

Tecno-morfología como estrategia de diseño: entre la teoría y la práctica

Pedro Reissig

Tesis Doctoral defendida en diciembre de 2012 y publicada en julio de 2019 por el Instituto de la Espacialidad Humana, FADU, Universidad de Buenos Aires, ISBN 978-950-29-1795-5

© 2012

Dedicado a mi Papá por mostrarme caminos alternativos y poder acompañarme en algunos de ellos y a mis hijas Celes y Luli por ser quienes son, llenas de amor y futuro, animándome a sentir lo mismo.

Agradecimientos especiales a:

Silvio Grichener por su ayuda y amistad en lo intelectual y humano. También por su fe a pesar de todo.

Roberto Doberti por su apoyo incondicional, su presencia dialéctica y su afán por el desafío.

Haresh Lalvani por su ejemplo de optimismo y capacidad de convertir el trabajo en amor y vice-versa.

Alfredo Cattán por haber compartido Geometrika, lugar desde donde cobré el impulso para ir a fondo.

Cristhian Castro Arenas por acompañarme en este tramo final en varios sentidos, más de los que se imagina.

Aclaraciones generales

La tesis fue diseñada en forma digital por tres razones; 1) para poder graficar de manera adecuada las imágenes necesarias en cualquier formato, tamaño y resolución necesaria, 2) para poder crear hipervínculos y celdas activas, 3) para poder utilizar un zoom donde hiciera falta ya que muchas de las imágenes están reducidas a un tamaño mínimo para caber en las tablas que las organizan, siendo entonces necesario ampliarlas para que sean visibles. El formato de la tesis está preparado para usarse en Flash™, pero por razones de accesibilidad se presenta en un PDF para esta instancia. En esta versión PDF tanto los hipervínculos como celdas activas no están activados dado los problemas que podría ocasionar al ser una lectura abierta y no programada. Por tal motivo se presentan ambas funciones como nuevas diapositivas en el PDF, siempre a continuación del mapa de donde provienen y claramente señaladas en azul, con su respectivo mapa de origen en gris. Esto facilita la lectura y control de las diapositivas según las decisiones del lector. Con respecto a la numeración de páginas, secciones y capítulos, la versión completa aquí presentada tiene las páginas numeradas de manera corrida, pero cada uno de los cuatro Atlas tiene su propia organización interna según su sub-índice indica, a fines de facilitar la lectura de cada parte individualmente. Esto se hizo ya que son documentos complejos y compactos, pensados para utilizarse de forma independiente, pudiendo variar la secuencia o momento de su lectura sin perder continuidad con la totalidad de la tesis.

“Tecno-morfología como estrategia de diseño: *entre la teoría y la práctica*”

Tesis Doctoral, 31 de julio de 2012

Autor: Pedro Reissig

Director: Silvio Grichener

Sede: Centro Laboratorio de Morfología del Instituto de la Espacialidad Humana
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires.

Indice

1. Tecno-morfología como campo transdisciplinario (páginas 5 – 102)
 - 1.1 Prólogo
 - 1.2 Objetivos
 - 1.3 Fundamento
 - 1.4 Antecedentes y contexto actual

2. Dispositivos Didácticos para la Tecno-morfología (páginas 103 – 216)
 - 2.1 Introducción
 - 2.2 Design Puzzles
 - 2.3 Crecimiento y Forma Vegetal
 - 2.4 Proyecto Integrador
 - 2.5 Antro-Portancia
 - 2.6 Cocina Estructural

3. Atlas Tecno-morfológicos (páginas 217 – 495)
 - 3.1 Introducción
 - 3.2 Atlas de Catenarias
 - 3.3 Atlas de Tejidos
 - 3.4 Atlas de Origami Fluido
 - 3.5 Atlas de Tenseguridad

4. Conclusiones (páginas 496 – 522)
 - 4.1 Reflexión y futuro
 - 4.2 Referencias
 - 4.3 Créditos

Terminología

Los siguientes términos utilizados en la tesis no son de uso corriente ni acepción oficial, siendo sugeridos por el autor acorde a las definiciones que las acompañan y están puestos en orden de importancia y/o aparición en los textos.

Tecno-morfología: se refiere a la teoría central de la tesis y también es propuesto como sinónimo del diseño basado en los principios rectores de la morfología estructural encontrados en la naturaleza. En el léxico actual existen dos instancias que pueden beneficiarse del término propuesto: a escala de diseño industrial no existe una palabra específica para referirse a este enfoque y a escala arquitectónica se viene denominando “estructuras livianas”, término considerado poco útil y confuso.

Antro-portancia: el uso del cuerpo humano en situaciones diseñadas para explorar su comportamiento estructural con fines didácticos.

Design Puzzles: es material didáctico concreto (físico) diseñado para asociar los atributos básicos de la forma (proyectual) en actividades lúdicas y/o pedagógicas. Se pueden emplear como un rompecabezas morfológico, pero está pensado para explorar la generación abierta de distintas composiciones que asocian el rigor geométrico con sus consiguientes lecturas estéticas.

Trenzas matemáticas: una estructura tejida linealmente por elementos unidimensionales en donde sus dos puntas están unidas, cerrándolo en un circuito (afín a los nudos matemáticos).

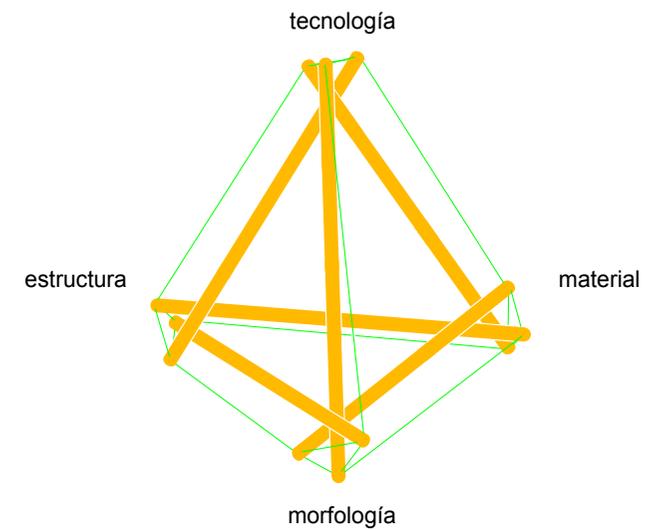
Cocina Estructural: en primera instancia se refiere a una actividad didáctica usando la cocina como laboratorio de experimentación para asociar formas, tecnología y materiales de manera estructuralmente lógica. También se propone emplear el término para referirse al diseño de cualquier producto comestible en donde se logra una forma resistente, afín a lo que ocurre con las estructuras edificadas. Ejemplos incluyen desde cucuruchos hasta un baguette.

Trans-folding: el diseño de un sistema de pliegues sobre un elemento bidimensional en donde cada doblez modifica la configuración espacial y gráfica del objeto simultáneamente. Es afín al origami pero con dos variantes: las situaciones logradas son modificables en cualquier dirección de secuencia (y deben modificarse para lograr sucesivas transformaciones) y el plano contiene información visual que también se modifica según la lógica de los pliegues, uniendo el resultado espacial al gráfico.

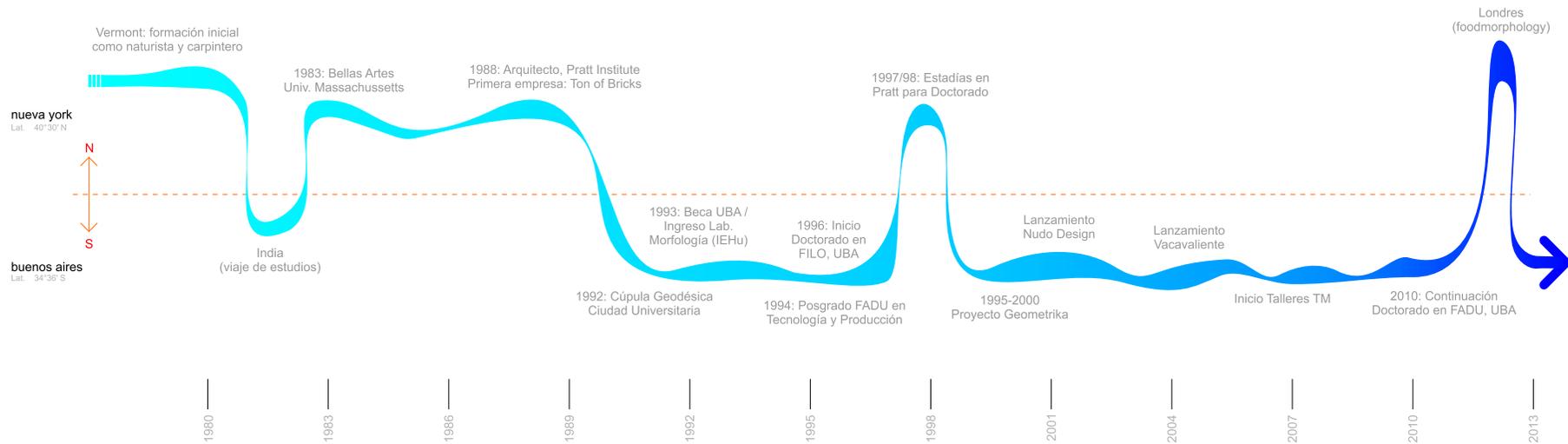
Uniforma: una forma que tiene la mayor cantidad de relaciones lógicas posibles con otras formas dentro del conjunto. Es una idea para trabajar con conjuntos de mínimas piezas y máximas posibilidades, afín a lo que en la naturaleza se considera “mínimo inventario, máxima diversidad”.

Nota- los términos sugeridos en *Nuevas Ideas dentro de cada Atlas* están definidos en esas instancias.

1. Tecno-morfología como campo transdisciplinario



1.1 Prólogo: una búsqueda personal



Línea de Vida

La ilustración Línea de Vida grafica el camino de búsqueda cuyos resultados se presentan en “Tecno-morfología como estrategia de diseño: *entre la teoría y la práctica*”. Previo al recorrido que cuenta el prólogo cabe mencionar que nací acá en Argentina y a los 5 años emigramos a Nueva York. En 1980 terminé el colegio secundario en una escuela de campo, aprendiendo a vivir en y con la naturaleza. Aprendimos oficios (*arts & crafts*), carpintería en mi caso, construimos una cabaña de leños a mano y dedicamos muchas horas a conocer la vida silvestre, usando los famosos “*field guides*” de la flora y fauna local de Vermont.

Cuando me recibí quería estudiar biología pero pospuse la decisión hasta viajar a la India durante unos meses, luego de los cuales me decidí por el arte como punto de partida. Así comencé la carrera de Bellas Artes en la Univeristy of Massachusetts en 1983 para luego terminar estudiando arquitectura en el Pratt Institute de NY, recibéndome en 1988. El Pratt era un lugar

vibrante, no solo por estar en la ciudad de Nueva York en una época difícil pero intensísima de su historia, sino también porque ahí se estaba gestando un grupo de trabajo muy interesante dedicado a la morfología estructural y experimental liderado por dos personas que marcaron muy fuerte mi posterior carrera en arquitectura y diseño. Uno de ellos fue Vittorio Giorgini (pionero y destacado arquitecto italiano quien logró realizar la primera construcción de superficies continuas de doble curvatura (Casa Saldarini. Italia, 1962). El otro fue el morfólogo Hareh Lalvani quien se había doctorado recientemente con Buckminster Fuller y aun estaba bajo el efecto. Su manera de entender y hacer morfología era como un monje de claustro, saliendo cada tanto a la superficie por un bocado de aire (y también para dar sus talleres en Pratt y a veces sus charlas en Ted).

Recibido, me dediqué unos años a hacer y diseñar muebles experimentales basados en principios de la morfología estructural. Esta fue mi primera empresa (Ton of Bricks) y donde empecé a desarrollar una veta emprendedora que daría el impulso para convertir mis ideas (buenas o malas) en proyectos concretos de ahí en más. El pasaje de la escala arquitectónica a la de producto es significativo ya que en el primer caso el peso propio de la construcción es el desafío principal a nivel estructural. Fue en esa época que decidí dedicarme por completo a volcar lo que había aprendido en arquitectura al campo objetual. Parecía ser una idea emergente y lógica (asociar la morfología estructural al diseño industrial) y llamaba mucho la atención que a pesar de todo el interés que se estaba cultivando alrededor de los avances en biología para informar a la arquitectura, poco y nada se veía a escala producto. El más grande referente del diseño industrial en ese momento era Philip Stark, fiel representante del diseño como instancia artística y expresiva, muy interesado en la imagen y significado del diseño como ícono sobre todas las (otras) cosas.

Mis intereses iban por otro lado, buscando maneras más sistemáticas de concebir productos, más relacionado con lo que estaba pasando en el campo de las estructuras livianas representadas en ese momento por arquitectos como Norman Foster, Renzo Piano y Richard Rogers. El Centro de Estructuras Experimentales del Pratt estaba pesquizando códigos y sistemas aplicables al medio ambiente construido (*shape grammar*), en cierto sentido como venía pensando Christopher Alexander en términos metodológicos, pero con un lenguaje mucho más urbano, contemporáneo y relacionado con la tecnología que generaba las obras. Estas ideas hoy en Pratt (y otros lugares del mundo como el Institute for Lightweight Structures de Stuttgart) se fueron convirtiendo, en gran parte por la impronta de las computadoras, en diseño paramétrico con fuertes lazos hacia la biomimética y biomecánica. El lado negativo del creciente y robusto poderío de la capacidad computacional fue que se empezó a dejar de lado los métodos y técnicas de búsqueda de formas (*form finding*) más empíricos y directos, instancias que parecen acercarnos más a las esencias de esta parte del diseño que si queda exclusivamente en la pantalla como imágenes virtuales. Esto no es una apología de la anterior generación y cultura de investigación y diseño experimental en

contra de la digital, sino una apreciación de que ambos se pueden nutrir recíprocamente en beneficio mutuo, por lo que conviene ser cuidadoso en relación a lo que se deja de lado en aras del progreso.

En 1991 vine a vivir a Buenos Aires donde recibí una beca de investigación UBA comenzando en 1993, instancia que marcó el inicio de este proyecto de investigación que ya abarca 20 años. El proyecto de tesis de aquella beca hizo foco en sistemas de estructuras livianas en la arquitectura, sobre todo con las macro estereo estructuras. Durante el primer año tuve la suerte de poder concretar el proyecto de la cúpula geodésica que está ubicada en la Plaza Interfacultades. El proyecto fue feliz porque se concretó, aunque quedó a mitad de camino dado que faltaba la membrana tensada que daría cobijo contra el sol de verano y la lluvia de invierno. Mi rol en ese proyecto fue la idea, diseño y co-dirección, gracias a la gestión de Mederico Fevre.

En 1994 inicié la carrera de Especialización en Tecnología y Producción del Hábitat bajo la dirección de Silvio Grichener, experiencia que marcó un antes y un después en mi interés por los procesos productivos, la cultura tecnológica y sobre todo por la idea de proyecto ancho que pretendí aplicar en mis propios emprendimientos a partir de ese momento.

Luego en 1995 recibí otra beca UBA destinada a realizar un doctorado, pero dado que en ese momento la FADU no ofrecía un programa doctoral fui a hacerlo a Filosofía y Letras en el área Ciencias de la Educación. Esa etapa (1996 - 2001) representa la primera fase de esta investigación, cuyo título original fue "Hacia una Praxis de la Morfología Estructural: *un marco didáctico disciplinar*", dirigida por Haresh Lalvani del Pratt Institute, NY. En el periodo que cursé los seminarios y avances de tesis en FILO, fui gestando algunas de las bases de las situaciones didácticas posteriormente convertidas en dispositivos organizados para el aula. Si bien la experiencia de transitar por esa disciplina (seminarios, bibliografía, ensayos, intercambio con nuevos colegas) resultó un poco ajena a mi formación, pude ver con el paso del tiempo que la travesía por ese terreno me dio puntos de referencia para enriquecer la construcción de contenidos y métodos organizados en los dispositivos didácticos.

Como parte de esa primera etapa del doctorado en FILO realicé varios viajes a Pratt como académico visitante en donde fui definiendo el perfil y función de los Atlas que luego tomaron vuelo en la fase final de la tesis en base a experiencias con los procesos de diseño que emprendí de manera directa y concreta, detallado más adelante. Las estadías en el Pratt me pusieron en contacto nuevamente con quien había sido mi mentor durante la carrera y fue en base a ese nuevo intercambio, ya dentro del contexto de la tesis, que se fue sembrando la idea y procesos que aparecieron luego en los Atlas. El trabajo de Lalvani es considerado como estado del arte en la búsqueda del genoma morfológico y se enmarca dentro de su trabajo

global conocido como el “morfo-verso”, en alusión a mapear todas las combinaciones posibles de las transformaciones morfológicas en un universo potencial e infinito basado en la menor cantidad de elementos básicos generativos. Esta idea es claramente afín a la de ADN en la biología, y él mismo usa un meta lenguaje de esa disciplina buscando la máxima diversidad con el menor inventario posible. De aquí se desprende la importancia de la biología en el diseño, reconociendo sus tres reglas básicas: todo tiene un origen, todo se transforma y todo tiene un código. La información que hoy nutre el diseño cada vez más proviene de las ciencias, más allá de la biología, incluyendo la química, cristalografía y otros campos afines al estudio de procesos generativos y transformativos. Es en base a estos conceptos claves y universales de la vida orgánica que los Atlas encontraron su inspiración para definir su identidad abierta basada en procesos de generación y transformaciones continuas.

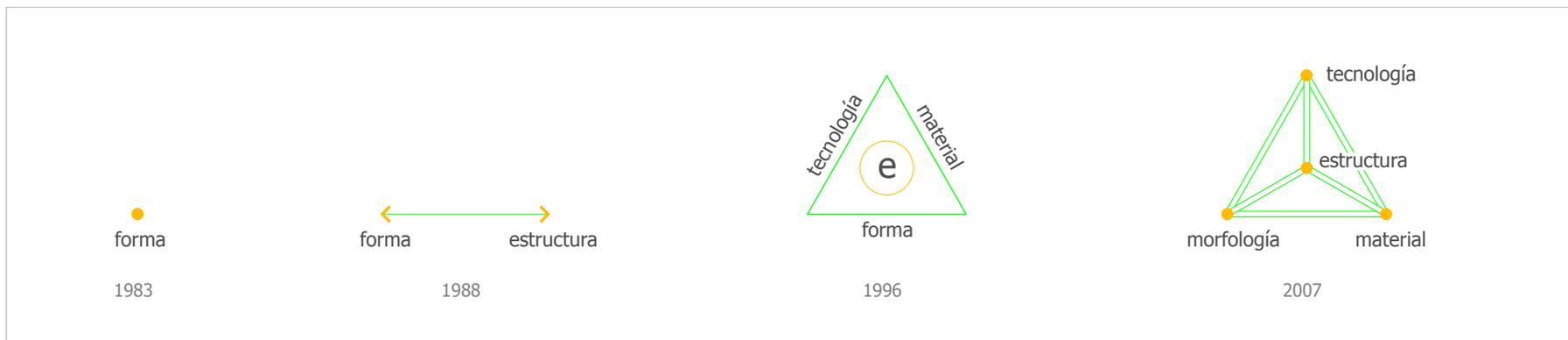
En paralelo al trabajo doctoral de esa época, emprendimos con Alfredo Cattán un proyecto para el diseño de material didáctico morfológico, llamado Geometrika: *mindful play, playful mind*. Logramos producir e insertar varios de estos productos para uso en escuelas secundarias de EE.UU., en Universidades nacionales y también para recreación geométrica en general. Fue un campo de experimentación en diseño, didáctica y empresarial. Las primeras dos muy felices y exitosas para nosotros, la tercera llena de lecciones.

Desde esa instancia empezaron a converger intereses en unir distintas ideas y de achicar algunas brechas. Principalmente a unir teoría con práctica, diseño con construcción/producción y vida profesional con vida académica. Estas brechas están no solo en las circunstancias y expresiones externas, sino en las formas de pensar y vivir de uno mismo. Tuvo que ocurrir un colapso personal de todo lo conocido y querido a partir del año 2000 para que volviera a definir algunas cuestiones que derivaron en lo que se y hago hoy y aquí.

En primer lugar armé mi propio estudio de diseño y producción, llamado Nudo Design. Desde esa plataforma se gestaron varios proyectos y emprendimientos, principalmente el conocido como Proyecto BKF (2002) y la empresa Vacavaliente (2004). Ambas son expresiones fieles de sistemas de diseño y producción yendo de la mano. Ambas también implicaron mucha participación directa en el armado de prototipos, sobre todo en Vacavaliente, donde hasta las partidas pilotos se hacían a mano, una por una. Fue gracias a los resultados positivos de estos dos proyectos que decidí explicitar y ordenar lo que algunos me preguntaban por medio de la frase “¿cómo es el proceso de diseño que hay detrás de tus productos?”.

Por otro lado encontré en mi actividad académica un renovado interés y actitud, producto de varios factores pero principalmente atribuible a la experiencia directa con resultados concretos en mis propios emprendimientos de diseño llevados a la producción (Vacavaliente ya tenía productos en 25 países en el 2007). Este interés se materializó en la

conformación de un nuevo taller de diseño universitario titulado igual que la tesis: “Tecno-morfología como estrategia de diseño”. Este espacio ha servido de plataforma para disparar distintas actividades que se venían desarrollando como temas puntuales, que por fin encontraron un hilo conductor. Comencé a dar conferencias, cursos y talleres alrededor de este eje con una estrategia que me parecía daba buenos resultados, medidos a través del interés, participación y devoluciones que recibía de parte de alumnos y colegas. La estrategia era bastante básica: buscar relacionar los temas centrales de la Tecno-morfología con vivencias aprehensibles y al alcance de los estudiantes, sea el propio cuerpo, la naturaleza, la comida, etc. Los puntos geográficos donde se empezaron a anclar estas actividades fueron principalmente Colombia y Uruguay, aunque también se realizaron actividades en Chile, Brasil y EE.UU. pero sin la continuidad de los primeros mencionados. En el plano nacional empecé a realizar actividades puntuales en distintos lugares del país (UNC y UCC, ambos de Córdoba y un par de encuentros en la Universidad Nacional de La Plata). En Buenos Aires mi actividad en la FADU se ha concentrado en seminarios dentro de la Maestría en Lógica y Técnica de la Forma, al igual que en la Universidad Torcuato Di Tella donde trabajé en una nueva curricula para Estructuras en el grado además de un seminario que ha ido creciendo en el posgrado de Arquitectura y Tecnología año a año, produciendo una publicación de cada seminario realizado con los resultados a modo de registro y creación de masa crítica.



