



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Material ecology. Análisis del trabajo de Neri Oxman y su contribución a una nueva forma de entender el diseño desde la Naturaleza.

Material ecology. An analysis on Neri Oxman's work and her contribution to a new way of understanding design from Nature

Autor

Laura Guinda Millán

Director/es

Belinda López Mesa
Lucía C. Pérez Moreno

Titulación del autor

Grado en Estudios de Arquitectura

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
2022/23

MATERIAL ECOLOGY

ANÁLISIS DEL TRABAJO DE NERI OXMAN Y SU
CONTRIBUCIÓN A UNA NUEVA FORMA DE ENTENDER EL
DISEÑO DESDE LA NATURALEZA



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

LAURA GUINDA MILLÁN

TUTORAS: LUCÍA PEREZ MORENO Y BELINDA LÓPEZ MESA

MATERIAL ECOLOGY

Análisis del trabajo de Neri Oxman y su contribución a una nueva forma de entender el diseño desde la Naturaleza

Estudiante

Laura Guinda Millán

Tutoras

Belinda Lopez Mesa

Lucía C. Pérez Moreno

Escuela de Ingeniería y Arquitectura de Zaragoza
Universidad de Zaragoza

Agosto 2023

INDICE

0. RESUMEN Y PALABRAS CLAVES

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. Objetivos
- 1.2. Metodología

2. NERI OXMAN

- 2.1. Familia, trayectoria temprana y formación académica
- 2.2. Enseñanza e investigación en el MIT y proyectos actuales
- 2.3. Legado, reconocimientos y publicaciones

3. PENSAMIENTO FILOSÓFICO

- 3.1. Crítica inicial
- 3.2. Ecología Material
- 3.3. Ciclo de Krebs de la Creatividad
- 3.4. Los Nueve Mandamientos de la Ecología Material

4. CASOS PRÁCTICOS

- 4.1. Glass I y II
- 4.2. Silk Pavilion I y I
- 4.3. Aguahoja I, II y III
- 4.4. Totems
- 4.5. Man-nahāta

5. ANÁLISIS TEORÍA - PRÁCTICA

- 5.1. Glass
- 5.2. Silk Pavilion
- 5.3. Aguahoja
- 5.4. Totems
- 5.5. Man-nahāta

6. CONCLUSIONES

7. BIBLIOGRAFÍA

0. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

A partir de la Revolución Industrial y Digital, el trabajo del diseñador, así como sus herramientas de trabajo, quedaron totalmente condicionadas a un método que busca la mayor rapidez y beneficio económico. Los objetos y las estructuras se idean a partir de piezas seriadas ensambladas que tienen una única función. Por otro lado, los métodos de diseño, aún con un gran avance, sobretodo en el campo digital, se han estancado para abastecer a este modo de producción que se ha convertido en el convencional.

La Naturaleza es la diseñadora y productora original de las elementos y estructuras naturales que han habitado la Tierra desde su inicio. Con estos métodos convencionales de fabricación hemos dado la espalda a lo que ella nos han enseñado. Las estructuras naturales se caracterizan por ser creadas a partir de pocos componentes que tienen la capacidad de seguir creciendo, continuos multifuncionales y biodegradables. Estas son características que prácticamente ningún elemento fabricado con los métodos convencionales posee.

La investigación que lleva a cabo Neri Oxman tiene como objetivo acercar de nuevo el diseño y la fabricación a las prácticas olvidadas de la Naturaleza. Desarrollando una innovadora perspectiva que aúna múltiples campos, como la ciencia, la ingeniería, el arte y el diseño. Esta nueva forma de diseño está planteada para aplicarse en todas las escalas, descifrando los principios de la Naturaleza y desarrollandolos de manera digital. De esta manera de permitirá diseñar de una manera mucho más cercana a la Naturaleza, creando los los criterios de una innovadora forma de diseñar, la Ecología Material.

Palabras clave: Ecología Material, fabricación digital, estructuras naturales, diseño computacional, Neri Oxman, Naturaleza.



1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivos

El objetivo de este trabajo de carácter teórico-práctico consiste en realizar un estudio de la investigación de la Dra. Neri Oxman y su contribución a un nuevo pensamiento, diseño y construcción desde la Naturaleza. Oxman, pionera en biotecnología aplicada al diseño, arquitectura y diseño computacional, acuña el término Ecología Material. Método innovador con el que da la espalda a los métodos convencionales que se vienen utilizando desde la Revolución Industrial y Digital y que pretende acercar el diseño a la Naturaleza. A partir del análisis crítico de 5 casos prácticos se pretende analizar las herramientas, principios y metodologías de la Ecología Material. Así como la posibilidad de incorporarla en el diseño y la arquitectura actuales de manera efectiva, valorando su viabilidad e impacto.

1.2. Metodología

Para la realización del trabajo se han tomado datos de diferentes medios: académicos (artículos académicos, libros...) y de divulgación (entrevistas, series...). La investigación comienza con un recorrido biográfico de la arquitecta en la que se analiza su trayectoria inicial, su formación, así como su trabajo en diferentes equipos de investigación, primero en el Mediated Matter Group en el Media Lab y actualmente en OXMAN (laboratorio de creación propia). Posteriormente se analiza su posicionamiento filosófico en el que se profundiza en las bases teóricas de la Ecología Material para un mejor entendimiento de los principios y metodologías de diseño que la componen. A continuación se analizan 5 casos prácticos en los que se explica los diferentes materiales, procesos y técnicas de fabricación que se siguen para su materialización dentro de la Ecología Material. Finalmente se realiza un análisis comparativo entre teoría y práctica, estudiando todos los casos prácticos bajo las normas que dictan una auténtica Ecología Material pura. De esta manera, se consigue saber en qué puntos se logra y no se logran aplicar estos principios teóricos y se reflexiona sobre su incorporación o potencial en la arquitectura de cada uno de los proyectos.

"Me di cuenta de que la arquitectura era más que una profesión, era una especie de destino, una forma de estar en el mundo que lo abarcaba todo"

Neri Oxman



2. NERI OXMAN

2. NERI OXMAN

2.1. Familia, trayectoria temprana y formación académica

La trayectoria temprana y formación académica de Neri Oxman han sido factores claves para su desarrollo como arquitecta y diseñadora reconocida. Desde sus primeros años, mostró una pasión por la ciencia y el arte que asentaron las bases de su enfoque multidisciplinario y su búsqueda de la intersección de ambos campos.

Nació el 6 de febrero de 1976 en Haifa, Israel. Sus padres, Robert y Rivka Oxman, son ambos arquitectos, lo cual favoreció que creciera en un entorno privilegiado que valoraba el conocimiento y la creatividad. Tal y como ella cuenta en su documental, creció "entre la naturaleza y la cultura", pasando tiempo en el jardín de su abuela y en el estudio de arquitectura de sus padres.



Figura 1. Neri Oxman

Robert Oxman

Actualmente, el profesor Robert Oxman es decano emérito de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo del Technion de Israel y catedrático emérito de Historia y Teoría de la Arquitectura y el Diseño. Durante muchos años ha sido miembro activo de las comunidades internacionales de Investigación en Diseño, Métodos de Diseño y CAAD.



Figura 2. Robert Oxman

Su trabajo profesional se ha publicado internacionalmente en revistas y libros y ha recibido varios premios de diseño, entre ellos el premio anual de diseño de la revista estadounidense *Progressive Architecture*.

Su especialidad es la historia y la teoría de la arquitectura y el diseño contemporáneos, y sus escritos e investigaciones han sido objeto de numerosas publicaciones internacionales. Además de sus escritos históricos y críticos sobre la arquitectura y el urbanismo de Israel, también es conocido por su trabajo sobre el modelado y la representación del pensamiento de diseño.

Rivka Oxman

Rivka Oxman se licenció y doctoró en Arquitectura por el Technion - Instituto Tecnológico de Israel. Desde 1989 es la profesora e investigadora de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, donde desde 2008 hasta 2011 fue la vicedecana de Docencia.



Figura 3. Rivka Oxman

Su investigación previa fue en el campo de la Inteligencia Artificial en Diseño, en el que exploró métodos experimentales y formalizó varios paradigmas de diseño que se fundaron en conceptos y métodos de Ciencia Cognitiva e Inteligencia Artificial como base para el desarrollo de sistemas de diseño.

Tras realizar su formación militar, sus primeros estudios se enfocaron en el campo de la Medicina, en la Escuela Médica Hadassah en Universidad Hebrea de Tel Aviv, lo que le brindó una sólida base científica y un entendimiento profundo del funcionamiento de los sistemas biológicos. Pero nunca llegó a finalizar sus estudios, en cambio, pasados dos años, decidió explorar su pasión por el diseño y la arquitectura.

Expandió sus horizontes académicos matriculándose en 1999 en el Instituto Tecnológico Technion de Israel, como previamente habían estudiado sus padres, y finalizó sus estudios en la Architectural Association School of Architecture en Londres, graduándose en 2004.

2.2. Enseñanza e investigación en el MIT y proyectos actuales

Después de completar su licenciatura, decidió continuar con su formación en el extranjero y se unió al prestigioso Massachusetts Institute of Technology (MIT) en Cambridge. Allí comenzaría su Ph.D en la Arquitectura, Diseño de Materiales y Diseño Computacional. Fundaría un proyecto de investigación interdisciplinar llamado "Material Ecology", con el que centraría su tesis en el diseño sensible a los materiales.

Se graduó de su programa de doctorado en 2010, entrando ese mismo año como profesora asociada en el MIT y fundando el equipo Mediated Matter en el MIT Media Lab, convirtiéndose así en la primera arquitecta en liderar un laboratorio de investigación en esta prestigiosa universidad.



Figura 4. Grupo Mediated Matter

El equipo Mediated Matter se centró en el diseño inspirado en la Naturaleza y en la Naturaleza inspirada en el diseño. Mediante la intersección de áreas como el diseño computacional, la fabricación digital, la ciencia de los materiales y la biología sintética se realizó una investigación que abrió una nueva visión del diseño en todas sus escalas.

La creación de herramientas, tecnologías y estructuras de diseño inspiradas en la biología fueron ideadas para mejorar la relación entre los entornos naturales y artificiales (creados por el hombre) con grandes niveles de personalización y versatilidad. Denominaron a esta área de investigación "Ecología de los Materiales".

En el MIT Media Lab, ha tenido la oportunidad de sumergirse en un ambiente de investigación de vanguardia, colaborando con expertos en diversas disciplinas como la arquitectura, la biología, la ingeniería y la ciencia de los materiales, desarrollando, de esta manera, su enfoque único en el diseño y la fabricación aditiva. Este equipo multidisciplinar estuvo activo desde septiembre de 2010 hasta mayo del 2021.

A mediados del 2021, trasladó su laboratorio a Nueva York, fundando OXMAN una nueva empresa que le permitió continuar con la investigación que ya comenzó en el Mediated Matter en el MIT Media Lab.

En OXMAN fusiona diseño, tecnología y biología, bases que ya existían en el Mediated Matter Media Lab. Inventan productos y entornos multiescala a través de formas radicales que fluyen a través de diferentes entornos físicos y digitales. Buscan una potenciación del diseño con la ciencia y viceversa. Consta de un taller y un laboratorio pioneros en su género. Se podría decir que suma todo lo que ya aprendieron en el MIT Media Lab elevándolo a un nuevo nivel.



Figura 5. Logo equipo OXMAN

2.3. Legado, reconocimientos y publicaciones

Neri Oxman está dejando un legado significativo tanto en el campo de la arquitectura como en el del diseño, siendo reconocida por su innovación y su vanguardista enfoque multidisciplinario. A lo largo de su carrera ha recibido numerosos reconocimientos y ha dejado una imborrable huella en la comunidad académica y en el público en general.

Entre las distinciones más destacadas que ha recibido han sido el premio Vilcek Prize in Design, que premia a los inmigrantes que han realizado contribuciones excepcionales en el campo del diseño. También ha sido incluida en la lista de las 100 personas más influyentes de la revista Time, destacando su capacidad para desafiar los límites de la arquitectura y el diseño, así como la capacidad para unir tecnología y naturaleza.

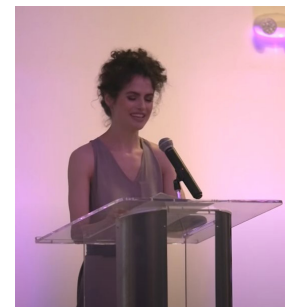


Figura 6. Neri Oxman recibiendo el premio a Visionaria del Año de Silicon Valley Forum (2017)

Premios

- Visionaria del año de Silicon Valley Forum (2017)
- Medalla Collier del MIT (2016)
- Líder Cultural, Foro Económico Mundial (2016)
- Premio Innovación por Diseño, de la revista Fast Company (2015), por Wanderers
- Instituto Estadounidense de Arquitectos Mujeres en Diseño (2014)
- Premio "Pride of America" de la Corporación Carnegie (2014)
- Premio de la Fundación Vilcek, en Diseño (2014)
- Socia sénior, Design Futures Council (2013)
- Premio Earth por Futuro Diseño Crucial (2009)
- Citación Carter Manny, Fundación Graham para los Estudios Avanzados en las Bellas Artes (2008)

- Premio Next Generation de la Fundación Holcim (2008), por la "investigación de microestructura para la construcción de máscarwas"

Así mismo su trabajo ha sido publicado y reconocido en numerosas revistas y publicaciones especializadas

Publicaciones y ensayos

Publicaciones en solitario:

- Ecología Material (2014)
- Gemini: Fabricación de diseño digital multimaterial (2014)
- Computación material (2012)
- Propiedad variable de prototipos rápidos (2011)
- Diseño computacional basado en los materiales (Ph. D Tesis) (2010)
- Tropisms: cálculo de los morfo-espacios teóricos de los sistemas de crecimiento ramificado (2006)
- Más allá de las tipologías de los materiales (Proyecto final) (2004)

Publicaciones en grupo

- Materiales vivos híbridos: Diseño y fabricación digital de estructuras multimateriales 3D con superficies biohíbridas programables (2019)
- FIBERBOTS: un sistema robótico autónomo basado en enjambres para la fabricación digital de materiales compuestos a base de fibras (2018)
- Química paramétrica: Ingeniería inversa de estructuras compuestas de biomateriales para la fabricación robotizada de estructuras de biocemento a distintas escalas. (2017)
- Válvula micro-fluídica multi-material impresa en 3D (2016)
- Fabricación aditiva de vidrio ópticamente transparente (2015)
- Pabellón de la Seda: Un estudio de caso sobre la fabricación digital con fibra óptica (2014)
- Vigas biológicas: Fabricación rápida funcionalmente graduada (2013)



3. POSICIONAMIENTO FILOSÓFICO

3. POSICIONAMIENTO FILOSÓFICO

3.1. Crítica inicial

El diseño en la actualidad se encuentra dominado por la producción en masa, consecuencia de la industrialización, así como de las limitaciones que establece la propia producción. Los objetos se diseñan a partir de un conjunto de elementos que tienen una función predeterminada y están fabricados con un único material. Desde que se sigue esta forma de diseño y fabricación no se ha cuestionado en ningún momento y Oxman lo define como un método *"profundamente podrido"*¹

^{1 2} Neri Oxman en *Material Ecology* (2012)

*"Que la materia es secundaria a la forma constituye la falacia del diseño después de la elaboración artesanal"*²

Con esta frase tan potente abre Neri Oxman una de sus publicaciones. Defiende que en la elaboración artesana existe una unión entre la forma y la materia, la cual se ha terminado separando en la actualidad con las nuevas formas de producción y creación. La forma precede a la materialidad, quedando esta en un segundo plano, totalmente secundaria. Por otro lado, las materias primas que hacen realidad estos diseños agotan los recursos de la tierra, siendo causante de uno de los principales problemas de escasez a los que nos enfrentamos en la actualidad y que serán mucho más evidentes en un futuro.

Esta aproximación al diseño no material se termina de reforzar con el diseño ayudado por ordenador y la ingeniería. Por lo tanto no es solo la Revolución Industrial la causante de este problema, sino que también lo es la Revolución Digital, que convierte la mesa del artesano en un lienzo digital. La forma termina totalmente rota de la realidad física. Existe de este modo una jerarquía y secuencialidad entre modelo, análisis y proceso de fabricación muy marcados que impiden una aproximación a un diseño más cercano a la Naturaleza.

En conclusión, busca el renacimiento del proyecto formalista con geometrías complejas. La búsqueda de una forma libre, huyendo de las estandar. Una personalización del diseño teniendo en cuenta la materialidad, apoyando una nueva revolución del diseño.

