

Semperian digitally woven mythologies. On grids, warps, wefts and skins in the computer age

Carlos L. Marcos, Ángel J. Fernández-Álvarez, Liz McCormick



The potential of grids to generate order in architecture is currently increased by advances in digital manufacturing processes and parametric design tools. Textile design as an example of the structural materialization of a grid has exerted a significant influence throughout the history of architecture. The fabric formed by the warp and the weft offers a suggestive metaphor to address some of the issues related to contemporary digital architecture. Through the hybridization of media facilitated by digital tools, textile tectonics are linked to the generative potential of digital architecture and the idea of new materiality through the discourse of digital variability. A confluence is established between architecture, engineering, materials science, art and textile design that responds to the new parameters of continuity, lightness, smoothness and fluidity. Advances in digital manufacturing allow us to rethink the relation between different traditional crafts and reinterpret trades to reinterpret their formal and constructive repertoires. As contemporary new parametric Ariadnes or algorithmic Arachnes, experimentation proposals arise with the internal geometries of nature's forms through the use of mathematics, generative systems and robotic manufacturing tools. This conceptual transference from natural systems to architecture finds in the textile a powerful metaphor of action integrating code, patterns, interactivity, geometry and materials. The recovery of the Semperian idea of the connection between material, structure and construction, and its contemporary version enhanced by the possibilities of the digital era allow the development of a new materiality in which the textile as a reference for the digital opens the doors to a new tectonic repertoire.

Keywords: new materiality, Semper, textile tectonics.

1. Introduction

Greek mythology is hauntingly rich with images related to threads and weaving. Weaving is about building networks with threads – linear elements – to produce fabrics that, although resistant, are pliable. We use fabrics to protect and warm ourselves, perhaps the most primary shelter and the first architectural manifestation after our 'lost paradise'.

Kandinsky, defined in 1926 points, lines and planes as the primary elements of abstract graphic language; a geometrically logical approach (Kandinsky 2003). Lines are the most characteristic elements of drawing, capable of representing through projections volumes and space on the plane. The repetition of coplanar parallel lines generates a system of compositional relations between these elements through rhythm. When these lines intersect a set of coplanar lines on another direction – not necessarily perpendicular – a grid is thus created.

Grids have played a decisive role in the history of architecture because of their ability to engender an order by determining the relative positions of architectural elements. A grid is defined by three fundamental elements: lines,

the points that result from their intersections, and the interstices that constitute the areas delimited by the first. Typically, points and lines establish the geometric positions of the material limits that define architectural space, whereas the interstices are the voids that correspond to the space itself.

Textiles constitute a perfect example of networked material woven with linear elements or threads. In the case of fabrics, however, the grid is not really flat. Threads arranged in a parallel direction, the 'warp', intersect and intertwine with a second family of threads in another direction, usually perpendicular, the 'weft'. This interlacing is what makes the fabric resistant through friction and configures its texture. While we usually refer to as textile when referring to fabrics and its condition of flatness, its nature is indeed three-dimensional due to such interlacing.

2. Semper's legacy: textiles and construction technologies

Technologies throughout the 19th century became a relevant issue as new modes of construction emerged with the use of cast iron and



Mitologías semperianas tejidas digitalmente. Sobre mallas, urdimbres, tramas y pieles en la era computacional

Carlos L. Marcos, Ángel J. Fernández-Álvarez, Liz McCormick

El potencial de las mallas para generar orden en la arquitectura se ve aumentado en la actualidad por los avances en los procesos digitales de fabricación y las herramientas de diseño paramétrico. El diseño textil como ejemplo de la materialización estructural de una retícula ha ejercido una influencia constante a lo largo de la historia de la arquitectura. El entramado formado por la urdimbre y la trama ofrece una metáfora sugestiva para abordar algunas de las cuestiones relacionadas con la arquitectura digital contemporánea. Mediante la hibridación de medios facilitada por las herramientas digitales las "tectónicas textiles" se vinculan con el potencial generativo de la arquitectura digital y la idea de "nueva materialidad" a través del discurso de "variabilidad digital". Se establece una confluencia entre arquitectura, ingeniería, ciencia de los materiales, arte y diseño textil que responden a los nuevos parámetros de continuidad, ligereza, suavidad y fluidez. Los avances en fabricación digital permiten repensar la relación con la artesanía tradicional y reinterpretar oficios para aprovechar sus repertorios formales y constructivos. Como Ariadnas paramétricas o Aracnes algorítmicas contemporáneas, surgen propuestas de experimentación con las geometrías internas de las formas de la naturaleza a través del uso de la matemática, los sistemas generativos y las herramientas robóticas de fabricación, constituyendo una poderosa metáfora que integra códigos, patrones, interactividad, geometría y materiales. La recuperación de la idea semperiana de vínculo entre material, estructura y construcción y su versión contemporánea enriquecida en la era digital permiten desarrollar una nueva materialidad en la que lo textil como referente abre las puertas a un nuevo repertorio tectónico¹.

Palabras clave: nueva materialidad, Semper, tectónicas textiles.

1. Introducción

La evocadora mitología griega es rica en imágenes relacionadas con hilos y tejidos². Tejer consiste en construir redes con hilos, elementos lineales, para producir telas que, aunque resistentes, sean flexibles. Usamos telas para protegernos del frío, quizás el refugio más primario y la primera manifestación arquitectónica después de nuestro "paraíso perdido". Kandinsky definió en 1926 puntos, líneas y planos como los elementos primarios del lenguaje gráfico abstracto; un enfoque lógico desde una óptica geométrica (Kandinsky 2003). Las líneas son los elementos más característicos del dibujo. La repetición de líneas paralelas coplanarias genera un sistema compositivo de relaciones a través del ritmo. Cuando estas líneas se cruzan con un conjunto de líneas en otra dirección, no necesariamente perpendicular, se crea una malla o retícula.

Las mallas han jugado un papel decisivo en la historia de la arquitectura debido a su capacidad de engendrar un orden. Una malla se define por tres elementos fundamentales: las líneas, los puntos que resultan de sus intersecciones y los intersticios que constitu-

yen las áreas delimitadas por aquellas. Por lo general, los puntos y las líneas establecen las posiciones geométricas de los límites materiales que definen el espacio arquitectónico mientras que los intersticios son los vacíos que corresponden al espacio en sí.

Los textiles constituyen un ejemplo perfecto de material reticulado realizado con elementos lineales o hilos. Sin embargo, en el caso de las telas, la malla no es realmente plana. Los hilos dispuestos paralelamente en una dirección, la "urdimbre", se cruzan y se entrelazan con una segunda familia de hilos en otra dirección, generalmente perpendicular, la "trama". Este entrelazado es lo que aporta a la tela su resistencia por fricción y configura su textura. Aunque generalmente se habla de trama cuando nos referimos a los tejidos y su condición de planeidad, su naturaleza es realmente tridimensional debido a dicho entrelazado.

2. El legado de Semper: lo textil y las tecnologías constructivas

Las tecnologías a lo largo del siglo XIX se convirtieron en una cuestión relevante al surgir nuevos modos de construcción con el uso del

1. Este texto muestra algunos de los resultados de la investigación realizada en la UNCC durante una estancia de investigación del profesor Carlos L. Marcos, parcialmente financiada por la Universidad de Alicante, Conselleria de Educación, Cultura y Deporte de la Generalitat Valenciana, en colaboración con los profesores Ángel J. Fernández-Álvarez y Liz McCormick.

2. Ariadna y el hilo que entrega a Teseo para que este trace el camino de salida del laberinto del Minotauro; Penélope, la esposa fiel tejiendo y destejiendo mientras espera el regreso de Ulises; o Aracne desafiando a la misma Atenea y la consecuente maldición de la diosa como castigo por la soberbia de la tejedora al igualar sus habilidades y por la irreverente elección del tema de su tapiz.

steel, and later on with reinforced concrete; engineers influential endeavor commenced (Toca 2004, p. 62). Moreover, the influence of applied arts in architectural design became especially important in the context of industrialization. Art & Crafts movement and the debate at the Deutscher Werkbund opposed the human craft against the machinic production, respectively. German architect and theoretician Gottfried Semper is a good example in this line of thinking. In his work *Die vier Elemente der Baukunst* first published in 1851, he defined four fundamental elements of architecture inspired on the archetype of the primitive hut: the hearth (*Herd*), and three protective elements, the podium or earthwork (*Erdanfwurf*), the wall (*Umfriedigung*) and the roof (*Dach*) (Semper 2013; Semper 2014).

In his *Der Stil in den technischen und tektonischen Künsten*, first published in two volumes (1860–63), Semper describes four basic trades connected to the material elements: weaving (enclosure), ceramics (hearth), carpentry (tectonics) and masonry (stereotomy). Thus, masons' trade would be related to stone and masonry laying, piling and jointing to achieve material continuity and resistance. Modeling and ceramics, would be identified with the capacity of this type of materials to resist and host fire. Weaving and interlacing, would be associated with textile technologies to build up enclosures – without load bearing functions. And carpenters' trade, would be related to the tectonic woodwork to support the roof and the covering itself (Marcos 2018, p. 79).

