2 (2001): 115-134. <https://doi.org/10.1023/A:1006584801959>.
- Chaplin, Andrew (compilado por). "The Architecture of Diagrams: A Taxonomy of Architectural Diagrams." Accedido 3 de octubre de 2022. https://issuu.com/andrew-chaplin/docs/architecture_of_diagrams.
- Concannon, Josephina. "A Review of Research on Haptic Perception." *The Journal of Educational Research* 63, no. 6 (1970): 250-252. <http://www.jstor.org/stable/27535980>.
- Confurius, Gerrit. "Editorial." *Daidalos* 74 (2000): 4-5.
- Deleuze, Gilles y Felix Guattari. *A Thousand Plateaus*. Traducido por Brian Massumi. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1987.
- Do, Ellen Yi-Luen y Mark D. Gross. "Thinking with Diagrams in Architectural Design." *Artificial Intelligence Review* 15 (2001): 135-149. <https://doi.org/10.1023/A:1006661524497>.
- Evans, Robin. "Translations from Drawing to Building." *AA Files* 12 (Summer 1986): 3-18. Accedido 11 de julio de 2023. <https://www.jstor.org/stable/29543512>.
- Focillon, Henri y Victoria Charles. *In Praise of Hands*. New York: Parkstone Press International, 2018.
- Friendly, Michael. "Milestones in the History of Thematic Cartography, Statistical Graphics, and Data Visualization." 2008. Accedido 7 de enero de 2022. https://www.usu.edu/math/symanzik/teaching/2009_stat6560/downloads/friendly_milestone.pdf.
- Gallace, Alberto y Charles Spence. "The Cognitive and Neural Correlates of Tactile Memory." *Psychological Bulletin* 135, no. 3 (2009): 380-406. <https://doi.org/10.1037/a0015325>.
- Gibson, James J. "The Perception of Visual Surfaces." *The American Journal of Psychology*, 63, no. 3 (1950): 367-384. Accedido 19 de marzo de 2023. <https://www.jstor.org/stable/141800>.
- Gibson, James J. *The Ecological Approach to Visual Perception*. New York, East Sussex: Psychology Press, 1986.
- Gupta, Richa, M. Balakrishnan y P.V.M. Rao. "Tactile Diagrams for the Visually Impaired." *IEEE Potentials, Assistive Technology*, (Janero/Febrero 2017): 14-18. <https://doi.org/10.1109/MPOT.2016.2614754>.
- Hayakawa, Katsumi. *Multilayer Structure*. Accedido 23 de agosto de 2023. <http://katsumihayakawa.com/mlstructure.html>.
- Hillier, Bill. *Space is the Machine: A Configurational Theory of Architecture*. London: Space Syntax, 2007.
- Jeanerret, Charles Edouard (Le Corbusier). *Modulor I and II, Modulor 2: Let The User Speak Next*. Traducido por Peter de Francia, y Anna Bostock. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1980 (originalmente en 1958).
- Kenny, Chris. *Maidenhead Thicket*, Map Works. Accedido 25 de agosto de 2023. <https://www.chriskenny.co.uk/map-works/149nbyov7tmz6pow-10i4b3fd9cbyb>.
- Lederman, Susan J. y Roberta L. Klatzky. "Haptic Perception: A Tutorial." *Attention, Perception, & Psychophysics* 71, no. 7 (2009): 1439-1459. <https://doi.org/10.3758/APP.71.7.1439>.
- Lucas, Raymond. "The Discipline of Tracing in Architectural Drawing." En *The Materiality of Writing: A Trace-Making Perspective*, editado por Christian Mosbæk Johannessen y Theo van Leeuwen, 116-137. London y New York: Routledge, 2018.
- Mapzilla (n.d.). "NACIS." Accedido 1 de febrero de 2023. <https://mapzilla.co.uk/work/nacis>.
- Márquez Fernando, Cecilia and Richard Levene. ed. "Glass Pavilion at the Toledo Museum of Art." En *El Croquis* 139: SANAA. Kazuyo Sejima Ryue Nishizawa. 2004-2008, *Architectural Topology*. 80-101. Madrid: El Croquis Editorial, 2008.
- MOMA. Lebbeus Woods. Accedido 20 de agosto de 2023. <https://www.moma.org/collection/works/88853>.
- Murray, Shaun. "Abducted Ground: The Ineffaceable Beaduric's Island." *AIS - Architecture Image Studies Scientific Journal: Narrative Architecture* 1, no. 2 (2020): 95-111, <https://doi.org/10.48619/ais.v1i2.326>.
- Niculescu, Basarab. *Manifesto of Transdisciplinarity*. USA: Suny Press, 2002.
- Owens, Craig. "The Allegorical Impulse: Toward a Theory of Post-modernism." *October* 12 (1980): 67-86. <https://doi.org/10.2307/778575>.
- Özdamar, Esen Gökçe. "A Re-reading of Narrative of Contemporary Housing in Context of Urban Dynamics: Istanbul, Vienna, Amsterdam." Tesis doctorales, Istanbul Technical University, 2011. <https://polen.itu.edu.tr/items/ade167fa-0aea-47a5-a0e0-c51cc2a37348>.