3.2. Ecología Material

El término *Ecología Material* fue acuñado por Neri Oxman en 2008, coincidiendo con su primera exposición en el MoMA llamada Design and Elastic Mind.

El pretexto de esta nueva filosofía nace de la base de que medio ambiente y el diseño están interconectados a través de múltiples dimensiones y variables. La disconformidad entre ellos lleva a una discordancia ecológica, en la que el objeto o estructura diseñados no encajan en su entorno. Esto, es una realidad que se está viviendo en el sistema de diseño y producción actual.

*"La Ecología Material es un campo emergente en el diseño que relaciona productos, edificios, sistemas y su entorno. Abarca el estudio y diseño de productos y procesos que integran tecnologías computacionales conscientes con el medio ambiente y la generación de formas mediante la fabricación digital. Operando mano a mano con el campo de la Biología, Ciencia e Ingeniería de Materiales y Ciencia de la Computación, haciendo énfasis en el Diseño y la fabricación digital unidos a la Naturaleza"*³

³ Neri Oxman en *The Neri Oxman Material Ecology Catalogue*

Mediante el diseño consciente con la Naturaleza se busca una nueva materialidad que elimina los fallos ecológicos del diseño moderno, sumando nuevos métodos de fabricación más avanzados que se amoldan a este nuevo concepto. El aumento de interés en el potencial del uso de estos materiales innovadores, más su uso como fuente de diseño, crearán los que se llamarán biomateriales, materiales sensibles o materiales compuestos.

Estas nuevas estructuras biomateriales reúnen una serie de propiedades mecánicas que superan con creces a los materiales artificiales fabricados por el ser humano. Realizando una comparativa de ambas, estructuras artificiales y naturales encontramos características completamente opuestas.

| ARTIFICIAL | NATURAL |
|-------------------------------|-----------------------------|
| Materiales heterogéneos | Materiales homogéneos |
| Crecimiento de los materiales | Sustracción materias primas |
| Continuidad | Ensamblaje |
| Cambio / mutación | Invariables |
| Materiales multifuncionales | Materiales unifuncionales |
| Biodegradable / reutilizable | Desechables |

Se busca eliminar esta barrera con materiales multifuncionales y algoritmos computacionales sofisticados. Creando una visión integral del diseño que considera la computación, fabricación y el propio material como dimensiones inseparables del diseño. Aplicando este nuevo método a todas las fases de la ideación, diseño y fabricación del producto, así como en todas las escalas de diseño arquitectónico. Diseñando y fabricando objetos y estructuras ecológicas desde su inicio.

En una ocasión, y a partir de esa concepción orgánica del diseño, Kahn trató de explicar a sus alumnos que un simple ladrillo es mucho más que un ladrillo. Louis Kahn dijo: *"Incluso un ladrillo quiere ser algo más. Un ladrillo quiere ser mucho más. Tiene ambiciones. Incluso un simple y ordinario ladrillo quiere ser algo mejor que esto. Así debemos ser todos"*⁵

⁵ <https://esdima.com/la-arquitectura-de-kahn-que-quiere-ser-un-ladrillo/>

Uniendo los conceptos de Ecología Material junto con esta lección de Kahn, se crea la "Unidad Material" que implica unidad física y digital y, aplicada a todos los procesos de la creación, promueve un auténtico paradigma de diseño ecológico.

Las nuevas formas de expresión dependen del tríptico artesanal compuesto por: *materia, fabricación y entorno*. Su integración en la práctica del diseño que es capaz de procesar la materia según lo informado por el entorno que la rodea. Una vez logrado, el diseño, incluido el arquitectónico, habrá llegado a una ecología artificial: una Ecología Material.

3.3. Ciclo de Krebs de la Creatividad

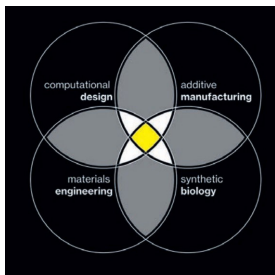


Figura 7. Diagrama de Venn de la Ecología Material

Para poder hacer entender de una manera más sencilla sus ideas, Oxman crea un diagrama de Venn que reúne todos los factores que componen su filosofía, la Ecología Material.

En este diagrama se incluye el diseño computacional, la fabricación aditiva, la ingeniería de materiales y la biología sintética. Pero en ocasiones un diagrama de Venn, aunque sea un punto de encuentro y superposición entre diferentes campos y herramientas que definen esta nueva forma de diseñar, puede quedarse escaso.

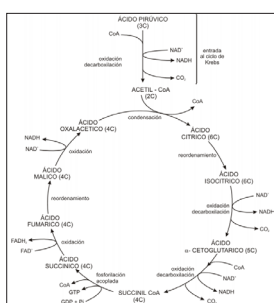


Figura 8. Ciclo de Krebs

El objetivo de explicar de una manera mucho más descriptiva este nuevo enfoque interdisciplinar de creatividad aplicada necesita un enfoque más complejo y por lo tanto más completo. Es a partir de esta necesidad que se crea el Ciclo de Krebs de la Creatividad. Este diagrama toma como referencia el Ciclo de Krebs que es *"una ruta metabólica que forma parte de la respiración celular en todas las células aerobias y en la que se libera energía a través de la oxidación del acetil-CoA derivado de carbohidratos, lípidos y proteínas en dióxido de carbono y energía química en forma de ATP, NADH y FADH"*⁶

⁶ Wikipedia - El ciclo de Krebs

Existen 3 diagramas del Ciclo de Krebs de la Creatividad en los que Oxman explica su investigación.

En el primero, reemplaza los componentes de carbono del ciclo original y, en cambio, considera los 4 campos de la creatividad humana: la ciencia, arte, diseño e ingeniería como formas sinérgicas de pensamiento y producción. De esta manera la introducción de uno de estos campos puede llegar a resultar en otro creando una conexión directa o indirecta entre todos los campos.

Ciencia: Explica y predice el mundo a nuestro alrededor, convirtiendo la información en conocimiento.

Ingeniería: Aplica el conocimiento científico en el desarrollo de soluciones a problemas empíricos, convirtiendo conocimiento en utilidad.

Diseño: Produce soluciones para maximizar la función y aumentar la experiencia humana, convirtiendo la utilidad en comportamiento.

Arte: Cuestiona el comportamiento humano y crea una sensibilización del mundo que nos rodea, convirtiendo el comportamiento en nuevas percepciones de información.

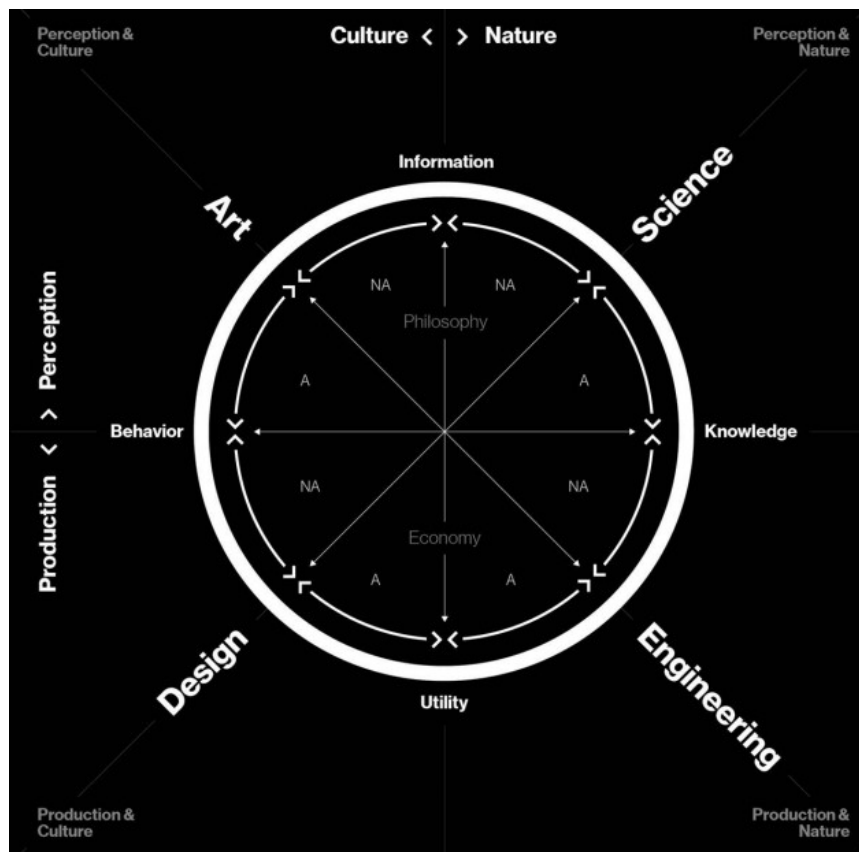


Figura 9. Primer diagrama del Ciclo de Krebs de la Creatividad

En el axis vertical, con dirección a la parte inferior del diagrama, representa el paso de la parte teórica o filosófica a la aplicada o económica. El norte marca la búsqueda del conocimiento mientras que el sur marca los productos y el resultado de esa exploración. El axis horizontal dirige la naturaleza a la cultura, del entendimiento a la creación de nuevas maneras de usarlo o experimentarlo.

El segundo diagrama reemplaza los dominios con ambitos que explican, predicen, cambian y perciben el mundo, equiparables a los dominios anteriores.

Arte - Ámbito metafísico
 Ciencia - Ámbito biológico
 Diseño - Ámbito digital
 Ingeniería - Ámbito físico

Para diseñar cualquier objeto o infraestructura capaz de conectar y dejarse influenciar por la ecología natural, los diseñadores al cargo deben de ser capaces de moverse libremente por todos estos ámbitos.

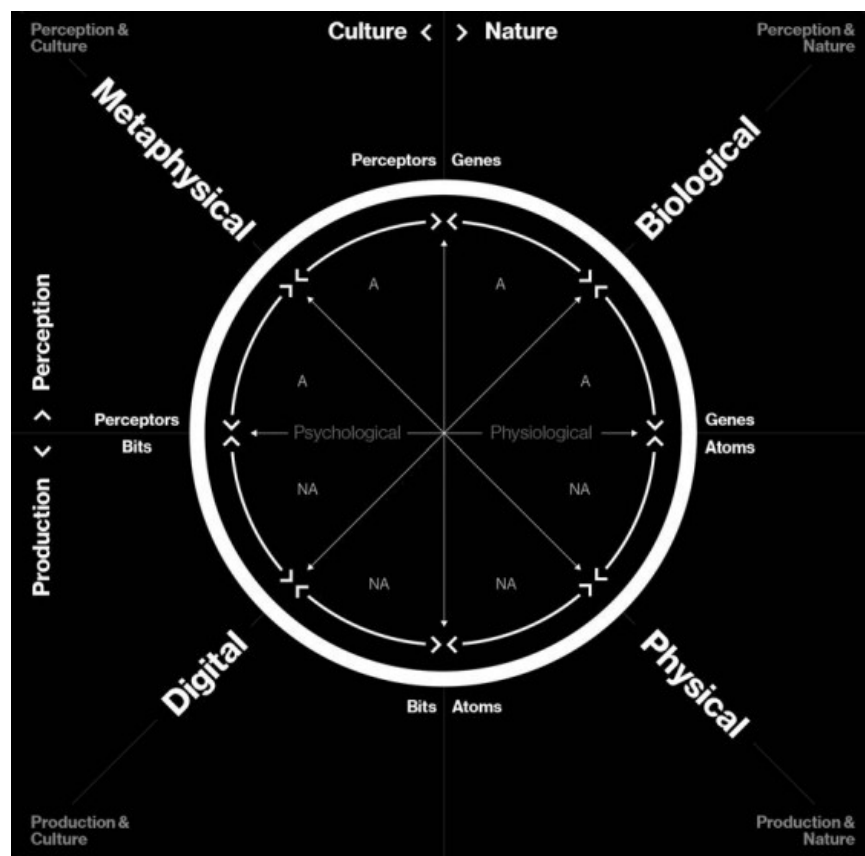


Figura 10. Segundo diagrama del Ciclo de Krebs de la Creatividad

En el tercer diagrama, se combinan las ideas de los dos primeros creando un el concepto de diseño interdisciplinar perfecto. Se puede interpretar de arriba hacia abajo teniendo en cuenta los organismos y/o sus ambientes; o de izquierda a derecha que considera las formas de Inteligencia Artificial o Objetos Inteligentes.

Guarda una estrecha relación con el diagrama de Walter Gropius del currículum de la Bauhaus. En el centro del diagrama se encuentra la palabra *CONCIENCIACIÓN*, lo cual sugiere que el futuro del diseño no se puede observar a través del entorno construido y los objetos diseñados en él, sino que el diseñador ha de combinar crecimiento y lo construido, lo natural y lo artificial... en una auténtica Ecología Material.

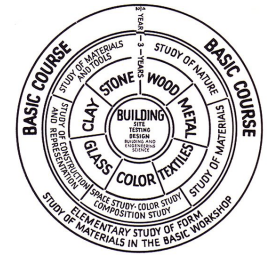


Figura 11. Diagrama del currículum de la Bauhaus

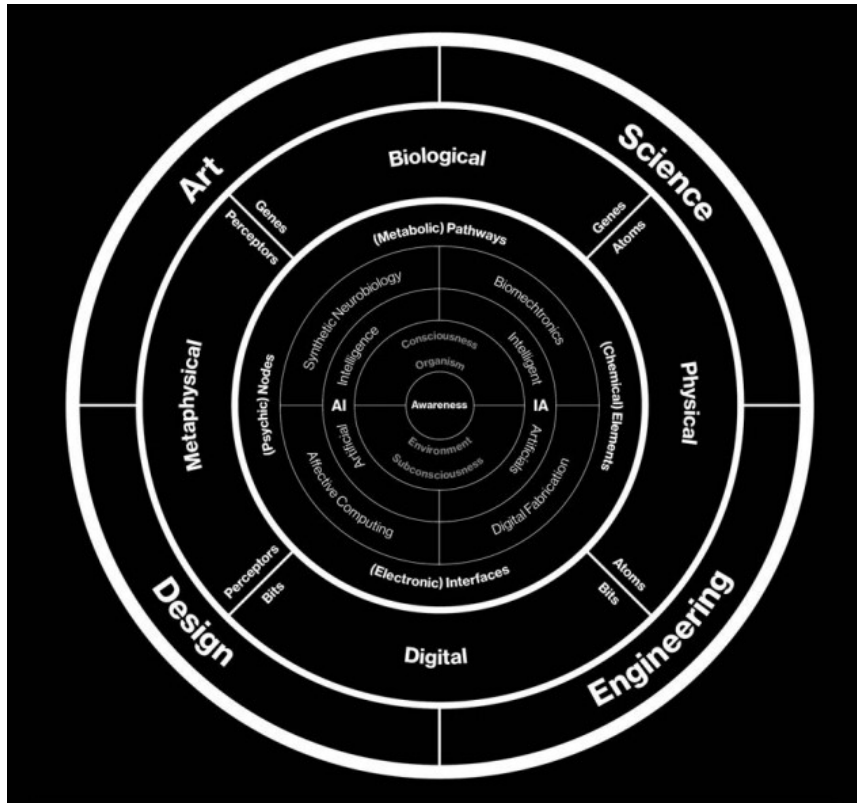


Figura 11. Tercer diagrama del Ciclo de Krebs de la Creatividad

3.4. Los Nueve Mandamientos de la Ecología Material

Oxman ha resumido su filosofía centrada en la conexión diseño-naturaleza en una serie de principios con los que se tendrán que comprometer sus clientes. Los principios han sido objeto de varias revisiones y aún están en proceso de evolución. La versión más reciente es "Nueve mandamientos para una ecología material". Son constructivos, una declaración de intenciones para una nueva práctica del diseño.

1. La naturaleza como cliente

"El entorno natural en general constituye el "cliente" de todo proyecto comisariado, así como su "emplazamiento" y fuente material"⁷.