However, Semper makes a broad and flexible reading within these classifications by pointing out that not only fabrics do belong to the textile category. Radically modern, he also points out the importance of 'cross-linking' and the transitions between the different techniques through combinations between the so-called textile art and tectonics or ceramics (Semper 2013, p. 164). A material and formal hybridization that anticipates certain digital architectural production. Despite the common materialist interpretation of Semper's theories, the rationality of his research focuses on the 'idea' as the generating element of form over 'materials' and 'techniques'. This could

be related with contemporary debate of the so-called "second digital turn" (Carpo 2017, p. 7) in which technologies are associated to 'ways of thinking' over 'ways of doing'. Semper considered that the wall had a textile origin in mats and tapestries craftsmanship, evidencing the connection of enclosures, architectural shelter and clothing. Among the different material elements Semper refers to, textiles and fabrics stand out, associating them with textile technologies (fig. 1). He also reflects on the idea of *Urmotiv* (primary motive) as a warp or a primitive pattern (Semper 2014). This research focuses on two aspects related to the linear as an element capable of shaping architectural boundaries through grids and warps, on the one hand, and the use of digital technologies through CAD-CAM convergence in relation to the elaboration of membranes, skins and facades in which this textile quality is enhanced through computational design, on the other.

3. Ariadna's thread: Architextiles and the digital connection

The distinction between structure and enclosure (skeleton and skin) and the textile and light origin of the Semperian enclosure had a great influence on modern architecture (Frampton 1999, p. 7). However, in the digital age, textiles acquire new readings as evidenced by Bernard Cache reinterpreting Semper at Atelier Objectile together with Patrick Beaucé and Taoufik Hammoudi. In Cache's essay *Digital Semper* he reflected on textile tectonics and topological geometries focusing on "software development for the design and manufacture of building components" (Cache 2000, p. 190).

An affinity with the Semperian theories exposed in *Der Stil* may be traced back in their work. Partly, due their approach to architecture through applied technical arts, and also by the relation with the 'cladding principle'. This can be observed in the use of decorative wood panels, as well as topological connections of knot and interlacing, something that can be interpreted as a digital translation of the notion of Semperian *Urmotiv*.

Cache sees in Semper's theories a fully con-

Figure 1
Gottfried Semper, Various examples of weaving techniques from *Der Stil in den technischen und tektonischen Künsten*. SEMPER 2013, p. 274.

3. 'Although form – the idea made visible – should not be in conflict with the material out of which it is made, it is not absolutely necessary for the material *as such* to be a factor in artistic appearance' (SEMPER, G., 1851. *Die vier Elemente der Baukunst*, p. 206. In FANELLI, GARGIANI 1999, p. 8).

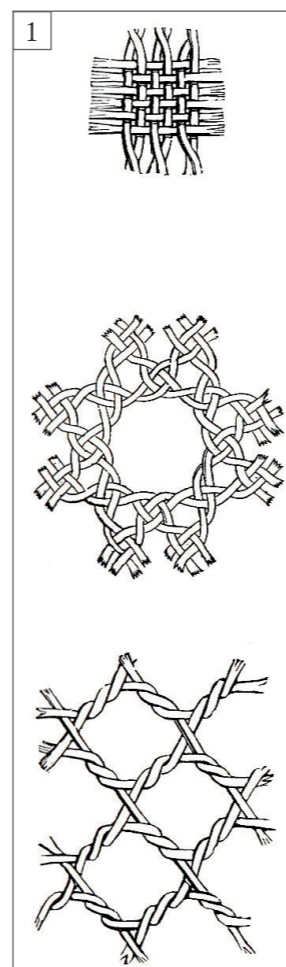


Figura 1
Gottfried Semper, Varios ejemplos de técnicas textiles de su obra *Der Stil in den technischen und tektonischen Künsten*. SEMPER 2013, p. 274.

3. «La forma, es decir, la idea como fenómeno, no puede estar en contradicción con el material en el que está encarnada; sin embargo, no es del todo necesario que el material en sí mismo funcione como un factor esencial en la manifestación artística» (SEMPER, G., 1851. *Die vier Elemente der Baukunst*, p. 206. In FANELLI, GARGIANI 1999, p. 8).

hierro fundido y del acero, y posteriormente el hormigón armado; emergía con ellas la influencia ingenieril (Toca 2004, p. 62). Además, la repercusión de las artes aplicadas en la arquitectura se volvió especialmente importante en el contexto de la industrialización. El movimiento Art & Crafts y el debate en los Deutscher Werkbund contraponían el oficio artesanal a la producción maquina, respectivamente.

El arquitecto y teórico alemán Gottfried Semper es un buen ejemplo de esta línea de pensamiento. En su obra *Die vier Elemente der Baukunst* (1851) definió cuatro elementos fundamentales de la arquitectura inspirados en el arquetipo de la cabaña primitiva: el hogar (*Herd*) y tres elementos protectores, el podio o plataforma básica (*Erdanfwurf*), el muro (*Umfriedigung*) y la cubierta (*Dach*) (Semper 2014).

En su trabajo *Der Stil in den technischen und tektonischen Künsten* (1860–63), Semper (2013) describe cuatro oficios básicos relacionados con los elementos materiales de la arquitectura: tejido (cerramiento), cerámica (hogar), carpintería (tectónica) y mampostería (estereotomía). Por lo tanto, el trabajo de albañilería estaría relacionado con la colocación, apilamiento y unión de piedras y mampostería para lograr la continuidad y resistencia material. El modelado y la cerámica se identificarían con la capacidad de este tipo de materiales para resistir y albergar el fuego. El tejido y el entrelazado se asociarían con tecnologías textiles para construir recintos – sin funciones de carga – y la labor de los carpinteros estaría relacionada con la tectónica de la madera para sostener el techo y la cubierta (Marcos 2018, p. 79).

Sin embargo, Semper hace una lectura amplia y flexible dentro de estas clasificaciones al señalar que no sólo los tejidos pertenecen a la categoría textil, apuntando también la importancia de los "entrecruzamientos" y las transiciones entre las diferentes técnicas como el llamado arte textil y la tectónica o la cerámica (Semper 2013, p. 164). Una hibridación material y formal que anticipa cierta producción arquitectónica digital. Frente a la habitual interpretación materialista de las teorías de Semper, su investigación se centra en la idea como elemento generador de la forma por encima de los "materiales" y de las "técnicas". Lo que entronca con el debate

contemporáneo acerca del denominado *Segundo Giro Digital* (Carpo 2017, p. 7), en el que las tecnologías se vinculan a los "modos de pensar" por encima de los "modos de hacer".

Semper consideró que el muro tenía origen textil relacionado con la artesanía de esteras y tapices, evidenciando la conexión entre los cerramientos, el abrigo arquitectónico y la ropa. Entre los diferentes elementos materiales a los que se refiere Semper, destacan los tejidos y las telas, que asocia con las tecnologías textiles (fig. 1). También reflexiona sobre la idea del *Urmotiv* (motivo primario) como urdimbre o patrón primitivo (Semper 2014).

Profundizaremos aquí en dos aspectos relacionados con las ideas semperianas: por un lado, con lo lineal como elemento conformador de límites arquitectónicos y las nociones de malla, trama y urdimbre; y, por otro, con la utilización de tecnologías digitales CAD-CAM para la elaboración de membranas, pieles y fachadas en las que la cualidad de lo textil se ve reforzada por el diseño computacional.

3. El hilo de Ariadna: Architextiles and la conexión digital

La distinción entre estructura y cerramiento (esqueleto y piel) y el origen textil y ligero de la envolvente en Semper tuvieron una gran influencia en la arquitectura moderna (Frampton 1999, p.7). Sin embargo, en la era digital, lo textil adquiere nuevas lecturas, como ha evidenciado Bernard Cache con sus trabajos para *Atelier Objectile* junto con Patrick Beaucé y Taoufik Hammoudi. En su ensayo *Digital Semper*, desarrolló su investigación acerca de la tectónica textil y las geometrías topológicas centradas en el «desarrollo de software para el diseño y fabricación de componentes para la construcción» (Cache 2000, p. 190).