- Pallasmaa, Juhani. *The Thinking Hand: Existential and Embodied Wisdom in Architecture*. UK: Wiley, 2009.
- Papale, Paolo, Leonardo Chiesi, Alessandra C. Rampinini, Pietro Pietrini, y Emiliano Ricciardi. "When Neuroscience 'Touches' Architecture: From Hapticity to a Supramodal Functioning of the Human Brain." *Front. Psychol.* 7, 866 (2016): 1-8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00866>.
- Pile, Steve. "'The Problem of London', or, How to Explore the Moods of the City." En *The Hieroglyphics of Space: Reading and Experiencing the Modern Metropolis*, editado por Neil Leach, 203-216. London y New York: Routledge, 2002.
- Price, Louis Olcott. *Line, Shade and Shadow: The Fabrication and Preservation of Architectural Drawings*. Houten: Hes & De Graaf Publishers, 2010.
- Riahi, Pari. "Expanding the Boundaries of Architectural Representation." *The Journal of Architecture* 22, no. 5 (2017): 815-824. <https://doi.org/10.1080/13602365.2017.1351671>.
- Rowe, Colin y Robert Slutzky. "Transparency: Literal and Phenomenal." *Perspecta* 8 (1963): 45-54. <https://doi.org/10.2307/1566901>.
- Size, Sarah. Works. Accedido 17 de febrero de 2023. <https://gagosian.com/artists/sarah-size/>.
- Shields, Fraser. "Diagrams in Architecture an Examination of Diagram Based Design Methods in Contemporary Urban Architecture Projects." Tesis de máster, School of Architecture of Victoria University of Wellington, 2012. <http://hdl.handle.net/10063/2179>.
- Shields, Jennifer A. E. *Collage and Architecture*. New York y Abingdon: Routledge, 2014.
- Shields, Jennifer A. E. "Displacement: Architectural Collage, Investigating Atmospheres in a Design Studio." En *Proceedings of the 4th International Congress on Ambiances, Allo-aesthesia: Senses, Inventions, Worlds, Réseau International Ambiances*, Diciembre, 2020, 338-343. <https://doi.org/10.48537/hal-03220336>.
- Spong, Ben. *Designing a Dialogue*. Accedido 17 de julio de 2023. <https://benspongarch.tumblr.com/post/130199472109/ben-spong-designing-a-dialogue-a-small-selection/amp>.
- Stjernfelt, Frederik. *Diagrammatology: An Investigation on the Borderlines of Phenomenology, Ontology and Semiotics*. Dordrecht: Springer, 2007.
- Tenbrink, Thora, Ruth Conroy Dalton, y Anwen Jago Williams. "The Language of Architectural Diagrams." En *COSIT 2019: 14th Conference on Spatial Information Theory*, editado por Sabine Timpf, Christoph Schlieder, Markus Kattenbeck, Bernd Ludwig, y Kathleen Stewart, 17-17:14. Dagstuhl Publishing, 2019. <https://doi.org/10.4230/LI-Pics.COSIT.2019.17>.
- Vasconcelos, Ana. "Digital Diagrams in Contemporary Architectural Design: A Creative Interface Between Human Imagination and Form." En *Advances in Human Factors in Architecture, Sustainable Urban Planning and Infrastructure, Proceedings of the AHFE 2021 Virtual Conference on Human Factors in Architecture, Sustainable Urban Planning and Infrastructure*, July 25-29, 2021, USA, editado por Jerzy Charytonowicz, Alicja Maciejko, y Christianne S. Falcão, 105-114. Switzerland: Springer Nature, 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80710-8_14.
- Vassallo, Jesús. "Seamless: Digital Collage and Dirty Realism in Architecture." *Log* 39 (Winter 2017): 45-65. <http://www.jstor.org/stable/26324002>.
- Vidler, Anthony. "Diagrams of Diagrams: Architectural Abstraction and Modern Representation." *Representations*, 72 (2000): 1-20. <https://www.jstor.org/stable/2902906>.
- Vitruvius, Marcus Pollio y Daniele Barbaro. *I dieci libri dell'architettura di M. Vitruvio tradutti et commentati da Monsignor Barbaro eletto patriarca d'Aquileggia*. In Vinea, 1556, ETH-Bibliothek Zürich, Rar 9902, Marca de Dominio Público, per Francesco Marcolini. <https://doi.org/10.3931/e-rara-7582>.
- Vrachliotis, Georg. "Articulating Space through Architectural Diagrams." *AAAI Spring Symposium: Reasoning with Mental and External Diagrams: Computational Modeling and Spatial Assistance*, Informe Técnico SS-05-06, 127-133. Stanford, California, March 21-23, 2005.
- Wilson, Robin. "World Shaping: Choreographies of Mapping and Construction." *Architectural Design (AD)* 92, no. 4 (2022): 70-77. <https://doi.org/10.1002/ad.2837>.