2. Crecimiento sobre ensamblaje

"La naturaleza hace crecer las cosas. Podremos crear objetos que respondan a sus usuarios, se adapten a su entorno e incluso crezcan con el tiempo después de haber sido impresos."⁷

3. Integración frente a segregación

"La fachada típica de un edificio... se compone de partes discretas que cumplen funciones distintas. Los materiales rígidos proporcionan una coraza protectora, los blandos confort y aislamiento y, en los edificios, los transparentes conectan con el entorno. En cambio, la piel humana utiliza componentes materiales más o menos constantes tanto para funciones de barrera (poros pequeños, piel gruesa en la espalda) como de filtración (poros grandes, piel fina en la cara). Las funciones de barrera y filtración están integradas en un único sistema material que puede responder y adaptarse a su entorno en cualquier momento."⁷

4. Diseño no centrado en el ser humano

"El grupo considera iguales a todos los seres vivos". "El grupo pretende cambiar el diseño centrado en el ser humano por una cultura del diseño centrada en conservar, mejorar y aumentar el entorno natural mediante desarrollos tecnológicos novedosos."⁷

5. Diferencia sobre repetición

"Los productos industriales generados a partir de máquinas . . . consisten en piezas repetibles con propiedades idénticas". "Comprender la diferencia nos permite diseñar sistemas repetitivos -como el tejido óseo- que pueden variar sus propiedades en función de las limitaciones del entorno. Como consecuencia de este nuevo enfoque podremos diseñar el comportamiento en lugar de la forma."⁷

6. Decadencia sobre eliminación

"La Práctica implementa flujos de trabajo de diseño en los que la materia es sintetizada por un ecosistema, implementada en sistemas humanos y consumida por el mismo ecosistema al quedar obsoleta. . . . La descomposición diseñada es el proceso mediante el cual la materia se programa para reincorporarse al ciclo de recursos de un ecosistema y alimentar un nuevo crecimiento."⁷

7. Diseño activista

"Cualquier encargo de diseño se asocia a una tecnología concreta -inventada o mejorada por el laboratorio- que encarna el sistema de valores asociado al grupo y está directamente vinculada a los procesos de diseño y construcción relevantes para el encargo."⁷

8. Sistema sobre objeto

"El producto -ya sea un producto, un dispositivo de uso o un edificio- se considera parte de un sistema de interrelaciones entre entornos naturales y diseñados, incluidas las interacciones entre la entidad y el cuerpo humano, así como entre la entidad y su entorno."⁷

9. La tecnología por encima de la tipología







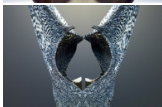


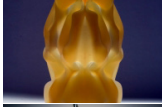








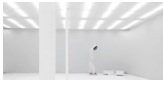






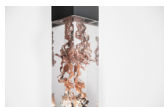
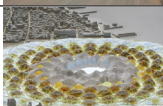

"Alejándose de la clasificación taxonómica habitual en edificios y lugares urbanos... la topología -la forma en que las partes constituyentes están interrelacionadas o dispuestas- es la fuerza motriz del proceso de diseño, promoviendo la programación basada en las condiciones como enfoque para organizar espacios y crear lugares."⁷

⁷ Neri Oxman en *The Neri Oxman Material Ecology Catalogue*



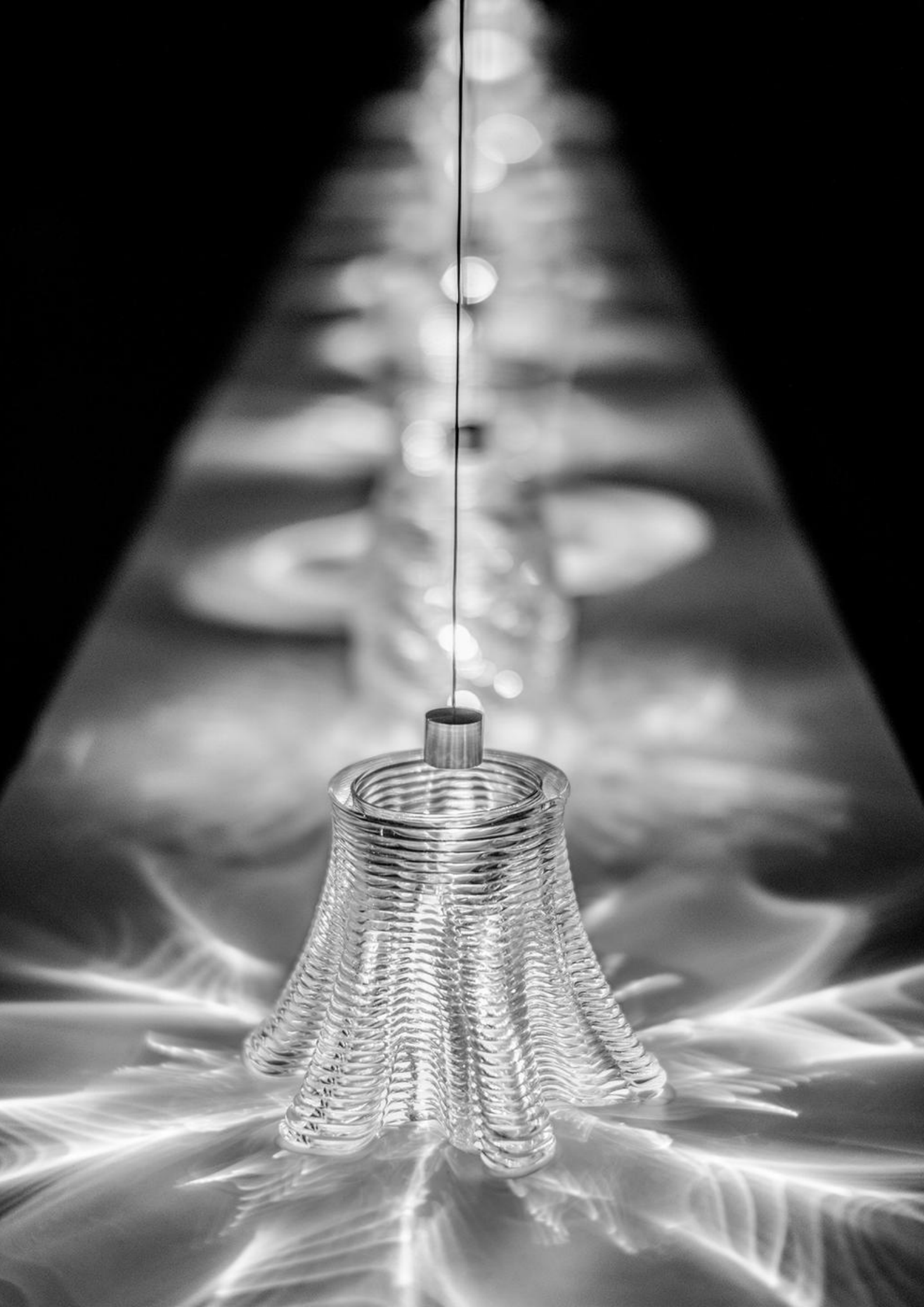
4. CASOS PRÁCTICOS

4. CASOS PRÁCTICOS

| | | | | |
|-------|--|--|--|--|
| 2006 |  | | | |
| 2007 |     | | | |
| 2008 |   | | | |
| 2009 |  | | | |
| <hr/> | | | | |
| 2010 |    | | | |
| 2012 |   | | | |
| 2013 |   | | | |
| 2014 |   | | | |
| 2015 |  | | | |
| 2016 |   | | | |
| 2017 |  | | | |
| 2018 |   | | | |
| 2019 |    | | | |
| 2021 |   | | | |

Mediated Matter
Group MIT Lab

OXMAN



4.1. GLASS I Y II

GLASS I: Activo entre enero de 2014 y mayo de 2018

GLASS II: Activo entre septiembre de 2015 y mayo de 2018

GLASS I

Este proyecto nace de la premisa de crear el primer proceso de impresión de vidrio ópticamente transparente. En la actualidad, el vidrio, que se creó en Mesopotamia y en el Antiguo Egipto hace 4500 años, puede moldearse, formarse, soplarse, chaparse o sintetizarse. Sus cualidades están estrechamente ligadas a las técnicas utilizadas para su formación. Cada avance en la creación y formación del vidrio se produce después de una exhaustiva investigación, dando lugar a un nuevo mundo de posibilidades para los usos del material.

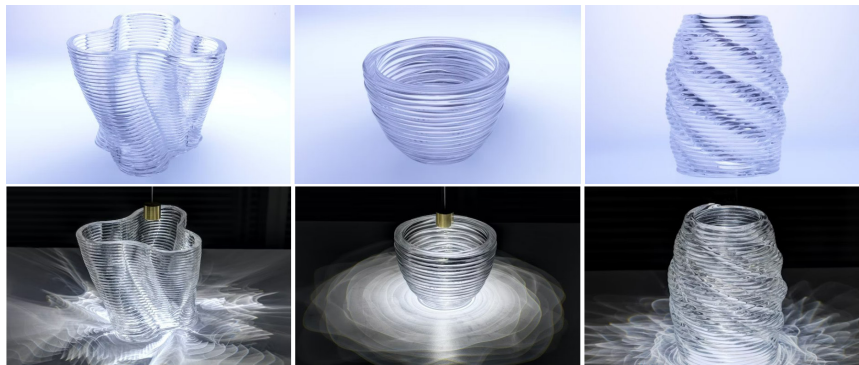


Figura 12. Piezas de vidrio finales con y sin iluminación interior



Figura 13. Exposición final con las piezas iluminadas ordenadas cronológicamente en orden de fabricación

El proyecto se denomina G3DP, y consiste en una plataforma de fabricación aditiva diseñada para imprimir vidrio ópticamente transparente. La plataforma se basa en un concepto de doble cámara calentada. La cámara superior actúa como un cartucho de horno, mientras que la inferior sirve para recocer las estructuras. El cartucho del horno funciona a unos 1900 °F y puede contener material suficiente para construir un solo componente arquitectónico.

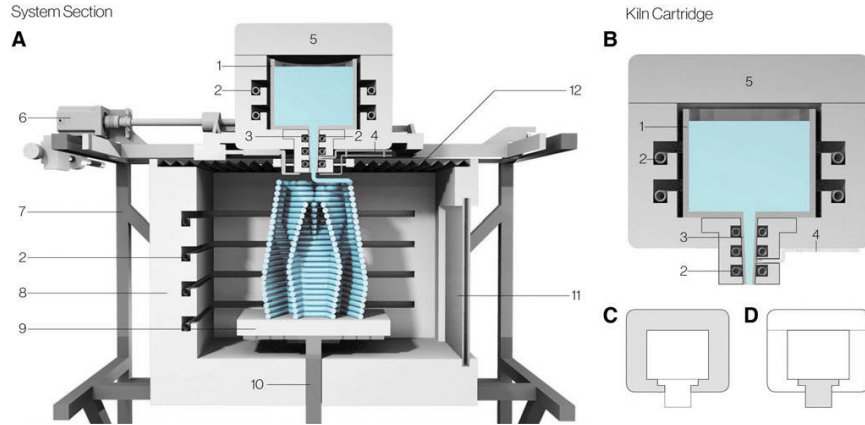


Figura 14. Sección y partes de la impresora G3DP

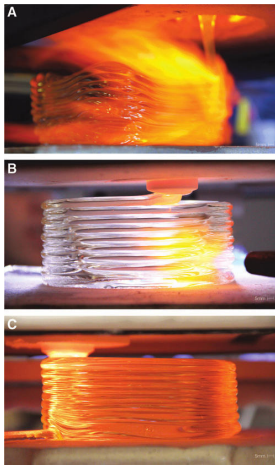
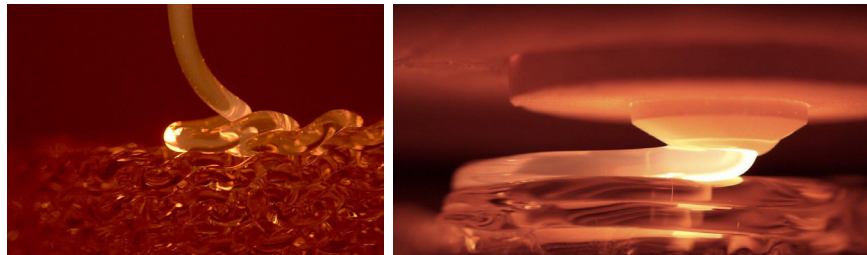


Figura 16. Vista detallada de las primeras pruebas de impresión 3D de vidrio

Figura 17. Detalle impresión final de las piezas de vidrio de la exposición

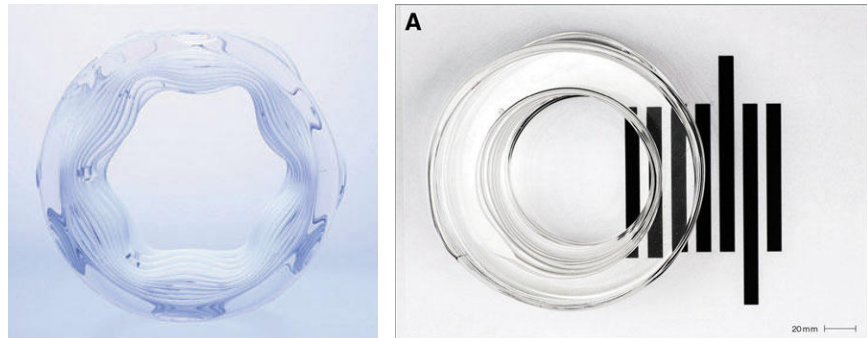
El material fundido se canaliza a través de una boquilla de alúmina-zirconia-sílice. Permite la construcción de piezas en 3D descritas mediante modelos de diseño asistido por ordenador. De este modo, pueden ajustarse parámetros de procesamiento como la temperatura, que controla la viscosidad del vidrio, y el caudal, la altura de capa y la velocidad de alimentación para adaptar la impresión al componente deseado, su forma y sus propiedades. Las piezas impresas demostraron una fuerte adhesión entre capas y una claridad óptica satisfactoria.



Esta impresora 3D de vidrio fundido demuestra la producción de piezas que son altamente repetibles, permiten la transmisión de luz y se asemejan al rendimiento visual y mecánico de las construcciones de vidrio que se obtienen convencionalmente. Aprovechando la naturaleza óptica del vidrio, se crearon patrones cáusticos complejos proyectando luz a través de los objetos impresos.

Figura 18. Vista en planta de una de las piezas de la exposición

Figura 19. Comprobación de la transparencia del vidrio impreso en 3D



Así pues, los objetos de vidrio impresos en 3D que aquí se describen pueden aplicarse a distintas escalas y ámbitos funcionales, como el diseño arquitectónico y de producto. El proyecto sintetiza tecnologías modernas con herramientas y tecnologías del vidrio ancestrales para producir estructuras de vidrio novedosas con numerosas aplicaciones potenciales.



Figura 20. Detalle de una pieza de vidrio de pruetintada

El proyecto G3DP se creó en colaboración entre el grupo Mediated Matter del MIT Media Lab, el Departamento de Ingeniería Mecánica, el MIT Glass Lab y el Instituto Wyssm.

GLASS II

Para demostrar las capacidades de Glass II, se presentó una instalación para la Semana del Diseño de Milán que debutó en la Trienal de Milán el 4 de abril de 2017. La instalación se compone de una serie de columnas de vidrio de 3 m de altura fabricadas íntegramente con la plataforma de impresión 3D Glass.



Figura 21. Exhibición de las columnas de vidrio en la Milan Fashion Week 2017

El marco computacional utilizado para generar la forma de cada columna está directamente influido por las limitaciones de la plataforma de fabricación y el sistema estructural, lo que demuestra la capacidad de imprimir en 3D una amplia gama de formas determinadas por las propiedades mecánicas y ópticas deseadas. Por ejemplo, cuanto mayor sea la carga, mayor será la superficie de una columna vista en planta, mayor será el número de lóbulos deseado, más ajustado será el radio de giro necesario para su impresión 3D y, por tanto, contribuirá a la expresión geométrica de las cáusticas.

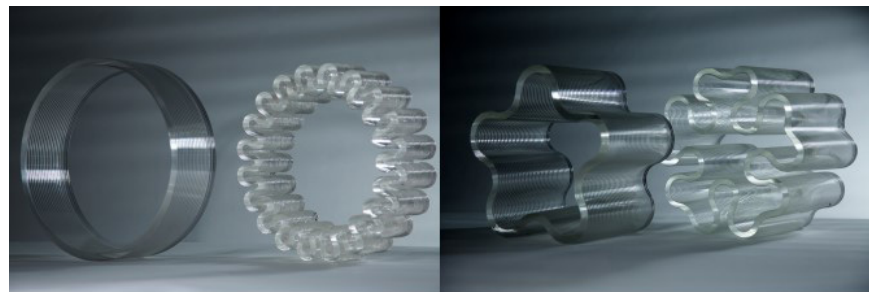


Figura 22. Pruebas de curvatura en las piezas

La superficie única y en constante cambio de cada columna es el resultado de una ramificación continua en múltiples lóbulos para soportar su carga: a cada uno, una red única de matrices radiales formadas por arcos; a cada uno, una huella cáustica única que se corresponde con sus propiedades mecánicas.