El esquema más arriba representa la transformación de una idea convertida en un proyecto, graficado como un punto convertido en línea, esta convertida en plano y finalmente en volumen. Esta representación metafórica es el resultado de la evolución de un proceso que se fue construyendo en relación a la Tecno-morfología, marcado por distintas fases muy claras. La primera relación establecida de manera explícita y manifiesta con la Tecno-morfología comenzó durante la carrera de Bellas Artes donde mi interés se concentraba en la Forma y sus distintas expresiones artísticas. La siguiente etapa fue resultado de hacer la carrera de arquitectura, pudiendo relacionar Forma con Estructura a través de proyectos de diseño. Aquí hago un paréntesis para hacer mención del contexto en la cual estaba inmerso el Centro de Estructuras Experimentales en Pratt (donde hacía la carrera), cuya visión morfológica a veces lo llevaba a la confrontación con las ideas de arquitectos como Frank Gehry o Zaha Hadid, quienes si bien compartían un claro interés en la morfología, no estaban interesados en su relación intrínseca con la estructura dentro del proyecto arquitectónico. Era una época donde el posmodernismo se apagaba y nuevas visiones emergían como el deconstructivismo, también con cierta afinidad con la morfología estructural practicada en Pratt, pero claramente con otra agenda y visión. La siguiente fase de transformación en unir estas cuatro áreas en mi formación empezó a aparecer unos años más tarde cuando inicié mi carrera de investigador en la UBA, instancia en que reconocí la importancia de los materiales como determinante en la relación Forma / Estructura. Esto implicaba entender a los materiales como estructuras en si, como relata J.E. Gordon en "Structures: or Why Things Don't Fall Down" (2003) y no como materia inerte disponible en un corralón o catálogo de componentes tipo Sweets™ o Neufert™. En ese momento comencé a entender a la Tecnología no como un recurso sino como la estrategia a través de la cual los materiales cobraban función y sentido. Esta comprensión se diagrama en el esquema fechado 1993 y fue potenciándose hasta llegar al diagrama actual de 2007 que representa la tesis, el tetraedro con sus cuatro componentes pensados como un continuum dentro del proyecto de diseño.

La idea de retomar el doctorado se concretó gracias al apoyo de Roberto Doberti, a quien agradezco de corazón, quien me convenció que valía la pena terminarlo, y sobre todo en la FADU. El tema era el de siempre, la Tecno-morfología, pero esta vez con unos años más de experiencia por lo que tuve que redefinir el modo de consolidar el trabajo en una única tesis. La decisión fue bastante natural: darle un marco conceptual claro y fundamentado, proponiendo la reconfiguración de saberes desarticulados y luego mostrar y demostrar las bajadas en el aula y en el diseño. La idea de hacer una tesis visual cobró fuerza y se comenzó a atar cabos sueltos y unificar criterios. Es ahí donde la ayuda de Silvio Grichener ha sido invaluable, siendo él un virtuoso en el arte de trazar la línea fina entre la voz interna (muchas veces desprolija o hasta impresentable, pero al fin es la verdadera voz) y la expresión externa (necesariamente formal y rigurosa para ser comprendida por terceros).

Para redondear la parte biográfica del prólogo, falta decir que a partir del 2010 tomé un sabático de mi propia empresa para descansar de la actividad externa y dedicarme de pleno a la tesis acá presente. Es así que el trabajo se fue construyendo por partes, pero siempre bajo un plan global. En este sentido tanto los Atlas como los Dispositivos Didácticos nacieron en distintos momentos de la investigación, según motivaciones y condiciones particulares, las cuales creo vale la pena explicitar para dar debida cuenta del qué y por qué de ellos.

Quiero agregar que desde que el proyecto Cocina Estructural fue cobrando impulso, lo fui convirtiendo en un foco de investigación propiamente dicho, como explicito más adelante en la sección dedicada a ese proyecto. Hace poco más de un mes presenté oficialmente esta línea de investigación en el Primer Congreso Internacional sobre Diseño de Alimentos en Londres, (y un PechaKucha dedicado al tema para Europa) cumpliendo una meta de poder dar cuenta de esta nueva veta dentro de la Tecno-morfología y exponerla ante la mirada de un público y colegas idóneos. El resultado fue muy alentador y marcó el comienzo de una nueva etapa de lanzamiento de Cocina Estructural (*Food Morphology*).

Los Atlas son apuntes emprolijados y patrones de pensamientos articulados que reflejan el proceso que hay detrás de estos proyectos, extensibles a distintos temas e intereses relacionados con métodos e instrumentos en el proceso de diseño. Si bien dos de ellos se hicieron retrospectivamente (Catenarias y Tejidos), los otros dos se hicieron primero y luego se utilizaron como método generador para crear los resultados vistos en los Anexos Productos Concretos en los Atlas correspondientes (Tenseguridad y Origami Fluido). Los Atlas están pensados como posibles modelos a ser extendidos a diversos contextos según materiales, tecnologías, formas y estructuras. Se espera que las propuestas concebidas en base a los ejemplos aporten nuevas y relevantes oportunidades para la profesión, industria y mercado de diseño al consolidar un sistema innovador y eficaz para su puesta en producción real. Cada Atlas nace con otra motivación y otra dinámica, aunque todos comparten algunos rasgos y metodologías, más allá de perseguir un mismo objetivo: poder ampliar nuestra visión y comprensión en relación a la Tecno-morfología. La decisión de tomar cada uno de los cuatro temas y desarrollarlos en un Atlas es en parte resultado de una decisión personal y en parte una decisión racional. En el fondo hay motivos para pensar que son lo mismo, el gusto y el fundamento, tratándose de un trabajo de investigación realizado en el tiempo, interactuando con el contexto externo (becas, oportunidades y posibilidades) y también por cómo evoluciona el conocimiento y conciencia en relación a las decisiones que se fueron tomando.

El razonamiento sobre el cual se eligieron estos cuatro Atlas comienza con el primer caso (Catenarias) que involucró el diseño de una familia de mobiliarios basados en el conocido sillón BKF, tomando las redes catenarias como Tecno-morfología para la creación de nuevos modelos. Esto impulsó la investigación con fines productivos en el sentido amplio de la palabra.

Se consiguió un socio productor (Interieur Forma/Knoll Argentina) para hacer el desarrollo y puesta en producción. Una de las premisas con la que se trabajó este caso fue la simplificación formal y productiva, ambos de la mano. Esto llevó a pensar a las estructuras metálicas de modo que se pudiera fabricar con una varilla continua en vez de soldar distintos segmentos y a las membranas colgantes para utilizar la menor cantidad de material posible, pero dando la máxima resistencia. Esto último justificó el uso de las curvas catenarias en dos y tres dimensiones, dado que ofrecían la mayor resistencia a la tracción y resultaron ser muy fáciles de ajustar para una óptima ergonomía, dado que se auto regulaban por peso propio.

Durante la búsqueda para diseñar y producir las membranas catenarias de los muebles BKF surgieron cuestionamientos acerca del carácter estructural del cuero (y las membranas en sí), intrigados por la posibilidad de que estos funcionasen con la misma lógica performativa que otros materiales en relación a su capacidad estructural. Es notable que materiales como el hormigón sean fácilmente configurables para darle mayor resistencia según las solicitaciones mediante distintas estrategias, principalmente su forma y su materialidad. En cuanto su forma generalmente se ve reflejada en un aumento de su sección en relación a las cargas soportadas (con ahuecamiento en el centro), y en cuanto a su materialidad, operan generalmente dos variables tecnológicas que modifican los valores necesarios para resistir dichas cargas. Por un lado la fórmula misma del hormigón tiene muchos variables que inciden en su resistencia (procesos químicos) y por otro lado la inclusión de los fierros hace que la capacidad de resistir tracción aumente notable y controladamente. En base a este pensamiento fue que se llegó a la idea de pensar el cuero como material estructural, pasando por distintas estrategias, fundamentalmente en aumentos de espesor y reconfiguración de formas. En cuanto la primera estrategia se llegó a desarrollar un cuero laminado con distintos espesores según las cargas, proceso interesantísimo pero engorroso y poco eficiente dado que implicaba un uso poco racional del cuero ya que no es un material fluido (por ahora) y el proceso requería cortar franjas de distintos tamaños y formas para aumentar el espesor en las partes de mayor sollicitación. En el sillón clásico BKF esto describía las dos líneas de tracción yendo de vértice a vértice opuesto diagonalmente, creando una cruz catenaria.

Al descartar este procedimiento por considerarlo ineficiente y poco sustentable, se llegó a una idea que terminó llamándose Origami Fluido, motivo del tercer Atlas, que consistió en encontrar formas auto-portantes para cuero reconstituido, afín a la chapa doblada pero en vez de pliegues se podía moldear el cuero con doble curvatura y superficies continuas. Esta realización abrió el camino para una investigación exhaustiva en maquetas de goma (eva) durante varios años hasta poder identificar rasgos suficientemente distintivos y sistematizables como para constituir un lenguaje propio y con lógica Tecno-morfológica para este material flexible y planar, afín a lo que el Origami tradicional desarrolló con el pliegue y papel.

En el caso del Atlas de Tenseguridad, también a raíz de una oportunidad de crear un proyecto arquitectónico basado en la liviandad, flexibilidad y transparencia de espacios y mobiliario, se decidió emprender una investigación detallada y aplicada incluyendo modelos físicos de resistencia para medir y comprobar la viabilidad de uso como productos reales. Esto dio pie a una sistematización de diversos modelos y morfologías según la función y características de los distintos espacios y usos concebidos.

En cuanto al cuarto Atlas (Tejidos), este fue resultado de una inquietud que comenzó con el Origami Fluido en el 2003, buscando crear el lenguaje físico/espacial para el cuero reconstituido. Se investigó en campos paralelos o vecinos buscando antecedentes de sistematización de operaciones físicas (materiales) mediante tecnologías determinadas para lograr formas espaciales con integridad estructural. Se buscó en dos lugares lógicos, la nudología (rama de la topología dedicada a estas formas) y en el campo textil, buscando estrategias morfológicas en relación a los distintos géneros que existían (Ej.: tejido plano, de punto, macramé, etc.). También se investigó el campo de las sogas y trenzas por considerarlos instancias intermedia entre el nudo y el tejido. De ahí quedó claro que había una conexión entre estas áreas, dimensiones e industrias, con lo que se puso manos a la obra para poder terminar la tesis con un Atlas unificador de ideas y técnicas existentes pero hasta el momento, disociadas.

En retrospectiva se ve el hilo conductor que unió los cuatro proyectos, si bien no había nada implícito en que fueran estos cuatro y no otros, la lógica y relevancia entre ellos parecía evidente y suficiente justificación para presentarlos en un compendio en nombre de la tesis.

Los métodos y alcances en cada Atlas son explicitados el comienzo del mismo y en tres de los cuatro casos se concluye con una sección llamada "Nuevas Ideas". Estas secciones son semilleros de ideas que nacieron en algún momento de la investigación, pero dado que el alcance de los Atlas es demarcar y denotar un territorio como forma de pensar, más que proponer nuevas tipologías, las Nuevas Ideas quedaron como un borrador a seguir pensando e investigando. Cada Atlas tiene su propia estética y estilo, adaptado al tema abordado y el enfoque dado. Esto fue una decisión ponderada ya que se aspira a ofrecer un cuerpo de trabajo unificado no solo a nivel conceptual, sino también visual (estético), pero sin sacrificar las necesidades expresivas de cada Atlas. En algunos aspectos se comparten formatos y técnicas, pero en otros aspectos cada Atlas pedía códigos, terminología y gráfica específica del caso. En todos los Atlas se comparte una estructura de introducción a modo de contexto, definiciones generalmente ilustradas, un compendio de Mapas mostrando distintos casos según las variables y valores empleados, una discusión acerca de nuevas ideas resultante de la investigación (salvo Origami Fluido) y posteriormente se ofrece un Anexo mostrando en algunos casos los métodos de investigación graficables, y en todos los

casos se muestran casos concretos realizados por el autor de resultados de diseño de productos basados en los temas propios de cada Atlas.

En relación a los Dispositivos Didácticos, también tienen su origen y razón de ser, amén que siguen siendo decisiones y preferencias personales, más aun en un campo como la didáctica donde los métodos y contenidos están en continua revisión y transformación. Debe ser uno de los campos más difíciles de cuantificar, por lo menos mientras el rol del docente siga siendo importante (por no decir esencial) lo que implica que más allá de las teorías didácticas está la incidencia de la persona y personaje docente, junto al contexto y cultura educativa de la institución y sociedad en la cual está inmersa. Esto lo sé por experiencia propia, por haber transitado seis años en el programa doctoral de ciencias de la educación en la Facultad de Filosofía y Letras, y por mi experiencia como docente y haber trabajado en diseño de contenidos curriculares.

Dicho todo esto, queda por explicitar cada uno de los dispositivos didácticos expuestos en esta tesis. Para no ser redundante, dejaré la descripción más precisa de cada uno de ellos para la introducción de los mismos, presidiendo su presentación más abajo, pero por ahora alcanza hablar de lo qué motivó y justificó cada uno de ellos. Enumerados en orden de aparición están:

- Design Puzzles fue concebido a comienzos de 1990 jugando con unas galletitas rotas, buscando relaciones lógicas (Uniformas) que explicasen su modo de fragmentación, lanzado oficialmente en el aula universitaria en 1995.
- Crecimiento y Forma Vegetal fue imaginado mientras escuchaba una ponencia sobre el diseño con bambú en un congreso de estructuras en 1993 y luego explorado en mi propio jardín a partir de 1994, lanzado en el aula 5 años después como trabajo práctico en un taller.
- Proyecto Integrador de Tecno-morfología como Estrategia de Diseño fue imaginado poco a poco durante el posgrado con Grichener y fue lanzado como materia en el 2007 cuando vi que los alumnos perdían interés en lo que les decía acerca del diseño industrial si no les hablaba desde mi propia experiencia y en términos que ellos pudiesen relacionar con sus vidas reales.
- Antro-Portancia fue una decisión lógica cuando vi lo difícil que era para estudiantes de arquitectura intentar cursar Estructuras tantas veces frustrado. Ahí me di cuenta de que si lo veían desde su experiencia personal se volvía un tema relevante para ellos. Además que les permitía jugar, explorar y aprender de manera visceral y duradera acerca

de temas muchas veces demasiado abstractos para ellos. Empecé a formalizar los ejercicios y soporte teórico en el 2008.

- Cocina Estructural es de los proyectos pedagógicos que más interés ha generado en alumnos y colegas desde su creación en 2007. Creo es porque a todos nos gusta comer y hay una relación intrínseca entre el diseño y los alimentos. El referente en este campo para mí sigue siendo Leonardo (Da Vinci), gracias a sus experimentos multifacéticos plasmados en un poco conocido librito llamado “Notas de Cocina”. Este campo experimental lo propuse como un recorte específico llamado *food morphology* en inglés y forma parte de un gran campo emergente a nivel mundial conocido como Diseño de Alimentos.

Fin de prólogo personal.

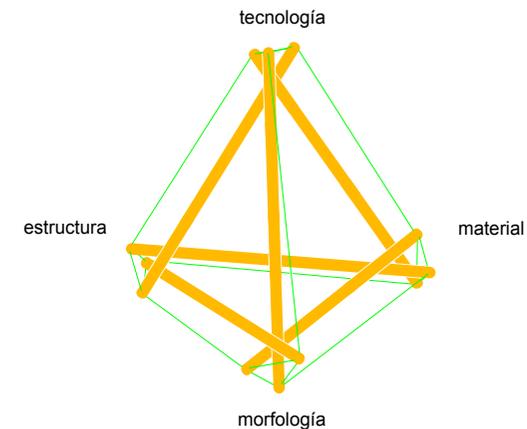
Pedro Reissig, julio de 2012

1.2 Objetivos

Esta búsqueda se basa en pensar un nuevo campo transdisciplinar que se sustenta en dos ejes básicos: dispositivos didácticos y un compendio de Atlas Tecno-morfológicos, ambos a continuación descriptos en más detalle.

Se propone un nuevo campo transdisciplinar llamado Tecno-morfología en donde se integran cuatro áreas o saberes existentes: tecnología, morfología, materiales y estructura. Se considera que estos cuatro aspectos del diseño se han ido separando en los últimos siglos debido a la creciente especialización y complejidad de la producción del hábitat, sabiendo que históricamente estos saberes eran integrales y unificados como práctica de construir y producir objetos. Podríamos marcar simbólicamente el punto de inflexión de este fenómeno a partir de la utilización de los trazados geométricos en la construcción de la Catedral de Milán (*Duomo di Milano*) a fines de la Edad Media. Esta fragmentación del conocimiento genera distintos problemas y limitaciones, entendidos como brechas a reducir. Se pueden visualizar estas brechas en diversos contextos dentro del campo de diseño, principalmente entre: teoría / práctica, educación / profesión y diseño / producción. Uno de los objetivos de la tesis es ayudar a reducir estas brechas, creando un saber proyectual más unificado y coherente en relación a las áreas mencionadas. Los límites que abarca esta idea llegan hasta el pre-diseño, es decir que la Tecno-morfología genera formas físicas como materia prima para luego ser convertida en productos reales. La Tecno-morfología como campo transdisciplinar de proyecto no incluye consideraciones sobre la función y significación, ambos teniendo como su alimento principal la demanda de formas físicas.

Si se le diera una forma representativa a la tesis, esta podría ser pensada como un tetraedro ya que cada uno de sus cuatro vértices (y caras) se relaciona de forma directa con los otros tres, convirtiéndolo en una recíproca e integral. Cada uno de sus vértices representa una de las cuatro áreas a integrarse. Hay una segunda lectura implícita en el tetraedro y trata de sus polos opuestos y complementarios (representado por sus aristas perpendiculares), cambiantes de posición relativa pero nunca de sentido y contenido: forma / estructura y tecnología / material. Llevando esta analogía un paso más lejos, podríamos imaginar al tetraedro diseñado como un sistema de tensegridad, convirtiéndolo en un cuerpo abierto y flexible pero a su vez estable, mientras que se vuelve definido y comprensible solo si es tomado en su totalidad. La imagen al lado ilustra este concepto.



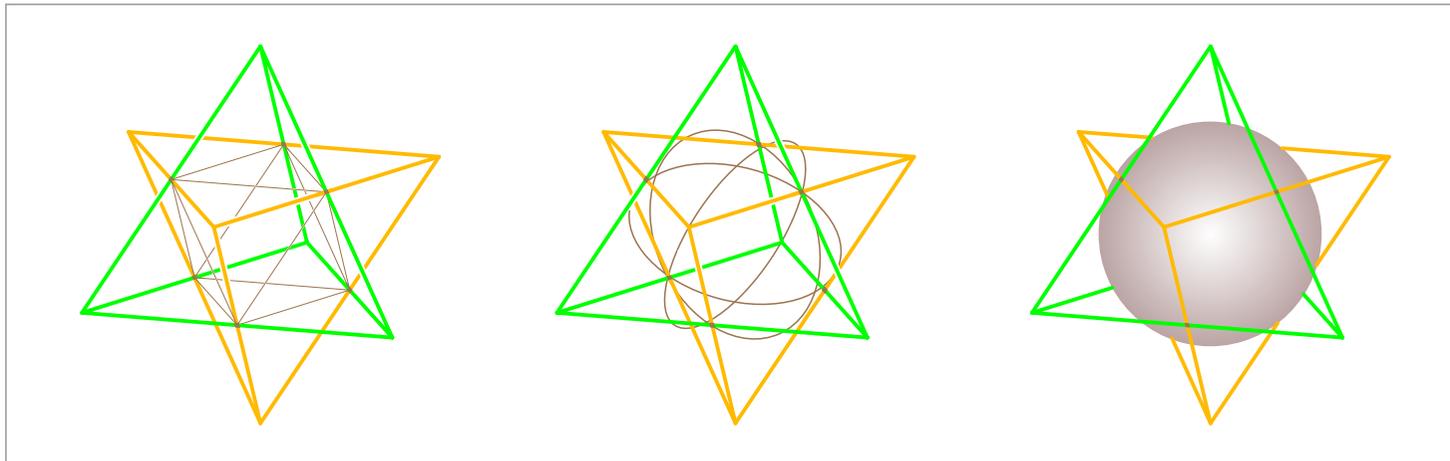
1. El primer eje lo constituyen Dispositivos Didácticos diseñados para trabajar con la Tecno-morfología en el aula. Consiste en una serie de ejercicios (actividades materiales) que se pueden usar por separado o en conjunto. Tienen que ver con métodos y contenidos que han demostrado ser útiles en la motivación, comprensión y arraigo de las ideas básicas que propone la Tecno-morfología como área de conocimiento proyectual.

2. El segundo eje se inspira en la noción de catálogo* (Atlas) Tecno-morfológico como complemento a una idea de Bryan Lawson (1980) quien describe al diseño como un proceso cíclico que atraviesa las etapas de análisis / síntesis / evaluación, las que se repiten hasta satisfacer las condiciones del diseño. Para que el ciclo pueda funcionar cada una de las etapas requiere o implica un catálogo de arquetipos más o menos formalizados para desarrollar adecuadamente las operaciones de selección y combinación que van definiendo a la forma. Se considera que la idea del catálogo opera tanto en el inconsciente como en el consciente. En este sentido uno de los objetivos de esta investigación es proponer un modelo que haga explícito los catálogos de arquetipos para que sea lo más útil posible como recurso didáctico. El catálogo objetiviza lo que muchas veces opera en el subconsciente. Esto implica poder reflexionar acerca de la idea de catálogo mental de arquetipos formales para entender mejor hasta qué punto opera en nosotros y cuáles son las consecuencias de este particular hecho en el proceso de diseño.

**Los catálogos tal como los definimos son conjuntos sistemáticos de soporte para el diseño, como son los que se proponen en "A Pattern Language" (1977) y "The Atoms of Environmental Structure" (1967) de Christopher Alexander, o la sistematización de temas y motivos de Erwin Panofsky en "Meaning in the Visual Arts" (1955). Hay muchos tipos de catálogos, desde comerciales, técnicos, de tipologías, materiales, etc. En este contexto los catálogos propuestos pueden ser considerados como un Atlas (compendio de mapas) en cuanto operan como conjunto, no aisladamente. Si bien un fragmento puede ser útil en ciertas instancias, es con la visión completa que una comprensión más global y profunda de un proceso (o lugar o época) puede darse.*

Ambos puntos pueden ser tomados como teorías para la educación de diseño. En el caso de los dispositivos didácticos se atiende un nivel más institucional de la enseñanza ya que implica no solo otra manera de entender estas áreas de conocimiento hasta ahora separadas, sino que también implica repensar los procesos y contenidos de una currícula particular para esta propuesta. En el segundo caso los Atlas son vistos como recursos didácticos para pensar (imaginar y diseñar) la producción de formas físicas en el espacio, con lo que resultan válidos y útiles para instalar en el proceso descrito por Lawson en una etapa inicial de la formación en diseño.

Los dos ejes de la tesis (Dispositivos Didácticos y Atlas) pueden verse como la relación recíproca entre dos tetraedros, que tienen la particularidad de ser la única forma cuyo dual es igual a sí mismo. El tetraedro no solo tiene la condición de ser el primer poliedro posible, basado en el primer polígono posible, sino que ambas formas representan el colmo de la estabilidad por forma (la triangularización en dos y en tres dimensiones respectivamente). Dejando la metáfora morfológica de lado, los dos ejes tienen una correspondencia intrínseca que pueden verse como dos partes complementarias de un mismo pensamiento. Los Dispositivos Didácticos fomentan un aprendizaje estratégico en base a procesos cuya lógica interna une los cuatro saberes en cuestión, mientras que los Atlas explicitan estos saberes de forma visible al usarlos para diseñar. Se propone una lectura del tetraedro como una metáfora para enmarcar pero no para encerrar, a los contenidos (Dispositivos Didácticos y Atlas). En tal sentido se plantea una versión más abstracta del tetraedro como se ve en la ilustración de las tapas de los capítulos 2 y 3, en donde quedan articulados por medio de los vértices, dejando espacio para que los contenidos ocupen el tamaño y forma que necesiten, adaptables y mutables, pero siempre entendidos dentro del marco general propuesto. Es así que la imagen abajo muestra la intersección de los dos tetraedros duales entre sí, con su consiguiente esfera flexible al final de la secuencia.



