

## DE LA TEORÍA A LA TECNOLOGÍA. De cómo la concepción de la relación Forma - Materia, desde un punto de vista neo-materialista repercute en el proceso de diseño de la Arquitectura Textil.

Beatriz Arnaiz Barrio, Ramon Sastre i Sastre, Xavier Gimferrer Vilaplana  
beatriz.arnaiz@upc.edu

El estudio y la observación de procesos naturales, y la aplicación de ciertos conceptos y comportamientos dinámicos comprendidos, interiorizados, y planteados como analogías posibles en lo no-viviente, permite concebir la materia como algo vivo, no como acto de fe, sino como posicionamiento metodológico. Desde esta concesión de las teorías neo-materialistas, se plantean cuestiones que inciden en el planteamiento del proceso de diseño. Se concibe la materia como elemento auto-organizado, en vez de como un elemento pasivo. De esta manera, la relación con la materia debe establecer una doble dirección, a través de un ensamblaje más complejo, olvidar el esquema jerárquico desde el que el humano ejerce una imposición sobre lo no-humano.

La arquitectura ligera, y en concreto la arquitectura textil, debido a la naturaleza de sus materiales y su funcionamiento estructural, ya parte de la necesidad de un proceso de diseño que disiente radicalmente del conocido en la arquitectura convencional. Para alcanzar el nivel de eficiencia característico de la arquitectura ligera es necesario partir del material, conocerlo y explotar su potencial. Descubrir la forma que emerge de su naturaleza, que adopta.

Se plantea un discurso teórico que aplicado a la tecnología utilizada en las tensoestructuras ofrece un punto de partida para un proceso de diseño más coherente con su naturaleza.

**Palabras clave:** Morfogénesis, Materia, Diseño, Tensoestructuras, Nuevos Materialismos.

### 1. Introducción

Desde la observación y el estudio de las formas de la naturaleza (o de la vida), las formas del conocimiento (o de la ciencia) y las formas de la belleza (o del arte), es posible establecer analogías que permiten comprender y profundizar, adoptar y adaptar conceptos, planteamientos y procesos transversales, utilizando herramientas propias del desarrollo digital presente.

### 2. Procesos naturales

Los procesos naturales son los que existen de manera natural o son producidos por la naturaleza, en vez de ser causados por el ser humano. Los procesos que se califican de espontáneos, se auto-generan gracias a su propia fuerza que impulsa este proceso. Por el contrario, si aplicamos energía para producir un proceso que carece de dicho esfuerzo impulsor interno, no puede denominarse espontáneo. [1] Si observamos y analizamos los procesos naturales, e incorporamos la dinámica y los movimientos y formas que se auto-generan, se desprende que un criterio primordial en ellos es la eficiencia. Cuando se aplica energía externa para generar procesos no espontáneos, se obvia la inercia propia de la materia, y se pierde esa eficiencia. En muchos casos se le impone a la materia pasar por unos procesos que, si bien son capaces de asumir al coste de la energía externa aplicada, desde luego no optimizan las propiedades y los procesos que la materia por sí sola generaría. Si estos procesos propios se analizaran y se

aprovecharan, estaríamos caminando hacia la eficiencia.

Esta fuerza impulsora propia de los procesos naturales es denominada entropía. Es una magnitud indicativa del grado de desorden de un sistema. La entropía puede considerarse un parámetro del caos. Se plantea una nueva forma de entender el caos, no como desorden, sino como lo que no se puede predecir y describir. Los descubrimientos físico-matemáticos del último siglo brindaron la Teoría del Caos, la cual plantea una forma diferente de observar la naturaleza, ya que abarca los sistemas complejos y dinámicos que son muy sensibles a variaciones. Esta teoría habla entre otras cosas de los sistemas no lineales, y de la geometría fractal, otro de los más relevantes campos de estudio del siglo pasado.

La idea de entropía llama la atención en el mundo teórico-artístico, siendo seductora la idea de definir una cierta tendencia al equilibrio a partir del caos.