Cada columna está equipada con un sistema dinámico de iluminación interna -una stellina- programado para desplazarse arriba y abajo de la columna, generando una gran huella cáustica con patrones caleidoscópicos. Las cáusticas son sumas de rayos de luz reflejados y/o refractados dinámicamente por la superficie curva de la columna impresa sobre los muros circundantes de la Triennale.

A lo largo del espacio, cada columna sucesiva introduce una envoltura cáustica más compleja con cambios acompañados -y sutiles- de frecuencias sonoras. Con el tiempo, la posición y la intensidad de la luz de cada columna varían, lo que provoca cambios en la superficie, la nitidez y la intensidad de los patrones cáusticos. En conjunto, la experiencia desafía los límites percibidos entre el tiempo y el espacio. Dos superficies oscuras y espejadas crean la ilusión de una serie infinita de "tótems luminosos" que se desvanecen en la oscuridad... una noche estrellada de "cáustica cósmica".



Figura 23. Rayos de luz reflejados y refractados por las piezas de vidrio

Dada su complejidad geométrica y sus propiedades ópticas dinámicas, las columnas actúan como lentes a escala arquitectónica que pueden concentrar o dispersar la luz procedente del interior y/o del exterior de la superficie acristalada.

Investigación y diseño del grupo Mediated Matter del MIT Media Lab, el Departamento de Ingeniería Mecánica, el MIT Glass Lab y el Instituto Wyssm.

Además de la contribución de Paula Aguilera, Mary Ann Babula, David J. Benyosef, Jeremy Flower, Sadie Forbes, Skutt Kilns, Andrew Magdanz, Robert Philips, Andy Ryan, Susan Shapiro, Neils La White, Jonathan Williams, Pentagram, Simpson Gumpertz & Heger, Front Inc., Almost Perfect Glass, Spiral Arts Inc., Rubix Composites, Deltech Furnaces, Mori Building Co. Ltd.-MORI Building, Lios, NOE LLC., MIT Center for Bits and Atoms, MIT Central Machine Shop, MIT Media Lab.

En colaboración con el patrocinador Lexus for Yet, 2017 Lexus Design Awards, Milan Design Week, Salone del Mobile, Milan





4.2. SILK PAVILION I Y II

SILK PAVILION I: Activo entre septiembre de 2012 y mayo de 2018

SILK PAVILION II: Activo entre septiembre de 2017 y mayo de 2020

SILK PAVILION I

"¿Cuales son los métodos sostenibles y humanos para cosechar, hilar y tejer productos y estructuras a base de seda? ¿Cómo puede el ser humano colaborar con otras especies para crear nuevos materiales y estructuras sin agotar los recursos naturales?"⁸

⁸ <https://oxman.com/projects/silk-pavilion-i>

Estas son las preguntas que cimientan la base del proyecto Silk Pavilion y con las que se iniciaron la investigación de una nueva forma de diseñar y crear un producto a base de seda que fuera amigable con sus creadores, los gusanos de seda. Tradicionalmente, la seda se recolecta hirviendo las larvas vivas en sus capullos para extraer el hilo de seda. En cambio, este proceso permite a los gusanos de seda vivir y metamorfosearse en relativa paz.



Figura 24. Gusanos de seda colocados en el pabellón

Este proyecto se inspira en la capacidad del gusano de seda para generar un capullo tridimensional a partir de un unico hilo de seda. Explora la relación entre la fabricación digital y biológica a escala arquitectonica y de producto, proponiendo un innovador método de hilado biologico sumado a lo roboticamente tejido.

La investigación inicial del proyecto exploró el uso de gusanos de seda como entidades que por sí mismas pueden "computar" la organización material basandose en criterios externos. A partir de estas experimentaciones se determinó la forma y la optimización material de estructuras superficiales basadas en fibras.

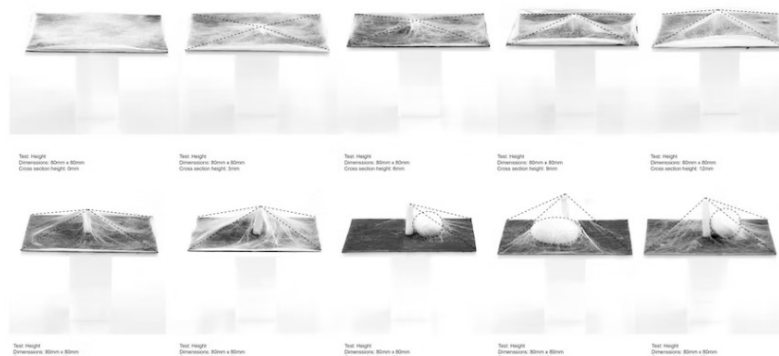


Figura 25. Estudio de tejido de seda en diferentes condiciones topográficas

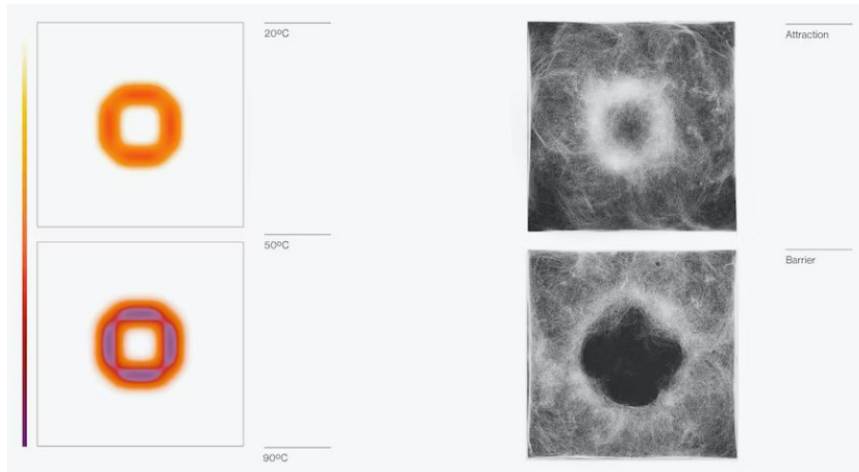


Figura 26. Estudio de tejido de seda en diferentes densidades creando vacíos o llenos

El pabellón tenía forma de cúpula de tres metros de ancho. La estructura principal se creó con 26 paneles hexagonales de hilos de seda colocados con un brazo robótico. La geometría general se creó mediante un algoritmo que asigna un único hilo de seda continuo a través de parches que proporcionan varios grados de densidad. Esta densidad de hilo inicial se creó a partir de la primera investigación con los gusanos, creando la forma más óptima que más se adaptaba a la creación de seda natural por parte de los artrópodos.

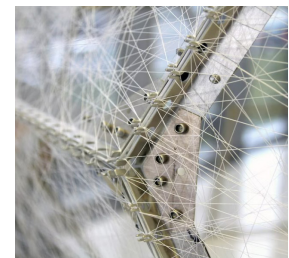


Figura 27. Hilado artificial creado por el brazo robótico copiando el tejido natural de los gusanos de seda

La ubicación, el tamaño y la densidad de las aberturas dentro de la estructura se determinaron a partir de un diagrama de la trayectoria del sol en el espacio, específico para cada estación, con el fin de bloquear los rayos de luz natural que entran en el pabellón desde las elevaciones sur y este. El óculo central está situado en el alzado este y puede utilizarse como reloj solar.

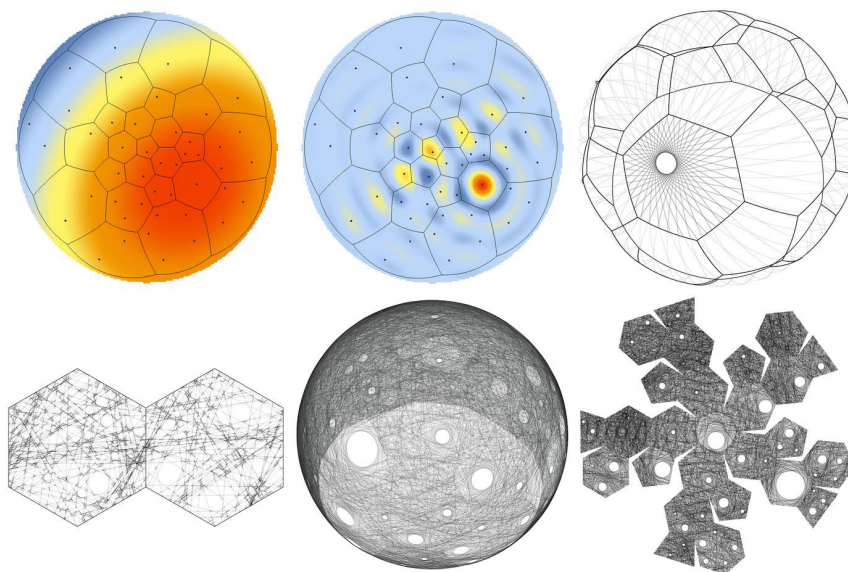


Figura 28. Creación de la subestructura tejida a partir de algoritmos computacionales que copian el tejido natural de los gusanos de seda



Figura 29. Colocación manual de los gusanos en la subestructura tejida

A continuación se colocó un enjambre de 6500 gusanos en el borde inferior de la estructura. Estos hilaron parches planos de seda no tejida que reforzaba los huecos entre las fibras de seda colocadas artificialmente por CNO.

Cada gusano de seda hiló un único filamento de, aproximadamente, 1 km de longitud. Combinando todos los hilos que se hilaron en el pabellón se produjo un hilo tan largo como la Ruta de la Seda.

Afectados por las condiciones espaciales y ambientales, incluida la densidad geométrica, así como la variación de la luz natural y el calor, se descubrió que los gusanos de seda migraban a zonas más oscuras y densas. Los efectos deseados de la luz determinaron las variaciones en la organización de los materiales en la superficie de la estructura.

Tras la fase de pupa, se retiraron los gusanos. Las polillas resultantes pueden producir 1,5 millones de huevos con un potencial de construcción de hasta 250 pabellones adicionales.

Investigación y diseño del grupo de investigación Mediated Matter del MIT Media Lab en colaboración con el profesor Fiorenzo Omenetto (Universidad TUFTS) y el doctor James Weaver (Instituto WYSS, Universidad de Harvard).

SILK PAVILION II

La siguiente versión del Silk Pavilion se crea a partir de las mismas bases que su predecesor, abordando los retos asociados a la escala y a la sericultura. Ofrece un proyecto que auna la fabricación cinética con la construcción biológica, fusionando tecnología y biología. Fue encargado para la exposición de Ecología Material del MoMA en Nueva York.

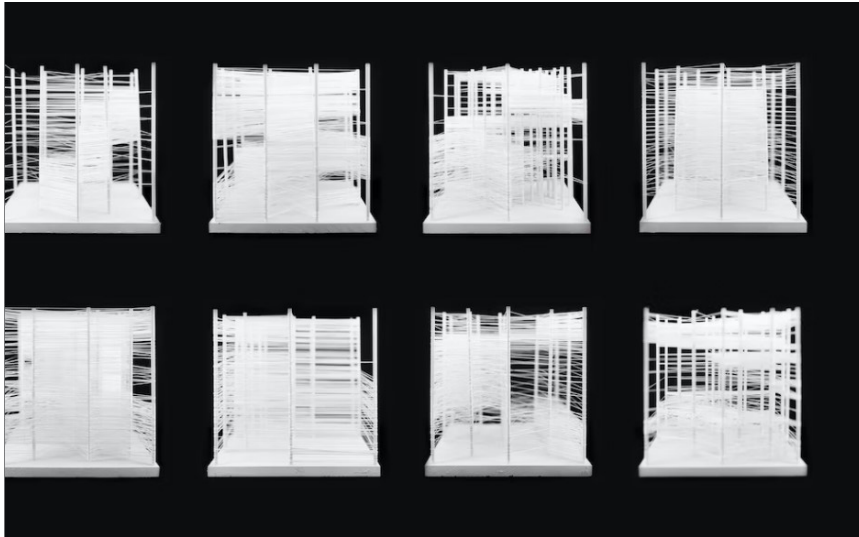


Figura 30. Estudio de tejido de seda en formas cilíndricas

Figura 31. Primeras investigaciones de colocación de la seda con el brazo robótico

Como en Silk Pavilion I, el pabellón consta de tres capas interrelacionadas. La estructura primaria consta de cables de acero trenzados y, en esta ocasión, se crea con una dimensiones de 6 metros de alto y 5 metros de ancho y se construye horizontalmente. La estructural secundaria es el tejido sobre el que se colocan los gusanos de seda, que se teje con el mismo algoritmo utilizado en el primer pabellón, dejando algunos huecos y diferentes densidades a lo largo de la tela. Finalmente, la estructura terciaria consta del tejido de seda biológicamente colocado por mas de 17500 gusanos de seda.



Figura 32. Localización de la estructura en un almacén en Veneto, Italia



Figura 33. Gusanos de seda criados en Veneto, Italia

Figura 34. Pabellón terminado previamente a ser trasladado al MoMA



Figura 35. Proceso de tejido observado desde el interior

Todo el proyecto se realizó en la región de Véneto en Italia. Allí, la tradición de la sericultura y la fabricación de seda apareció en el siglo XII y actualmente tiene una de las instalaciones de cría de gusanos de seda más extensas de Europa. Durante 10 días la cocreación entre los gusanos de seda y la estructura artificial desarrolló un hilo con mayor longitud que el diámetro de la Tierra.



Figura 36. Zoom del proceso de tejido



Figura 37. Vista detallada del proceso de tejido desde el exterior

La estructura está en constante movimiento de rotación en sentido de las agujas del reloj. Esto sumado a las condiciones de las fibras de la estructura secundaria y las condiciones de calor y luz (factores que anteriormente se descubrió que afectaban de gran manera al tejido de los gusanos) afectan al movimiento, hilado de los gusanos y grosor de la capa de seda producida.

Investigación y diseño del grupo de investigación Mediated Matter del MIT Media Lab en colaboración con Davide Biasetto (Il Brolo Società Agricola SRL, Padua); Levi Cai; Silvia Cappelozza and Alessio Saviane (CREA-AA, Bologna); Natalia Casas; Kelly Egorova; Fiorenzo Omenetto (AFFOA); James C. Weaver (Insituto Wyss, Universidad de Harvard); Nitzan Zilberman; Bodino; Front Inc y Robert Wood Johnson Foundation.





4.3. AGUAHOJA I, II, III

AGUAHOJA I: Activo entre 2014 y febrero de 2018

AGUAHOJA II: Activo entre 2019 y enero de 2020

AGUAHOJA III: Activo entre abril de 2021 y mayo de 2023

AGUAHOJA I

“Derivada del mar y devuelta a la tierra, utilizamos la descomposición como característica del diseño”⁹

⁹<https://oxman.com/projects/aguahoja>

La idea de la que nace este proyecto es el problema creciente de los recursos naturales que los humanos recolectamos de la Tierra. Desde años atrás, estas materias primas se extraen mucho más rápido de lo que pueden reponerse, lo que supone que en un futuro puede llegar a existir una escasez. Por otro lado, el entorno construido se compone de estructuras artificiales diseñadas para desempeñar unas funciones determinadas y finitas. Una vez que el periodo de uso llega a su fin son desechadas, generando residuos, de los cuales no se recicla ni el 10%. Es por estas dos razones, que el humano está siendo responsable de la huella nociva que se está generando en el planeta.

El proyecto Aguahoja propone un nuevo enfoque de diseño basado en el agua y la fabricación digital a distintas escalas. A partir del diseño digital y la producción mecanizada, se crea una colección de objetos naturales creados con componentes moleculares de ramas de árboles, exoesqueletos de insectos y huesos de ser humano. Las estructuras orgánicas presentan propiedades materiales más eficientes y adaptables que las artificiales, y no dejan huella en el medio ambiente.

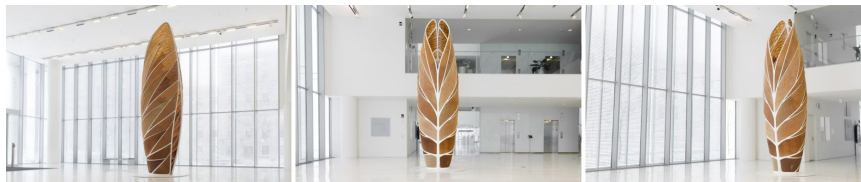


Figura 38. Vista general de Aguahoja I expuesto en el MoMA

Esto supone un futuro en el que lo cultivado y lo hecho por el humano se unen. Pretende revertir el círculo vicioso entre extracción y eliminación de materiales a partir de la creación de compuestos con propiedades mecánicas y ópticas que responden a su entorno que con otros compuestos similares sintéticos se podría llegar.