En su trabajo se puede detectar una afinidad con las teorías semperianas expuestas en *Der Stil*. En parte, debido a su aproximación a la arquitectura a través de las artes técnicas aplicadas, y también por la relación con el "principio de revestimiento" (*Bekleidung Prinzip*). Igualmente queda reflejado en el uso de paneles decorativos de madera y en las conexiones topológicas de nudo y entrelazado, algo interpretable como una traslación digital del

temporary articulation between technology and the history of architecture. He praises the potential offered by Semper's broad vision of both materials and techniques, and the activities through which multiple and reciprocal relationships are established, similar to those that arise from the digital conception of contemporary architecture. Cache thus notes the Semperian idea that "brickwork, tiles, and mosaics, although made out of clay, should not be directly related to ceramics but rather to stereotomy and textiles". Something which could be easily related to research proposals and architectural practices that Gramazio & Kohler have pioneered, for instance in their Gantenbein winery digitally laid brick façade (Afsari, Swarts, Russell Gentry 2014, p. 53), something impossible to achieve without robots (Picon 2014, p. 59). Cache also points out that "Textiles can no longer be considered to be made out of fabrics, and clay does not suffice to explain ceramics" (Cache 2000, p. 191). Maybe, one of the most significant interpretations of this computational approach to 'woven ceramic façades' can be embodied in Farhad Mirzaei's revolving brick façade in Arak (fig. 2). Mirzaei reinterprets Mughal's architecture characteristic latticed facades through parametrization using a material as conventional and old as brick is, in what could be reinterpreted as an attempt to address 'digital critical regionalism'. The whole brick skin, despite the compact opacity of the ceramic material, is conceived as a veil that partially conceals the glazing of the building casting shade over it while allowing for a certain degree of visual permeability achieved through computational control in the laying of the bricks. Moreover, the bricks and the gaps in between them can be considered as points embedded within a grid. The reading that Cache makes of Semper also allows to assimilate the Semperian concept of transposition or 'material transformation' (*Stoffwechsel*) where architecture is originated in the transition from one technology to another. This becomes a metaphor for the generative potential of contemporary computational architecture and the emerging concept of *new materiality* (Picon 2004). Semper's reinterpretation connects with the

discourse of digital variability in architecture (Carpo 2011, p. 7) and is embodied in the description of the 'objectile' (generic object) raised by Deleuze and Cache. Rather than an object it is an algorithm, a parametric open notational function (Carpo 2013, p. 146) that can produce an unlimited variety of different but similar objects related to one another. The interest raised by the relations between architecture and textiles has spurred the confluence of theory, architecture, engineering, textile design, materials science and art, defining a hybrid way of approaching the project that has been coined by Mark García as 'architextiles' (García 2006, p. 7). It intends to reflect on the growing significance of a new design trend that adapts to the production of dynamic, flexible, interactive spaces considered by Lars Spuybroek as a 'textile way of thinking'. This hybrid envisioning has been oriented in two different tendencies marked by interdisciplinarity: an 'architecturalization' of the textile and a textile way of thinking and fabricating architecture. Textile materiality also matches the paradigms of continuity, lightness, softness and fluidity that have characterized spatial reflection in the second half of the twentieth century. This constitutes a reorientation of architecture from the Vitruvian sturdy *firmitas* to new material instances linked to fluidity (Bauman 2000). The influence of theoretical reflections such as the concept of 'fold' by Deleuze (Deleuze 1989) should also be mentioned associated as it is to the materiality of the textile. Derrida commenting on the *folies* of Tschumi's project for the Parc de la Villette (a paradigm in the use of the grid) refers to the designer as an 'architect-weaver' (Derrida 1986, p. 73). This idea of geometries based on the fold, the pliable and the supple was also part of Greg Lynn's discourse in the age of 'blobs' (Lynn 2013, p. 32). Lynn related the Deleuzian interpretation of the fold and tried to connect it to deconstruction in a questionable intent to justify the blobby architecture he and others were infatuated with at the beginning of the so-called first *Digital Turn* (Carpo 2011, p. 27). Something which, in fact, had little to do with Coop Himmelblau's or Eisenman's truly deconstructive work.

Figure 2
Farhad Mirzaei, *Revolving Bricks Serai*, 2015. Arak, Markazi province, Iran. [Http://caoi.ir/en/projects/item/1241-revolving-bricks-serai.html](http://caoi.ir/en/projects/item/1241-revolving-bricks-serai.html).

concepto semperiano de *Urmotiv*. Cache ve en las teorías del arquitecto alemán una articulación plenamente actual entre la tecnología digital y la historia de la arquitectura, planteando una relectura contemporánea de la materialidad y de los procedimientos en Semper. Esta posición podría relacionarse con las propuestas de investigación avanzada y profesional en las que Gramazio y Kohler fueron pioneros como, por ejemplo, en su fachada de ladrillo aparejada digitalmente para la bodega Gantenbein (Afsari, Swarts, Russell Gentry 2004, p. 53), un resultado que no habría sido posible sin el uso de robots (Picon 2014, p. 59). Para Cache «ya no se puede considerar que los textiles sólo sean de tela, y la arcilla no basta para explicar la cerámica» (Cache 2000, p. 191). Tal vez, una de las interpretaciones más significativas de este enfoque computacional de fachadas cerámicas "tejidas" queda plasmado en la fachada de ladrillos girados de Farhad Mirzaei en Arak, Irán (fig. 2). Mirzaei reinterpreta las fachadas en celosía típicas de la arquitectura mogol a través de la parametrización utilizando un material tan convencional y antiguo como el ladrillo, en lo que podría entenderse como un intento de abordar un "regionalismo crítico digital". Toda la piel de ladrillo, a pesar de la compacta opacidad del elemento cerámico, se con-

cibe como un velo que oculta parcialmente el acristalamiento del edificio proyectando sombra sobre él al tiempo que permite un cierto grado de permeabilidad visual lograda a través del control computacional en la colocación de las piezas. Compositivamente, ladrillos y huecos pueden considerarse como puntos dentro de una retícula. La lectura que Cache hace de Semper le permite también asimilar el concepto de transposición o "transformación material" (*Stoffwechsel*), según el cual, la arquitectura se origina en la transición de una tecnología a otra. Esto se convierte en una metáfora de las posibilidades generativas de la arquitectura digital contemporánea y del concepto emergente de "nueva materialidad" (Picon 2004). Dicha reinterpretación semperiana entronca con el discurso de la variabilidad digital en arquitectura (Carpo 2011, p. 7) y se materializa en la descripción del *objectile* (objeto genérico) planteado por Deleuze y Cache. En lugar de un objeto, es un algoritmo, una función paramétrica de notación abierta (Carpo 2013, p. 146) que puede generar una ilimitada variedad de objetos diferentes, pero similares y emparentados entre sí. El interés suscitado por las relaciones entre la arquitectura y lo textil ha estimulado la confluencia de teoría, arquitectura, ingeniería, diseño textil, la ciencia de los materiales y el arte,

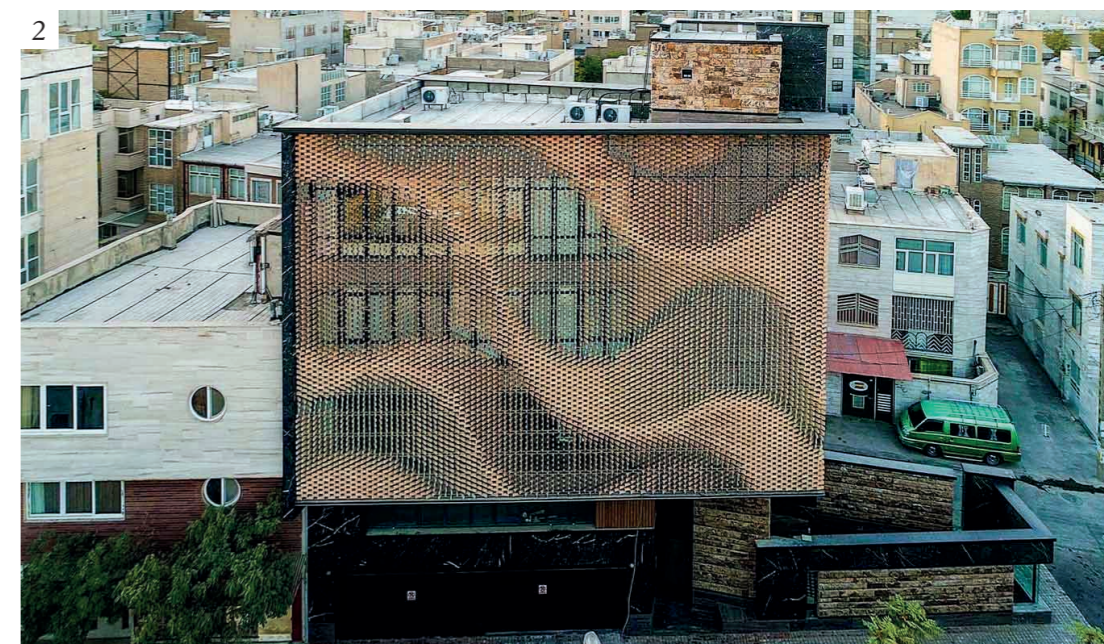


Figura 2
Farhad Mirzaei, *Revolving Bricks Serai*, 2015. Arak, Markazi provincia, Irán. [Http://caoi.ir/en/projects/item/1241-revolving-bricks-serai.html](http://caoi.ir/en/projects/item/1241-revolving-bricks-serai.html).

The arrival of computer science and the possibility to use NURBS surfaces and digital meshes for the design of buildings skins has allowed architects to transfer textile properties and techniques to architecture taking Semper's theoretical framing and Frei Otto's explorations as precedents. Spuybroek (2003) introduces the concept of 'textile tectonics' transforming typically textile techniques into design strategies through the use of undulated surfaces, employing weaving and braiding processes tectonically. He describes a methodology that uses techniques 'instead of ideas' for the generation of the architectural form (Spuybroek 2006, p. 53). Spuybroek (2004) recovers Semper's concept of *Stoffwechsel* and proposes a kind of abstract materialism in which different techniques and materials can be swapped producing 'inversions' in the order of the different elements (the Semperian 'reversal'). Thus, the textile is transformed into the tectonic, and the soft elements into rigid parts through weaving, interlacing, braiding, and knotting techniques; Spuybroek calls it 'soft constructivism'.

4. Pointed textures and flat grids: parametricism, gradients and diffractive skins

We must highlight the use of parametric design and manufacture tools of facades that enhance translations and transformations of Semper's analogically developed concepts. The use of these tools allows transformations that combine functional aspects together with compositional issues.