La tecnología digital y las ciencias metafísicas, han profundizado en las investigaciones sobre los procesos y dinámicas naturales, y esto ofrece una nueva perspectiva desde la que mirar estos procesos. La arquitectura, y la tecnología de la que se nutre, están en el camino de adaptación a este nuevo paradigma. Concretamente en la arquitectura textil, que es uno de los campos de desarrollo más recientes en el mundo de la arquitectura, las formas generadas tienen una estrecha relación con las formas naturales, el proceso de generación y búsqueda de la forma con la morfogénesis natural, y el estado de equilibrio

en el que encuentran su estabilidad las estructuras tensadas con el equilibrio natural dinámico de las estructuras naturales.

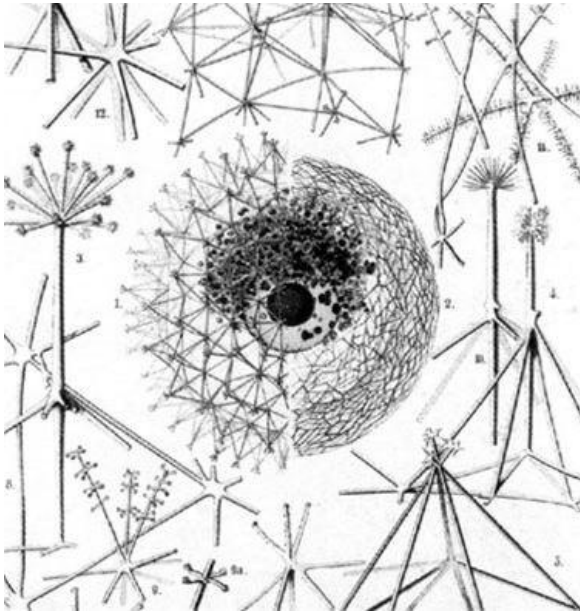


Figura 1. Dibujo de Ernst Haeckel

Por todas estas analogías posibles, es necesario posicionar la mirada desde un lugar de análisis y observación, aprovechamiento y optimización de los potenciales ligados a la materia y a los procesos propios de la misma, para generar estructuras que tengan como criterio principal en su funcionamiento y materialidad, la eficiencia. Así como los procesos y las formas de sistemas naturales nos muestran esta cualidad al observarlos y estudiarlos.

### 3. Analogías entre lo vivo y lo no-vivo

Los seres vivos están formados por células, realizan funciones vitales como nacer, crecer, alimentarse, respirar, reproducirse, relacionarse, vivir. Se califica de viviente lo que tiene organización propia para vivir, en contraposición a lo inanimado. La vida es propia de la materia dinámica.

Los seres no vivos son aquéllos que no cumplen funciones vitales, son seres abióticos o sin vida. Por ejemplo una piedra no puede reproducirse ni alimentarse, no nace y no muere, carece de vida. Se califica como no-viviente a la materia. Ésta tiene propiedades intrínsecas. La materia es y tiene su propio espacio. Toma forma en el espacio. Está compuesta de átomos. Estos componentes atómicos poseen energía o inercia a partir de la cual se genera el movimiento y la tendencia al reposo, que también se puede traducir en una tendencia al equilibrio. La materia existe por sí misma, tiene carácter objetivo. Sus propiedades son inmanentes, la constituyen, no fueron creadas.

Los comportamientos dinámicos de lo viviente, pueden ser planteados analógicamente en lo no-viviente, permitiendo concebir la materia como *algo vivo*, no como acto de fe, sino como posicionamiento metodológico.

Las analogías que se pueden establecer entre lo vivo y la materia son de gran impacto en el campo del diseño, y por ende en el de la arquitectura y la tecnología. Conceptos como morfogénesis, autopoiesis, estados de equilibrio, pueden ser tomados de otros campos –sean la biología, la sociología, la geología, la física, la matemática, la filosofía– para reinterpretarlos en los procesos de diseño en los que se busca la eficiencia y cuyo sujeto de partida ha de ser la materia.

La materia no debe tomarse como una sustancia sometida. El diseño no debería basarse en el dominio ejercido sobre un material. Se busca un proceso simbiótico, colaborativo, no despótico. No se establece un equilibrio real forzando la materia a funcionar en contra de su naturaleza (sus propiedades, su comportamiento, su potencial, características), ese estado de equilibrio forzado estará tendiendo a cambiar su posición hasta conseguirlo, estará empleando mucha más energía de la necesaria solamente en luchar contra su propia posición. En estructuras de equilibrio tensado esta idea es más que evidente, pero en estructuras hiperestáticas como son la mayoría de las construcciones, también es absolutamente válida. Si el criterio para la aplicación de una materia u otra fuera la eficiencia, y no el económico y el ególatra, la arquitectura de hoy en día daría lugar a modos de vida en mayor consonancia y simbiosis externa (con el entorno) e interna (interacción introspectiva).