Definiciones:

Sobre tecnología- es la palabra más difícil de definir tratándose de una perspectiva social y humana, referida a la organización de técnicas aplicadas a la producción de bienes y servicios. Para relacionar la tecnología con los otros tres factores contemplados en la Tecno-morfología, podríamos pensar que toda tecnología tiene una forma (sea física, y/u organizativa), tiene una estructura (a veces tangible, a veces no) y está necesariamente asociada a los materiales ya que se trata por definición en este contexto proyectual de la transformación de los mismos.

Sobre morfología- si bien la definición más amplia de morfología es extensible a los no-objetos, como ser el lenguaje, la cognición, las organizaciones sociales y otras formas complejas intangibles, en esta tesis la palabra se limita a denotar un cuerpo de conocimiento relacionado con el estudio de la forma en su aspecto perceptible, principalmente visual. Esta disciplina en el campo proyectual (*Design Morphology*) tradicionalmente se basa en metodologías y herramientas propias de la Geometría, Topología y Simetría, abocada a la generación y lectura de formas espaciales. Para relacionar a la morfología con los otros tres factores contemplados en la Tecno-morfología podríamos pensar que toda forma es material (estamos operando sobre formas físicas, no abstractas), tiene una estructura (por definición se trata de formas descriptibles y definidas) y está necesariamente asociada a la tecnología para transformar el material en la forma que queremos que tenga.

Sobre estructuras- en el contexto de esta tesis la palabra se refiere a la organización espacial de objetos materiales con la función de ofrecer resistencia contra su colapso o deformación, una definición técnica y adecuada para esta instancia. Para relacionar las estructuras con los otros tres factores contemplados en la Tecno-morfología, podríamos considerar que toda estructura es representada por una forma (hasta las sollicitaciones pueden ser expresadas en diagramas de fuerzas), tiene materialidad (estamos hablando de estructuras físicas) y está necesariamente asociada a la tecnología para haber podido llegar a tener la función que tiene.

Sobre materiales- son los insumos físicos de los cuales disponemos para su transformación mediante cualquier tecnología hasta llegar al estado, formato o características deseadas. Los materiales habitualmente son clasificados según sus propiedades físicas (moleculares) y también según su grado de procesamiento, distinguiéndose entre materias primas y elaboradas (con todos sus gradientes y variables). Para relacionar un material con los otros tres factores contemplados, vale pensar que todo material tiene una forma (varía según la escala en que se le mira), tiene una estructura (a veces invariable a cierta escala como la molecular, casi siempre variable como la presentación o formato comercial) y está necesariamente asociada a la tecnología para adquirir la forma que queremos que tenga.

1.3 Fundamento

La idea de configurar un nuevo enfoque del saber proyectual uniendo áreas hasta ahora desconexas puede ocurrir a distintos niveles e instancias institucionales y disciplinares. Por lo general estas cuatro áreas (tecnología, morfología, materiales y estructuras) de conocimiento y práctica están separadas en cualquiera de estas tres instancias:

- se dividen dentro de una Universidad en Facultades (Arquitectura / Ingeniería)
- se separan a nivel intra Facultad por Departamentos o Áreas (Morfología / Tecnología / Estructuras)
- se fragmentan dentro de un plan de estudios en materias separadas (Tecnología / Morfología / Materiales / Estructuras)

En esta definición de la Tecno-morfología está implícito un enfoque de pensamiento estratégico y transdisciplinario en vez de lo que se conoce como multi-disciplinario. La diferencia reside en que en el primer caso se fusionan conocimientos y culturas sinérgicamente mientras que en el segundo, conviven y comparten proyecto transitoriamente.

Existen otras áreas de conocimiento donde los perímetros se desdibujan y vuelven a dibujar, o inclusive se borran del todo y se tienen que reinventar como ocurrió con la ecología en los años 60 y más recientemente con el diseño comunicacional / computacional. Esto habla de que las ideas y modelos sobre la enseñanza y consiguiente práctica están en crisis lógica dado los cambios en casi todos los sentidos y formas de nuestras vidas y a una velocidad en aumento exponencial.

En relación a esta investigación, la Tecno-morfología propone un modelo reproducible de generación y transformación de formas materiales que puede aplicarse a nuevas tipologías estructurales en la medida que se identifican. Esto abre un camino para futuras investigaciones según se propongan nuevas estrategias y objetivos. La Tecno-morfología es un andamiaje de primera generación que sirve para investigar diferentes recortes de la relación forma / estructura, y a su vez queda abierto a ser mejorado y superado como modelo en sí. Su valor epistemológico reside en ser un modelo concreto que sitúa al diseñador dentro de un marco teórico donde puede experimentar con variables de dimensiones morfológicas en relación a objetos materiales.

El marco Tecno-morfológico propuesto cumple como instrumento para la enseñanza y aprendizaje de la relación entre tecnología, morfología, materiales y estructura en dos aspectos. En primer lugar se pone a disposición del estudiante un sistema concreto de generación de formas/productos con el que se puede interactuar según variables y criterios

seleccionados. Esta interacción se convierte en una situación didáctica en cuanto evidencia la relación directa entre las distintas variables de un conjunto, fortaleciendo capacidades de abstracción, asociación, edición y sistematización de procesos. En segundo lugar, el sistema por ser abierto es transferible a una variedad de contextos según la estrategia o tipología elegida, por lo que el sistema sirve de modelo genérico a ser replicado, extendido y adaptado según contextos y necesidades.

En la práctica real la Tecno-morfología ofrece un enfoque proyectual que busca achicar la brecha entre ideas abstractas y posibilidades viables en la realidad al crear un contexto para la imaginación informada que está a un paso de poder materializarse de manera coherente y fluida. Esto es así dado que los pre-productos concebibles dentro de la Tecno-morfología están más cerca a lo que podemos considerar intrínsecamente conformados con lógica productiva. Esta disminución de la brecha tecnológica, entre el diseño y las nuevas posibilidades de procesos y materiales abre nuevas y numerosas oportunidades para innovar en la profesión.

La Tecno-morfología, además de ser una noción capaz de unificar áreas del diseño que están segmentadas, puede ser una estrategia de diseño en cualquier escala y tamaño en donde la forma expresa una relación explícita y lógica entre el material y las cargas estructurales internas y externas que actúan sobre esta. El término “carga estructural” en este contexto se refiere a la capacidad de una forma tridimensional de ser auto-portante (soportar su peso propio) y que según su particular condición de uso y función, la puede predisponer para resistir cargas externas de manera eficiente, materialmente hablando. En una primera instancia del diseño Tecno-morfológico las expresiones potenciales de un producto no se someten a un cálculo estructural propiamente dicho, más bien son concebidas con lógica estructural, haciendo de estas formas candidatas idóneas a materializarse en la realidad y recién entonces ser dimensionadas adecuadamente. La capacidad de resistir cargas por fuera de su peso propio depende de muchos variables, principalmente de qué tipo y tamaño de cargas están presentes, pero lo importante aquí es distinguir entre una forma que tiene lógica estructural y otra que no la tiene. La lógica estructural de una forma tiene que ver con la relación entre esa configuración particular y su materialidad, sujeta a las leyes de la física. No está de más aclarar que uno de los resultados deseados del presente trabajo es contribuir a aclarar y refinar estos conceptos y definiciones aquí expuestas a fin de enriquecer el marco del trabajo troncal.

En el campo de las ciencias esta estrategia es conocida como “morfología estructural”, ejemplificado en el célebre tratado: “On Growth and Form” (1961) del biólogo escocés D’Arcy Thompson. En el contexto natural las funciones intrínsecas del fenómeno en cuestión dictan la forma estructural (Ej.: el caparazón de una tortuga está diseñada para resistir golpes de un depredador).

En la arquitectura esta estrategia de diseño se revela en las llamadas “estructuras livianas” ejemplificada por tipologías como las cúpulas geodésicas o membranas tensadas, generalmente empleadas cuando el performance estructural requerido es significativo como en el caso de una cubierta de grandes luces. La Tecno-morfología en este caso es propuesta como un marco teórico dentro del cual se crean los diversos sistemas que permiten generar un universo abierto e infinito de formas según los variables que se determinen. Los variables aquí propuestos son de orden morfológico y material, referidos a operaciones basadas en geometría, topología y simetría, relacionado con un material específico. Estas formas son consideradas como “pre-productos” ya que no toman en cuenta ninguna función o significado en una primera instancia. Lo que sí toman en cuenta es que son formas físicas / materializables y que son auto-portantes. También toman en cuenta que deben ser producibles mediante tecnologías reales, sabiendo que su objetivo final es ser candidato viable como un pre-producto útil en el proceso cíclico del diseño, según lo descrito anteriormente.

Vista desde afuera la Tecno-morfología puede ser tomada como una de dos cosas: como teoría para analizar y entender el campo proyectual o como herramienta proyectual. En arquitectura el cuerpo consolidado de proyectos denominados estructuras livianas generalmente tiene que ver con las lecturas (teoría e historia) de la disciplina. Como extensión natural de lo anterior podemos afirmar que no es lo mismo decir que una herramienta proyectual es una metodología que decir que es una estrategia. La primera es una receta, la segunda es una actitud que reconoce el entorno y sus actores, empezando por el diseñador.

En base a lo anterior, la idea del Atlas se convierte más bien en un programa en donde el usuario puede crear un sinfín de Tecno-morfologías según los parámetros que establece. Sigue siendo un Atlas en el sentido estricto de la palabra, pero activo y abierto en vez de estático y cerrado. Es un sistema plasmado en mapas, no un registro cartográfico. Cuando decimos “programa” nos referimos a un sistema general, no necesariamente un software informático dedicado a este fin. En cada instancia de la investigación se trabajó con distintas tipologías estructurales y cada una requirió de un sistema específico según los variables involucrados en cada tipología determinada. Para dar un ejemplo, con la tipología “Origami Fluido” se trabajó con la forma del plano flexible, la cantidad y tipo de aberturas que pueda tener ese plano y las diversas operaciones espaciales de tipo pliegues aplicadas a ese plano para que se vaya transformando en las sucesivas instancias de complejidad según la cantidad de operaciones practicadas sobre esta. En este contexto se puede entender a la Tecno-morfología como la intersección directa entre morfología y producción, afín a lo que el CAD CAM es entre diseño con informática y fabricación con información, o en última instancia, entre mente y materia.

Al final del proyecto de investigación la idea de catálogo fue transformándose en varios sentidos, hasta tal punto que se cambió su denominación a Atlas. Esto se hizo tomando en cuenta que el resultado fue pareciéndose a un compendio de mapas, que en su conjunto terminaron describiendo un territorio conceptual y técnico, dejó de ser un listado de formas bien organizadas y se fue convirtiendo en una herramienta para conocer un terreno nuevo, o de uno existente pero de una nueva manera.

De los atributos intrínsecos a cualquiera de los sistemas desarrollados como Atlas están presentes:

- La continua transformación de un estado de la forma a otra, desde lo más simple a lo más complejo dado que se van agregando y/o repitiendo pasos y frecuencias de las operaciones empleadas. Esta idea es opuesta a la de unir y aglomerar partes a una forma, como en un collage tri-dimensional.
- El repertorio de formas posibles es abierto, generalmente infinito según las variables tomadas en cuenta y sus potenciales combinaciones y secuencias. Esto tiene que ver con la esencia del punto 1, pero no obligatoriamente.
- De todas las formas potenciales se priorizan las que son auto-portantes en términos que no se colapsan bajo su propio peso. Esto es en oposición a formas abstractas que no consideran la materialización en su génesis, como en el caso del “morfoverso” de Lalvani que operan a un nivel inmaterial, amén luego se buscan tecnologías para su posible producción.

Las distintas Tecno-morfologías que se proponen como casos potenciales nos llevan a revisar la idea tradicional de “tipología estructural” como arquetipo según define Engel (1970). Estos se pueden definir según su forma, según su materialización o según su principio activo. Cuando pensamos en posibilidades estructurales para la Tecno-morfología estas categorías de análisis tienen que ser repensadas y definidas en términos de estrategias y no de mecanismos o tipos de acciones.

Al proponer un rol concreto y sistemático para la Tecno-morfología, esta se va convirtiendo en una estrategia de diseño en si ya que se la puede emplear de manera deliberada y con protagonismo en el proceso proyectual. En vez de ser un mal necesario (bagaje semi inconsciente de arquetipos formales) puede convertirse en una herramienta que abre opciones e informa de manera puntual algunas decisiones básicas en el proceso cíclico del diseño. Las instancias en donde esta estrategia puede operar varía según el proyecto, condicionantes y pre-decisiones con las que se enfoca cada proyecto puntual.

Uno de los aspectos que se desarrollan con esta estrategia es la posibilidad de integrar preconceptos de formas con sus posibilidades tecnológicas. Esto ocurre porque los modelos que se generan en este sistema están concebidos tomando en cuenta sus posibles materiales y formas productivas, a diferencia de los sistemas generativos de formas puras que suponen una abstracción absoluta en primera instancia. Cuando damos el ejemplo del Origami Fluido estamos ya considerando que el material flexible planar existe (caucho, goma eva, cuero, vinilo, pvc, etc.) y se comporta como el sistema predice. Lo esencial acá es que las estrategias están situadas en el contexto de diseño y producción concreto, más cerca a su viabilidad como producto.

La hipótesis detrás de la idea de los Atlas sostiene que es posible aislar rasgos distintivos y determinantes de diversas estrategias estructurales (afín al ADN en la biología molecular) y convertirlos en modelos generativos para un universo lógico de potenciales formas espaciales. Dentro de esta hipótesis general se encuentran varias suposiciones específicas, principalmente:

- Que la idea de estrategias estructurales naturales sea una lectura plausible para su conceptualización como conocimiento organizado y generalizable en el campo proyectual.
- Que esta estrategia estructural se fundamenta en tres pilares de la biología; los principios generativos, transformativos y un código formal (genoma).
- Que desde la visión anterior se pueda construir un marco extensible para diversos casos de estrategias estructurales específicas, en donde se introducen variables tecnológicos en vez de biológicos.

En definitiva, se espera poder consolidar un cuerpo de conocimiento unificado y coherente que sirva de plataforma para futuras investigaciones que maduren y mejoren los Atlas propuestos, así como la teoría que los generó.

1.4 Antecedentes y contexto actual de la Tecno-morfología

Hay mucho interés e investigación en campos afines a la tecno-morfología, incluyendo la biomimética, biomecánica y el diseño paramétrico, pero estos recortes no ponen el foco en relacionar los cuatro aspectos que integran la Tecno-morfología en sí. En el caso de la biomimética y biomecánica el interés está puesto en los sistemas naturales en general, sobre todo en relación a sus funciones y procesos, pero no como modelos generadores de formas estructurales. En el caso del diseño paramétrico el énfasis está puesto en la repetición variable de patrones como sistema generativo, nuevamente sin interés particular o intrínseco por la parte física y estructural.

A escala de diseño industrial a nivel internacional existen casos aislados como antecedentes que emplean la Tecno-morfología como estrategia de diseño, tanto a nivel de empresas, instituciones o individuos. Si bien existe una variedad de ejemplos de productos que pueden clasificarse como Tecno-morfológicos, hasta la fecha no se ha registrado un desarrollo dedicado y sistemático con este enfoque explicitado.

El creciente interés por la biología y cómo esta puede informar e inspirar los procesos de diseño en sí incluye la relación natural entre la forma y su estructura. Este pensamiento de diseño adquiere su máxima expresión a partir de la consolidación del estudio sistemático en la naturaleza de la relación forma/estructura, conocida como morfología estructural. Si bien el interés por la morfología estructural nace en el campo biológico, este se fue trasladando al campo proyectual de manera específica desde comienzos del siglo pasado aplicado a escala arquitectónica y conocido como “estructuras livianas”. Algunos de los referentes más resonantes de este pensamiento en la arquitectura e ingeniería incluyen a Eugene Freyssinet, Antoni Gaudí, Robert Maillart, Pier Luigi Nervi, Frei Otto, Robert Le Ricolais, Eduardo Torroja y Konrad Wachsmann. Si bien el grueso de sus trabajos está orientado directamente a los resultados concretos, hay cada vez más interés en generar una pedagogía propia para las estructuras livianas, yendo más allá de la transferencia directa en el aula de los procesos y métodos empleados en la investigación aplicada. En este último sentido podemos citar los trabajos realizados en el Institute for Lightweight Structures de la Universidad de Stuttgart y el Center for Experimental Structures de Pratt Institute en Nueva York, como referentes.

Un antecedente fundamental para esta investigación es el legado de Buckminster Fuller y su trabajo que él denominaba “Design Science”. Fuller, inventor y desarrollador de la Cúpula Geodésica, los diseños Dymaxiom, la esfera Fly’s Eye, y co-autor de la Tensegridad, entre muchos otros logros, representa una manera de pensar el diseño en relación a la geometría de manera muy conceptual pero siempre con una búsqueda de aplicaciones concretas. Su trabajo conocido como “Synergetics”

(1975, 1979) tuvo mucha influencia en una corriente pequeña pero destacada de pensadores contemporáneos conocidos como Diseñadores Morfológicos, representado por gente como Keith Critchlow (1969), Jean Marie Delarue (1992), Haresh Lalvani (1992) y Peter Jon Pearce (1978).

En paralelo a los avances en el estudio de sistemas generativos y clasificatorios de formas hay un robusto desarrollo en informática de programas destinados a la codificación, búsqueda y determinación de configuraciones (*form finding & shape generation*) en relación a parámetros externos y funcionales. Para mencionar solo algunos de los centros de investigaciones dedicados a esta actividad se puede mencionar el Space Structures Research Center de la University of Surrey y el Geometry Center de la University of Minnesota. Programas computacionales como el Grasshopper™ y su plug-in Kangaroo™ (este último desarrollado por Daniel Piker) están abriendo nuevas oportunidades para la generación y búsqueda de formas complejas creadas por algoritmos digitales sin usar elementos finitos. Los últimos avances en esta materia están empezando a poder modelar formas que reflejen propiedades físicas en acción.

El estado de conocimiento actual en relación a la Tecno-morfología en Argentina como enfoque integral es incipiente en sus distintos ámbitos. A nivel académico los trabajos más relevantes a la temática están nucleados en su mayoría en la Sociedad de Estudios Morfológicos de Argentina (SEMA), agrupando personas, grupos, proyectos, programas y centros de investigación provenientes de diversas Universidades del país. Cabe destacar especialmente al Instituto de la Espacialidad Humana con sede en FADU, UBA, dirigido por Roberto Doberti (2008) debido a su trayectoria y alcance no solo a nivel investigación sino también por su transferencia a la docencia. Otro referente afín es el Centro de Matemática y Diseño dirigido por Vera Spinadel (2000), siendo este el foco de formación para una cantidad importante de estudiantes en el país dado el peso proporcional que tiene la UBA en el marco nacional.

A continuación se ofrece una Exposición Visual sobre los antecedentes y el contexto actual de la Tecno-morfología.

· Tecno-morfología como estrategia de diseño ·

Una Exposición Visual

Tecno-morfología como estrategia de diseño

- Definiciones
- Naturaleza como fuente de inspiración
- Antecedentes y actualidad

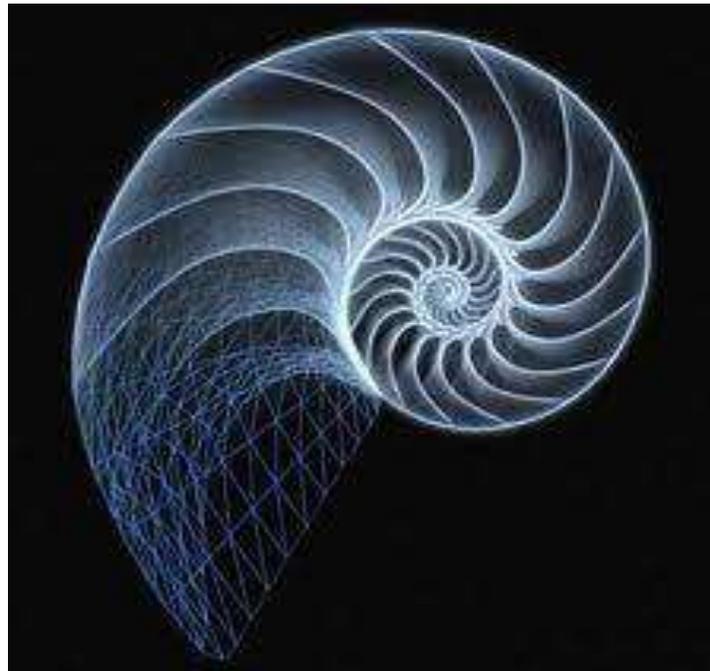
Definiciones

Tecno-morfología es un término empleado para referirse a la conexión y unión entre dos áreas tradicionalmente independientes entre sí: la tecnología y la morfología, con énfasis especial en la relación directa entre forma y estructura.



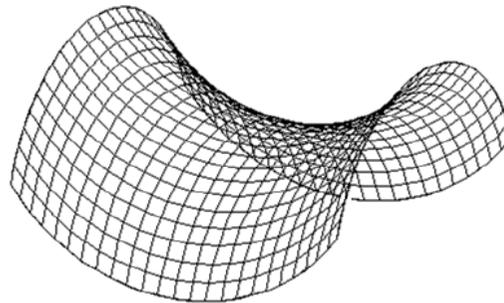
Definiciones

La Tecno-morfología está inspirada en la naturaleza como lugar de gestación de su identidad y carácter. Lejos de ser mecanicista o high-tech, este abordaje se funda en las estructuras propias de la naturaleza como estrategia de diseño, celebrando su funcionalidad, eficacia y belleza. Esta disciplina nace de un recorte de las ciencias naturales conocido como Morfología Estructural, ocupándose de estudiar la relación entre la estructura física/funcional y su correspondiente forma.