The *Formstellen* project by Format Elf Architekten is an old aluminum factory refurbishment. This metal was used to digitally design and manufacture the enclosure of a modern office space (fig. 3). Parametric design allowed the conception of a geometric 'gradient' that adapts to the needs of optimal natural lighting of the varied interior working spaces. The distribution of the varying sizes of the openings considered the shadow cast by the surrounding trees and the visual permeability gradient from interior to exterior. An interesting texture was thus generated on the building's facade based on a series of parametric variations of a hexagonal pattern that visually reminds us of the halftone graphic tech-

nique used in offset printing. This connects with Kandinsky's idea of the line and the point as the key elements to articulate the plane.

However, these openings on the facade do not quite benefit from the physical principle of diffraction, pinhole images and similar visual effects produced when light waves traverse small slits or perforations on a screen. A pattern of these really small openings allows to play with the light to either be seen or concealed on each side, depending on the intensity of light to one side and the other. Thus, surprisingly, effective transparency and opacity may be achieved with the same perforated membrane. This effect has begun to be exploited by architects allowing visual permeability towards the exterior while avoiding unwanted solar gain in the interior. An interesting example of this design strategy can be observed in the glazed facade building for the Cooper Union in New York by Morphosis wrapped by a perforated aluminum skin over it.

A diffractive skin approach that somehow combines the gradient effect with this semi-transparency or 'deep surface' effect can be illustrated through the *The Street Rachada* project by Architectkidd studio in Bangkok. The facade of the building is designed to allow interaction between the open square and retail spaces achieved by means of a porous undulating skin made of triangular aluminum. These are perforated in a wide variety of densities

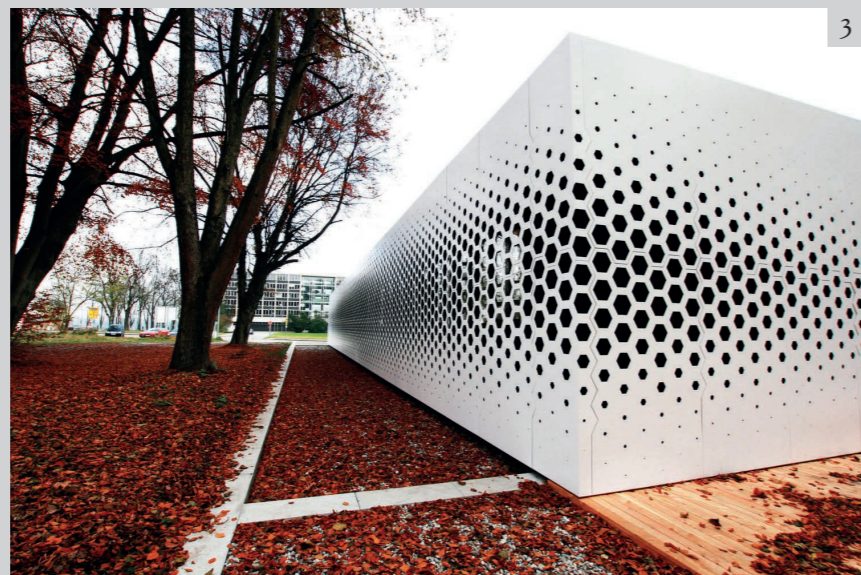


Figure 3
Format Elf Architekten,
Formstelle, 2013. Campus
Netzwerk, Töging am Inn,
Germany. <https://www.archdaily.com/543440/formstelle-format-elf-architekten>.

Figure 4
Architectkidd, *The Street
Rachada*, 2016. Bangkok.
Note how the interior
is slightly transparent
although if the blue led
lighting is turned off the
transparency effect increases
as it is dependent on relative
intensity gradients. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/806046/the-street-rachada-architectkidd>.

definiendo una forma híbrida de abordar el proyecto que ha sido acuñada por Mark García con el término *architextiles* (García 2006, p. 7). Dicha concepción aborda la progresiva importancia de una nueva tendencia de diseño que se adapta a la producción de espacios dinámicos, flexibles e interactivos y que ha sido considerada por Lars Spuybroek como una "manera textil de pensar". Esta visión híbrida se ha orientado en dos tendencias diferentes marcadas por la interdisciplinariedad: una "arquitecturalización" de lo textil y una manera de pensar y hacer arquitectura vinculada a lo textil. Por otro lado, la materialidad de lo textil plasma adecuadamente los paradigmas de continuidad, ligereza, suavidad y fluidez que han caracterizado la reflexión espacial en la segunda mitad del siglo XX. Esto constituye una reorientación de la arquitectura desde la solidez de la *firmittas* vitruviana hacia nuevas instancias materiales vinculadas a la fluidez (Bauman 2000).

También cabe citar la influencia de reflexiones teóricas como el concepto de "pliegue" de Deleuze (1989) tan vinculado a la materialidad de lo textil. Derrida reflexiona sobre las *folies* de Bernard Tschumi para el Parc de la Villette (un paradigma en el uso de la retícula) refiriéndose al diseñador como un "arquitecto-tejedor" (Derrida 1986, p. 53). Esta idea de geometrías basadas en el pliegue, lo maleable y lo dúctil formó también parte del discurso de Greg Lynn en la era de los "blobs" (Lynn 2013,

p. 32). Lynn intentó conectar la interpretación deleuziana del pliegue con la deconstrucción en un intento cuestionable de justificar la arquitectura de lo informe (*blobtecture*) a la que él y otros estaban vinculados al comienzo del denominado primer *Giro Digital* (Carpo 2011, p. 27). Algo que, de hecho, tenía poco que ver con el trabajo verdaderamente deconstructivo de Coop Himmelblau o Peter Eisenman.

La irrupción de la informática y la posibilidad de utilización de superficies NURBS y mallas digitales en las pieles de los edificios ha permitido a los arquitectos trasladar propiedades y técnicas textiles al ámbito de la arquitectura tomando como precedentes el trabajo teórico de Semper y las exploraciones de Frei Otto. Spuybroek (2003) introduce el concepto de "tectónica textil" que transforma las técnicas típicamente textiles en estrategias de diseño utilizando superficies onduladas, empleando tectónicamente procesos de tejido y trenzado (Spuybroek 2009, p. 95), y utilizando técnicas "en vez de ideas" para la generación de la forma arquitectónica (Spuybroek 2006, p. 53). Spuybroek (2004) interpreta la *Stoffwechsel* como un materialismo abstracto que invierte materiales y técnicas (la reversión semperiana), a lo que se refiere como "constructivismo suave".

4. Texturas puntuales y mallas planas: parametricismo, gradientes y pieles difractivas

Hay que destacar el uso de herramientas paramétricas en el diseño y fabricación de fachadas que permiten aplicar algunos de los conceptos de traslación y transformación desarrollados analógicamente por Semper. El uso de dichas herramientas permite realizar transformaciones que combinan aspectos funcionales y cuestiones compositivas como en el proyecto *Formstellen* del estudio Format Elf Architekten. Se trata de la rehabilitación de una antigua fábrica de aluminio y este mismo metal se utilizó para diseñar y fabricar la envolvente de un moderno espacio de oficina (fig. 3). Las posibilidades de definición paramétrica permitieron el diseño de un "gradiente" geométrico que se adapta a las necesidades de iluminación natural óptima de los diferentes espacios interiores de trabajo. La distribución

Figure 3
Format Elf Architekten,
Formstelle, 2013. Campus
Netzwerk, Töging am Inn,
Alemania. <https://www.archdaily.com/543440/formstelle-format-elf-architekten>.

Figura 4
Architectkidd, *The Street
Rachada*, 2016. Bangkok.
Obsérvese cómo el interior
es ligeramente transparente,
aunque si se encienden los
focos de leds azules el efecto
de transparencia se modifica
al depender de los gradientes
de intensidad. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/806046/the-street-rachada-architectkidd>.



generate different transparent gradients revealing the interior structure and producing a dematerialization of the facade cast with led lighting at night (fig. 4).

These projects explore the linear compositional grids arranged in arrays of points or perforations for the conformation of architectural boundaries benefiting from digitally conscious approaches in relation to the development of membranes, skins and facades in which the textile quality is enhanced.

Just as Ariadne's thread showed Theseus his escape route out of the Minotaurs' maze, only computational approaches merging CAD design and CAM fabrication may yield a way out of the complex and rich Semperian theoretical entanglement with regard to textiles, tectonics and materiality in the context of weaving metaphors (Caetano, Leitão 2019, p. 1010).

5. Penelope's shroud: traditional crafts and digital contemporaneity

The Spanish pavilion for the Shanghai Exhibition in 2010 (EMBT) is another example of how the idea of warp and textile technology can help to define the boundaries of architectural space (fig. 5). In this case, a complex geometry was finished-off on the facade's skin reinterpreting wicker weaving as a traditional Chinese trade and manually crafted work with vegetable fibers, a real timeless global tradition shared by all cultures.

A complex three-dimensional metallic gridded frame constitutes the main structure, following a typically tectonic model in Semper's terminology (Martínez Calzón, Jiménez Castañón 2010). Thanks to the braided wicker panels of the outer skin, the light was sifted, achieving very interesting textural and light effects. This created a quality of veiled transparencies that could be interpreted in the light of Spanish-Arab architectural legacy. In addition, wicker panels, true scales, managed to solve the materialization of double curvature surfaces of the outer skin in a similar constructive strategy to Gehry's fish sculpture in Barcelona. A wide variety of rich textures depending on the different densities and color nuances of wicker wefts was achieved (Gilabert Sanz 2011, p. 295).