El hábitat humano también debe ser entendido como un ecosistema, y aquí ya no desde una analogía o una metáfora sino desde una realidad en la que los habitantes somos seres vivos, y establecemos relaciones con la materia y las formas que nos rodean.

En esa interacción los elementos arquitectónicos tienen un papel importante.

En el libro *Historia de las Filosofías Materialistas* de Pascal Charbonnat (profesor e investigador en epistemología en el IREPH, Université de Paris Ouest), publicado en 2007, se describen diferentes afirmaciones de la materia dentro del ámbito de la filosofía materialista:

*“El materialismo es una idea y un ideal de la materia, donde ésta es concebida como plenamente capaz de engendrar y de elaborar los diferentes modos del ser.”*

*“La materia deviene consciente de su libertad.”*

La materia como elemento auto-organizado, auto-determinado, adquiere sus propias formas. Con respecto a la materia, se entiende el concepto de

forma, como el producto que responde a un proceso (que será llamado *morfogénesis*). En el concepto de forma como producto, se atiende al momento en que esa forma se genera, el momento en el que se concibe esa forma o una materia adquiere esos límites y cualidades. Después esta materia desarrolla una *vida*, es decir, se desarrolla en el tiempo, manteniendo en mayor o menor medida dichos límites y cualidades. Así, la forma es dinámica – cuando no se trata de la abstracción geométrica sino material- y responde al devenir de la materia.

Adoptar conceptos y generar discursos a partir de investigaciones en otros campos, como en este caso aportaciones de la filosofía, es absolutamente enriquecedor y revelador. Sobre esta transdisciplinaredad que debe introducirse en el camino de la investigación, rompiendo barreras, y nutriéndose unos campos de los logros de otros, P. Charbonnat afirma:

*“Este materialismo actual ha de invitar a los filósofos a convertirse en científicos, y viceversa, para que las compartimentaciones nocivas entre los ámbitos del conocimiento desaparezcan. Trabaja así en el esclarecimiento final del problema del origen, es decir, en la conquista clara de una materia consciente y segura de su libre necesidad”* [2]

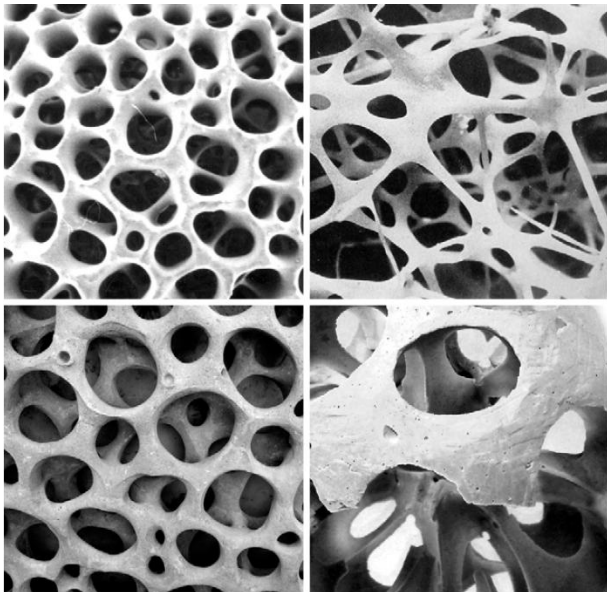


Figura 2. Comparación de geometrías: radiolario visto al microscopio, microfotografía de estructura ósea, detalle de la cúpula de la Casa Museo de Salagutí (Carlos Salazar Gutiérrez) y prototipo de escayola de Maria Mallo. [3]

#### 4. Materia: elemento auto-organizado

*La materia toma formas. Pero también puede formar tomas. Disentir.* [4]