Este primer proyecto incluye: un pabellón arquitectónico, una biblioteca de experimentos materiales y un conjunto de tecnologías asociadas de hardware/software y wetware.

Se diseña digitalmente y se fabrica roboticamente a partir de los materiales más abundantes, los mismos que se encuentran en la mayoría de los objetos naturales que están a nuestro alrededor. Celulosa, quitosano, pectina y carbonato cálcico. Estos componentes moleculares se combinan y crean compuestos biodegradables con propiedades funcionales mecánicas, químicas y ópticas en diferentes escalas ofreciendo una alternativa sostenible al plástico.

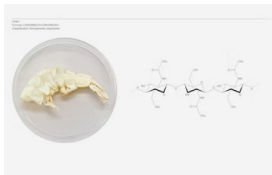


Figura 39. La cascara de gamba se compone de quitina

Figura 40. Marco de diseño científico para la impresión 3D de combinaciones de materiales multifuncionales biocompatibles

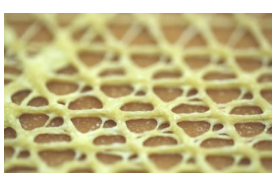
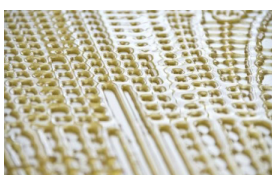
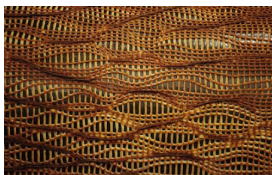


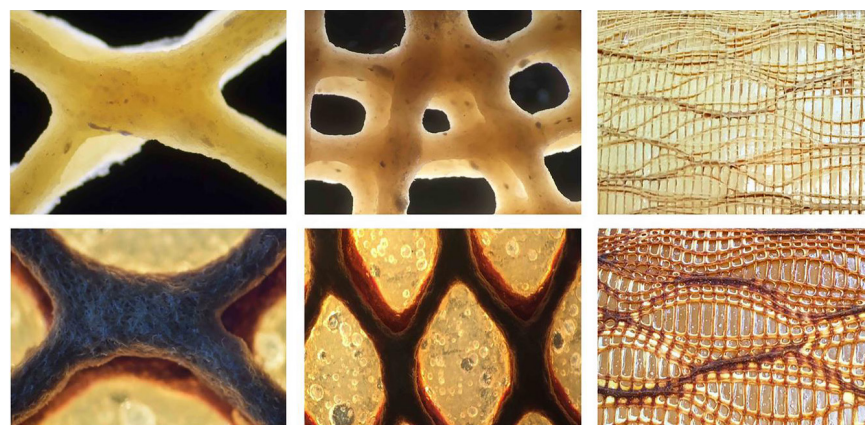
Figura 41. Detalle de quitina, celulosa y pectina impresas en 3D

Figura 42. Vista de microscopio de los diferentes compuestos impresos en 3D



La amplia gama de formas y comportamientos que forman tanto el pabellón como los artefactos reflejan la manera en la que se expresan en la naturaleza. Están en constante diálogo con su entorno, en ellos pueden producirse cambios por variaciones de humedad, calor o por el cambio de las estaciones.

El pabellón Aguahoja tiene 5 metros de altura y esta compuesto por estos biocompuestos con diferentes grados de rigidez, flexibilidad y opacidad que se diseñan y fabrican como si hubieran crecido. En total, se utilizaron 5740 hojas caídas, 6500 pieles de manzana y 3135 caparazones de gamba.



Se compone por la fachada o "piel estructural", que está limitada por un pórtico robotizado en el que se imprimen tridimensionalmente los materiales. Estas partes que sirven tanto de estructura, como ventana y filtro ambiental.

Con este proyecto se demuestra que la forma y composición del material puede depender directamente de las propiedades físicas, las condiciones ambientales y las limitaciones de fabricación. Cada estructura de la colección contiene una combinación única de materiales orgánicos cuya asignación, textura y distribución en el objeto final se controla computacionalmente y se fabrica aditivamente en alta resolución. Esto permite controlar las propiedades físicas específicas y la adaptación ambiental a las condiciones cambiantes.

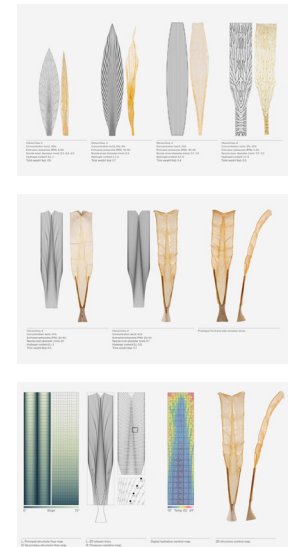
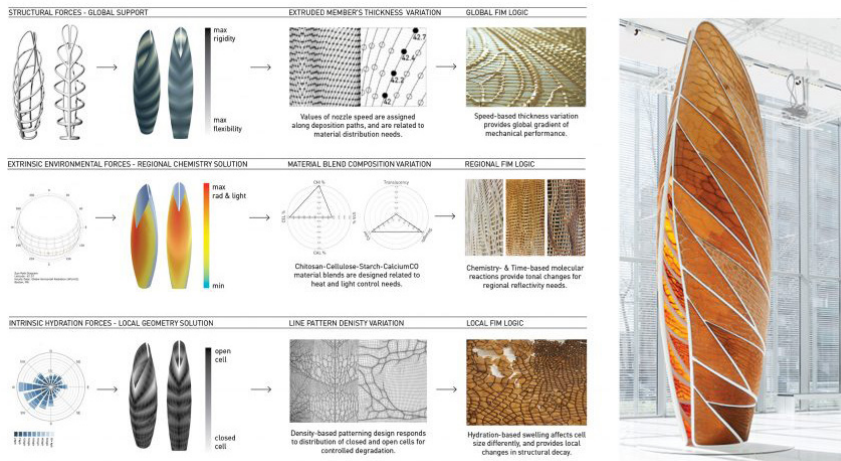


Figura 43. Primeras pruebas de forma, estructura y composición de Aguahoja

Figura 44. Forma, estructura y composición finales de Aguahoja

Al final de su ciclo vital, cuando ya se ha cumplido su función, en vez de ser deshechado, creando desperdicios, se puede degradar en el agua, devolviendo los componentes a su ecosistema natural y aumentando los ciclos de recursos naturales que permitieron su creación. Esto crea una "programación ambiental" o comportamiento "temporal" que permitiría que las estructuras cambiasen sus propiedades en función de las estaciones. Pequeñas alteraciones en su composición, geometría comportamiento mecánico y color que puede resultar en un mayor o menor impacto en su diseño.

Investigación y diseño del grupo de investigación Mediated Matter del MIT Media Lab en colaboración con los profesores Joseph Faraguna, Matthew Bradford, Loewen Cavill, Emily Ryeom, Aury Hay, Yi Gong, Brian Huang, Tzu-Chieh Tang, Shaymus Hudson, Pam Silver, y Tim Lu y con los equipos del Laboratorio de Investigación Electrónica del MIT; el Instituto Wyss y el departamento de Sistemas Biológicos de la Universidad de Harvard; GETTYLAB, entre otros.

AGUAHOJA II

*"Desde la Revolución Industrial, en el diseño de objetos y estructuras han predominado las piezas. Dentro de un diseño, cada pieza individual suele estar compuesta de un único material, como un engranaje metálico, y no proporciona ninguna función por sí misma. Los sistemas naturales, por el contrario, están formados por gradientes de material sin límites claros entre las partes individuales."*⁹

⁹<https://oxman.com/projects/aguahoja>

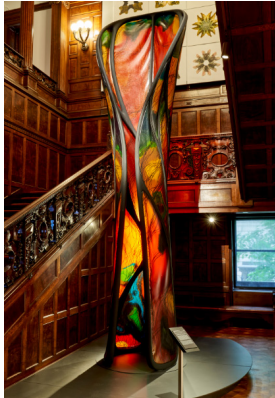


Figura 45. Aguahoja II expuesto en el Smithsonian Design Museum

Se diseñó y construyó en 2019 para su exhibición en la Trienal de diseño del Cooper Hewitt Smithsonian Design Museum.

El proyecto Aguahoja II se basa en las mismas tecnologías que su predecesora permitiendo, como novedad, la impresión 3D de gradientes con múltiples materiales a gran escala con abundantes materiales orgánicos y sostenibles.

La incorporación en el proyecto de estas perfectas transiciones entre materiales de diferentes características se producen perfectamente dentro de la piel del biopolímero y se hacen visibles mediante la incorporación de pigmentos naturales. Esta novedosa tecnología se denomina método de fabricación aditiva multimaterial secuencial y permite imprimir varios materiales con una sola boquilla.



Figura 46. Sección recién finalizada en la mesa de impresión

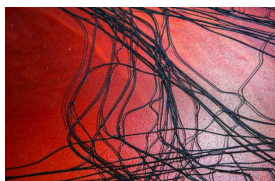
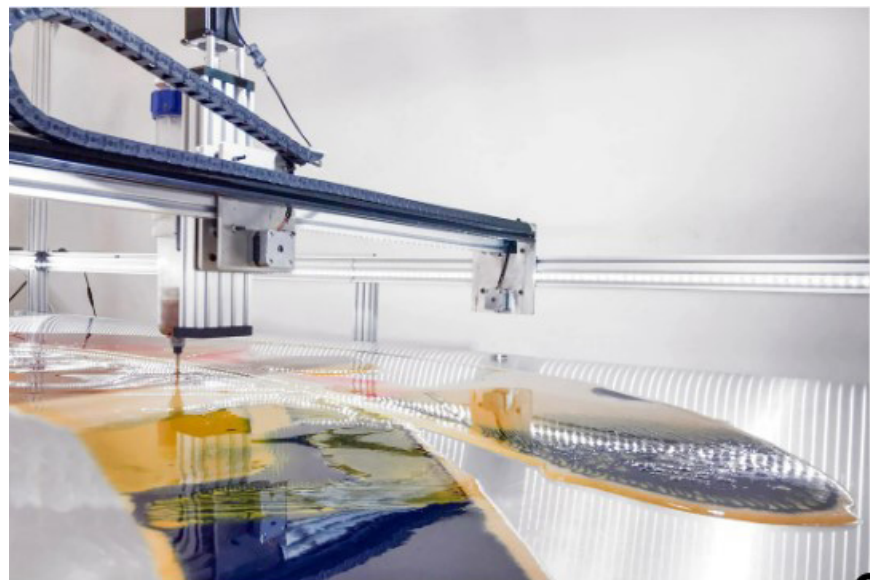


Figura 47. Detalle de la composición de una de las secciones

Figura 48. Proceso de creación de gradiente en la mesa de impresión de una de las secciones



Este método consigue que las capas de material semilíquido se impriman unas sobre otras con una presión variable. A medida que estas capas se secan, el material impreso se difunde localmente para formar regiones mezcladas. Las propiedades de estas regiones mezcladas son comparables a las de las mezclas realizadas antes de la impresión.

Fabrication Parameter Generation

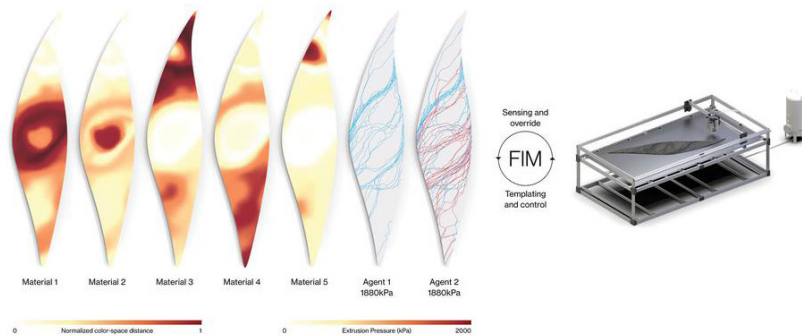


Figura 49. Detalle del gradiente en los materiales

Figura 50. Fabricación y parametrización junto al modelo de la mesa de impresión 3D

Como el anterior pabellón, mide 5 metros de altura y su piel esta compuesta por celulosa, quitina y pectina, los cuales se mezclan con una solución a base de agua y se imprimen en 3D a temperatura ambiente. Siguiendo los mismo métodos estudiados anteriormente, al variar las cantidades de cada uno de los componentes se pueden conseguir diferencias en las propiedades del compuesto impreso y se conserva la capacidad de reaccionar a los cambios ambientales.

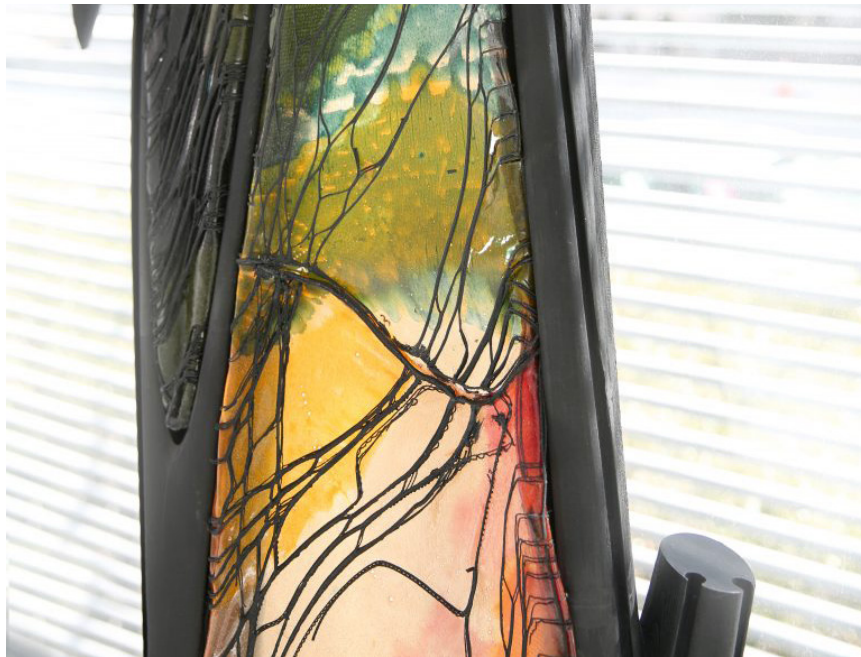


Figura 51. Detalle de Aguahoja II ya terminado

El cambio en las propiedades del impreso se realizan para responder a las necesidades de carga y desplazamiento dentro del pabellón. Así mismo, también se diseña un refuerzo adicional en forma de venas rígidas en las zonas de alta tensión estructural.

Investigación y diseño del grupo de investigación Mediated Matter del MIT Media Lab en colaboración con los profesores Joseph Faraguna, Danielle Grey-Stewart, Amelia Wong, Ava Iranmanesh, Prof. Pam Silver y con los equipos del Laboratorio de Investigación Electrónica del MIT; el Instituto Wyss y el departamento de Sistemas Biológicos de la Universidad de Harvard; GETTYLAB, entre otros.

AGUAHOJA III

"Las hebras de celulosa, individualmente débiles, adquieren la resistencia de la madera dura cuando se unen a la lignina y la pectina y se entretrejen en forma de grano. Este concepto de materiales arquitectónicos -materiales que adquieren nuevas propiedades gracias a la interacción de la química y la geometría- es el proceso fundamental por el que los organismos crean materiales sostenibles y funcionales."⁹

⁹<https://oxman.com/projects/aguahoja>

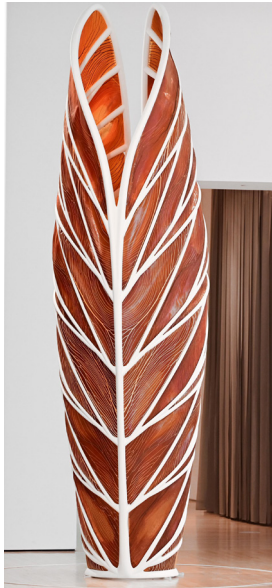


Figura 52. Vista frontal de Aguahoja III

El proyecto se diseñó y construyó en 2022 para su exhibición en la exposición Nature X Humanity del Museo de Arte Moderno de San Francisco: Oxman Architects.

Se creó con las mismas bases teóricas que sus hermanas mayores añadiendo en ese nuevo modelo nuevos compuestos anisótropos arquitectónicos. Estos compuestos contienen fibras de celulosa que se unen y alinean creando redes estrechamente unidas de materiales reforzados.