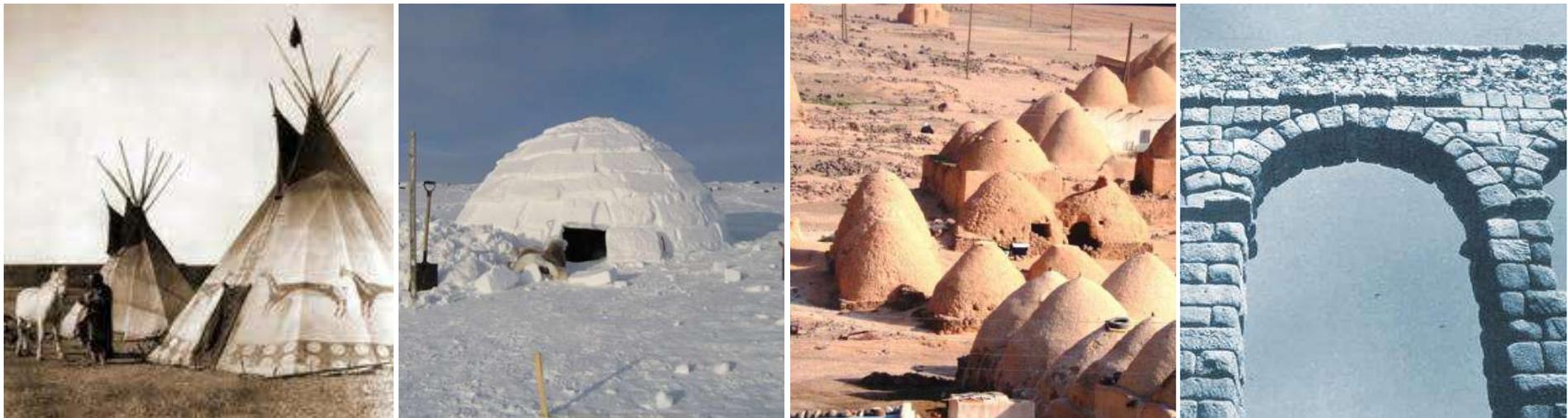
Definiciones

La Tecno-morfología es la instancia de la morfología estructural materializada en aplicaciones concretas de diseños hechos por el hombre. Por ejemplo, las superficies mínimas definidas geoméricamente como la menor superficie posible para cubrir el área dentro de un perímetro dado, son manifestadas en la naturaleza en las pompas de jabón en donde la tensión superficial es homogénea. Para la tecno-morfología son diseños ejemplificados en las carpas tensadas donde se utiliza una membrana flexible para lograr superficies de doble curvatura, generando y delimitando un espacio en equilibrio físico y de gran economía estructural.



Definiciones

Este tipo de diseño se conoce arquitectónicamente como Estructuras Livianas y sus orígenes históricos coinciden con técnicas constructivas naturales como las tiendas de ramas con pieles y las cúpulas de barro o hielo. Son casos donde el empleo ingenioso de materiales disponibles se funde con el uso de las formas más apropiadas para cada material, es decir que el material determina la forma posible. Cuando el hombre empieza a estudiar y manipular las formas con conocimiento morfológico se produce un nuevo paradigma de diseño estructural: la teoría de la resistencia por la forma, en vez de la resistencia por los materiales.



Definiciones

En el campo de la arquitectura esta estrategia se ha consolidado en los últimos 50 años como paradigma, e incluye tipologías como las estereo estructuras, geodésicas, tensadas, redes, tensegridad, cáscaras, inflables, etc. Hoy hay una tendencia creciente dentro de la arquitectura y el diseño de mirar hacia la biología en búsqueda de nuevos modelos para comprender y pensar mejor la producción del hábitat.



Base USA Polo Sur
(Polo Sur, 1975)



Aeropuerto Internacional
de Denver (USA, 1995)



Tubaloon,
(Noruega, 2000)



Oceanográfico,
(España, 2002)



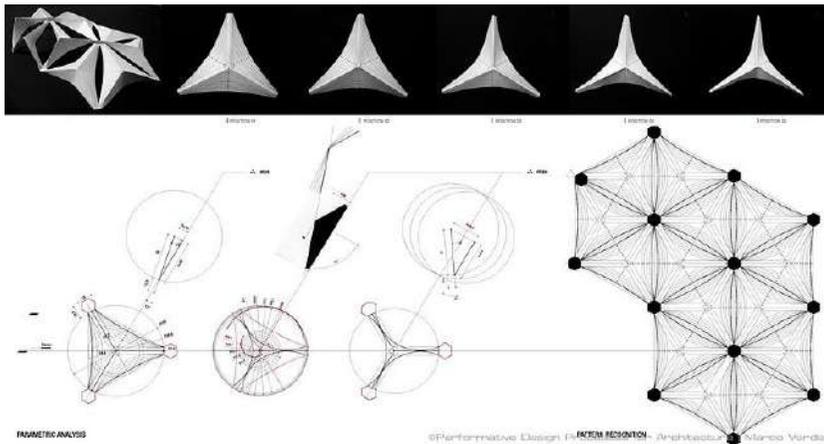
Aeropuerto de Stuttgart
(Alemania, 2004)



Puente Kurilpa
(Australia, 2009)

Definiciones

Algunos términos de referencia asociados a esta búsqueda son el diseño paramétrico, biodiseño y biomimética, todos apuntando en una misma dirección. La Tecno-morfología comparte algunos de estos principios, pero en un contexto que considera la tecnología (productiva) de manera intrínseca y la estrategia estructural como punto de enfoque.



sistema paramétrico-asociativo
por Marco Verde

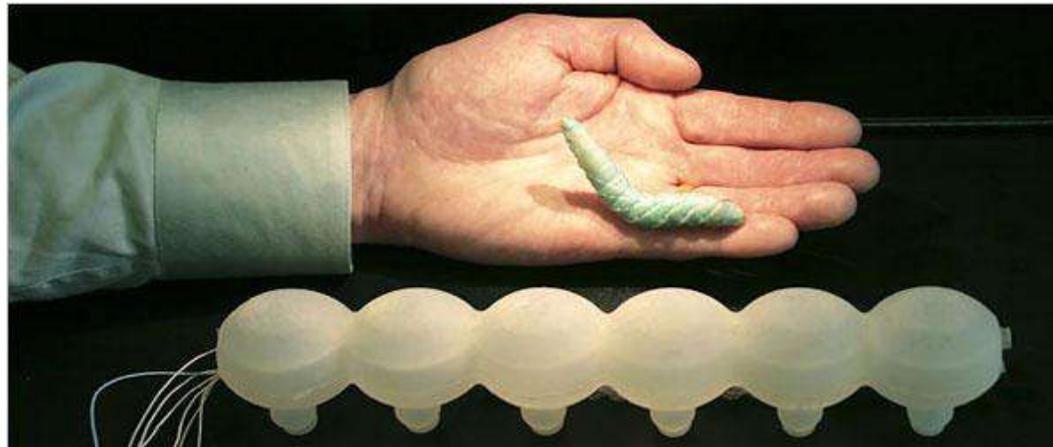


ejemplo de biodiseño: tren bala optimizado con la
morfología del Martin Pescador

Definiciones

El diseño paramétrico consiste en la generación de geometrías a partir de parámetros iniciales y la programación de las relaciones entre ellos, para esto se aplican variables y algoritmos que generan una familia de posibles soluciones de acuerdo a los parámetros establecidos mediante el uso de software especializado como el Grasshopper®.

La Biomimética es la ciencia que estudia los mecanismos, sistemas y procesos de la naturaleza con el fin de optimizar lo desarrollado por el hombre, el Biodiseño es el área de la Biomimética que consiste en la aplicación de estos principios para la generación y optimización de diseños creados por el hombre.



robot biomimético de cuerpo blando

Naturaleza como fuente de inspiración

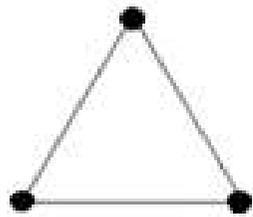
Naturaleza como fuente de inspiración

La naturaleza en sus cerca de 4.5 billones de años de evolución ha sufrido una constante adaptación en todos sus niveles (micro a macro), generando múltiples estrategias estructurales consistentes en el ordenamiento de la materia en patrones geométricos que responden a las fuerzas que le afectan, el entorno en el que se desarrolla y la función que cumple.

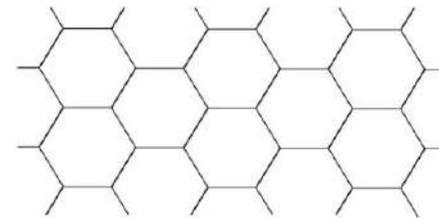


Naturaleza como fuente de inspiración

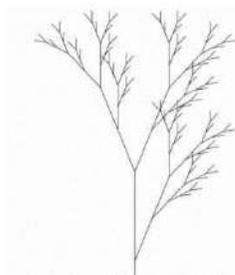
Dichas estrategias tienden a optimizar el uso de la energía y los materiales, economizando los recursos con desperdicio cero. Algunas de estas estrategias son mostradas a continuación, ocurrentes en diversos fenómenos naturales y en distintas escalas.



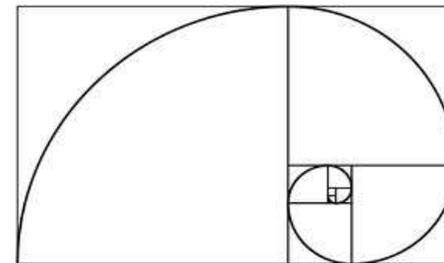
triangulación



120°



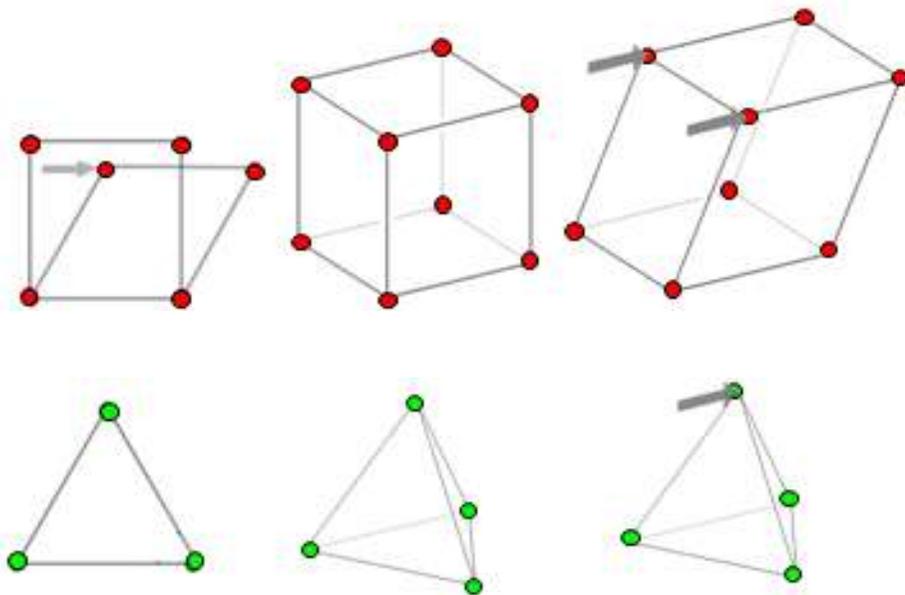
ramificaciones



espiral

Naturaleza como fuente de inspiración

Estrategia estructural triangulación

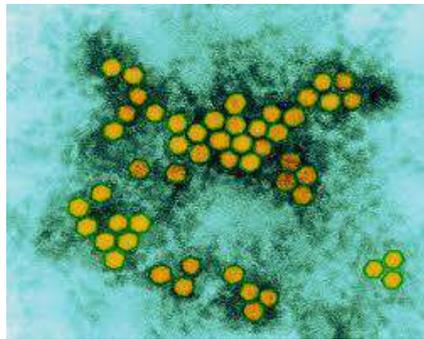


cristales de Cerussita

Naturaleza como fuente de inspiración

Estrategia estructural 120°

micro



poliovirus

medio

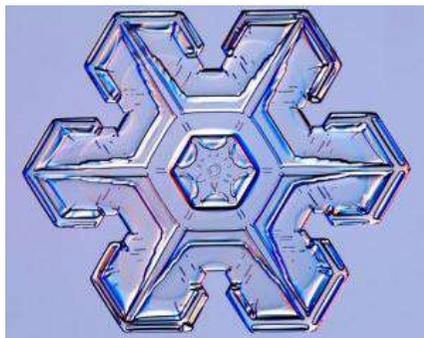


panal

macro



columnas basálticas



copo de nieve



burbujas

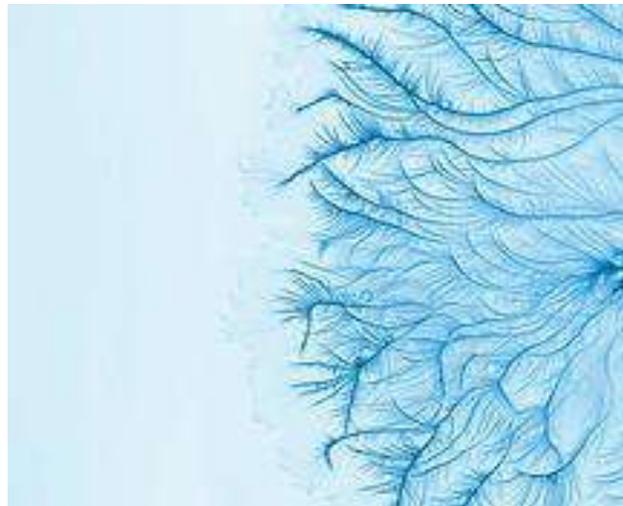


desierto de sal

Naturaleza como fuente de inspiración

Estrategia estructural ramificaciones

micro



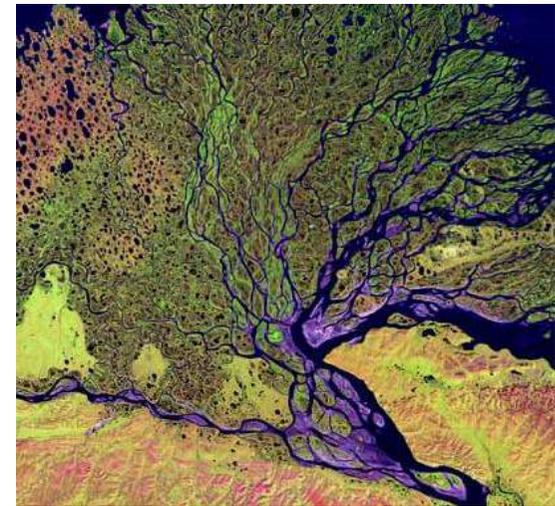
colonias de bacterias

medio



árboles

macro

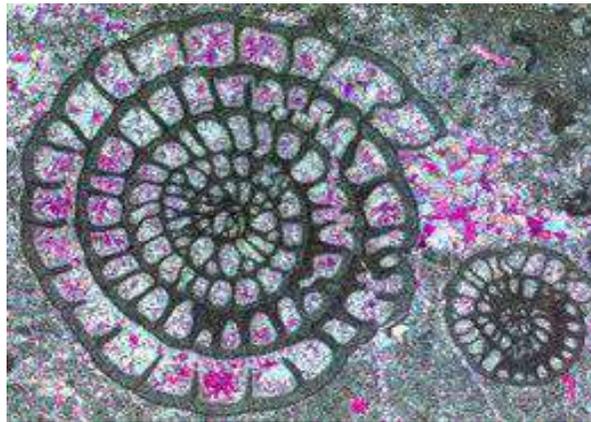


río

Naturaleza como fuente de inspiración

Estrategia estructural espiral

micro



fusulinda (fósil)

medio



aloe

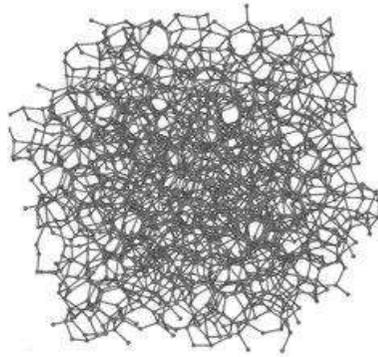
macro



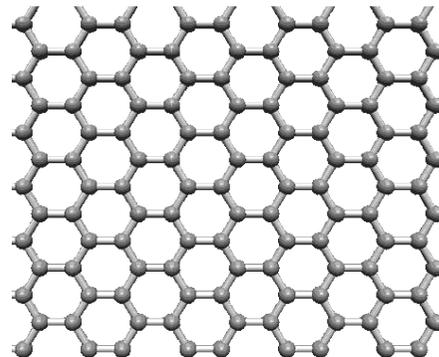
galaxia

Naturaleza como fuente de inspiración

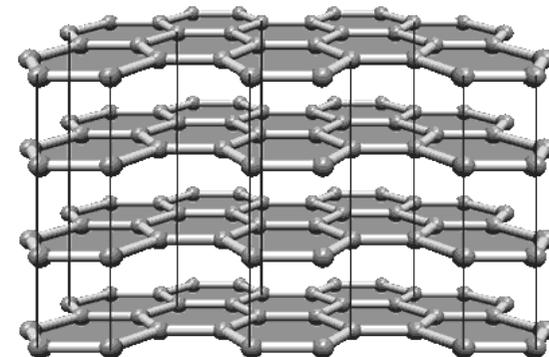
Formas estructurales del Carbono (base de la vida orgánica)



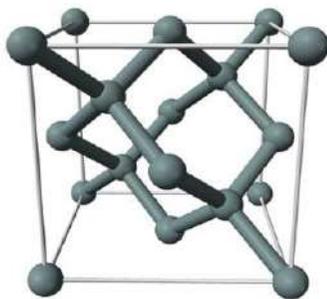
hollín



grafeno



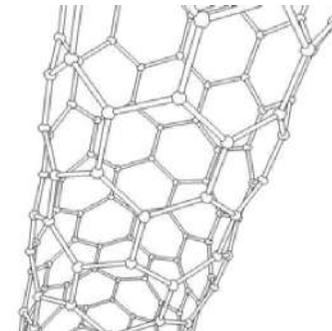
grafito



diamante



Buckminsterfullereno (C₆₀)



nanotubo

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Científicos de morfología estructural

Referentes y proyectos

Productos

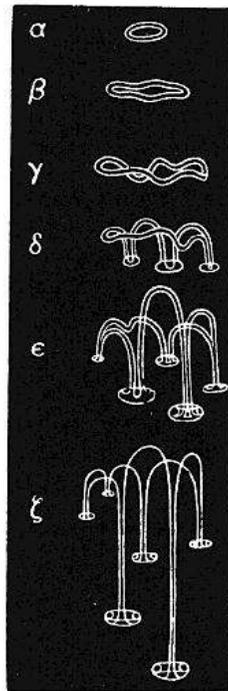
Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Científicos de morfología estructural

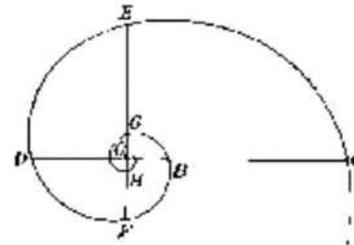
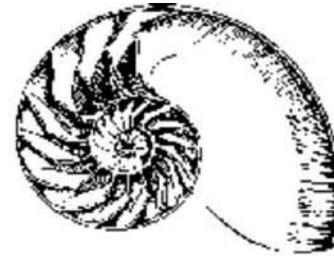
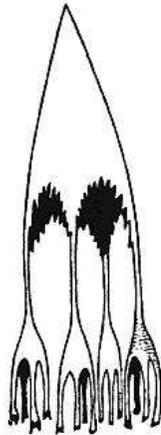
Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Científicos de morfología estructural

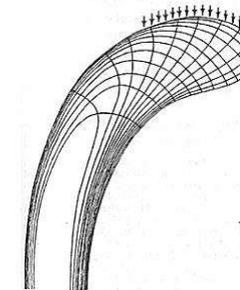
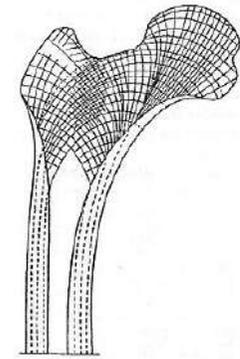
D'Arcy Thompson, Biólogo y Matemático (Escocia 1860-1948) Autor de "On Growth and Form", 1917



formas en líquidos



crecimiento cascarón de nautilus



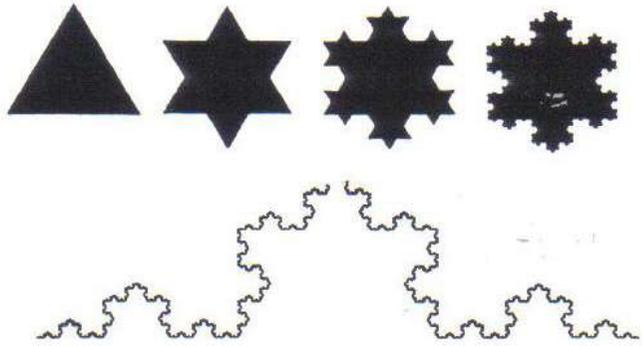
líneas de fuerza en el fémur

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Científicos de morfología estructural

Benoit Mandelbort, Matemático (Polonia 1924-2010)

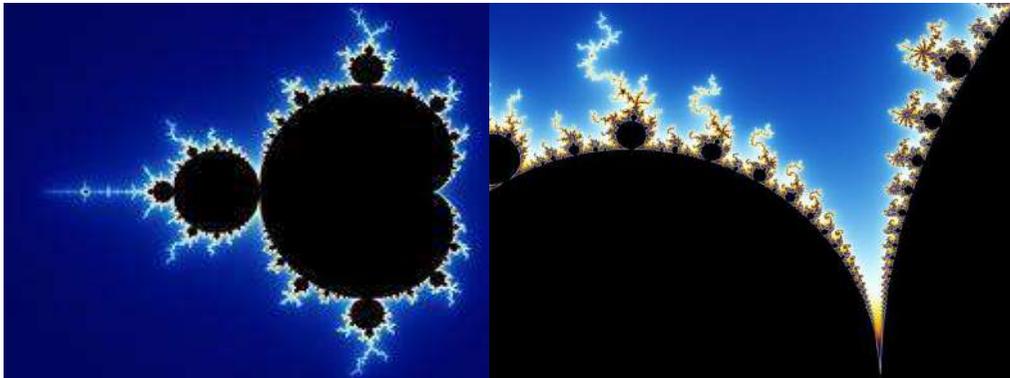
Autor de "Fractal Geometry of Nature", 1982



Koch snowflake



brócoli romana



Mandelbort set



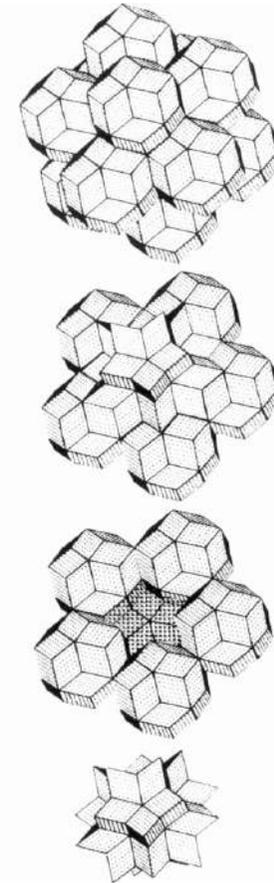
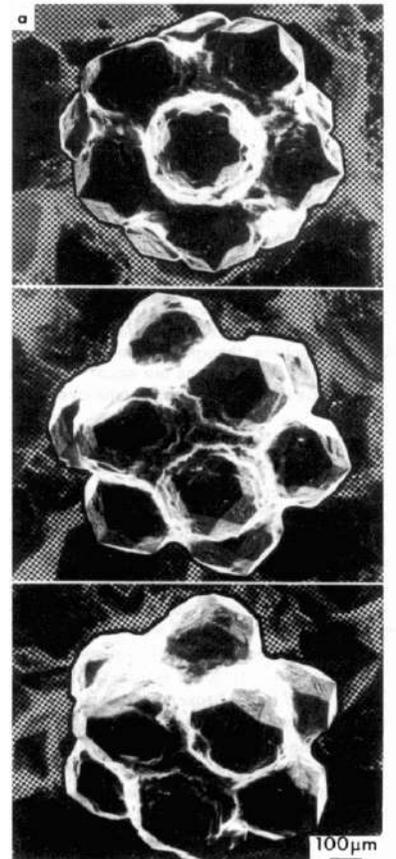
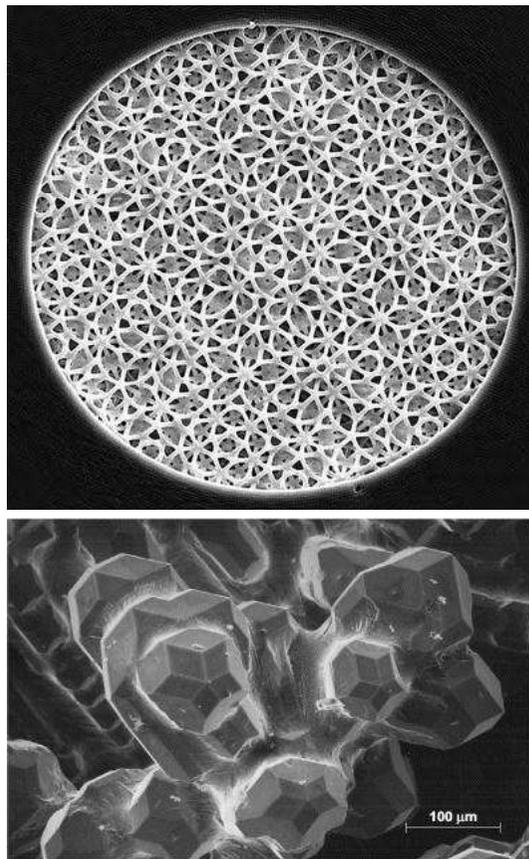
Siberian traps