Se concibe la materia como elemento auto-organizado en vez de como elemento pasivo. De esta manera, la relación con la materia debe establecer

una doble dirección, a través de un ensamblaje más complejo, olvidar el esquema jerárquico desde el que el humano ejerce una imposición sobre lo no-humano. Esta nueva relación con la materia significa un descubrimiento, el establecimiento de una simbiosis en los procesos de diseño y en la percepción y las relaciones con la materia. Es el sujeto protagonista de la búsqueda de la forma en el diseño, del encuentro del estado de equilibrio, de la optimización y de la meta de la eficiencia. Se trata de establecer un vínculo de doble dirección con la materia. La simbiosis, y no la competencia, es el principal factor que impulsa el proceso evolutivo, y la responsable de que siga siendo posible la vida en la tierra. [5]

El neomaterialismo concibe la materia con capacidad de agencia. Tiene la capacidad de auto-transformarse y auto-organizarse, deshaciéndose de la creencia de que los humanos únicamente pueden ser agentes libres, autodeterminados. Desde este planteamiento, tampoco los humanos pueden dominar y controlar la naturaleza y la materia como entes pasivos. [6]

Tener en cuenta la materia como algo vivo no es una creencia que genere una empatía por lo inanimado. Es un planteamiento que ayuda a partir de otro lugar, desde otro origen para generar ideas y desarrollar conceptos que se alejan del tradicional posicionamiento antropocentrista. Supone el cambio de esquema en el que se sitúa el pensamiento común actual, que se basa en entender los materiales como elementos pasivos, que son manejables y manipulables bajo las órdenes de la no-materialidad de la mente humana. Cambiar este planteamiento permitiría el entendimiento de otros sistemas ajenos a lo humano, y a lo que entendemos como vivo, que se auto-organizan, se relacionan, y se generan, de manera independiente. Sería entonces cuando es posible establecer una relación más compleja con este mundo material, en el que hay diferentes agencias, humanas y no-humanas, formando parte de un ensamblaje complejo.

Un sistema complejo auto-estructurado, a mayor o menor escala. La arquitectura es una escala intermedia entre lo humano y lo urbano, dentro del alcance infinito de las escalas micro y macro. Todas ellas, sin ser intervenidas por el humano, funcionan organizadas en sistemas que tienden a la eficiencia en varios planos diferentes. A nivel geométrico (patrones fractales), a nivel estructural (mínimo peso y esfuerzo), a nivel vital (optimizando los ciclos vitales), a nivel bioclimático (en consonancia con el medio), etc. Lo que los humanos no somos capaces de percibir o entender, es parte de ese concepto que denominamos caos, y que ya no es lo que no tiene orden, sino el funcionamiento de estos sistemas complejos auto-estructurados que no se han llegado

a comprender. La relación que se ha establecido desde el ámbito humano con el mundo *material y natural* ha sido desde una jerarquía que no permite ampliar los límites del conocimiento, pues el dominio, implica una relación de poder desde la que se niega lo que lo sometido puede ofrecer. El diseño es una práctica en la que se trabaja la relación entre ese ámbito humano y lo material, y cambiar el modo de establecer esa relación supone un nuevo paradigma en el diseño y en la interacción en esa red de actores humanos y no-humanos, establecer relaciones diferentes con la materia y sus formas.

Para el diseño la materia es el elemento tangible desde el que se revelan las formas. El planteamiento teórico neo-materialista es muy rico en ideas que pueden ser llevadas a través de esa transdisciplinabilidad a los procesos de diseño, y a los procesos para generar arquitectura.

Como punto de partida en el diseño o en la búsqueda de formas, es la materia la que desde sus cualidades y propiedades se comporta de una manera u otra. De la misma manera que se insta a un estudio y análisis de las formas de la naturaleza para encontrar patrones, descubrir el funcionamiento, el sistema que generan dichas formas; es primordial un estudio de la materia con la que se trabaja. Conocer el potencial y el comportamiento de la materia es la etapa inicial para poder desarrollar un proceso de diseño que tenga como línea transversal el criterio de la eficiencia. La materia guarda la *esencia* de las posibles formas óptimas.

## 5. Proceso de diseño Arquitectura Textil

En la arquitectura textil, el proceso de diseño parte de la *búsqueda de forma*. Este descubrimiento de la forma ocurre cuando se llega a un equilibrio estable entre las fuerzas de cada elemento. Estos elementos tienen propiedades características asociadas a su materia, y comportamientos frente a dichos esfuerzos. En esta arquitectura, es clave como participan elementos con grandes aptitudes para equilibrarse bajo grandes esfuerzos de tracción, y otros preparados para soportar esfuerzos a compresión. Cada elemento se posiciona en el sistema estructural en el lugar óptimo para absorber la fuerza que es capaz de asumir optimizando su potencial, dadas las propiedades de su materia.