6. On vessels and palazzos: parametric articulation of grids and warped surfaces

In the Italian pavilion for the Milan Expo 2015 (Nemesi & Partners) the footprint of parametricism is more evident (fig. 6). A concept of 'urban forest' is designed with an outer parametrically designed skin that evokes randomly intertwined branches and defines a complex geometry in which the idea of warp as skin superimposed over the curtain wall emerges as the most characteristic feature of the architectural design. The cuts and shapes of the mentioned skin contribute to enhance the idea of textural warp wrapping the glazed facade around.

This design strategy is similar to the approached addressed by Thom Faulders in his Airspace project in Tokyo, in which he tried to recall a pre-existent tree canopy on the site. The geometric complexity of both of these projects could have only been conceived and executed thanks to the parametric coding of form. In the Italian pavilion molds have been created with Rhinoceros software and exported to CATIA to be manufactured at a later stage in the process. The primitive reference to an abstracted organic landscape is complemented by the introduction of high-tech biodynamic materials such as 'i.active Byodynamic' concrete panels that, when in contact with light, trap contaminants present in the air, transforming them into inert salts, thus contributing to reduce smog levels (Nemesi Architects). Similarly, the formal complexity and the idea of irregularity typical



Figure 5
Benedetta Tagliabue (Miralles Tagliabue EMBT), *Spanish Pavilion, Shanghai Expo, 2010*. Shanghai, China. <https://www.mc2.es/proyecto/pabellon-de-espana-expo-shanghai-2010/>.

Figure 6
Nemesi & Partners, *'Palazzo Italia', Italian Pavilion, Milan Expo, 2015*. Milano, Italy. © Nemesi Architects. <http://www.nemesistudio.it/it/progetti/tipologia/culture/item/1151-padiglione-italia-expo-milano-2015.html>.

de los diferentes tamaños de las perforaciones tuvo en cuenta la sombra producida por los árboles circundantes, así como la permeabilidad visual del interior hacia el exterior. Se genera de este modo una textura interesante en la piel del edificio a partir de variaciones paramétricas de un patrón hexagonal que recuerda visualmente la técnica gráfica del semitono utilizada en la impresión offset. Esta aproximación enlaza con la idea de Kandinsky de la línea y el punto como base para articular el plano.

Un enfoque de piel difractiva que, de alguna manera, combina el efecto de gradiente con el efecto de semitransparencia o "superficie profunda" lo constituye el proyecto *The Street Rachada* de Architectkidd en Bangkok. La fachada del edificio está diseñada para permitir la interacción entre la plaza abierta y los espacios comerciales por medio de una piel ondulante y triangulada construida por paneles de aluminio. Estos paneles perforados con densidades variables generan diferentes gradientes de transparencia que revelan la estructura interior y producen una desmaterialización de la fachada con la iluminación led nocturna (fig. 4).

Estos proyectos emplean mallas compositivas lineales dispuestas en matrices de puntos o perforaciones para la conformación de los límites arquitectónicos, aprovechando planteamientos con conciencia digital respecto del desarrollo de membranas, pieles y fachadas en las que la cualidad textil se ve plasmada.

Del mismo modo que el hilo de Ariadna mostró a Teseo la salida del laberinto del Minotauro, sólo los enfoques computacio-

nales que aúnan el diseño y la fabricación digitales pueden dar una salida adecuada al complejo y rico enredo teórico semperiano con respecto a lo textil, la tectónica y la materialidad en el contexto de la metáfora del tejer (Caetano, Leitão 2019, p. 1010).

5. La tela de Penélope: artesanía tradicional y contemporaneidad digital

El pabellón español para la Exposición de Shanghai en 2010 (EMBT) constituye otro ejemplo de cómo la idea de trama y la tecnología textil pueden contribuir a definir los límites del espacio arquitectónico (fig. 5). En este caso, se completó una geometría compleja en la piel de la fachada reinterpretando la artesanía del mimbre como oficio tradicional chino que entronca con una tradición global atemporal compartida por todas las culturas.

Una elaborada malla metálica tridimensional conformaba la estructura principal, siguiendo un modelo típicamente tectónico en la terminología de Semper (Martínez Calzón, Jiménez Castañón 2010). Gracias a los paneles de mimbre trenzado de la piel exterior, la luz quedaba tamizada, logrando ricos efectos texturales y luminosos en función de las diferentes densidades y colores de las tramas de mimbre (Gilabert Sanz 2011, p. 295). Se generaba así una cualidad de transparencias veladas que podrían interpretarse a la luz del legado arquitectónico hispanoárabe. Además, los paneles de mimbre, verdaderas escamas, lograron resolver la materialización de las superficies de doble curvatura de la piel exterior en una estrategia constructiva similar a la de la famosa escultura del pez de Gehry en Barcelona.

6. De naves y palazzos: articulación paramétrica de mallas y superficies deformadas

En el pabellón italiano para la Expo de Milán 2015 (Nemesi & Partners), la huella del parametricismo es más evidente (fig. 6). Se diseña un concepto de "bosque urbano" con una piel exterior ideada paramétricamente que evoca ramas entrelazadas al azar y define una geometría compleja en la que la idea de urdimbre como piel superpuesta sobre el muro cortina emerge protagonizando la arquitectura del conjunto. Los cortes y las formas de dicha piel sobre el

Figura 5
Benedetta Tagliabue (Miralles Tagliabue EMBT), *Pabellón de España en Expo Shanghai, 2010*. Shanghai, China. <https://www.mc2.es/proyecto/pabellon-de-espana-expo-shanghai-2010/>.

Figura 6
Nemesi & Partners, *'Palazzo Italia', Pabellón de Italia Expo Milan, 2015*. Milano, Italia. © Nemesi Architects. <http://www.nemesistudio.it/it/progetti/tipologia/culture/item/1151-padiglione-italia-expo-milano-2015.html>.



of digital architecture extol the contemporary image of architectures conceived and manufactured with true digital consciousness.

Despite the fiasco of the Croatian pavilion for the Venice Biennale in 2010 (coordinated by Leo Modrčin) and its ill fate, it still remains an interesting example in its conception and materialization prior to its wrecked transportation regarding how the material boundaries of the architectural space can be shaped by a warp of linear elements (fig. 7).

The project for the pavilion is based on the idea of the mirage effect (*Fata Morgana*), engaging the visitors with a daring and very unusual phenomenology. A gigantic three-dimensional grid of corrugated steel rods was emptied through subtractive strategies to conform the interior space. The concept of the project is totally disruptive and the result of the layered grids is very appealing in visual terms, generating optical effects. Its construction, in spite of the formal complexity, is rather simple in its conception although very difficult in execution, defining the limits of the interior space by successive layers of horizontal grids – these being really two-dimensional. Within the volume we find a sculpted space with variable contours, protuberances and openings to the ‘exterior’, provided that this peculiar topology allows for such a distinction.

Unfortunately, its spectacular and necessary on-site fabrication in combination with its subsequent transport on a barge became a resounding constructive failure. The welding and the rigidity of the whole structure was not able to support the dynamic loads of the sea’s rocking waves; it did not make it to the Biennale. Despite its uncanny fate, the pavilion should be credited as the first woven tectonic architecture ever built in which structure and enclosures, although being discrete, are one and the same thing. A disruptive conception that, prior to its construction, only stereotomic continuous architectures had been able to achieve. Just as Penelope’s shroud, the pavilion was carefully ‘woven’ and the Odyssey it had to undergo traversing the Adriatic Sea unwove its wrecked destiny anticipating the malediction of every ephemeral architecture.

7. Algorithmic Arachne or the weavers of digital looms

The evolution of digital tools and new manufacturing techniques contribute to this digital awareness that can be traced back to Semper’s theories on architecture and textiles later continued by Fuller and Frei Otto in the 20th century. Such is the case of the research and work carried out by Jenny Sabin, a former collaborator of Cecil Balmond, whose work integrates elements of computational design, data visualization and advanced digital manufacturing. She sheds light on the ability of architecture to model data and visualize information increasing the design potential along with the introduction of intelligent materials. Her complex computational approach is fully consistent with shift of paradigm characteristic of the ‘second digital turn’ (Carpo 2017). An example of this multidisciplinary exchange can be found in the project *my Thread Pavilion* for the NYC Nike FlyKnit Collective (fig. 8). In a new twist to Semperian tectonics, internal geometries of natural forms are explored through mathematics and generative systems. As Sabin explains about her project, “textiles offer architecture a robust design process whereby computational techniques, pattern manipulation, material production and fabrication are explored as an interconnected loop that may feedback upon itself in no particular linear fashion” (Sabin 2013, p. 347).