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Científicos de morfología estructural

Dan Schectman, Cristalógrafo (Israel 1941)

Tesis: Quasicrystals, 1982



microfotografías electrónicas de Cuasicristales

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Antoni Gaudí, Arquitecto (España 1852-1926)

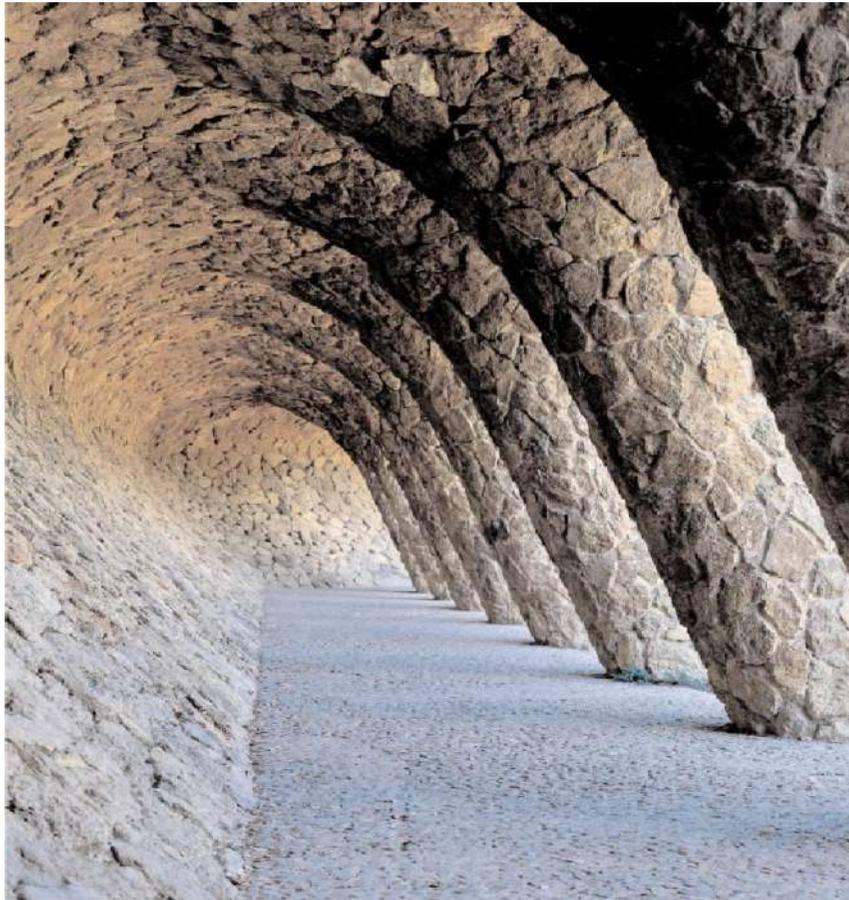


modelos antifuniculares

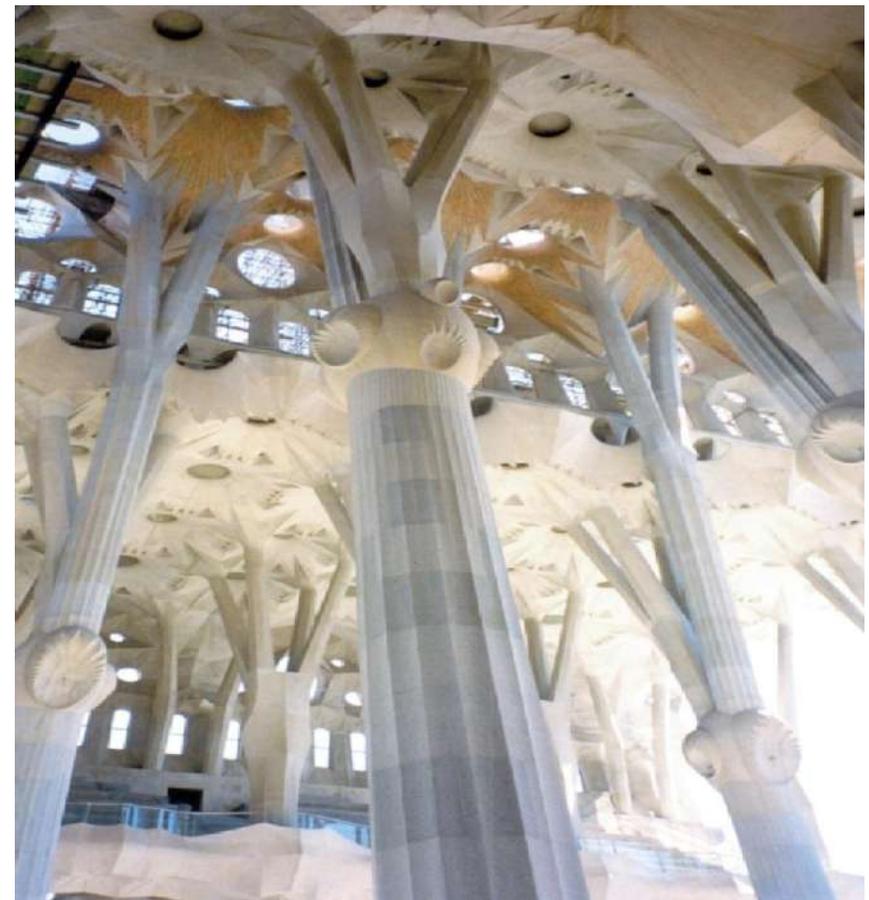
Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Antoni Gaudí, Arquitecto (España 1852-1926)



Parque Güell (Barcelona, 1914)

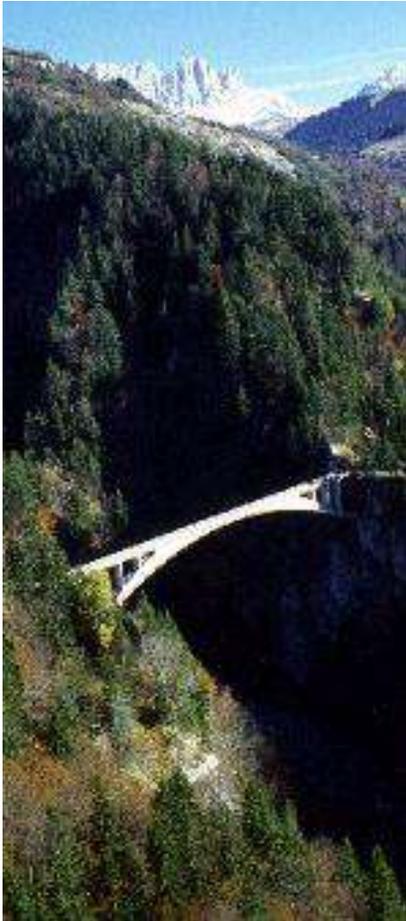


Sagrada Família (Barcelona, inicio 1882)

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Robert Maillart, Ingeniero (Suiza 1872-1940)



Puente Salginatobel (Suiza, 1930)

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Eugene Freyssinet, Ingeniero (Francia 1879-1962)



Puente Albert-Louppe (Francia, 1930)

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Eugene Freyssinet, Ingeniero (Francia 1879-1962)



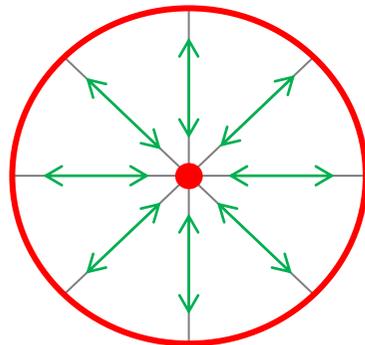
Basílica subterránea de Lourdes (Francia, 1956)

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

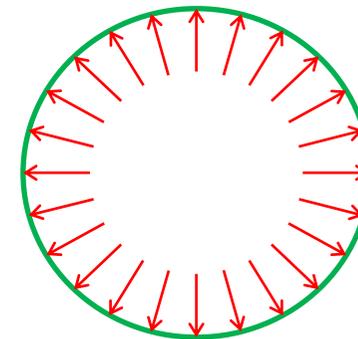
Referentes y proyectos

Buckminster Fuller, Arquitecto- Inventor (USA 1885-1983)
con K. Snelson- Artista (USA 1927)

Tensegridad



Tensegridad
hecha por el hombre

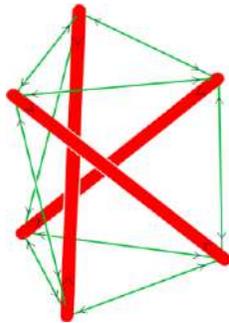
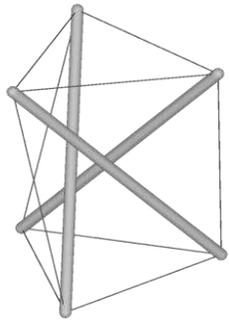


Tensegridad
en la naturaleza

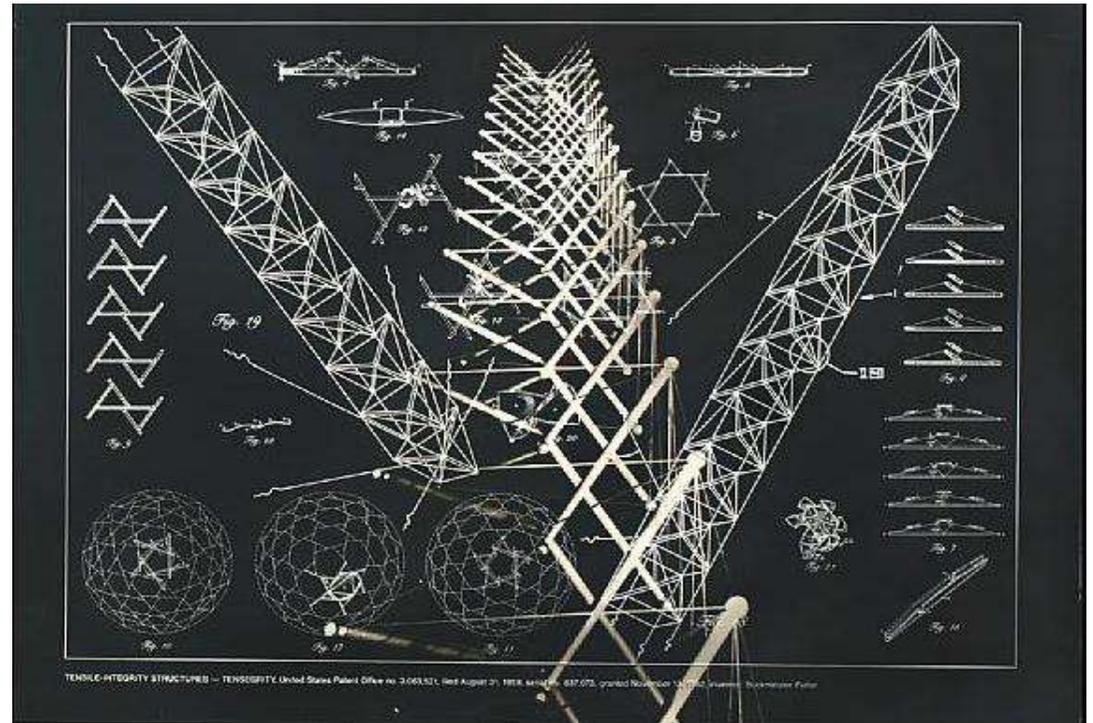
Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Buckminster Fuller, Arquitecto- Inventor (USA 1885-1983)
con K. Snelson- Artista (USA 1927)



prisma de base 3



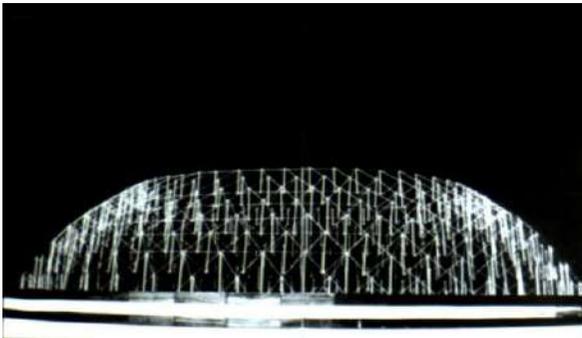
Tensile-Integrity Structures – B. Fuller

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Buckminster Fuller, Arquitecto- Inventor (USA 1885-1983)
con K. Snelson- Artista (USA 1927)

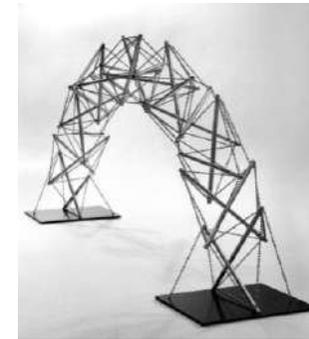
Tensegridad configuraciones espaciales



Domo
propuesta de B. Fuller



Needle Tower
escultura de K. Snelson



Arco
escultura de K. Snelson



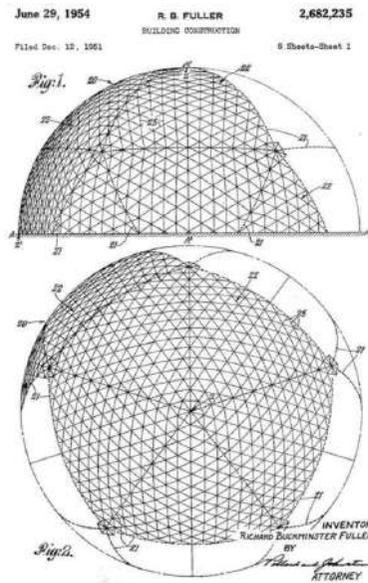
Dragón
escultura de K. Snelson

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

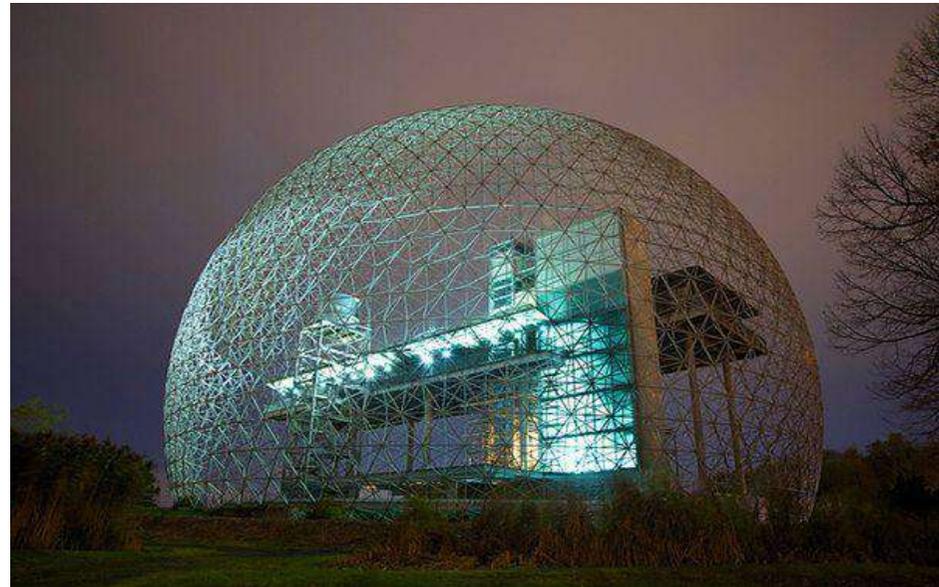
Referentes y proyectos

Buckminster Fuller, Arquitecto- Inventor (USA1885-1983)

cúpula geodésica



patente cúpula 1954



pabellón de USA en Expo 67 (Canadá, 1967)

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Buckminster Fuller, Arquitecto- Inventor (USA1885-1983)

cúpula tensada



Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Pier Luigi Nervi, Ingeniero (Italia 1891-1979)



Palacio de los Deportes (Roma, 1957)

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Pier Luigi Nervi, Ingeniero (Italia 1891-1979)



hangar en Orvieto (Italia, 1935)

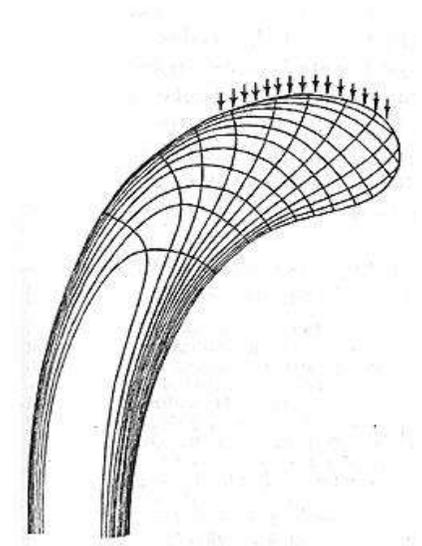
Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Pier Luigi Nervi, Ingeniero (Italia 1891-1979)



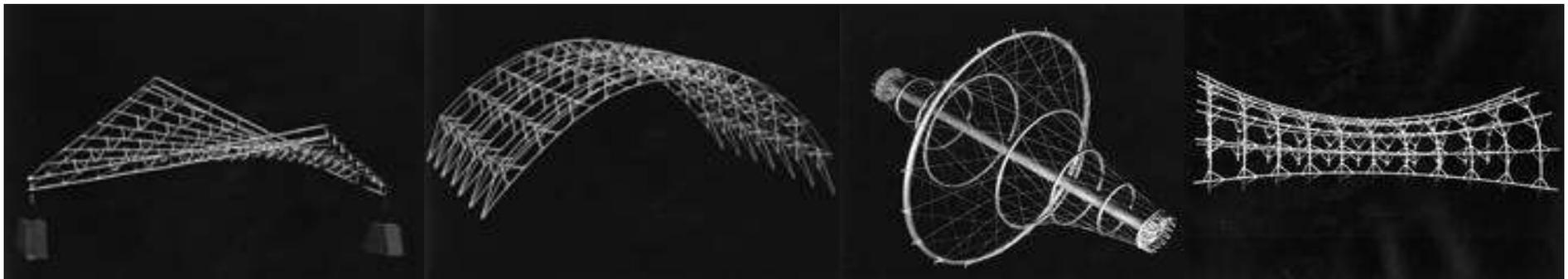
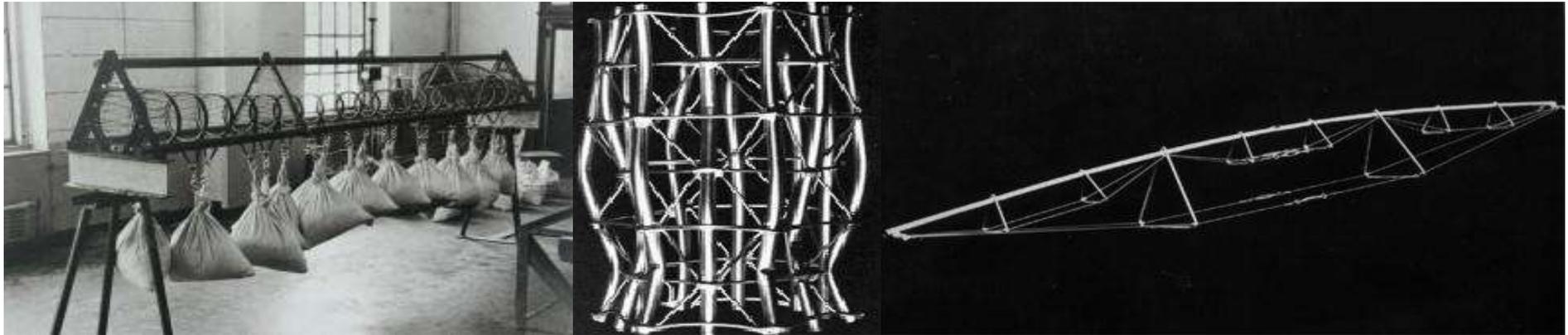
Fábrica de Lanas Gatti (Roma, 1953)



Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Robert Le Ricolais, Ingeniero (Francia 1894-1977)