Figura 53. Detalle de una de las secciones de Aguahoja III

¹⁰<https://es.wikipedia.org/wiki/Anisotrop%C3%ADa>

"Anisótropo o anisotropía: que ofrece distintas propiedades cuando se examina o ensaya en direcciones diferentes"¹⁰

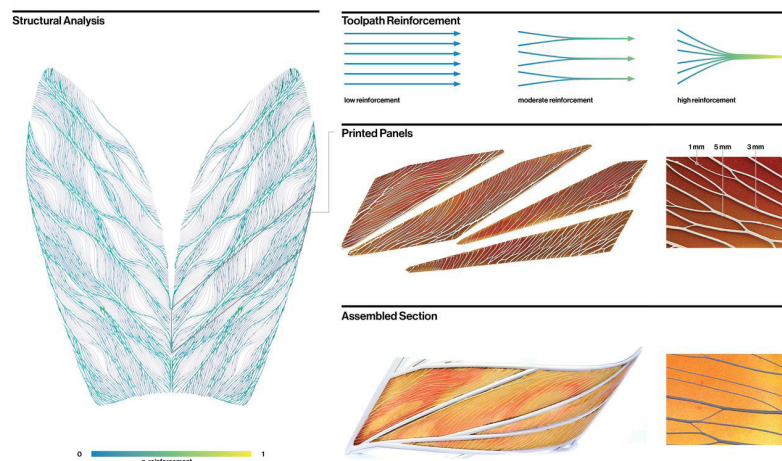


Figura 54. Análisis estructural de las dos alas

Este nuevo método se denomina Impresión Anisotrópica Alineada por Tensión. Estas venas impresas tienen una mayor resistencia a tracción que las anteriores y la agregación de varias de ellas aumentan en gran manera el refuerzo en esas zonas. Esto permite crear compuestos estructurales rígidos con mayor resistencia y anisotropía dirigida a partir de una paleta de materiales sostenibles y abundantes

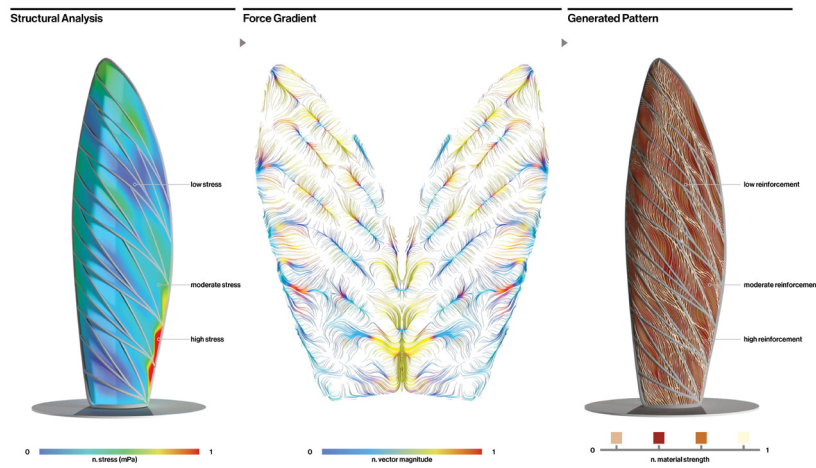


Figura 55. Análisis estructural junto al de gradientes de las alas

Investigación y diseño del grupo de investigación Mediated Matter del MIT Media Lab en colaboración de Stratasy, Ltd., Stratasy Direct manufacturing y con los equipos del Colectivo Emerson, GETTYLAB, Fundación Robert Wood Johnson y el Museo de Arte Moderno de San Francisco..





4.4. TOTEMS

Activo entre febrero de 2019 y mayo de 2021

“En una época en la que podemos diseñar la melanina, ¿a quién pertenece el color biológico? ¿Cuáles son las implicaciones biológicas y culturales de estas nuevas capacidades? ¿Cuáles son sus promesas y sus peligros?”¹¹

¹¹<https://oxman.com/projects/totems>

El objetivo de este proyecto es encontrar la manera de poder sintetizar químicamente la melanina como material funcional para poder programar su interacción en el diseño a diferentes escalas.

¹² Wikipedia - Melanina

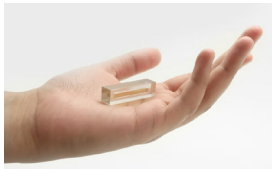


Figura 56. Prototipo de envase de melanina impreso en 3D



Figura 57. Melanina microbiótica sintetizada

Figura 58. Síntesis química modelada de la melanina

La melanina es “una cadena química natural que da pigmentación a todos los seres vivos”¹². Es el componente molecular que da color a los ojos, la piel y el pelo de todos los seres vivos, siendo una característica identificativa de todos los organismos vivos y un marcador de la evolución. Representa la unidad en la diversidad de la Tierra y es uno de los pigmentos más resistentes, heterogéneos y omnipresentes desde los inicios de la vida. Además de su papel fundamental en la protección frente a la radiación ultravioleta, desempeña una gran variedad de funciones: protección mecánica, captación de energía, crecimiento celular, regulación térmica...



La investigación explica, predice y demuestra como se puede generar melanina a la carta con fines de aumento biológico y medioambiental. Para ello se consigue aislar la melanina a partir de plumas de ave tinta se pia... Se sintetiza mediante una reacción entre una enzima de un hongo, llamada tirosinasa, y el componente proteico L-tirosina para posteriormente purificarse y filtrarse.

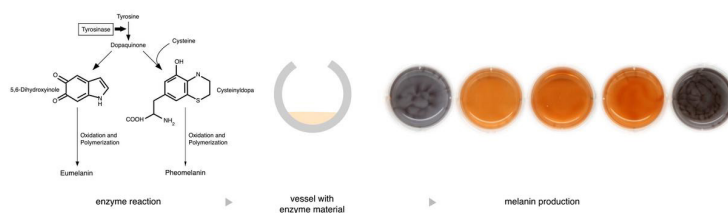


Figura 59. Proceso de la síntesis química de la melanina

Para el proyecto se estudia la biosíntesis de la melanina en el mundo natural y se traduce el proceso de diseño químico. Se desarrollan una serie de estructuras capaces de contener sustancias biológicas a distintas escalas (de micro a macro) y fases (sólidos y líquidos).

En la investigación inicial se crean unas esferas con un canal conectado lleno de melanina líquida. El canal se "cultiva" computacionalmente, se imprime en 3D y se aumenta biológicamente para crear bolsas en las que se encuentra la melanina líquida. Estas esferas presentan un gran abanico de colores y espectros de absorción.



Figura 60. Infusión de melanina líquida en un canal creado computacionalmente e impreso en 3D en un envase esférico

¹¹<https://oxman.com/projects/totems>

A continuación se diseñan una serie de columnas de producción de melanina a escala arquitectónica para la exposición Broken Nature: Design Takes on Human Survival, como parte de la XXII Triennale di Milano (2019).

*"La investigación en la que se basa este trabajo fusiona la fabricación digital, la computación del diseño y la dinámica de las reacciones químicas, dando como resultado un "tótem químico" que ilustra cómo el proceso de formación de la melanina puede incorporarse a un producto."*¹¹

El proceso de cada una de las estructuras biológicas empieza con la ya comentada enzima tirosinasa, sensible a la luz, que forma colores que continúan a lo largo de un día, lo cual consigue que se intensifiquen a medida que el sol llega a su posición más alta y que se suavice cuando se pone.

Finalmente, se desarrolla una propuesta arquitectónica para una estructura de vidrio con infusión de melanina sensible al medio ambiente. En su interior se plantea el uso de múltiples tipos de melaninas, obtenidas de manera natural y sintetizada. Su objetivo es conseguir protección UV durante el día y transparencia durante la noche.



Investigación y diseño del grupo de investigación Mediated Matter del MIT Media Lab en colaboración de MIT Media Lab, NOE LLC, Design Indaba, STRATASYS, Ltd., Robert Wood Johnson Foundation, Estée Lauder y GETTYLAB. El diseño de la exposición de la Triennale organizada por Paola Antonelli. La propuesta arquitectónica forma parte de un proyecto a largo plazo iniciado por Ravi Naidoo de Interactive África.

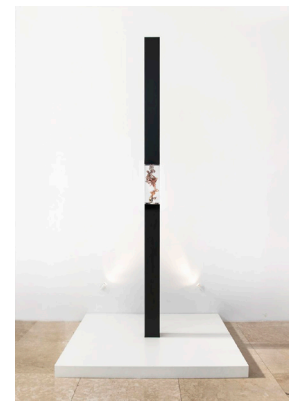
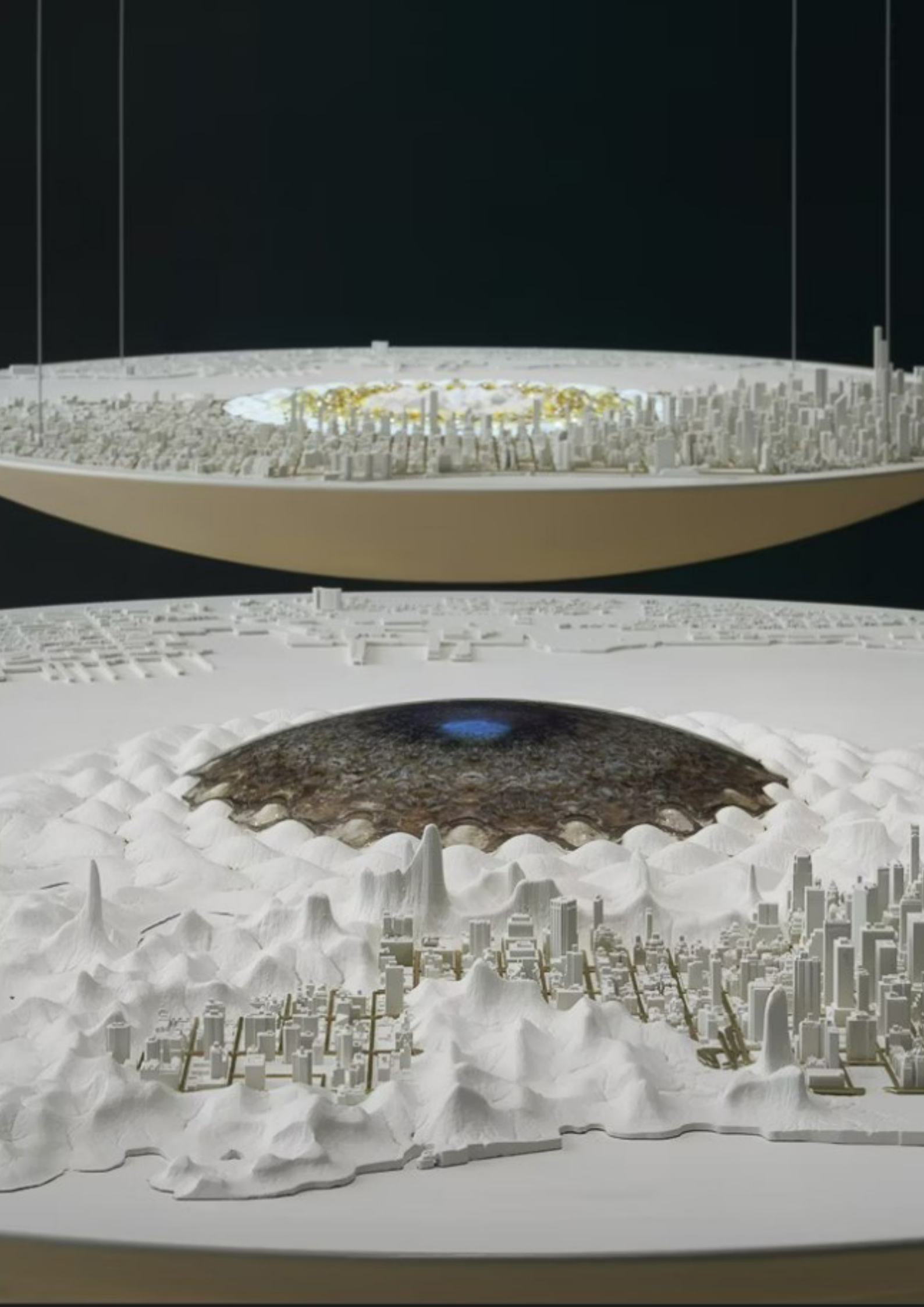


Figura 61 y 62. Infusión de melanina líquida en un canal creado computacionalmente e impreso en 3D en un envase rectangular expuesto en forma de columna

Figura 63. Propuesta de pabellón arquitectónico responsable con el medio ambiente que incluye una estructura con melanina





4.5. MAN-NAHĀTA

Activo entre 2021 y 2022

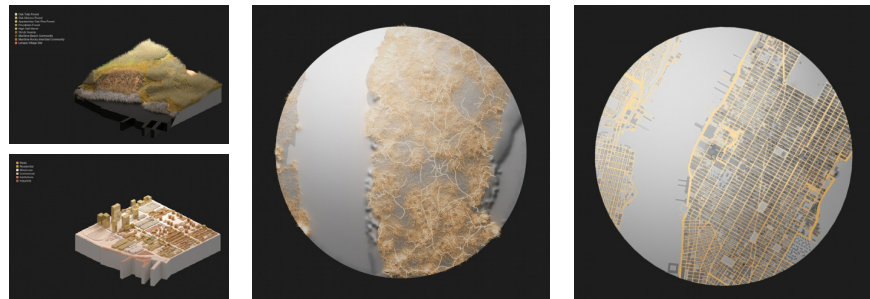
¹³<https://oxman.com/projects/man-nahatta>

“La planificación de arriba abajo se enfrenta al diseño de abajo arriba en el lugar donde la cuadrícula fue una vez un jardín”¹³

Man-nahata es el primer estudio puramente arquitectónico de Neri Oxman y su equipo, a su vez es el primer proyecto en el nuevo laboratorio de investigación OXMAN, alejado del grupo Mediated Matter del MIT Lab.

La serie de estudios urbanos Man-nahata propone una fusión entre la diversidad cultural del actual Manhattan y el sustento biótico de la antigua Mannahatta, creando una nueva visión de ciudad que una de rejilla y jardín. El objetivo es realizar una visión a largo plazo de la pérdida de los habitats y la extinción de las especies.

Figura 64. Comparación Manhattan y Mannahatta (zonificación urbana - ecológica)



Basándose en proyecciones climáticas e inspirándose en hábitats urbanos como los círculos de piedra y los megalitos, la serie de modelos pasa de una biosfera centrada en el ser humano a un paisaje distribuido centrado en la naturaleza, en el que evoluciona la armonía entre lo construido y lo cultivado.

La investigación comienza con el estudio de los paisajes de la Manhattan de antes del s.XVI, cuando lo único que existía era un paisaje completamente natural, residencia de más de 55 comunidades ecológicas. Hoy en día es uno de los centros culturales centrados en el ser humano más grandes del planeta, en el que ya no queda ni un resquicio de lo que anteriormente fue.

Figura 65. Línea de tiempo circular



Durante el estudio del desarrollo del proyecto se crea una línea temporal, pero en vez de lineal, es circular. De esta manera, el pasado se reincorpora en el futuro.

Para moldear el nuevo proyecto de ciudad se transforman las formas urbanas de los grandes edificios con repetidas operaciones morfológicas, siguiendo un gradiente desde el centro del proyecto hacia sus afueras. Las características con las que surgen estas nuevas protuberancias siguen procesos de crecimiento biológico que se encuentran en la Naturaleza.

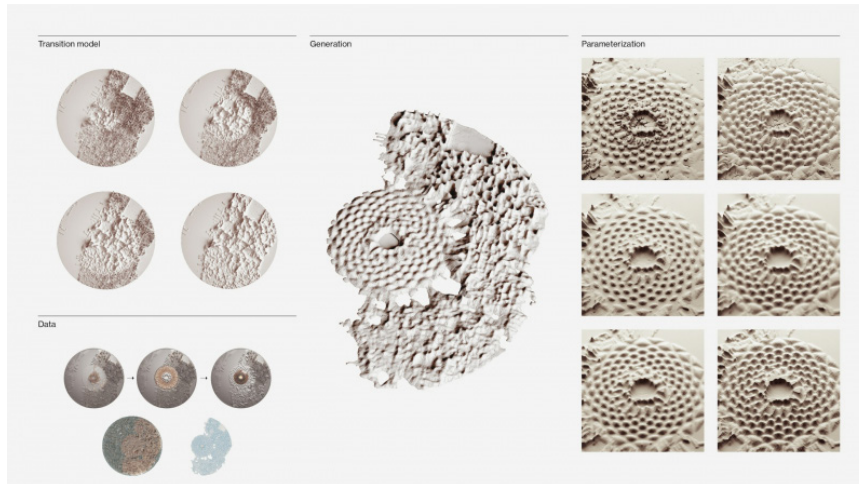


Figura 66. Desarrollo del modelo paramétrico

La aparición de estas formas está impulsada únicamente por la evolución temporal de un algoritmo geométrico generado computacionalmente que actúa sobre las formas repetidamente, conectando así geometría y crecimiento. La erosión y deposición simulada del suelo se aplican de acuerdo con las condiciones ambientales específicas del lugar.