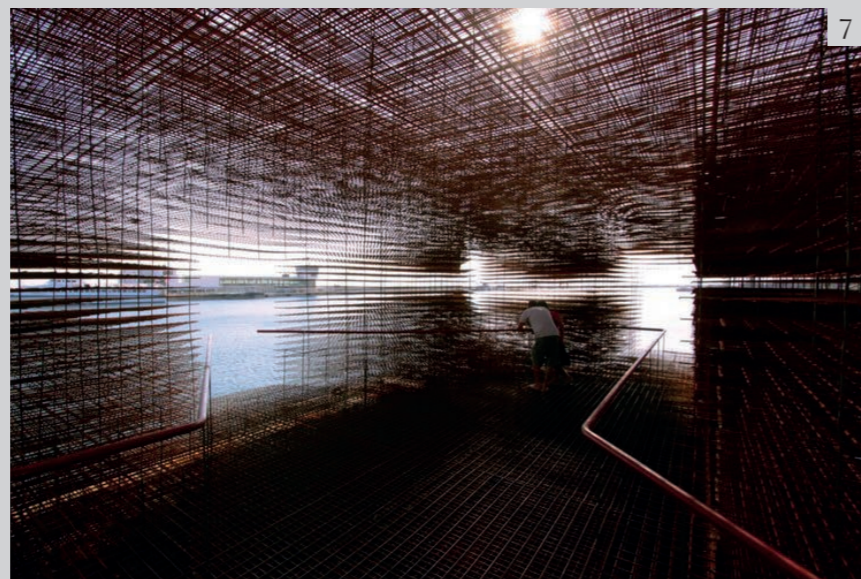


Figure 7
Leo Modrčin (coordinador),
Croatian Pavillion, Venice Biennale, 2010. Venice.
<https://archello.com/project/brod-the-ship-la-nave-a-floating-pavilion-for-croatia-at-the-venice-biennale>.

vidrio contribuyen a realzar la idea de la urdimbre textural que envuelve la fachada acristalada. Esta estrategia de diseño reinterpreta la misma idea abordada por Thom Faulders en su proyecto *Airspace en Tokio*, en el que trató de recordar el dosel preexistente de árboles en el lugar. La complejidad geométrica de ambos proyectos sólo pudo haber sido concebida y ejecutada gracias a la codificación paramétrica de la forma. En el pabellón italiano los moldes se crearon con el software Rhinoceros y se exportaron a CATIA para ser fabricados en una etapa posterior del proceso. La referencia primitiva a un paisaje orgánico abstracto se complementa con la introducción de materiales biodinámicos de alta tecnología como paneles de hormigón “i.active Byodinamic” que, al entrar en contacto con la luz, atrapan los contaminantes presentes en el aire, transformándolos en sales inertes y contribuyen a reducir los niveles de *smog* (Nemesi Architects). Del mismo modo, la complejidad formal y la idea de irregularidad propias de la arquitectura digital ponen de relieve la imagen contemporánea de unas arquitecturas concebidas y fabricadas con verdadera conciencia digital.

A pesar del desdichado destino del pabellón de Croacia para la Bienal de Venecia en 2010 (coordinado por Leo Modrčin), sigue siendo un ejemplo interesante en su concepción y materialización de cómo los límites materiales del espacio arquitectónico pueden estar conformados por una urdimbre de elementos lineales, antes de su accidentado transporte marítimo (fig. 7). El proyecto para el pabellón se basa en la idea del efecto de espejismo (*Fata Morgana*), involucrando a los visitantes en una fenomenología atrevida e inusual: una gigantesca retícula tridimensional de redondos de acero corrugado vaciada mediante estrategias sustractivas conformaba el espacio interior. El concepto del proyecto es totalmente disruptivo y el resultado de las mallas dispuestas en capas horizontales es muy atractivo en términos visuales, generando interesantes efectos ópticos. El proyecto, a pesar de la complejidad formal, es bastante simple en su concepción, aunque difícil de ejecutar, ya que define los límites del espacio interior mediante capas sucesivas de rejillas horizontales, que en realidad

son bidimensionales. Dentro del volumen encontramos un espacio esculpido de contornos variables, protuberancias y aberturas hacia el “exterior”, si es que la peculiar topología del proyecto permite establecer tal distinción.

Desafortunadamente, su espectacular y necesaria fabricación *in situ* y su posterior transporte en una barcaza se convirtió en un rotundo fracaso constructivo. La soldadura y la rigidez de toda la estructura no pudieron soportar las cargas dinámicas producidas por efecto del oleaje y el pabellón no llegó a la Bienal. A pesar de su extraño destino, el pabellón puede considerarse como la primera arquitectura tectónica tejida jamás construida en la que la estructura y los cerramientos, aunque discretos, coinciden. Una concepción disruptiva que antes de su construcción solo podían lograr arquitecturas estereotómicas continuas. Al igual que la mortaja elaborada por Penélope, el pabellón fue cuidadosamente “tejido”, pero su odisea a través del Mar Adriático deshilachó su trágico destino anticipando la maldición que acecha dramáticamente a toda arquitectura efímera.

7. Aracne algorítmica o los tejedores en telares digitales

La evolución de las herramientas digitales y las nuevas técnicas de fabricación asistida permiten conectar la nueva conciencia digital con la línea de trabajo vinculada a lo textil iniciada por Semper en el siglo XIX y continuada más tarde por Fuller y Frei Otto en el siglo XX. Es el caso de la investigación desarrollada por Jenny Sabin, antigua colaboradora de Cecil Balmond, cuyo trabajo integra elementos de diseño computacional, visualización de datos y fabricación digital avanzada. Sabin muestra la capacidad de la arquitectura para modelar datos y visualizar información enriqueciendo las posibilidades de diseño con la introducción de materiales inteligentes. Su complejo enfoque computacional es totalmente consistente con el cambio de paradigma característico del *Segundo Giro Digital* (Carpo 2017). Su proyecto *myThread Pavilion* para el NYC Nike FlyKnit Collective (fig. 8) constituye un ejemplo de este intercambio multidisciplinar. En una nueva vuelta de tuerca a la tectónica semperiana, las geometrías internas de las

Figura 7
Leo Modrčin (coordinador),
Pabellón de Croacia, Biennale de Venecia, 2010. Venecia.
<https://archello.com/project/brod-the-ship-la-nave-a-floating-pavilion-for-croatia-at-the-venice-biennale>.

This compelling installation integrates emerging technologies by materializing dynamic data sets generated by the human body in motion which allow new ways of thinking on issues of performance, lightness, formal adjustment and sustainability. Biological data patterns are transformed into geometry and materialized in a complex structure comprising subsets of hierarchically woven structures. A stronger and sturdier external tensile primary structure is formed by steel cable from which hundreds of aluminum rings are hung. A softer and more internal structure of knitted elements with photoluminescent threads that absorb and collect light is suspended from the primary structure. These intricately filaments react to the presence of visitors building up a responsive glowing textile membrane, transforming the installation into a sensitive and adaptable space.

The textile fabric of the installation is based on knitting techniques instead of on weaving. Weaving relies on the interlacing of a network of discrete threads. Knitted fabrics, on the contrary, are considered a continuous system – there is only one unremitting thread –, a structure of lines and loops affected by forces. Knitted fabrics depend on parameters such as

stiffness, length of the loop, thickness of the threads, stitch density and other more complex variables of textile techniques (Sabin 2013, p. 350). This project recovers the idea of cross-relations between material, structure and construction of Semperian theory, adapting its architectural potential to the digital era. Sabin again raises these considerations in other more recent projects such as ‘PolyThreads’ (2016) or ‘Lumen’ (2017), an interactive and immersive installation for the PS1 space of MoMA.

Similar research projects explore the possibility of transferring the principles of biological fiber systems to architecture, which provides a new approach to reinforced fiber structures and the development of what Achim Menges calls ‘fibrous tectonics’. In this way the different proposals for the ICD/ITKE Research Pavilion represent an integral approach to biomimetics (Pawlyn 2016, pp. 62–65), computational design, digital simulation and robotic manufacturing seeking structures of extreme lightness and efficient materiality (fig. 9). Based on the morphological principles of the arthropod exoskeleton (insects, arachnids, crustaceans) this pavilion allows the exploration of novel spatial designs through different textile syntaxes by



Figure 8
Jenny E. Sabin, *my Thread Pavilion for Nike FlyKnit Collective*, 2012. Nike Stadium, 276 Bowery, New York City, NYC. [Http://www.jennysabin.com/mythread-pavilion](http://www.jennysabin.com/mythread-pavilion).

Figure 9
Institute for Computational Design (ICD) and Institute of Building Structures and Structural Design (ITKE) of the University of Stuttgart, *ICD-ITKE Research Pavilion 2013–14*, 2013–14. Keplerstraße 11, University of Stuttgart, 70174 Stuttgart, Germany. <https://www.archdaily.com/522408/icd-itke-research-pavilion-2015-icd-itke-university-of-stuttgart>.

formas naturales se exploran ahora a través de las matemáticas y los sistemas generativos. Como explica Sabin sobre su proyecto, «los tejidos ofrecen a la arquitectura un proceso de diseño robusto mediante en el cual las técnicas computacionales, la manipulación de patrones, la producción y fabricación de materiales se exploran como un bucle interconectado que puede retroalimentarse a sí mismo de un modo no particularmente lineal» (Sabin 2013, p. 347).