Al dejar a los elementos del sistema auto-organizarse, se llega a soluciones más eficientes, tanto por la repartición de tensiones, como por la mínima masa. Al colocarse un elemento en la posición en la que soportará un determinado esfuerzo, no necesita estar reforzado, o tener más masa o magnitud por si hay sobreesfuerzos de otro tipo. De esta manera se disponen los elementos con su materialidad óptimos para el esfuerzo que van a desempeñar en su

posición de equilibrio. Cuando el sistema está montado, es él el que se estructura en la posición última que será el resultado del diseño. No serviría en estos casos dibujar una forma y después otorgarle materialidad, el proceso es radicalmente contrario.

Esa posición última o forma final, es asimismo flexible. Es suficientemente estable, pero no tan rígida como para no aceptar cierta variabilidad en las coordenadas de cada punto cuando se presenta una fuerza externa mayor. Por ejemplo, cuando sopla viento muy fuerte, o se produce una acumulación de nieve sobre la superficie de membrana, el sistema estructural permite un cierto movimiento. Si la búsqueda de la forma se ha realizado exitosamente, el sistema volverá a su forma final, una vez haya desaparecido la sobrecarga, ya que ésta es su posición de equilibrio óptima.

Tras descubrir su forma, las estructuras textiles se calculan para dimensionar sus elementos con las cargas máximas que se prevén según la zona en la que se ubican. Esto quiere decir que están preparadas para no colapsar aunque aparezca una sobrecarga propia de la zona en la que se sitúan, cubriendo siempre la seguridad necesaria propia de un elemento arquitectónico.

En el desarrollo de la técnica de las tensoestructuras, se ha estudiado cada vez más el material textil, se han desarrollado membranas con más capacidad de resistencia, ligereza, autolimpio, etc. Todavía se sigue ejerciendo dominio sobre el material en su proceso de fabricación –hacia la explotación de su potencial, aunque también dentro del marco económico y empresarial- pero el proceso de diseño plantea un cambio de mentalidad absoluta para quien proyecta.

Es necesario realizar un proceso de observación, experimentación y análisis para descubrir las tendencias de los materiales y los sistemas que se componen, explorar para encontrar la eficiencia, realizando las iteraciones necesarias hasta llegar al máximo potencial que los materiales ofrecen.

Las maquetas, en la arquitectura textil, son elementos de exploración del material y sus formas muy reveladores. Actualmente existen herramientas digitales que reproducen el proceso de *formfinding* emulando la respuesta del material en cuestión para obtener las formas.

Ambos métodos, digital y analógico, aportan situaciones y conclusiones diferentes, pero esta exploración formal, material y estructural es parte imprescindible del proceso de diseño. Es una comprobación del sistema estructural, del equilibrio, es la manera de hallar la forma real para después traducirla a un lenguaje técnico. Es imperativo atravesar la exploración física, y dejar que sea el modelo el que revele su posición y su configuración.

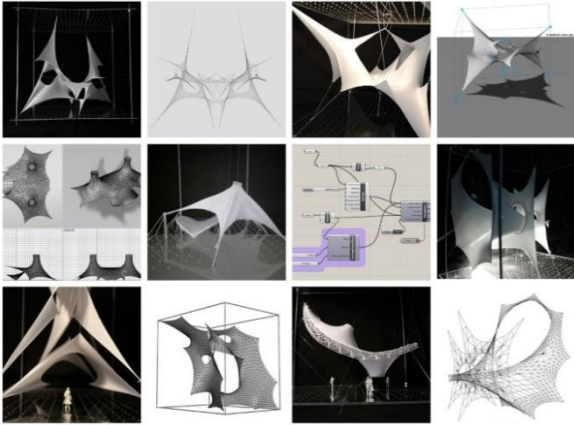


Figura 3. Imagen de modelos 3d y físicos obtenidos de: Grasshopper-Kangaroo workshop: Flexible Matter – Experiments with analogue and digital form-finding of membranes, Amsterdam, 2015, by Ioanna Symeonidou.