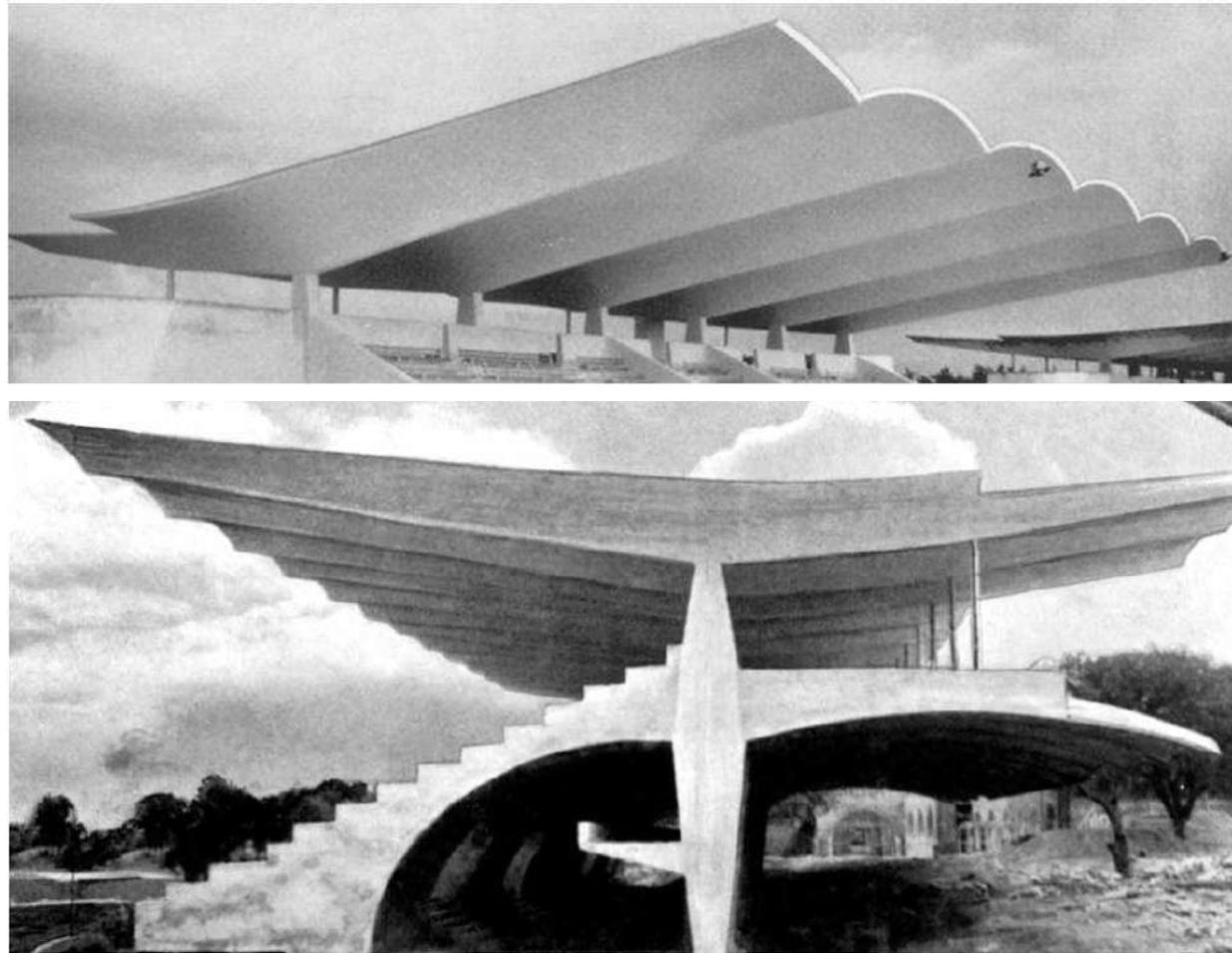


estructuras espaciales

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Eduardo Torroja , Ingeniero (España 1899-1961)



Hipódromo de la Zarzuela (Madrid, 1941)

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Konrad Wachsmann , Arquitecto (Alemania 1901-1980)

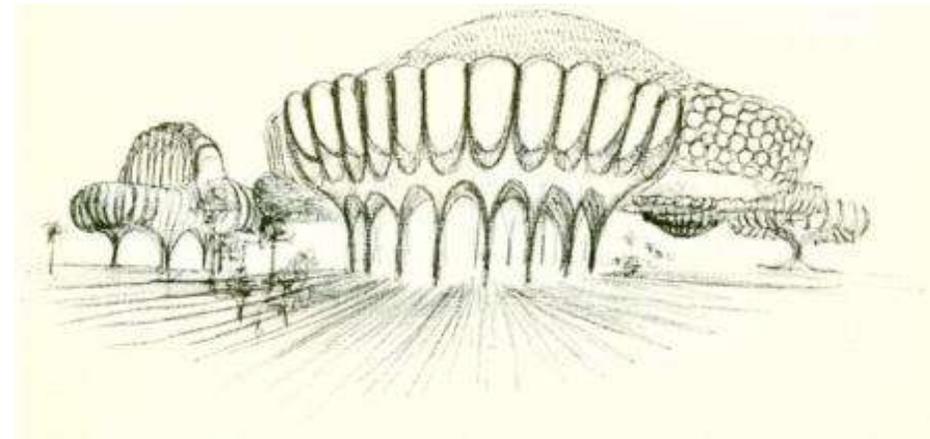
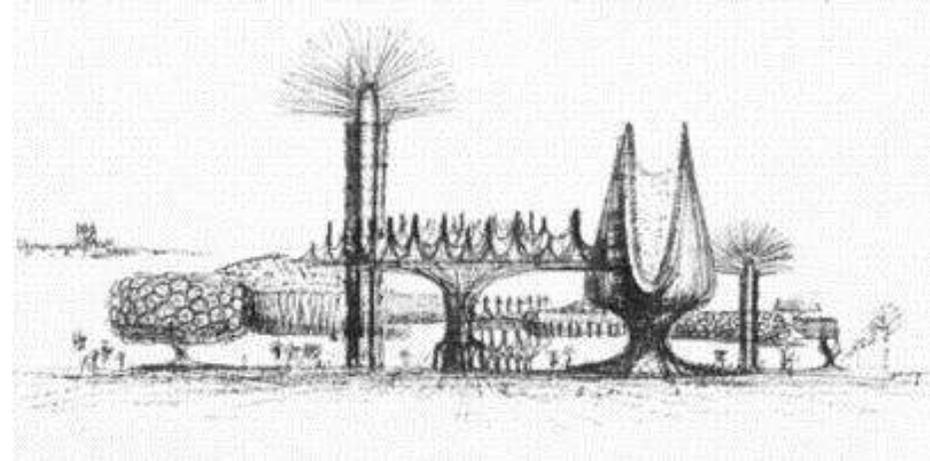
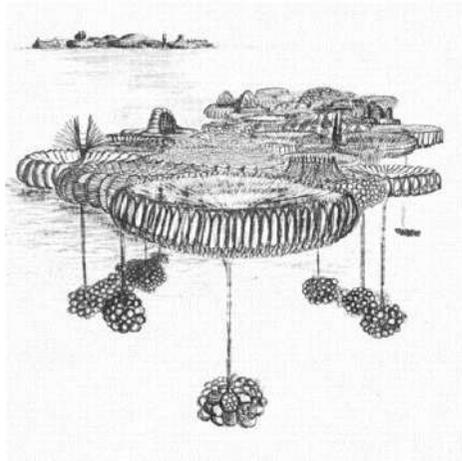


detalle puntos de conexión (1941)

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

William Katavolos, Arquitecto (USA 1924)

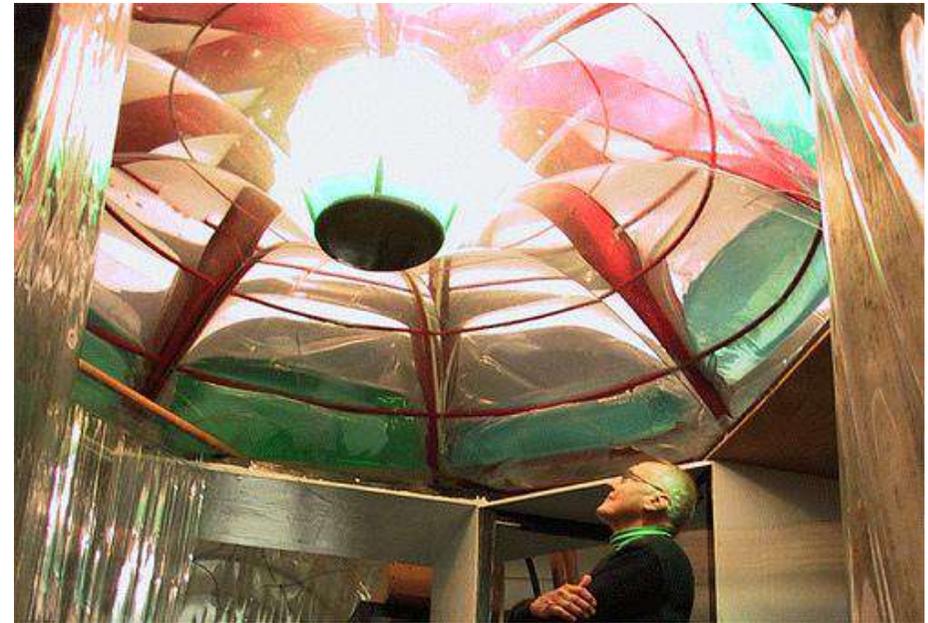
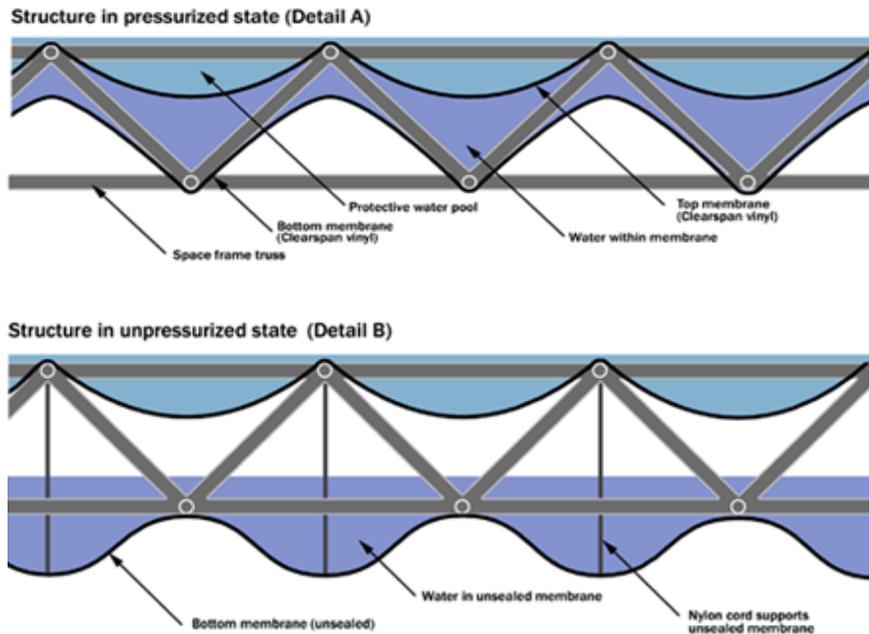


Growing Architecture

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

William Katavolos, Arquitecto (USA 1924)



Liquid Architecture

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Frei Otto, Arquitecto (Alemania 1925)

IL (Institute for Lightweight Structures), Stuttgart



edificio IL (Alemania, 1967)



publicaciones IL

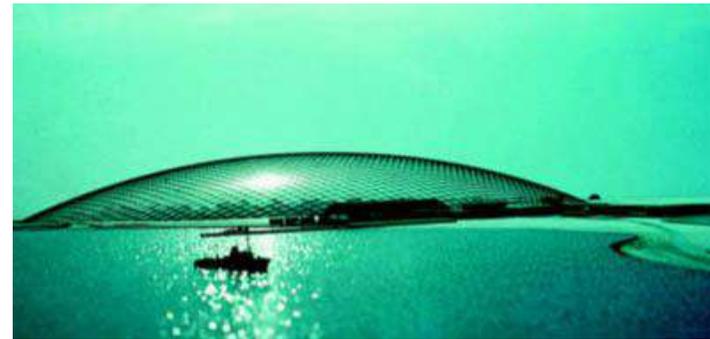
Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Frei Otto, Arquitecto (Alemania 1925)



pabellón Tanzbrunnen
(Alemania, 1957)



ciudad en la Antártica
(Antártica, 1971)



Estadio de Múnich
(Alemania, 1972)

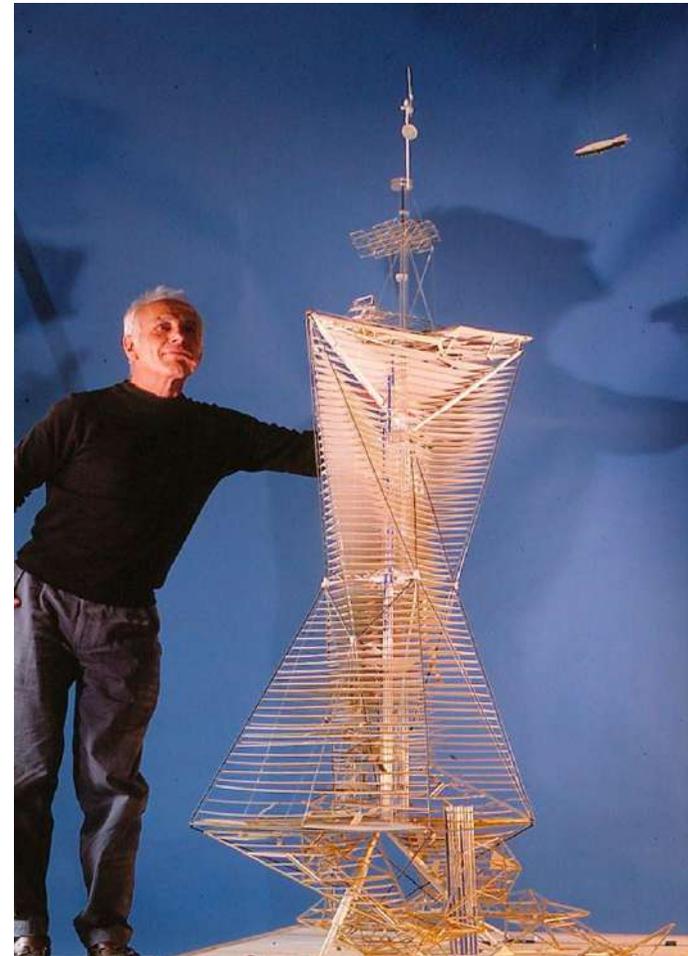


Multihalle
(Alemania, 1975)

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Vittorio Giorgini, Arquitecto (Italia 1926-2010)

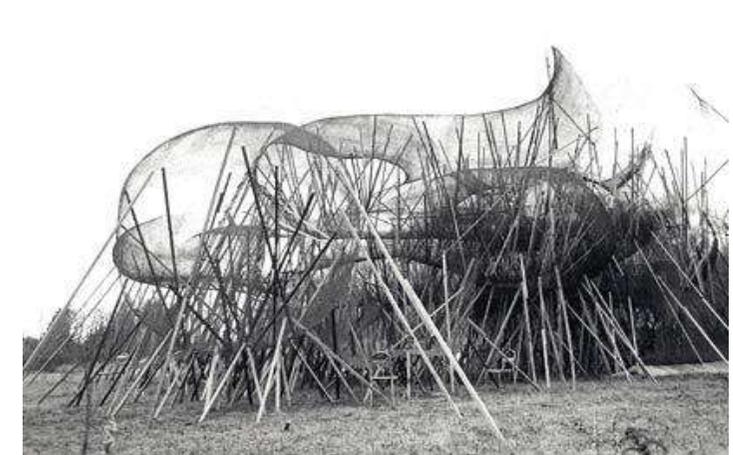
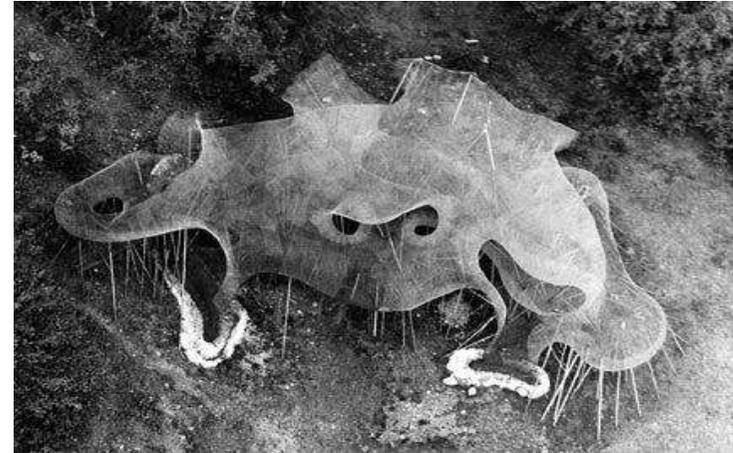


Walking Tall (NYC, 1982)

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Vittorio Giorgini, Arquitecto (Italia 1926-2010)



Casa Saldarini (Italia, 1962)

Liberty Center (NYC, 1976)

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Heinz Isler, Ingeniero (Suiza 1926-2009)



Estación de servicio de Deitingen (Suiza, 1968)



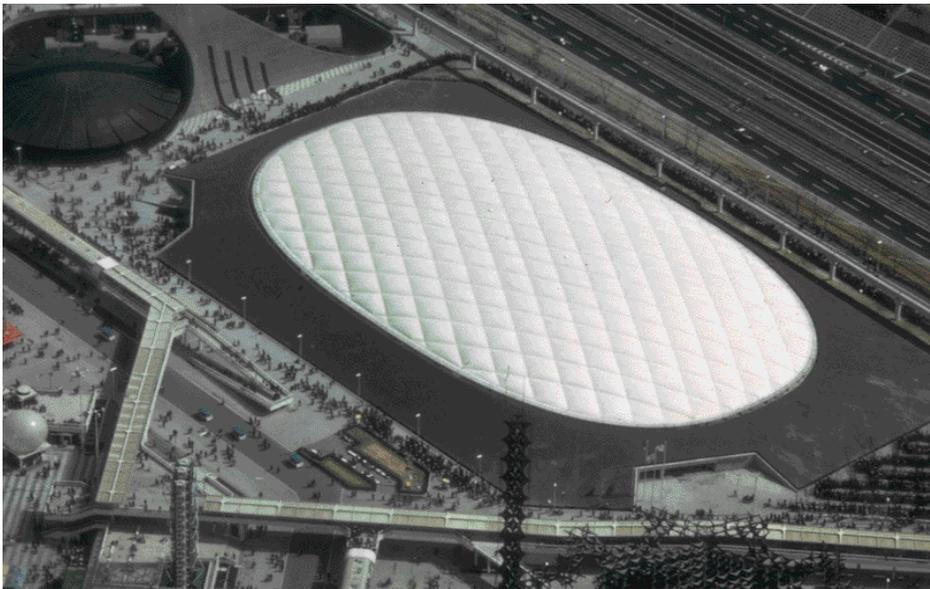
Fábrica Sici (Suiza, 1969)

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

David H. Geiger, Ingeniero (USA 1935-1989)

cúpula inflable



pabellón de USA en Expo 70 (Japón, 1970)



Domo Tokio (Japón, 1988)

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

David H. Geiger, Ingeniero (USA 1935-1989)

tensoestructuras



Campo Tropicana (USA, 1989)



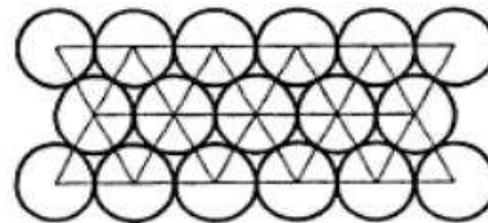
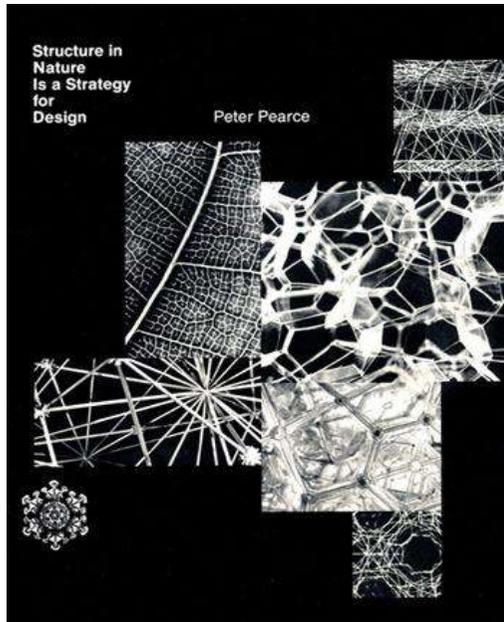
Centro Talisman (Canadá, 1983)

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

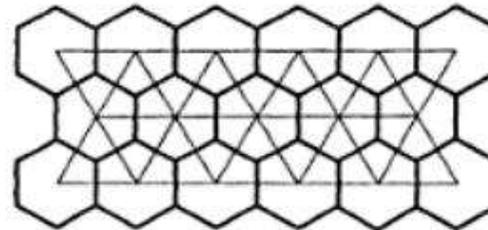
Referentes y proyectos

Peter Jon Pearce, Arquitecto (USA 1936)

Autor de "Structure in nature is a strategy for design", 1978

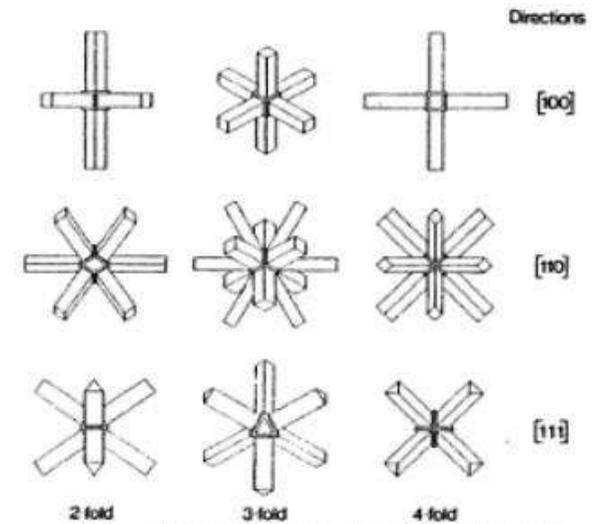


Closest Packing of Circles



Closest Packing of Hexagons

1.2 Triangulation of two-dimensional closest packed arrays.



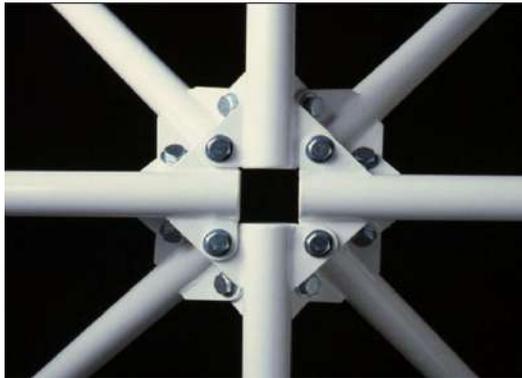
6.2 Full cubic symmetry is preserved in nodes with only [100] spokes, or [110] spokes, or [111] spokes.