Esta interesante instalación integra tecnologías emergentes al materializar conjuntos de datos dinámicos generados por el cuerpo humano en movimiento que permiten nuevos modos de pensar sobre cuestiones de rendimiento, ligereza, ajuste formal y sostenibilidad. Los patrones de datos biológicos se transforman en geometría y se materializan en una estructura compleja que comprende subconjuntos de estructuras tejidas jerárquicamente. Una estructura tensil externa, más robusta y resistente, formada por un cable de acero del que cuelgan cientos de anillos de aluminio. Otra estructura interna más suave de elementos de punto con hilos fotoluminescentes que absorben y recogen la luz quedan

suspendidos de la estructura primaria. Estos filamentos reaccionan a la presencia de visitantes y construyen una membrana textil brillante y reactiva, transformando la instalación en un espacio sensible y adaptable.

El tejido de la instalación está realizado con técnicas de punto en lugar de estar tejidas. Tejer se basa en el entrelazado de una red de hilos discretos. Los tejidos de punto, en cambio, definen una estructura de líneas y bucles afectados por fuerzas que constituyen un sistema continuo – sólo hay un único hilo. La estructura depende de parámetros como la rigidez, la longitud del bucle, el grosor de los hilos, la densidad de la puntada y otras variables más complejas propias de técnicas textiles (Sabin 2013, p. 350). Este proyecto recupera la idea de relaciones cruzadas entre material, estructura y construcción propia de la teoría semperiana, adaptando su potencial arquitectónico a la era digital. Sabin plantea nuevamente estas consideraciones en proyectos más recientes como *PolyThreads* (2016) o *Lumen* (2017), una instalación interactiva e inmersiva para el espacio PS1 del MoMA. Proyectos de investigación similares exploran la posibilidad de transferencia a la arqui-



Figura 8
Jenny E. Sabin, *my Thread Pavilion for Nike FlyKnit Collective*, 2012. Nike Stadium, 276 Bowery, New York City, NYC. [Http://www.jennysabin.com/mythread-pavilion](http://www.jennysabin.com/mythread-pavilion).

Figura 9
Institute for Computational Design (ICD) and Institute of Building Structures and Structural Design (ITKE) of the University of Stuttgart, *ICD-ITKE Research Pavilion 2013–14*, 2013–14. Keplerstraße 11, University of Stuttgart, 70174 Stuttgart, Alemania. <https://www.archdaily.com/522408/icd-itke-research-pavilion-2015-icd-itke-university-of-stuttgart>.

filtering different biomimetic design rules to achieve a new tectonic repertoire. Its digital fabrication relied on robots that were responsible for the “coreless robotic filament winding process” that enabled the production of “construction-scale composite structures on a simple linear framework” (Menges 2015, p. 45). These extraordinarily light tensile structures explore geometries and techniques that belong to different trades rather than to architecture itself, however enriched as it may be have always been by other disciplines, trades and craftsmanship. Sculptor Jane Echelman’s work on fiber stunning sculptures is executed in such a scale and has such an inseparable symbiosis with architectural settings or urban-scapes that may be considered as truly architectural or even as urban installations.

Such is the case of her *1.8* net sculpture, suspended 180 feet above busy Oxford Circus designed for the *London Lumiere 2016* festival. The form of the fiber sculpture “was inspired by data sets of the tsunami’s wave heights rippling across the entire Pacific Ocean” (Janet Echelman). What in Sabin’s thread pavilion was the visualization of data collection based on the motion of a large group of runners that served to ‘digitally choreograph’ the design, in Echelman’s case it is also data taken from the real world and alien to the design itself the raw material which drives the design. This could be related to Eisenman’s use of alien diagrams, “an outside agent, an external diagram, almost a *deus ex machina*” that interact with program and site-based schemes to obtain the final extraction of the architectural form (Eisenman 1997, p. 69). However, in the case of Sabin or Echelman, the inner logic to this form finding process is entirely computational involving an enormous amount of data that can only be dealt with the aid of computers; it squarely falls within the realm of the ‘second digital turn’. As Echelman claims, “it is a physical manifestation of interconnectedness” displaying in a powerful visual image the reference to the 2011 devastating earthquake and the tsunami that followed. This horrendous natural catastrophe fatefully produced Fukushima’s ecological disaster but, somehow it is comforting to see how humankind’s creativity is

nevertheless able to artistically materialize through this threaded installation an appealing visual object that at the same time, recalls and accounts for such an event (fig. 10). The metaphor of this interconnectedness is further exploited by allowing the onlookers that gather below it to use their smartphones to alter the colorful patterns that are cast on this luminous shape against the backdrop of London’s night sky. Thus, the intricate woven threaded net is in fact a meta-net of collective interactions engaging the physical and the digital in real time. This holistic woven work by Jane Echelman truly defies Arachne’s mastery, could it be masterful enough for Athena to surrender her wrathful timeless malediction cast over the arrogant Greek weaver?

8. Conclusions

The extraordinary possibilities digital computation entails through CAD-CAM convergence enliven Semper’s theories. The pertinence of his findings⁴ rely on his way to associate the materiality of the design with the processes of its production, together with his distinction of tectonics and stereotomy.



Figure 10
Janet Echelman, *1.8 London, Lumiere London*, 2016. Net Sculpture, Oxford Circus, London. © Ema Peter. <https://www.echelman.com/project/1-8-london/>.

4. In addition to the question of styles which is not dealt in this paper. Although an interesting discussion could be brought forward pondering whether or not this new computational era and the architecture that emerges from the second digital turn ought to be considered a certain ‘style’ according to the considerations set forth by Semper’s theories in his vast work on the subject, extension limitations advise to address this question in further research.

de los principios de los sistemas de fibras biológicas lo que permite una nueva aproximación a las estructuras de fibra reforzada y el desarrollo de lo que Achim Menges denomina “tectónica fibrosa”. De este modo, las diferentes propuestas para el *ICD/ITKE Research Pavilion* suponen una aproximación integradora a la biomimética (Pawlyn 2016, pp. 62–65), el diseño computacional, la simulación digital y la fabricación robótica, buscando estructuras de extrema ligereza y materialidad eficiente (fig. 9). Basado en los principios morfológicos del exoesqueleto de los artrópodos (insectos, arácnidos, crustáceos) este pabellón permite explorar nuevos diseños espaciales a través de diferentes sintaxis textiles mediante el filtrado de diferentes reglas de diseño para generar un nuevo repertorio tectónico. La fabricación digital se basó en un «proceso robótico de bobinado de filamentos sin núcleo» que permitió la producción de «estructuras compuestas a escala constructiva sobre un soporte lineal simple» (Menges 2015, p. 45).

Estas estructuras de tracción extraordinariamente ligeras exploran geometrías y técnicas que pertenecen a diferentes oficios más que a la arquitectura misma, que, sin embargo, siempre ha estado enriquecida por otras disciplinas, oficios y artesanías. Es el caso del trabajo de la escultora Jane Echelman consistente en impresionantes esculturas de fibra con una escala y una simbiosis tan inseparable del entorno arquitectónico o del paisaje urbano que pueden considerarse como verdaderas instalaciones arquitectónicas o incluso urbanas.

Es el caso de su escultura *1.8 Net* diseñada para el festival *Lumiere London 2016* y suspendida a 180 pies de altura (aproximadamente 55 metros) sobre el concurrido Oxford Circus. «La forma de la escultura se inspiró en el conjunto de datos de las alturas de las olas de un tsunami que se extienden por todo el Océano Pacífico» (Janet Echelman). Lo que en el pabellón de Sabin constituía la visualización de una serie de datos tomados de un grupo de corredores en movimiento que sirvieron para elaborar digitalmente la coreografía del diseño, en el caso de

Echelman también se trata de datos tomados de la realidad y ajenos al propio diseño concebidos como materia prima para la conformación del proyecto. Esto también podría relacionarse con la utilización de Eisenman de diagramas ajenos, «un elemento ajeno, un diagrama externo, casi un *deus ex machina*» que interactúa con los esquemas del programa y del lugar para operar la “extracción” de la forma arquitectónica final (Eisenman 1997, p. 69). Sin embargo, en el caso de Sabin o Echelman, la lógica interna a este proceso de indagación formal (*form finding*) es completamente computacional; entra de lleno en el ámbito del “segundo giro digital”.

Como afirma la artista, «es una manifestación física de interconexión» que muestra con una poderosa imagen visual la referencia al devastador terremoto de 2011 y el posterior tsunami que provocó la catástrofe ecológica de Fukushima. Reconforta ver cómo la creatividad humana es capaz de materializar artísticamente a través de esta instalación entretejida un evocador objeto visual que al mismo tiempo recuerda y da cuenta del acontecimiento (fig. 10).

La metáfora de la interconectabilidad se potencia aún más al permitir que los espectadores que se reúnen debajo utilicen sus teléfonos móviles para alterar los patrones coloreados que se proyectan en esta forma luminosa contra el telón de fondo del cielo nocturno londinense. Así, la intrincada red de hilos entrelazados es, de hecho, una meta-red de interacciones colectivas que involucran lo físico y lo digital en tiempo real. Este trabajo de Echelman, tejido de forma holística, desafía la legendaria maestría de Aracne. ¿Podría ser acreedora de la suficiente maestría como para que Atenea depusiera su eterna e iracunda maldición sobre la arrogante tejedora griega?

8. Conclusiones

Las extraordinarias posibilidades que implica la computación digital a través de la convergencia CAD-CAM permiten repensar las teorías de Semper.