En estos procesos de experimentación con la forma, en los que se trabaja mediante modelos e incluso prototipos, se revelan las capacidades del sistema a nivel estructural y formal. Estos hallazgos son transportables a escala real, pasando por el proceso de cálculo y teniendo en cuenta el despiece y patronaje, la fabricación y el montaje en el mismo proceso de diseño.

La arquitectura, dentro de ese juego de escalas micro-macro, en el que se repiten los patrones de organización de sistemas formales y funcionales, puede ser considerada como un sistema más. Los productos arquitectónicos pueden considerarse metafóricamente como organismos. Ese planteamiento de la materia como elemento vivo, es posible extrapolarlo a las construcciones. Las estructuras ligeras, que adoptan soluciones eficientes, son un ejemplo en el que esta analogía puede resultar muy evidente. Se auto-organizan, se estructuran en su búsqueda de equilibrio estable, son flexibles y adaptables. Ese dinamismo, adaptación y autodeterminación, son propios de organismos vivos. Concebir las tensoestructuras como organismos nos permite asumir el carácter dinámico de todo sistema estructural, la adaptabilidad del sistema funcional, y la belleza de las formas surgidas por sí mismas. Esta metáfora orgánica, supone desarrollar desde otro punto de vista el proceso de diseño, supone una atención diferente a lo que puede ofrecer el material con el que se trabaja, formal y estructuralmente. El lugar del diseñador transmuta al lugar del descubridor, del experimentador ávido de toparse con nuevas reacciones, y desentrañar desde su análisis el funcionamiento del sistema en cuestión. Se genera una simbiosis entre el que proyecta y lo proyectado, un intercambio entre actores humanos y

no-humanos. Y el producto es un sistema capaz de interrelacionarse con un entorno *vivo*, desde su *viva* materialidad.

## 6. Conclusiones

La arquitectura textil, afortunadamente, se está extendiendo cada vez más, y en ella se plantean retos en los que hay que cambiar el planteamiento del proceso de diseño arquitectónico, así como la interacción que permite la arquitectura. La transdisciplinaredad significa transitar caminos de investigación que están llenos de descubrimientos, compartir el conocimiento además de producirlo. Se premia sólo la producción, y es necesario sacar provecho de todo lo producido para aplicar ese conocimiento. Reproducir el conocimiento. Nutrir los procesos de diseño, así como se nutren de la experimentación, del respeto por el material, sus propiedades y sus formas, y de la búsqueda de la eficiencia, que ofrece resultados altamente atractivos en su funcionamiento estructural y estético.

Contando con herramientas digitales cada vez más desarrolladas, que permiten trabajar con sistemas complejos, es posible profundizar, experimentar y descubrir nuevas formas y procesos que el mundo material revela. Esto supone tener un campo virtual sobre el que trabajar las formas que son descubiertas al observar, analizar y experimentar con la materia *viva*.

## Referencias

- [1] Prieto Méndez, B.T. Entropía, la fuerza impulsora de los procesos naturales. Técnica Industrial 269, Mayo-Junio 2007.  
<http://www.tecnicaindustrial.es/TLAdmin/Numeros/29/37/a37.pdf>
- [2] Rodríguez Pardo, J.M. La imposible inmanencia del materialismo. El Catoblepas, revista crítica del presente. N100. Junio 2010.  
<http://nodulo.org/ec/2010/n100p19.htm>
- [3] Mallo Zurdo, M. Tesis doctoral: Sistemas Radiolarios, Geometrías y Arquitecturas Derivadas. ETSAM, UPM, 2015.
- [4] Rowan, J. Boserman, C. Rocha, J. La materia contraataca: una tentativa objetológica. Obra Digital N9. 2015.
- [5] Sobre autopoiesis, simpoiesis, bacterias y más cosas, al hilo de “¿Qué es la vida?” de Lynn Margulis. Blog Arquitectura Contable.  
<https://arquitecturacontable.wordpress.com/2018/01/14/sobre-autopoiesis-simpoiesis-lynn-margulis/#more-2670>
- [6] Palacio, M. Neo-materialismo: ¿un retorno de la metafísica en la nueva filosofía de la naturaleza? Libro Neo-materialismo. 2018.