El resultado es una topografía en la que las colinas son los restos de los rascacielos y los valles siguen las calles de la trama urbana. La ciudad emergente está modelada por la luz solar y el flujo de aire, una línea de agua define sus límites y un paisaje montañoso subyace a su cuadrícula. Creando una nueva ciudad diseñada y relacionada con su entorno dinámico.

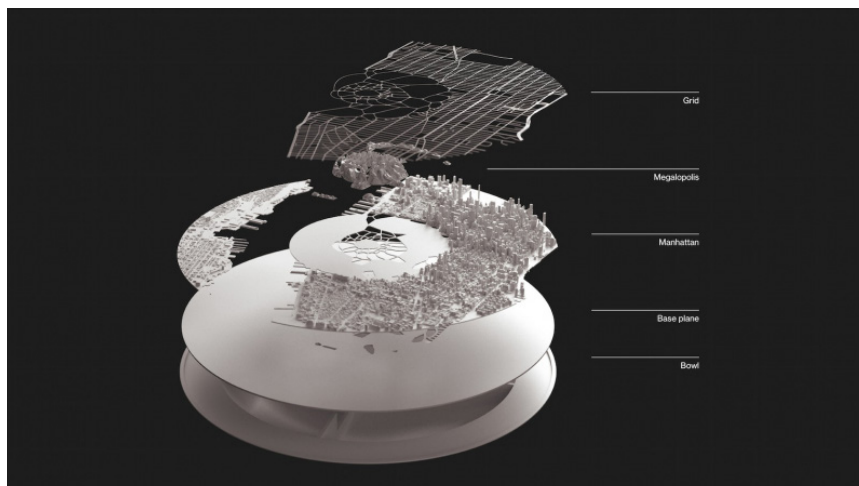


Figura 67. Vista explotada de los niveles del modelo

"En 2100, el clima se intensifica, condicionando un reequilibrio entre paisaje y habitantes. Cuatro semillas esenciales -refugio, nutrientes, energía y sociedad- se autoorganizan en un sistema circular estratificado."¹³

"A través del crecimiento, la ciudad produce suficientes recursos en 2200 para ser infinitamente flexible, reconfigurándose para satisfacer las necesidades cambiantes de sus ocupantes."¹³

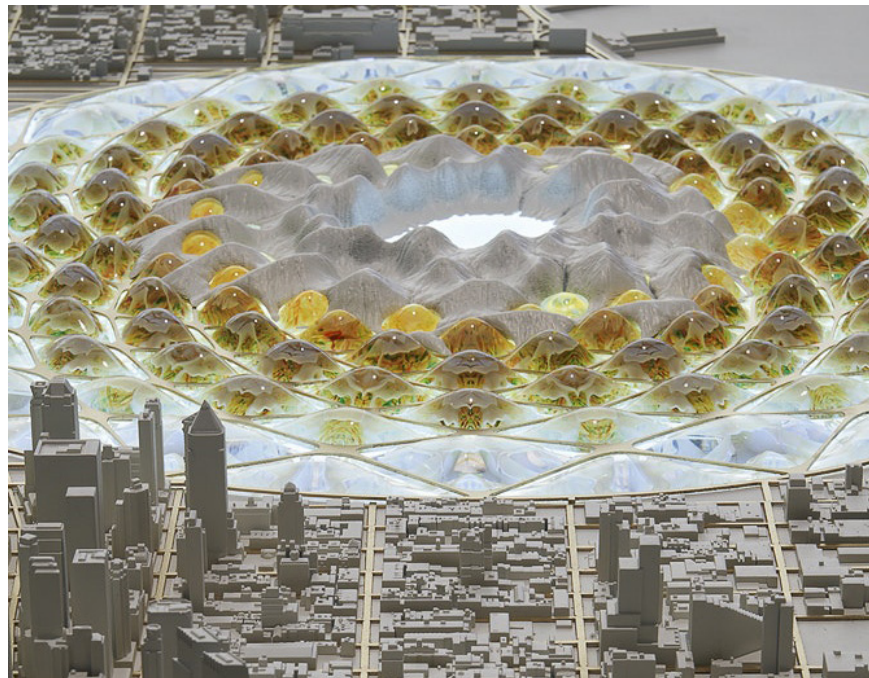


Figura 68. Vista detallada de la era 2200

"A medida que la temperatura global y el nivel del mar suben hacia 2300, la ciudad sufre una descomposición temporal. Los vínculos económicos, sociales y medioambientales se desatan y la ciudad como idea comienza a desprenderse de sus estructuras materiales. Los sistemas de comunicación y creencias mantienen unida a la ciudad en descomposición, manifestándose físicamente como redes micorrizas tejidas a través de la Tierra."¹³

¹³<https://oxman.com/projects/man-nahatta>



Figura 69. Exposición de los modelos en SFMoMA

"En 2400, el paisaje urbano de Manhattan persiste como un recuerdo capturado en las colinas y valles del paisaje. Los ecosistemas y la biodiversidad de la antigua Mannahatta renacen casi por completo en una nueva forma, fusionando la historia nativa y la urbana en una sola. La antigua ciudad se convierte en un fósil, sobre el que se construye un nuevo ciclo de la humanidad."¹³

Todo el proyecto se basa en la necesidad de la humanidad de replantearse su relación con la Naturaleza para sobrevivir y prosperar en la Tierra que hemos creado para nosotros mismos.

Investigación y diseño del grupo de investigación OXMAN en colaboración con Kennedy Fabricatiomns y Boris Belocon. Las maquetas de Man-Nahāta están inspiradas en Megalópolis, la próxima película de Francis Ford Coppola sobre un arquitecto que intenta reconstruir la ciudad de Nueva York como una utopía tras el desastre.





5. ANÁLISIS TEORÍA - PRÁCTICA

5. ANÁLISIS TEORÍA - PRÁCTICA

El cuestionamiento de los métodos convencionales de diseño y elaboración de objetos y estructuras es una de las bases del trabajo de Neri Oxman. Estos procedimientos convencionales se caracterizan por el ensamblaje de muchas partes iguales; el uso de materiales y componentes homogéneos que sirven para una única función; objetos desechables una vez terminado su esperado tiempo de vida (siendo los principales contribuidores a la creación de millones de toneladas de basura); y la sustracción de materias primas, llevando a la escasez en muy poco tiempo de las principales fuentes de recursos.

En cambio, como ya hemos podido observar en las bases teóricas de su trabajo como en los diferentes casos de estudio, siguiendo las líneas de lo que nos enseña la Naturaleza tenemos un proceso totalmente opuesto a lo que conocemos. Un método mucho más sabio como considera Oxman.

Los diseños de la Naturaleza se caracterizan por ser ergonómicos y utilizar la cantidad exacta de material, crea un inventario mínimo de componentes para una máxima diversidad; los materiales son multifuncionales y heterogéneos, ya que sus propiedades varían dentro de una misma estructura; en pocos casos repiten mismos elementos con una única función; y se adaptan a su entorno, interactuando con él y variando sus propiedades dependiendo del contexto. Además la mayoría de estructuras naturales se crean en condiciones de energía y agua escasas.

| ECOLOGÍA MATERIAL | METODO CONVENCIONAL |
|-----------------------------|---------------------------|
| Fabricación digital | Fabricación manual |
| Elementos continuos | Elementos ensamblados |
| Permite cambio / mutación | Invariable |
| Materiales orgánicos | Materiales inorgánicos |
| Materiales multifuncionales | Materiales unifuncionales |
| Biodegradables | Desechables |

Como ya hemos visto, dentro de la obra de Neri Oxman tanto en el Mediated Matter Group en el MIT como en su nuevo proyecto OXMAN, podemos encontrar distintos procesos de diseño. En cada uno se siguen perspectivas y metodologías de diseño diferentes, pero lo que los une a todos son los principios de la Ecología Material.

A continuación, se procede a realizar una serie de conclusiones de cada uno de los casos. Analizando cuales de estas características utilizadas para la creación en la Naturaleza se aplican, como se consigue y en que se distingue de la metodología del diseño y fabricación de los sistemas convencionales.

5.1. GLASS

Este proyecto forma parte de una investigación multidisciplinar, que se encuentra en la intersección del diseño, la ciencia, la ingeniería y el arte. Frente a las técnicas actuales que de diseño y producción de vidrio, para las que en muchas ocasiones se necesita de la ayuda humana para los diseños mas innovadores, el equipo Mediated Matter junto con Neri Oxman diseñan la primera impresora en 3D de vidrio.

Fabricada en 2015, la primera versión se denomina G3DP y dos años más tarde se diseñaría la segunda versión que consigue duplicar la velocidad de impresión. El proyecto hace posible la fabricación de nuevas estructuras de vidrio con numerosas aplicaciones tanto en el diseño como en la construcción.

Con esta nueva tecnología no se necesita de la mano humana de los sopladores de vidrio para poder fabricar formas complejas de vidrio. Eliminando la gran peligrosidad de esa profesión. Las formas que se pueden conseguir varían desde la extrusión elipsoidal, cilíndrica y formas más complejas que recuerdan a la Naturaleza (como el tronco de un árbol). Además estas formas contribuyen a un juego con la iluminación, creando complejos patrones causticos de luz, aportando más profundidad a la exposición de los objetos resultantes.

Por lo tanto vemos como se posibilita la creación de elementos de vidrios que responden a una serie de parametros introducidos previamente, resultando en objetos altamente repetibles que permiten la transmisión de la luz. Al igual que sucede con el vidrio creado convencionalmente.

Si comparamos el proyecto con los diferentes principios de la Ecología Material, vemos que algunos de ellos no se consiguen aplicar.

| | |
|-----------------------------|---|
| Fabricación digital | ✓ |
| Elementos continuos | ✓ |
| Permite cambio / mutación | ✗ |
| Materiales orgánicos | ✗ |
| Materiales multifuncionales | ✓ |
| Biodegradables | ✗ |

De los agentes que participan en la fabricación podemos ver que la mano del hombre se puede reducir muy significativamente en comparación a la creación de vidrio convencional. Esto deja todo el trabajo a los medios digitales, que a través de la introducción de parámetros van variando las propiedades y características mecánicas del vidrio. Creando columnas totalmente únicas para cada una de las funciones que se busca que desempeñen. Pudiendo crear columnas más resistentes a las cargas, por ejemplo, cuando queramos que cumplan ese papel de soporte en las construcciones.

Por otro lado, se comprueba que la impresión 3D del vidrio tienen grandes propiedades de ensamblado, ya que el vidrio se adhiere muy bien entre sí en su estado líquido. Esto permite la repetición de las piezas para generar estructuras más altas o grandes.

Finalmente, ya se ha comentado en varias ocasiones las diferentes respuestas que pueden los elementos impresos. Las aplicaciones en el diseño que tienen estas impresoras ya se vieron en la Fashion Week de Milan. Además, estos elementos de vidrio se pueden aplicar con función de cerramiento o incluso estructural, siendo de los proyectos que mayor aplicación arquitectónica tiene, en comparación con el resto de proyectos.

No se utilizan materiales reutilizables, orgánicos ni biodegradables. El compuesto de vidrio sumado al silicio transparente no tienen ninguna de estas propiedades. Sumando a los desechos del planeta una vez acabada su vida útil.

En conclusión esta nueva e innovadora tecnología presenta una nueva manera de creación de vidrio, abriendo un nuevo camino para el diseño y la arquitectura. Controlando el material de una manera digital, alejándose de los métodos convencionales de creación de vidrio.

5.2. SILK PAVILION

La sericultura ha sido criticada duramente por los activistas del bienestar y los derechos de los animales. Durante el proceso tradicional de recolección de la seda, los gusanos de seda son exterminados mientras están en su capullo, disolviendo el adhesivo que pega una hebra de seda a las capas inferiores. Este proceso permite desenrollar una sola hebra de seda del capullo, pero altera el ciclo vital y el desarrollo del organismo.

Como demuestran estos dos pabellones, las estructura pueden influir en los gusanos para que en vez de capullos, hilen sabanas de seda. De esta manera, los pequeños insectos no actuan unicamente como obreros sino como diseñadores, que en colaboración con una estructural artificial creada por los seres humanos, guía su movimiento para crear una forma mejorada de producción de seda en las que ambas partes salen beneficiadas.

Se une el diseño digital y biológico para la fabricación de las cúpulas. Al cuestionarse estos metodos tradicionales de fabricación de seda, Neri Oxman y su equipo van más alla creando una manera totalmente innovadora en la que se elimina el sufrimiento animal.

Mediante la previa observación de los patrones de tejido de los gusanos se consiguen observar los cambios que se producen por las variaciones de condiciones topográficas y ambientales. A partir de esta investigación base es como se consigue crear la subestructura más óptima que sostendrá a los gusanos. Por otro lado, cambian el capullo de los gusanos por unas mallas de seda relativamente planas descubriendo también que el calor o la luz son factores que condicionan el tejido de seda. En el primer pabellón se realizo una estructura de semiesfera mientras que el segundo parecia más una bobina en continuo movimiento.

Si comparamos el proyecto con los diferentes principios de la Ecología Material, vemos que algunos de ellos no se consiguen aplicar.

| | |
|-----------------------------|---|
| Fabricación digital | ✓ |
| Elementos continuos | ✗ |
| Permite cambio / mutación | ✗ |
| Materiales orgánicos | ✓ |
| Materiales multifuncionales | ✗ |
| Biodegradables | ✓ |

La innovación del proyecto se basa en la fabricación de un sistema robótico capaz de aprender y reproducir de manera más o menos fiel la forma de tejer de los gusanos de seda. Desde su primera versión que solo cuenta con la cúpula metálica formada de paneles tejidos con seda con la ayuda de un brazo robótico hasta su hermana pequeña construida 6 años más tarde. Esta segunda versión añade las fuerzas cinéticas para seguir experimentando con la forma de tejer de los gusanos. La evolución de la segunda parte se basa en el perfeccionamiento del hilado.

El objetivo de evitar muchas partes iguales ensambladas y la formación de construcciones u objetos discontinuos con una única función se cumple de manera parcial. Las partes poligonales de acero de ambas versiones están ensambladas y los materiales que las forman no logran ser multifuncionales. Pero sí que se consigue que la seda se pueda recolectar para otros usos o que en la manera en la que se teje este dispuesta de manera heterogénea y continua a la vez.

Esta seda, tiene pocas aplicaciones tal y como la teje el gusano, quizá algunas funciones decorativas, pero ninguna arquitectónica. Al entrar en contacto con el agua pierde parte de su resistencia, así como cuando entra en contacto con el Sol. Sin embargo es una de las fibras naturales más resistentes, por lo que si se une con algún tipo de recubrimiento o aislamiento se podría llegar a estudiar su uso arquitectónico.

En cuanto a los materiales orgánicos biodegradables y reutilizables que componen el proyecto, se reducen a la seda tejida por los gusanos, siendo el 95% del proyecto. El resto de materiales forman los marcos de acero inoxidable.

En conclusión este proyecto no buscaba el uso de la seda sino la fabricación de un sistema robótico y digital que imitará la manera de tejer de los gusanos. Pero también supone un avance en uso de materias primas sin dañar a sus creadores, los gusanos, siendo más amigables con el entorno en el que vivimos. De los gusanos que se utilizaron para el proyecto prácticamente toda su totalidad se convirtieron en mariposas y pusieron los huevos equivalentes a realizar otros 250 pabellones más.

5.3. AGUAHOJA

El objetivo del proyecto es hacer frente al impacto destructivo del cambio climático, desarrollando tecnologías de diseño y fabricación robotizadas capaces de utilizar los componentes orgánicos, renovables y biodegradables para crear estructuras en múltiples escalas con geometrías complejas.

Este proyecto apunta hacia un futuro en el que se revierte el ciclo industrial de sobreproducción y obsolescencia mediante el uso de abundantes materiales naturales. Se prevee la posibilidad de desviar temporalmente materiales de ecosistemas sanos, integrarlos en diseños humanos y permitir su descomposición natural en el medio ambiente para alimentar un nuevo crecimiento. Un ciclo que beneficia a la Ecología Material.