La pertinencia de sus hallazgos⁴ se basa en su forma de asociar la materialidad del diseño con los procesos de producción, junto con su distinción entre lo tectónico y lo estereotómico.

Figura 10
Janet Echelman, *1.8 London, Lumiere London*, 2016. Net Sculpture, Oxford Circus, Londres. © Ema Peter. <https://www.echelman.com/project/1-8-london/>.

4. Además de la cuestión de los estilos que no se trata en este artículo. Podría plantearse una discusión interesante sobre si esta nueva era computacional y la arquitectura que emerge del segundo giro digital configuran o no un estilo de acuerdo con las consideraciones teóricas de la vasta obra de Semper dedicada al *estilo*, pero las limitaciones de extensión aconsejan abordar esta cuestión en futuras investigaciones.

Despite a recent current trend of thought lead by some philosophers, new materiality activated by computation and digital fabrication tools is still 'informed' in Aristotelian terms. It is the system of relations of the constituent material parts, *form* itself, that which qualifies matter, just as Semper claimed that 'form' should prevail over 'material' even if the first cannot contradict the latter. Different linear based compositional approaches digitally driven address the idea of grids, warps and wefts in unprecedented ways defining a completely novel conception of 'woven or fibrous tectonics'. Digital tools and computational design favor

transdisciplinary design approaches that contribute to weave new relations between architecture, applied arts and textiles. Diverse latticed façades can enrich the architectural formal repertoire triggered by computational design such as in the case of openings gradients and diffractive skins. Moreover, the increasing variety of digital design and fabrication tools can also contribute to improve the performance of façade designs itself, regardless of their additional aesthetic appeal. Furthermore, some of these digitally conscious designs can also reinterpret the vernacular contributing to address an emergent digitally disruptive critical reading of place and culture.

References / Bibliografía

- AFSARI, K., SWARTS, M., RUSSELL GENTRY, T., 2014. Integrated generative technique for interactive design of brickworks. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*. 19, 2014, pp. 225–247.
- BAUMAN, Z., 2000. *Liquid Modernity*. Cambridge, UK: Polity Press, pp. 228.
- CACHE, B., 2000. Digital Semper. In DAVIDSON, C. (ed.), *Anymore*. Cambridge, MA: The MIT Press, pp. 190–197.
- CAETANO, I., LEITÃO, A., 2019. Weaving architectural façades exploring algorithmic stripe-based design patterns. In JI-HYUN, L. (ed.), *Hello, Culture*. Proceedings of the 18th International Conference, CAAD Futures 2019, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Daejeon, South Korea, June 26–28, 2019, pp. 1009–1028.
- CARPO, M., 2011. *The alphabet and the algorithm*. Cambridge, MA: The MIT Press, pp. 169.
- CARPO, M. (ed.), 2013. *The Digital Turn in architecture 1992–2012*. Chichester, UK: Wiley, pp. 264.
- CARPO, M., 2017. *The Second Digital Turn. Design beyond intelligence*. Cambridge, MA: The MIT Press, pp. 224.
- DELEUZE, G., 1989. *El pliegue. Leibniz y el Barroco*. Barcelona: Paidós, pp. 177.
- DERRIDA, J., 1985. Point de Folie – Maintenant l'architecture. In TSCHUMI, B. (ed.), *La Case Vide: La Villette*. Reprint in *AA Files*. 12, 1986, pp. 65–75.
- EISENMAN, P., 1997. Processes of the interstitial: notes on Zaera-Polo's idea of the machinic. In EISENMAN, P., *Written into the void: selected writings, 1990–2004*, pp. 50–71.
- FANELLI, G., GARGIANI, R., 1999. *El principio del revestimiento. Prolegómenos a una historia de la arquitectura contemporánea*. Madrid: Akal, pp. 6–16.
- FRAMPTON, K., 1999. *Estudios sobre cultura tectónica. Poéticas de la construcción en la arquitectura de los siglos XIX y XX*. Madrid: Akal, pp. 383.
- GARCÍA, M. (ed.), 2006. Architecture+Textiles=Architextiles. *Architectural Design*. Special Issue: Architextiles. 76 (6), 2006, pp. 5–11.
- GILABERT SANZ, S., 2011. Dibujar el Pabellón de España para la Exposición Universal de Shanghai 2010. *EGA. Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*. 16 (18), 2011, pp. 288–295 (doi: 10.4995/ega.2011.1114).
- JANET ECHELMAN. *1.8 London, U.K., 2016* [visited December 12, 2019]. Available at: <https://www.echelman.com/project/1-8-london/>.
- KANDINSKY, V., 2003. *Punto y línea sobre el plano. Contribución al análisis de los elementos pictóricos*. Buenos Aires: Paidós.
- LYNN, G., 2013. Architectural curvilinearity: the folded, the pliant and the supple (1993). In CARPO 2013, pp. 29–44.

A pesar de cierta tendencia de pensamiento dirigida por algunos filósofos, la nueva materialidad activada por las herramientas de computación y fabricación digital, todavía se plantea en términos aristotélicos: es el sistema de relaciones de las partes materiales constituyentes, su "forma", lo que califica la materia misma. Diferentes enfoques de composición de base lineal dirigidos digitalmente abordan la idea de mallas, urdimbres y tramas en modos sin precedentes que definen una concepción completamente nueva de la "tectónicas tejidas o fibrosas". Las herramientas digitales y el diseño computacional favorecen enfoques de diseño transdisciplinar que contribuyen a tejer nuevas relaciones en-

tre la arquitectura, las artes aplicadas y los textiles. El repertorio formal de la arquitectura se ve enriquecido con esta diversidad de pieles en celosía originadas por el diseño computacional, como en el caso de gradientes de perforaciones y pieles difractivas. La creciente variedad de herramientas de diseño y fabricación digital también puede contribuir a mejorar el rendimiento de los diseños de fachadas, independientemente de su atractivo estético adicional. Además, algunos de estos diseños digitalmente conscientes también permiten reinterpretar lo vernáculo y contribuyen a una lectura crítica emergente y digitalmente disruptiva del lugar y de la cultura.

- MARCOS, C., 2018. Procesos aditivos y sustractivos. Tectónico y estereotómico. In MARCOS, C., ALLEPUZ, A. (eds.), *El bisturí en la línea. Razón precisión y medida en el dibujo y el pensamiento arquitectónicos de Alberto Campo Baeza*. Alicante: Publicaciones de la Universidad de Alicante, pp. 76–82.
- MARTINEZ CALZÓN, J., JIMÉNEZ CASTAÑÓN, C., 2010. Weaving architecture structuring the Spanish Pavilion, Expo 2010. *Architectural Design, The New Structuralism*. 80 (4), 2010, pp. 52–59.
- MENGES, A., KNIPPERS, J., 2015. Fibrous Tectonics. *Architectural Design*. Special Issue: Material synthesis. Fusing the physical and the computational. 85 (5), 2015, pp. 40–47.
- NEMESI ARCHITECTS. *Italy Pavilion Expo 2015, Milan*. [Visited November 10, 2019]. Available at: <http://www.nemesistudio.it/en/projects/type/culture/item/714-italy-pavilion-expo-2015-milan.html>.
- PAWLYN, M., 2016. *Biomimicry in architecture*. Newcastle upon Tyne: RIBA Publishing, pp. 62–65.
- PICON, A., 2004. Architecture and the Virtual. Towards a new materiality. *Praxis: Journal of Writing and Building*. 6, 2004, pp. 114–121.
- PICON, A., 2014. Robots and Architecture: experiments, fiction, epistemology. *Architectural Design*. 84 (3), 2014, pp. 54–59 (doi: 10.1002/ad.1754).
- SABIN, J., 2013. myThread Pavilion: generative fabrication in knitting processes. In *ACADIA 13: Adaptive Architecture*. Proceedings of the 33rd Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA). Cambridge, October 24–26, 2013, pp. 347–354.
- SEMPER, G., 2013. *Semper, el estilo: el estilo en las artes técnicas y tectónicas, o, Estética práctica y textos complementarios*. J. Azpiazu, ed. y trad. Buenos Aires: Azpiazu Ediciones, pp. 1154.
- SEMPER, G., 2014. *Escritos fundamentales de Gottfried Semper. El fuego y su protección*. A. Armesto Aira, ed., J.M. García-Roig, trad. Barcelona: Fundación Arquia, pp. 373.
- SPUYBROEK, L., 2004. *NOX: machining architecture*. London: Thames & Hudson, pp. 389.
- SPUYBROEK, L., 2006. Textile Tectonics. An interview with Lars Spuybroek. *Architectural Design*. Special Issue: Architextiles. 76 (6), 2006, pp. 52–59.
- SPUYBROEK, L., 2008. Textile Tectonics (2003). In BROUWER, J., MULDER, A., MARTZ, L. (eds.), *Lars Spuybroek. The architecture of continuity. Essays and conversations*. Rotterdam: V2 Publishing, pp. 226–243.
- SPUYBROEK, L., 2009. Textile Computing. In SPUYBROEK, L. (ed.), *The architecture of variation*. London: Thames and Hudson, pp. 94–105.
- TOCA, A., 2004. Origen de textil de la arquitectura. *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas*. 26 (85), 2004, pp. 61–73 (doi: 10.22201/ie.18703062e.2004.85.2185).