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

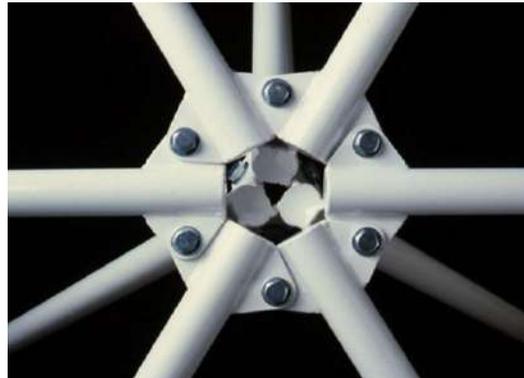
Referentes y proyectos

Peter Jon Pearce, Arquitecto (USA 1936)

Multihinge Connection System, 1975



nudo de 8 barras



nudo de 9 barras



nudo de 14 barras



retículas espaciales

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Peter Jon Pearce, Arquitecto (USA 1936)

Biosphere 2, 1991



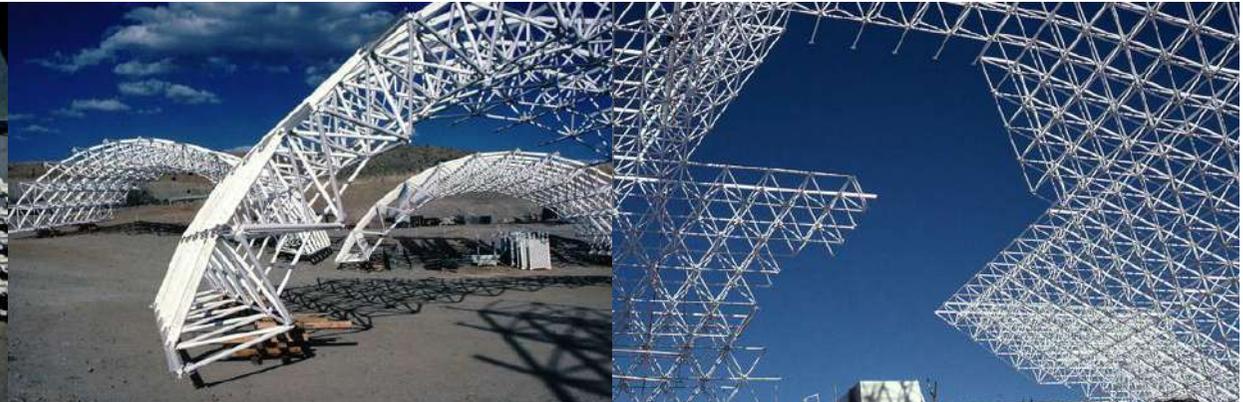
wildernes biome



agricultural biome



habitat



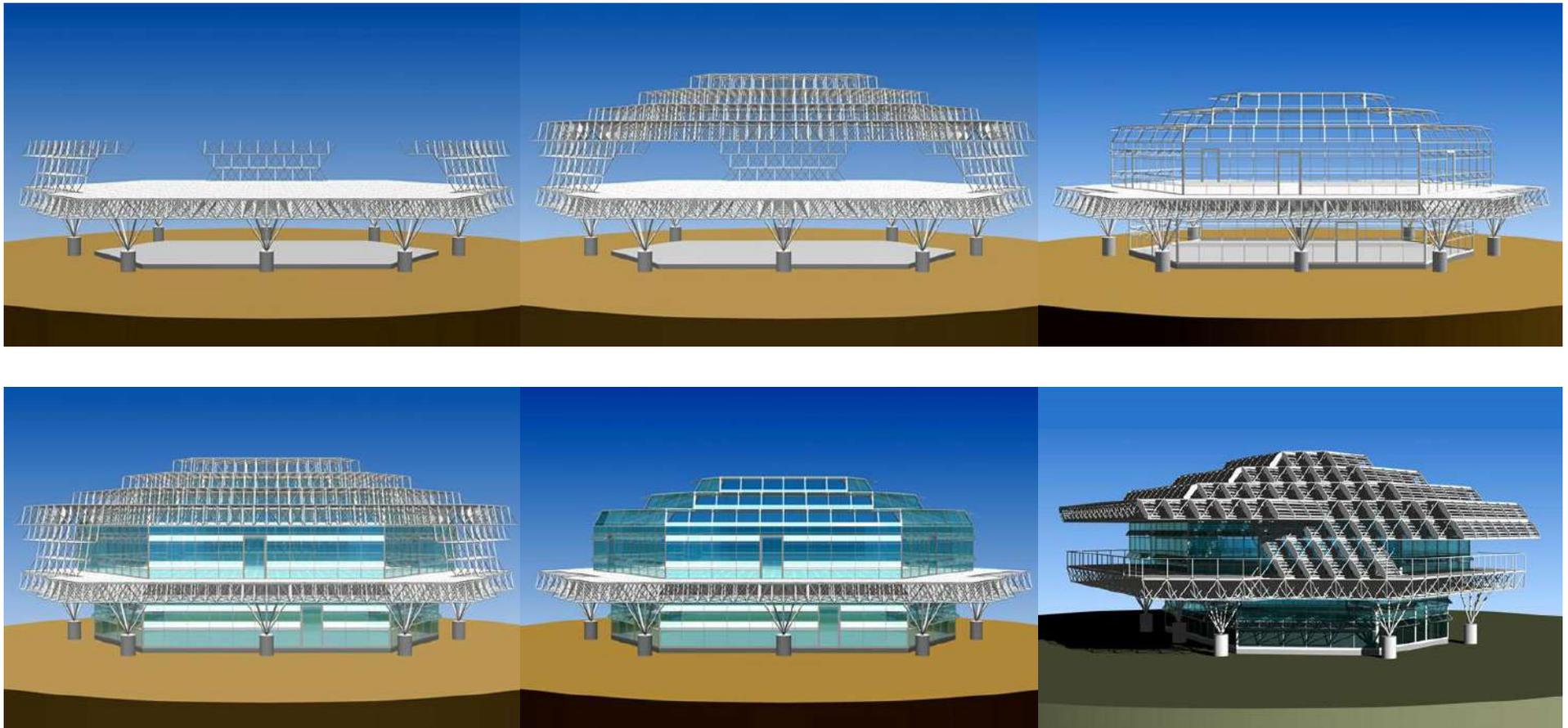
proceso constructivo

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Peter Jon Pearce, Arquitecto (USA 1936)

Ecohouse, 2010

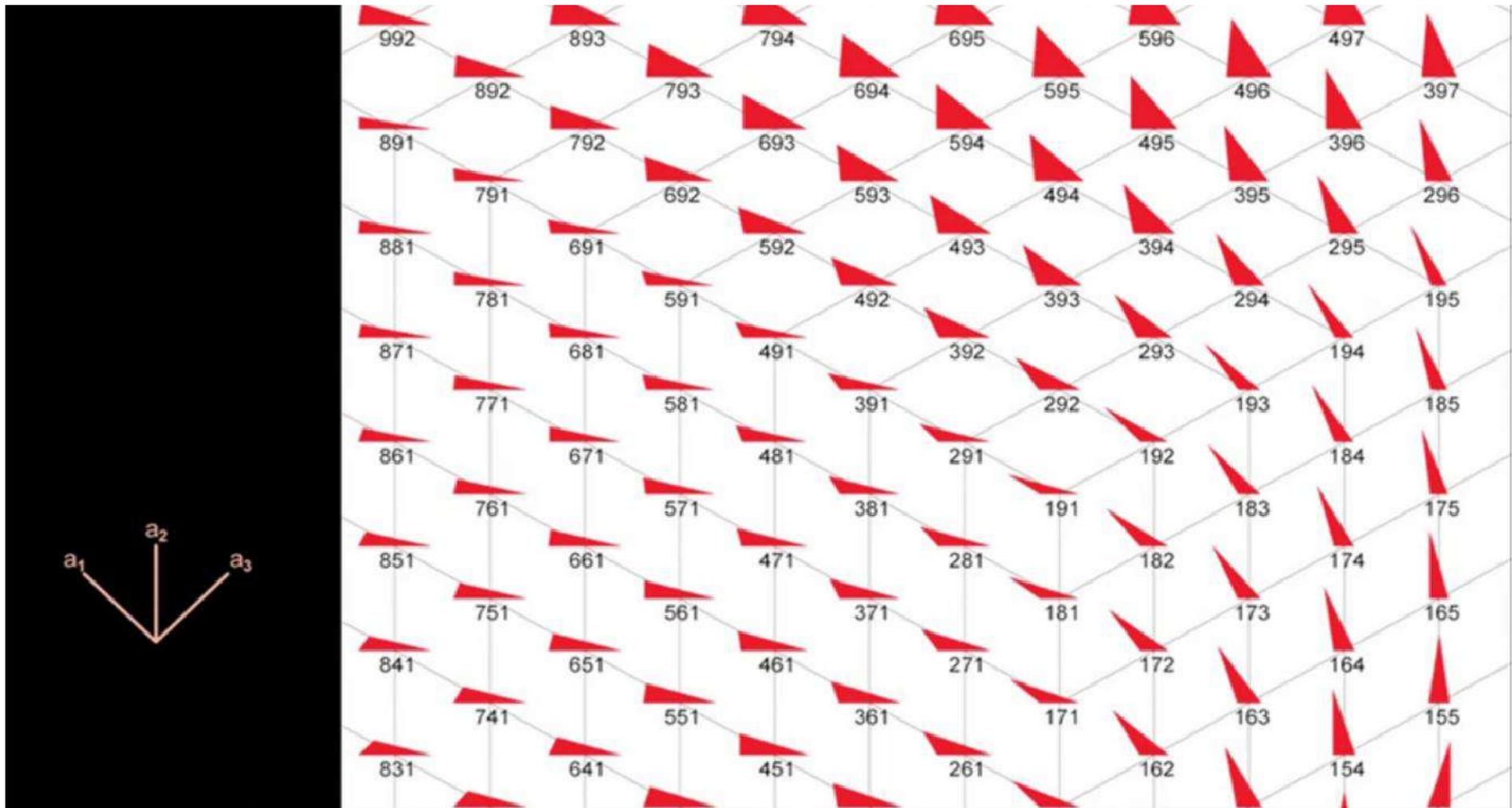


Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Haresh Lalvani, Arquitecto-Morfólogo (India 1945)

Morphogenomics

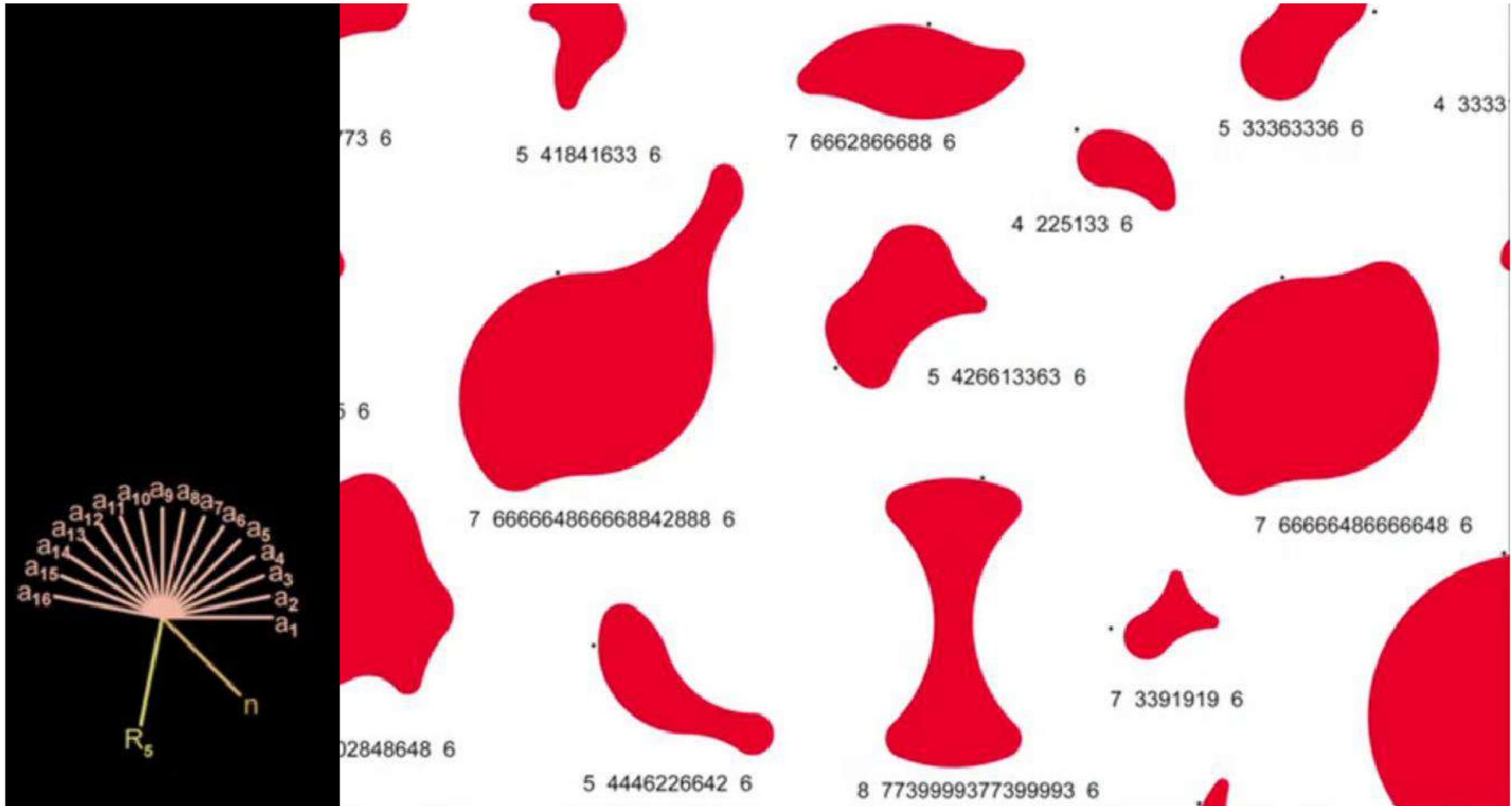


Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Haresh Lalvani, Arquitecto-Morfólogo (India 1945)

Morphogenomics

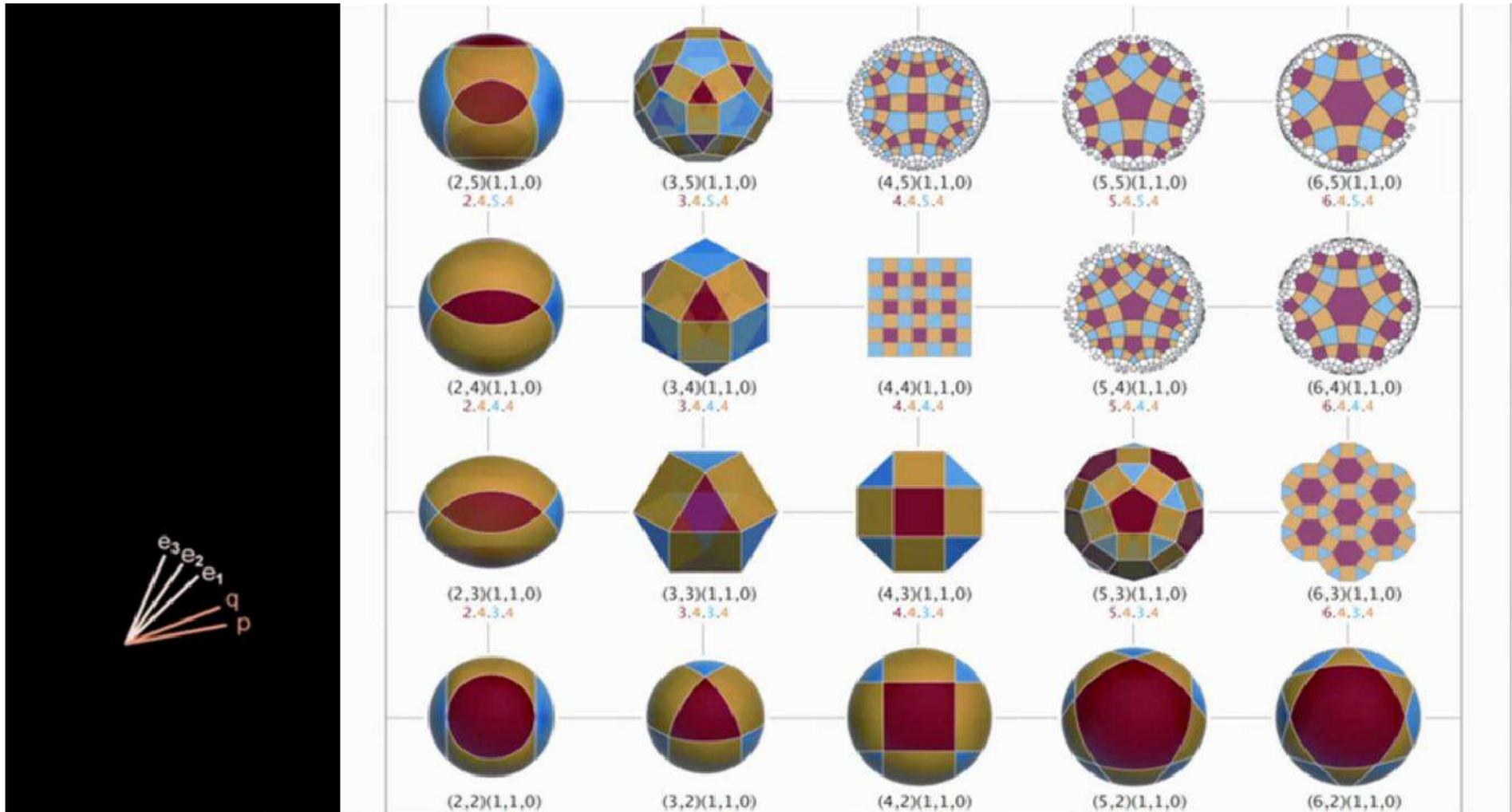


Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Haresh Lalvani, Arquitecto-Morfólogo (India 1945)

Morphogenomics

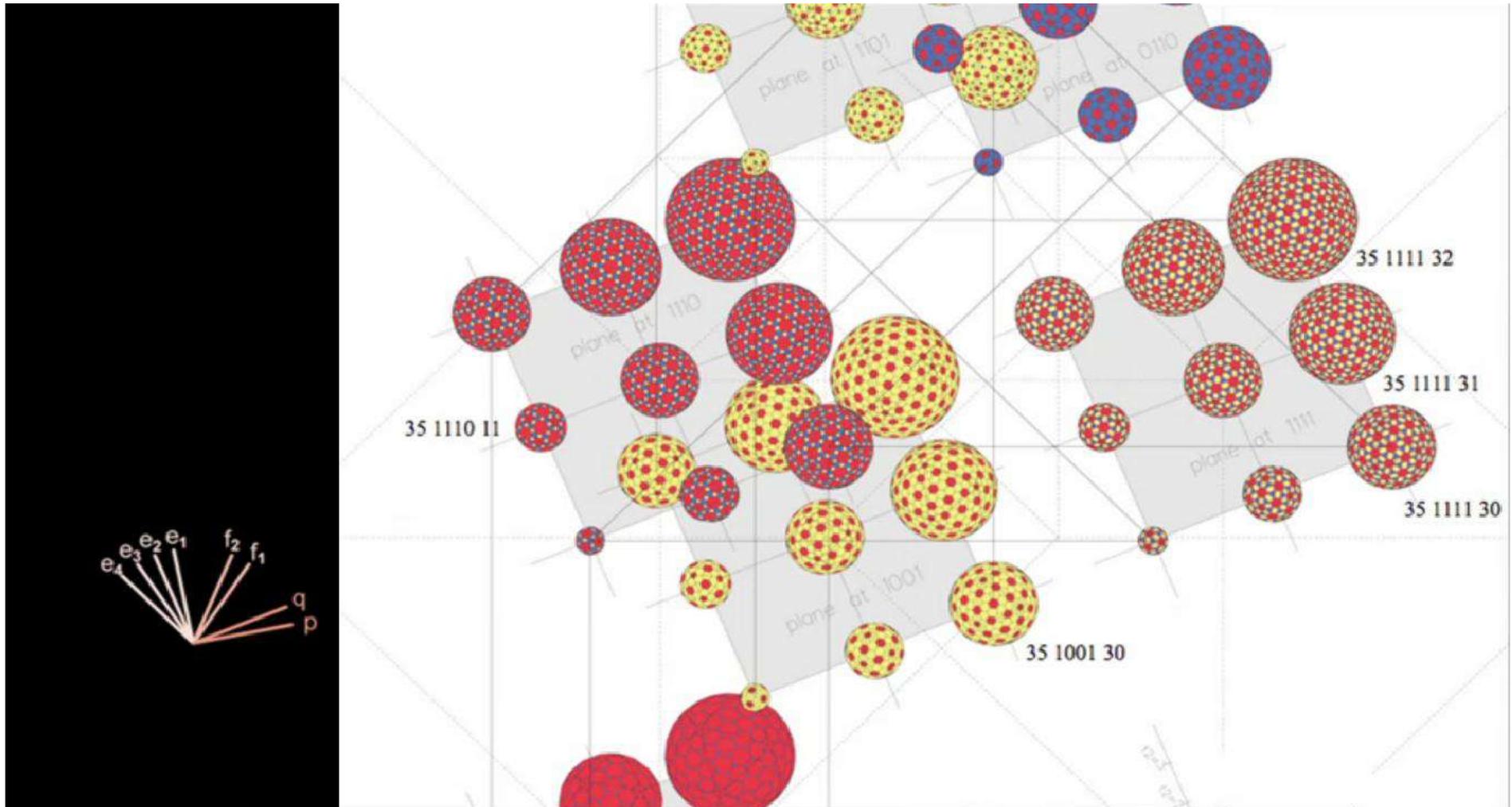


Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Haresh Lalvani, Arquitecto-Morfólogo (India 1945)

Morphogenomics

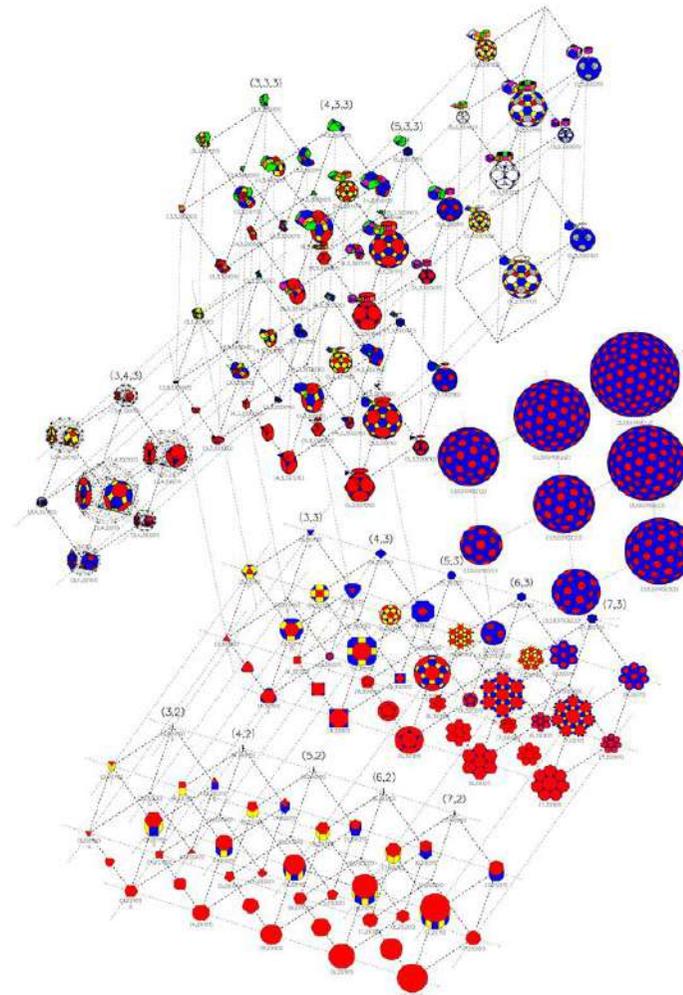


Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Haresh Lalvani, Arquitecto-Morfólogo (India 1945)