Los tres proyectos de Aguahoja se centran en el desarrollo de una plataforma robótica para la impresión 3D de biomateriales. A partir de los componentes más abundantes en la Tierra, celulosa, pectina, quitosano y agua, se imprimen las diferentes partes de la estructura. La composición de cada uno de estos materiales están determinados por parámetros, que informados por las propiedades de su entorno, varían sus características mecánicas.

El segundo proyecto de Aguahoja se caracteriza por encontrar una solución a la transición entre materiales con diferentes propiedades mecánicas, creando perfectos gradientes entre los componentes biomateriales. A su vez, añade color a estas transiciones, quedando de una manera muy visual el diferente uso de materiales con composiciones distintas. El siguiente y último proyecto, Aguahoja III, crea un nuevo método llamado Impresión Anisotrópica Alineada por Tensión, con la que se mejora la estructura del objeto.

Si comparamos el proyecto con los diferentes principios de la Ecología Material, vemos que algunos de ellos no se consiguen aplicar.

| | |
|-----------------------------|---|
| Fabricación digital | ✓ |
| Elementos continuos | ✗ |
| Permite cambio / mutación | ✓ |
| Materiales orgánicos | ✓ |
| Materiales multifuncionales | ✓ |
| Biodegradables | ✓ |

Probablemente Aguahoja es el proyecto de Neri Oxman junto al Mediated Matter Group que mejor encarna los principios y la filosofía teórica de la Ecología Material. Como vemos cumple con casi todos sus puntos principales a excepción de uno.

El proyecto desarrolla un brazo robótico que se encarga de realizar las mezclas de compuestos para producir el deseado dependiendo de las necesidades de cada una de las zonas. A lo largo de los diferentes pabellones

se va perfeccionando esta técnica y se añaden nuevas escalas a la fabricación de los biomateriales. Diseñando, finalmente, una plataforma de creación totalmente personalizada incluso a diferentes escalas.

Los materiales forman parte de los componentes más comunes de la Tierra, en este caso a partir de residuos extremadamente abundantes como son las conchas de gambas, hojas caídas y pieles de manzana. Elementos 100% orgánicos que cuando entran en contacto con el agua han sido tratados de tal manera que se descomponen, siendo también biodegradables.

Estos biomateriales interactúan con el medio ambiente y responden a él, variando sus propiedades y consiguiendo multifuncionalidad en todas las escalas. A microescala se permite variar el color de la superficie y programar su descomposición; a escala media la rigidez de la superficie varía con la velocidad y la presión de la boquilla del brazo robótico; y por último, a macroescala se varían las anteriores propiedades con las distintas densidades de patrones geométricos.

El ensamblaje de las piezas en la primera de las versiones de una manera muy clara con las piezas biomateriales que forman parte del marco venoso estructural. Cada una de las piezas abarcan una serie de propiedades que se unen esa estructura. En los posteriores proyectos se soluciona ese problema de manera parcial. En Aguahoja II ya no existe ensamblado de las piezas principales pues se apuesta por una nueva tecnología de gradientes. Pero siguen existiendo esas venas estructurales que se diferencian del resto de la estructura.

En conclusión, el proyecto Aguahoja es un gran avance para la utilización de biomateriales y la creación de un ciclo que se retroalimenta. Evitando el deshecho de residuos dañinos para el planeta y el cambio climático, así como el uso de materias primas totalmente eco-friendly que no dañan a las reservas materiales de la Tierra.

Por otro lado, las ventajas arquitectónicas no son tan visibles. Los materiales con los que se ha realizado la investigación aun teniendo prestaciones mecánicas, térmicas y ópticas, apenas logran constituir la estructura principal. Aunque si que es cierto que si se sigue investigando con las nuevas tecnologías que presenta Aguahoja III, se podría llegar a conclusiones materiales en las que se puedan aplicar estos componentes orgánicos a la Arquitectura.

5.4. TOTEMS

El proyecto investiga los diferentes usos de la melanina como componente para la creación de objetos y estructuras. Esta sustancia tiene gran interés

por ser uno de los pigmentos más resistentes del planeta junto con sus propiedades de absorción de energía, regulación térmica... También es uno de los componentes más comunes en los diferentes seres vivos.

Se fabrican una serie de objetos que van desde esferas de vidrio con canales de melanina en su interior, columnas a escala arquitectónica impresas en 3D rellenas de pigmento, y finalmente, una propuesta de pabellón formado de de vidrio y melanina.

Estos dos últimos proyectos son capaces de variar de color y realizar la función de absorción de calor dependiendo de las condiciones del entorno.

Si comparamos el proyecto con los diferentes principios de la Ecología Material, vemos que algunos de ellos no se consiguen aplicar.

| | |
|-----------------------------|---|
| Fabricación digital | ✓ |
| Elementos continuos | ✗ |
| Permite cambio / mutación | ✓ |
| Materiales orgánicos | ✓ |
| Materiales multifuncionales | ✓ |
| Biodegradables | ✓ |

En todas las fases del proyecto se utiliza un impresora 3D para "cultivar" los canales donde reside la melanina líquida. Estos canales varían su secciones dependiendo del objeto que los albergan, rondando los milímetros en las esferas y llegando a los centímetros en la propuesta de pabellón y las columnas. Esto supone un avance en la fabricación digital para la creación de los tubos residencia de la melanina, que tienen que evitar que se dañe o se oxide.

Por otro lado, como ya se ha explicado, la melanina es uno de los componentes biológicos, orgánicos y biodegradables que se encuentra en numerosos seres vivos. Las características básicas de la melanina incluyen el cambio o mutación para adaptarse al entorno, oscureciendose en el momento en el que mayores rayos UV inciden sobre la misma. Esto permite que se pueda crear esa cortina de protección en las horas más centrales del día y transparentandose cuando el sol se pone.

Finalmente son objetos o estructuras que se componen de diferentes piezas: los orbes que contienen los canales de melanina, los propios canales impresos en 3D y la melanian líquida que los recorre. No cumpliendo el requisito de la teoría de la Ecología Material en el que se evitan la repetición de objetos ensamblados.

En conclusión, la serie de elementos que constituyen el proyecto Totems, siguen de cerca las enseñanzas que predica la Ecología Material. A excepción de la propiedad de ensamblaje. Todo el proyecto se puede comparar a Aguahoja en cuanto a su fidelidad en las teorías de Neri Oxman.

Las ventajas que puede tener el uso de la melanina como elemento de protección frente a la luz solar y los beneficios aun por explotar de su propiedad de absorción de energía pueden aportar a la ya actual búsqueda de una arquitectura más amigable con el medio ambiente.

También es interesante ver como Oxman y su equipo empiezan a hacer propuestas arquitectónicas viables a partir de sus investigaciones, no quedándose únicamente en los avances tecnológicos y de diseño que puedan tener.

5.5. MAN-NAHĀTA

El proyecto Man-Nahata y sus maquetas forman parte de la primera investigación por parte de Neri Oxman y su equipo puramente arquitectónicas. Estos estudios urbanos se realizaron para una película sobre un arquitecto que busca reconstruir Nueva York tras un desastre natural.

Los estudios previos recogen la historia morfológica y biológica de Manhattan, identificando y estudiando los periodos de biodiversidad rica. Los modelos de la ciudad del futuro recogen la diversidad de la rejilla urbana de la actual Manhattan y el jardín biótico de Mannahatta, ofreciendo un marco para la arquitectura que crece, decae y resurge. Fundiéndose con la naturaleza a lo largo de cuatro siglos en el futuro a partir del estudio que se remonta a otros cuatro siglos atrás.

Se propone una red de colinas que replantean el futuro de la ciudad acercandola de nuevo a un ecosistema sano que restaure el equilibrio con la Naturaleza para las futuras generaciones.

Para formar el paisaje Man-Nahata, los edificios del paisaje urbano se transforman mediante repetidas operaciones morfológicas, en las que el campo de influencia sigue un gradiente desde el centro hacia las afueras de una región circular que se toma para el estudio.

Este proyecto no se puede estudiar igual que los anteriores, tanto por su macroescala como por su carácter más filosófico y utópico. Pero si se acerca a los principios de la Ecología Material, se puede decir que se quiere realizar una fusión radical entre la Naturaleza y la Arquitectura.

Los volúmenes que conforman la nueva ciudad se basan en los estudios de los ecosistemas anteriores, los que no habían conocido la mano del hombre.

Así pues, la propia organización de la ciudad a una escala más pequeña, que se puede entrever en los múltiples bocetos que se realizaron. Demuestran una forma de vivir mucho más orgánica, alejada de las teorías arquitectónicas que ponen al ser humano en el centro. Creando una convivencia entre Naturaleza y Hombre, que les beneficia a los dos, rebajando al humano de su podio y dándole la importancia que actualmente no existe por la Naturaleza.

Si bien es cierto que es una ciudad totalmente utópica, posiblemente imposible, pero asienta las bases de una nueva metodología urbanística. La cual pone en el foco a la Naturaleza y como aliándonos con ella podemos llegar a crear otra forma de convivir en la Tierra.

A black and white photograph of a dragonfly's wing, showing a complex network of veins. A dark, diagonal structural element, possibly a part of the dragonfly's body or a design element, is overlaid on the wing. The text "6. CONCLUSIÓN" is written in white, bold, sans-serif font at the bottom left of the image.

6. CONCLUSIÓN

6. CONCLUSIÓN

La investigación que está llevando a cabo Oxman tiene como objetivo detectar, descifrar y aplicar los principios del diseño que existen en la Naturaleza. Sumando los campos del diseño, la tecnología computacional y los avances digitales consigue acercar la creación del ser humano con la creación de la Naturaleza. Los nuevos diseños, objetos y estructuras pretenden tener un comportamiento que se adapte a su entorno, respondiendo a los cambios y variaciones en su contexto con el fin de crear objetos inteligentes. Esta innovadora forma de diseñar y crear se aplicaría a todas las escalas y llegaría a beneficiar tanto a diseñadores como a arquitectos, así como a la ya dañada Tierra.

Neri Oxman, su equipo y sus teorías innovadoras que reúnen el diseño, la fabricación, la tecnología... junto con la Naturaleza demuestra su sensibilidad, compromiso con el medioambiente además del respeto que siente por las demás especies. También entra en esta ecuación el propio humano, el cual considera que no puede seguir viviendo de la misma manera, explotando el planeta para su propio beneficio, haciendo caso omiso a las consecuencias y le presenta alternativas a su forma de producir y consumir.

Por ahora en su investigación, en su mayor parte, vemos que el resultado final no suele ser lo importante, sino el proceso de fabricación y las innovaciones que aporta a todos los campos que toca. Los objetos o estructuras pueden ser iguales pero su proceso de fabricación se puede mejorar, tanto en los tiempos de producción, los costes o la evolución y desarrollo de las materias primas y la contaminación que puedan suponer al planeta.

La innovación de sus diseños parten siempre de un cuestionamiento de lo ya establecido. Siempre reconociendo que existe algo mucho más sabio que nosotros que nos lleva dando las pistas desde el inicio de los tiempos: la Naturaleza. Esta observación exhaustiva de los procesos y estructuras naturales llevado a su integración en campos tan diversos como el diseño, la arquitectura, la ingeniería o el arte resulta en una grandísima sofisticación de los productos resultantes de estas áreas.

En conclusión, el trabajo de Neri Oxman y su consiguiente contribución a una nueva forma de entender el diseño desde la Naturaleza es una inspiración para la creación de un mundo mejor.



7. BIBLIOGRAFÍA

7. BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

Paola Antonelli and Anna Burckhardt. *The Neri Oxman Material Ecology Catalogue*

ARTÍCULOS Y TEXTOS

Additive Manufacturing of Optically Transparent Glass (2015). John Klein, Michael Stern, Giorgia Franchin, Markus Kayser, Chikara Inamura, Shreya Dave, James C. Weaver, Peter Houk, Paolo Colombo, Maria Yang, and Neri Oxman.

High Fidelity Additive Manufacturing of Transparent Glass Structures (2018). Chikara INAMURA, Michael STERN, Daniel LIZARDO, Peter HOUK, and Neri OXMAN.

CNSILK Spider-Silk inspired Robotic Fabrication of Woven Habitats (2010). Elizabeth Tsai, Michal Firstenberg, Jared Laucks, Yoav Sterman, Benjamin Lehnert, and Neri Oxman.

Robotically Controlled Fiber-based Manufacturing as Case Study for Biomimetic Digital Fabrication (2012). N. Oxman, M. Kayser, J. Laucks and M. Firstenberg

Fabricate: Negotiating design and making (2014). Fabio Gramazio, Matthias Kohler, Silke Langenberg (eds.), gta Verlag

Spinning Smooth and Striated: Integrated Design and Digital Fabrication of Bio-homeomorphic Structures across Scale (2018). João COSTA, Christoph BADER, Sunanda SHARMA, Jessica XU, and Neri OXMAN.

Designing (for) Decay: Parametric Material Distribution for Hierarchical Dissociation of Water-based Biopolymer Composites (2018). Yen-Ju T. TAI, Christoph BADER, Andrea S. LING, Jean DISSET, Barrak DARWEESH, Jorge DURO-ROYO, Josh VAN ZAK, Nicolas HOGAN, and Neri OXMAN.

Designing a Tree: Fabrication Informed Digital Design and Fabrication of Hierarchical Structures (2018). Jorge Duro-Royo, Josh Van Zak, Andrea Ling, Yen-Ju Tai, Nicolas Hogan, Barrak Darweesh, and Neri Oxman.

DESIGNING THE OCEAN PAVILION: Biomaterial Templating of Structural, Manufacturing, and Environmental Performance (2015). Laia MOGAS-SOLDEVILA, Jorge DURO-ROYO, Daniel LIZARDO, Markus KAYSER, William PATRICK, Sunanda SHARMA, Steven KEATING, John KLEIN, Chikara INAMURA,, and Neri OXMAN.

Parametric Chemistry Reverse Engineering Biomaterial Composites for Additive Manufacturing of Bio-cement Structures across Scales (2016). J. Duro-Royo, J. Van Zak, Y.J. Tai, A.s. Ling, N.Oxman.

Digital Craft. Fabrication-Based Design in the Age of Digital Production (2007) Neri Oxman.

Material Ecology (2012). Neri Oxman.

Material Ecology (2015) Christine Ortiz, Fabio Gramazio, Matthias Kohler, and Neri Oxman.

Material Computation (2012). Neri Oxman.

Transitive Materials. Towards an Integrated Approach to Material Technology (2007). Marcelo Coelho, Sajid Sadi, Pattie Maes, Joanna Berzowska, and Neri Oxman.

Material-based Design Computation (2010). Neri Oxman, PhD thesis.

PAGINAS WEB

<https://robertoxman.academia.edu/>

<https://www.uic.es/es/universidad/uic-barcelona/doctors-honoris-causa/dra-rivka-oxman-2017>

<https://www.media.mit.edu/groups/mediated-matter/overview/>

<https://neri.media.mit.edu/>

<https://esdim.com/la-arquitectura-de-kahn-que-quiere-ser-un-ladrillo/>

<https://www.media.mit.edu/groups/mediated-matter/projects/>

<https://oxman.com/projects>

<https://www.instagram.com/oxmanofficial/>

<https://www.surfacemag.com/articles/neri-oxman-research-lab-new-york/>

https://es.wikipedia.org/wiki/Neri_Oxman

https://www.asturnatura.com/temarios/biologia/catabolismo/ciclo-de-krebs?utm_content=cmp-true
<https://www.creativeapplications.net/environment/mannahata-oxman/>
<https://highlike.org/neri-oxman-12/>

FIGURAS

Figura 1, fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b4/Neri_Oxman_by_Noah_Kalina.jpg

Figura 2, fuente: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e8/RivkaOxman.jpg>

Figura 3, fuente: <https://architecture.technion.ac.il/members/robert-oxman/>

Figura 4, fuente: <https://www.zestandcuriosity.com/2020/07/28/neri-oxman/>

Figura 5, fuente: <https://oxman.com/>

Figura 6, fuente: Captura del video <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=GadjZyeHW2Q>

Figura 7, 9-11, fuente: Paola Antonelli and Anna Burckhardt. *The Neri Oxman Material Ecology Catalogue*

Figura 8, fuente: <http://apuntesbioquimicageneral.blogspot.com/2014/03/ciclo-de-krebs.html>

Todas las figuras correspondientes al apartado 4. *CASOS PRÁCTICOS* (figuras 12-69) provienen de las web: <https://oxman.com/> y/o <https://neri.media.mit.edu/>

La portada y subportadas de las diferentes secciones provienen de <https://neri.media.mit.edu/>