Morphogenomics

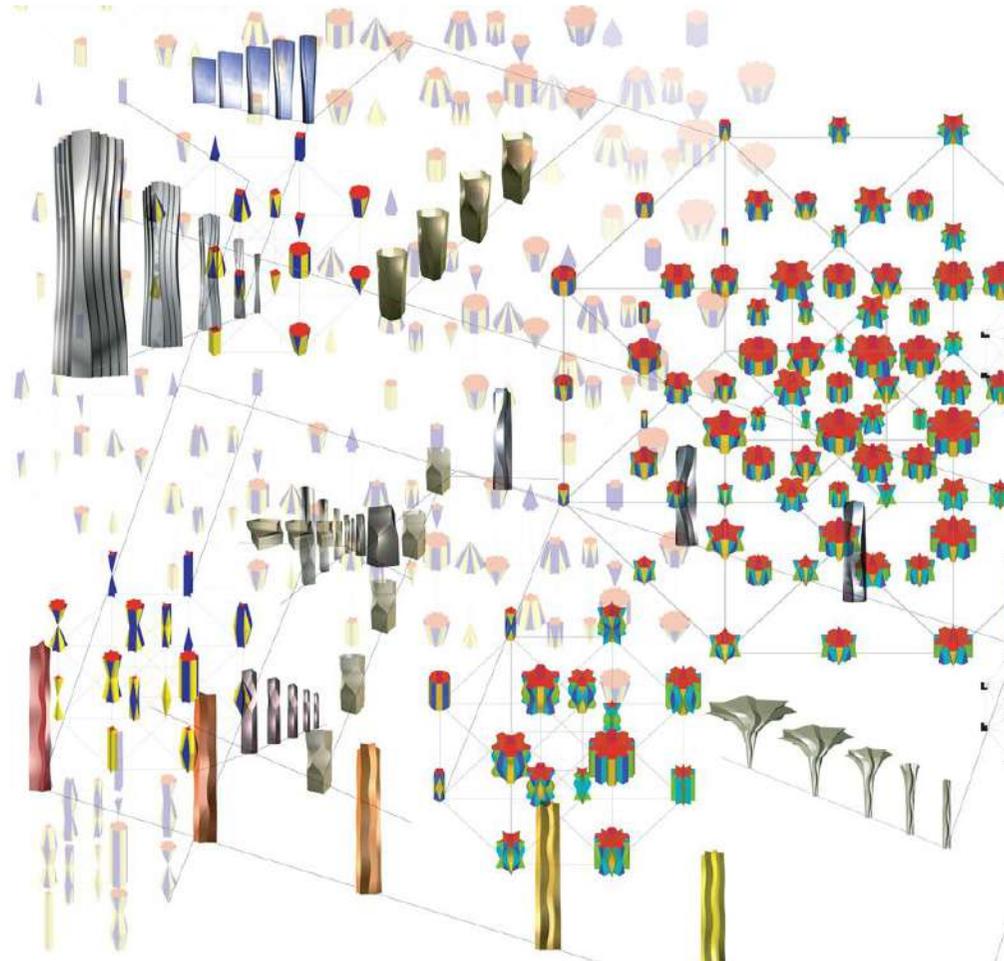


Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Haresh Lalvani, Arquitecto-Morfólogo (India 1945)

Morphogenomics



Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Haresh Lalvani, Arquitecto-Morfólogo (India 1945)

Morphogenomics



columns



umbrellas

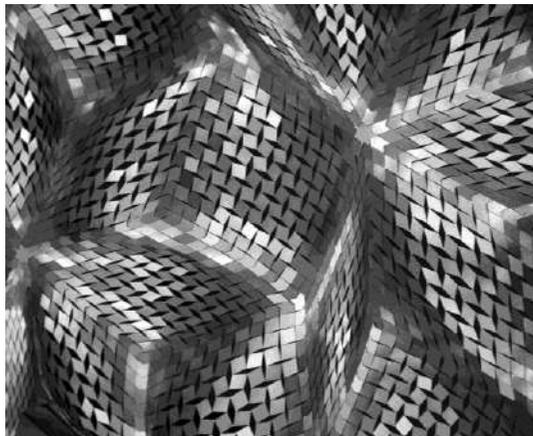
Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Haresh Lalvani, Arquitecto-Morfólogo (India 1945)

Morphogenomics

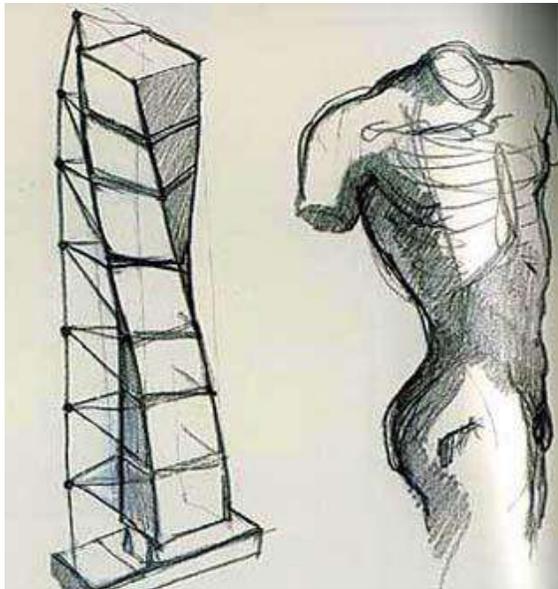
Xurfaces- X plateshell



Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Santiago Calatrava, Ingeniero – Arquitecto (España 1951)

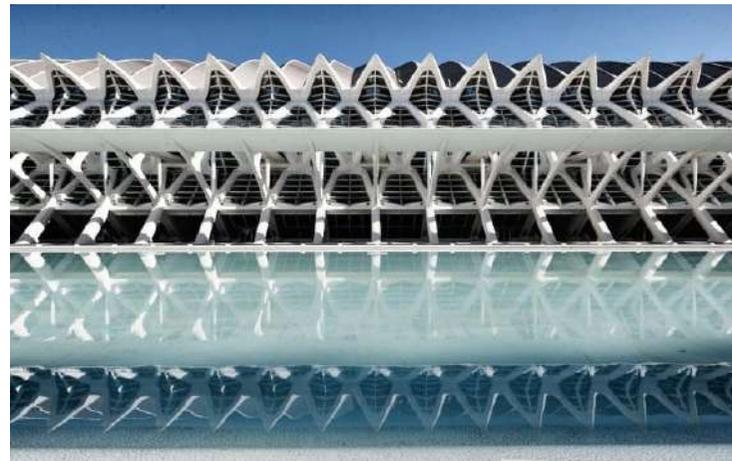


Turning Torso (Suecia, 2005)

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Santiago Calatrava, Ingeniero – Arquitecto (España 1951)



Ciudad de las Artes y las Ciencias (Valencia, 1998)

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

IwamotoScott Architecture + Buro Happold (USA, UK)

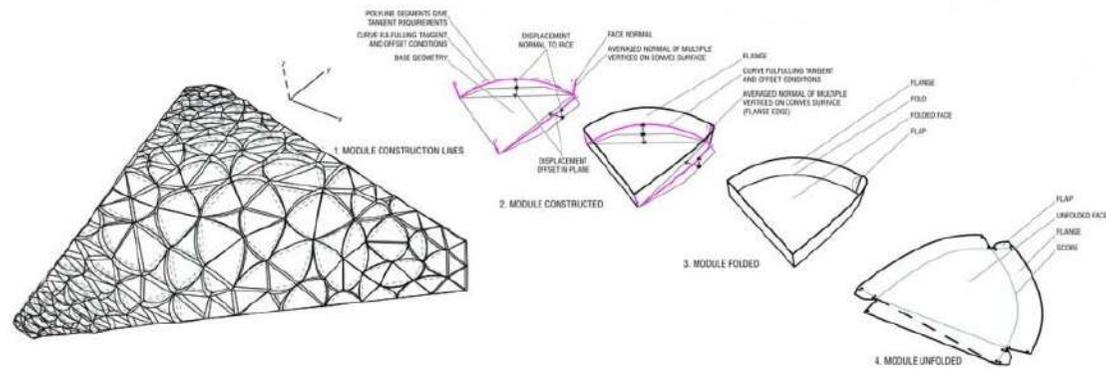
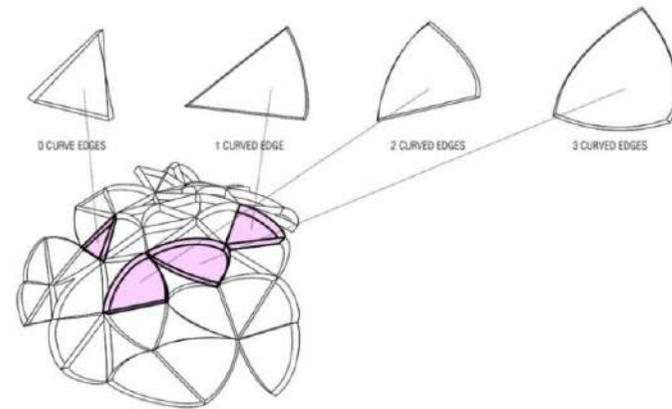
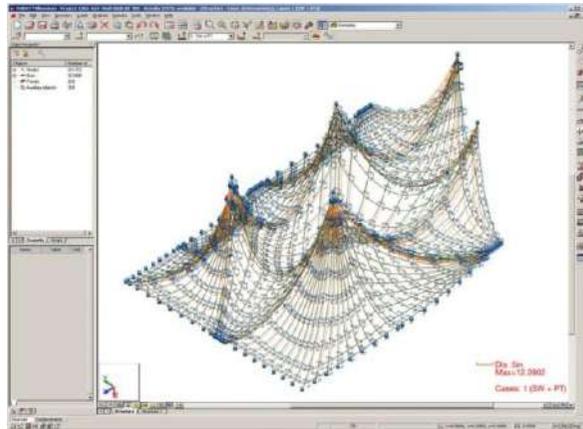


Voussour Cloud (L.A., 2008)

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

IwamotoScott Architecture + Buro Happold (USA, UK)



Voussour Cloud (L.A., 2008)

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

PTW Architects (Australia)

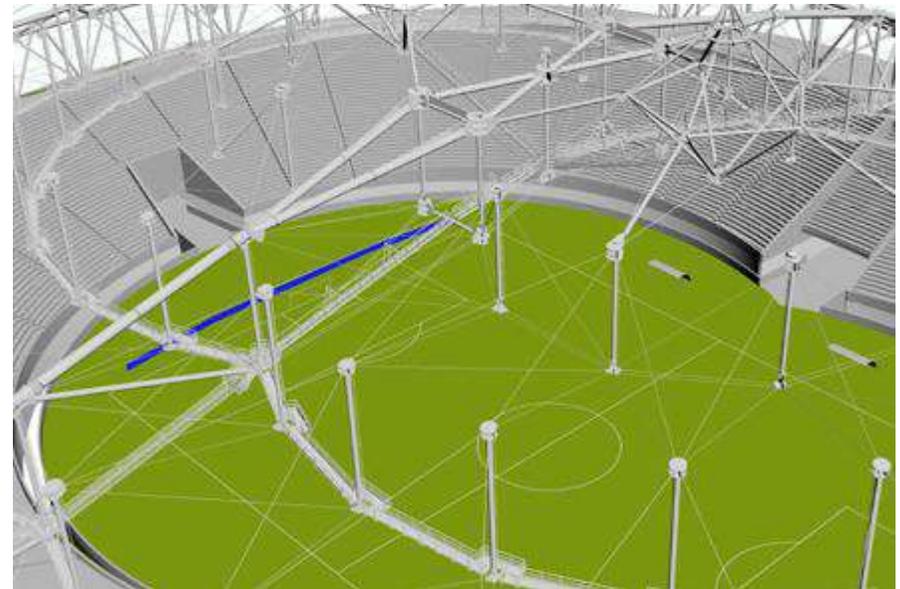


Centro Acuático Nacional Olimpiadas Beijing 2008

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Roberto Ferreira-Gustavo Martínez – Arquitectos (Argentina)

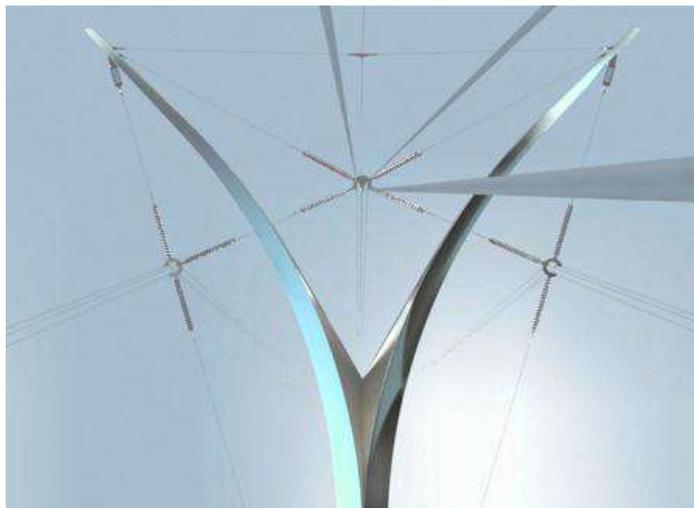


cubierta estadio de La Plata (Argentina, 2010)

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Hugh Dutton Associés HDA (Francia)

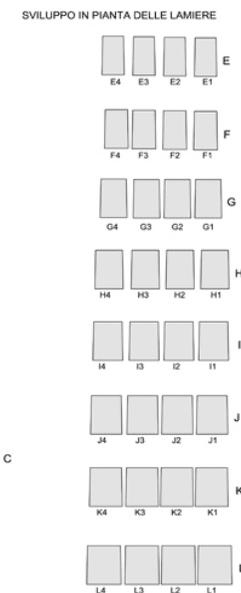
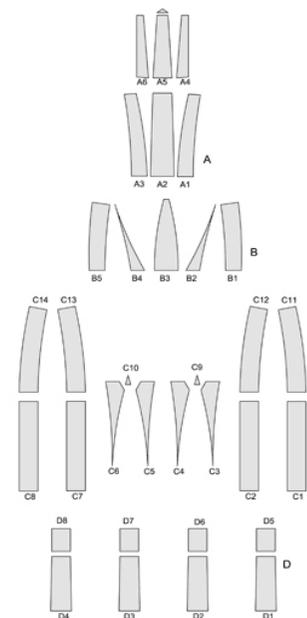
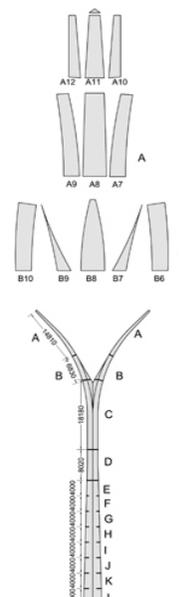
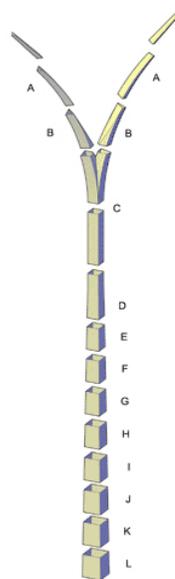
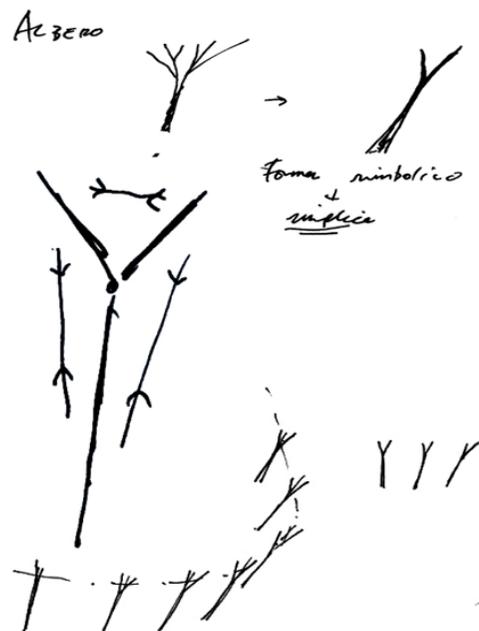


Pylons of the Future (UK, 2011)

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Referentes y proyectos

Hugh Dutton Associés HDA (Francia)



PILONE SEMPLICE E DOPPIA TERNA : SISTEMA GEOMETRICO

Pylons of the Future (UK, 2011)

Antecedentes de Tecnomorfología en el diseño

Productos

Empieza a emerger un campo de diseño en escala de producto en donde se ve claramente un enfoque tecno-morfológico de manera sistemática.

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Productos



BKF
(Bonet, Kurchan, Ferrari-Hardoy, 1938)



Tulip chair
(Eero Saarinen, 1955)



silla inflable
(sin autor, 1960's)



hamaca paraguaya
(tradicional, sin fecha)

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Productos

Freedom of Creation FOC (Holanda)



Macedonia tray



Trabecula chair



Gaudi chair

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Productos

David Trubridge (Nueva Zelanda)



Nikau



Coral



Glide



Baskets

Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

Productos

Konstantin Archov (Bulgaria)



Antecedentes de Tecno-morfología en el diseño

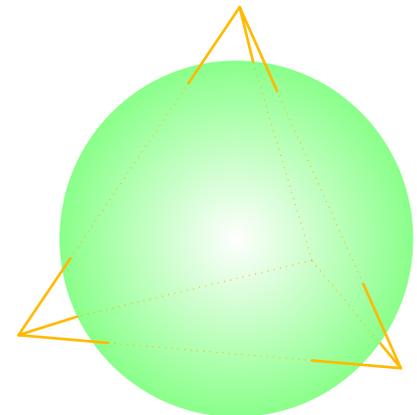
Productos

ArchxX (Alemania)



fin capítulo 1

2. Dispositivos Didácticos para la Tecno-morfología



2.1 Introducción

Proyectos didácticos realizados a lo largo de los últimos 18 años en la FADU, UBA y en otras Universidades nacionales y de otros países son mostrados aquí, cada uno con alcances y perfiles distintos pero todos apuntando a la misma cosa: a potenciar la asociación entre forma, estructura, tecnología y materiales. Cada uno de los proyectos presentados es en sí un dispositivo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de diseño tecno-morfológico. Esto significa que fueron concebidos como actividades para la educación de diseño y desde el lugar de la integración de los cuatro aspectos que abarca la Tecno-morfología, mencionados más arriba.

Se presentan los resultados en avance, según el nombre bajo el cual se denomina cada proyecto desde las actividades en el aula y desde la difusión de sus resultados en foros académicos y profesionales. Luego de una breve introducción a los objetivos y métodos de cada proyecto, se muestran ejemplos concretos de los dispositivos y en algunos casos se ejemplifican con muestras de trabajos de alumnos.

La relación entre los cinco proyectos es en parte evolutiva pero también casual. Por un lado cada proyecto fue pidiendo el siguiente, pero también hay que reconocer que la elección de estos campos de investigación y acción no son ni excluyentes ni mucho menos, rigurosos. Lo que sí, las elecciones fueron lógicas y aparentemente útiles.

En primer lugar nace el interés por el material didáctico concreto para el diseño desde la morfología, como recorte del universo mayor de material concreto para la enseñanza y aprendizaje del diseño en general. Este proyecto originalmente titulado “material concreto para el diseño morfológico” fue enfocándose hasta convertirse en lo que aquí se denomina y presenta como “Design Puzzles”, campo de unión de los distintos atributos de la forma, explicitado más abajo. Desde ese lugar de investigación y docencia fue creciendo el interés en formalizar como actividades didácticas, dos fenómenos que pueden ser integrados o fragmentados, según la persona, cultura y circunstancias: la naturaleza y (ciertas) prácticas humanas. Para ser más específico: la naturaleza es y ha sido para este autor fuente de inspiración y contención en muchos sentidos. Desde ahí el interés por estudiar como amateur aspectos puntuales del medio ambiente (flora y fauna en regiones autóctonas), geografías y arquitectura animal. Es desde este lugar de profundo amor y conexión con el medio ambiente natural que emergieron las prácticas de lo que se terminó denominando “proyecto integrador tecno-morfológico” en el contexto de diversos cursos, talleres y seminarios de grado y posgrado desarrollados desde 2005. En estos proyectos los

participantes son llevados al entorno natural para buscar fenómenos físicos naturales como casos de estudio que luego son convertidos en los puntos de referencia de sus propios proyectos de taller. Esto es explicitado en detalla más abajo.

Por otro lado fue creciendo el interés (mío) por dos actividades tan intrínsecas como necesarias a la vida humana: el movimiento del cuerpo y los alimentos (por separado). En cuanto al cuerpo humano, parecía una contradicción que algo tan obvio como el acercamiento a nuestro propio cuerpo como fuente de aprendizaje para el diseño proyectual estuviera tan notoriamente ausente en la currícula en tantos ámbitos de enseñanza (sin distinción de cultura, nivel o grado). Esto dio pie al inicio de una investigación que comenzó con la mano humana como herramienta diseñada y hoy se engloba dentro del proyecto mayor apodado “Antro-portancia”, descrito en detalle más abajo. El otro campo de atracción donde se puso foco fue la “cocina estructural”. Esta denominación es propia, y forma parte de un campo emergente mayor, conocido como Diseño de Alimentos. A diferencia de la gastronomía como rubro, la cocina estructural es un proyecto pedagógico para usar la cocina (literalmente) como laboratorio de experimentación en donde se asocian los 4 aspectos que la tecno-morfología integra. El nombre fue concebido para remarcar que no es un proyecto culinario sino proyectual, detallado más abajo en su respectiva sección.

En definitiva, una cosa fue llevando a la otra, algunas fueron quedando en el camino y las que sobrevivieron son expuestas aquí como evidencias de dispositivos didácticos posibles hacia la formación de la Tecno-morfología como estrategia de diseño. El índice organiza cada uno de los proyectos en orden cronológica según su inicio oficial (expuesto y/o publicado).

Índice

- **Design Puzzles** - inicio en 1995 (presentado como exposición visual)
- **Crecimiento y Forma Vegetal** - inicio en 1999 (presentado a través de ejemplos de trabajos de alumnos durante el periodo 2010-2012)
- **Proyecto Integrador de Tecno-morfología como Estrategia de Diseño-** inicio en 2003 (presentado a través de ejemplos de trabajos de alumnos durante el periodo 2010-2012)
- **Antro-Portancia-** inicio en 2004 (presentado como exposición texto / visual)
- **Cocina Estructural** - inicio en 2007 (mostrado a través de dos presentaciones recientes en Londres y ejemplos de trabajos de alumnos durante el periodo 2009-2012)

2.2 Design Puzzles

Este es un proyecto nacido de una investigación más amplia, interesada en crear material concreto didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la morfología como disciplina proyectual, asociando el rigor de la geometría con la imaginación y sensibilidad visual. Si bien los Design Puzzles en el estado de avance que se presenta a continuación no pueden considerarse como material concreto para la Tecno-morfología cabalmente, si puede acreditarse que sirve de siembra y preparación para su posterior maduración. Cabe destacar que algunos de los Design Puzzles expuestos han sido y siguen siendo utilizados en distintos formatos y contextos de aprendizaje en escuelas secundarias al igual que en aulas Universitarias en Argentina y otros países.

Los Design Puzzles ponen énfasis singular en identificar y establecer conexiones entre los atributos básicos de la forma, entendida como la configuración, tamaño, color, dirección y orientación. Sin este conocimiento y aprehensión particular de la forma sería más difícil (por no decir imposible) ampliar nuestro campo de conciencia y comprensión del potencial morfológico en el diseño. También sería más difícil apreciar y disfrutar de nuestro contexto visual ya que estaríamos más limitados para decodificar sus leyes y percibir sus contenidos. Esto último quizás puede ampliarse para abarcar todos nuestros sentidos perceptuales, no solo lo visual. Podríamos pensar en términos de una morfología sonora (como es sugerido en el Atlas de Catenarias) morfología olfativa (olorologo?), gustativa y háptica. En definitiva, una morfología proyectual amplia que estudia la forma en todas sus dimensiones y contextos, no solo la entitativa visualizable.

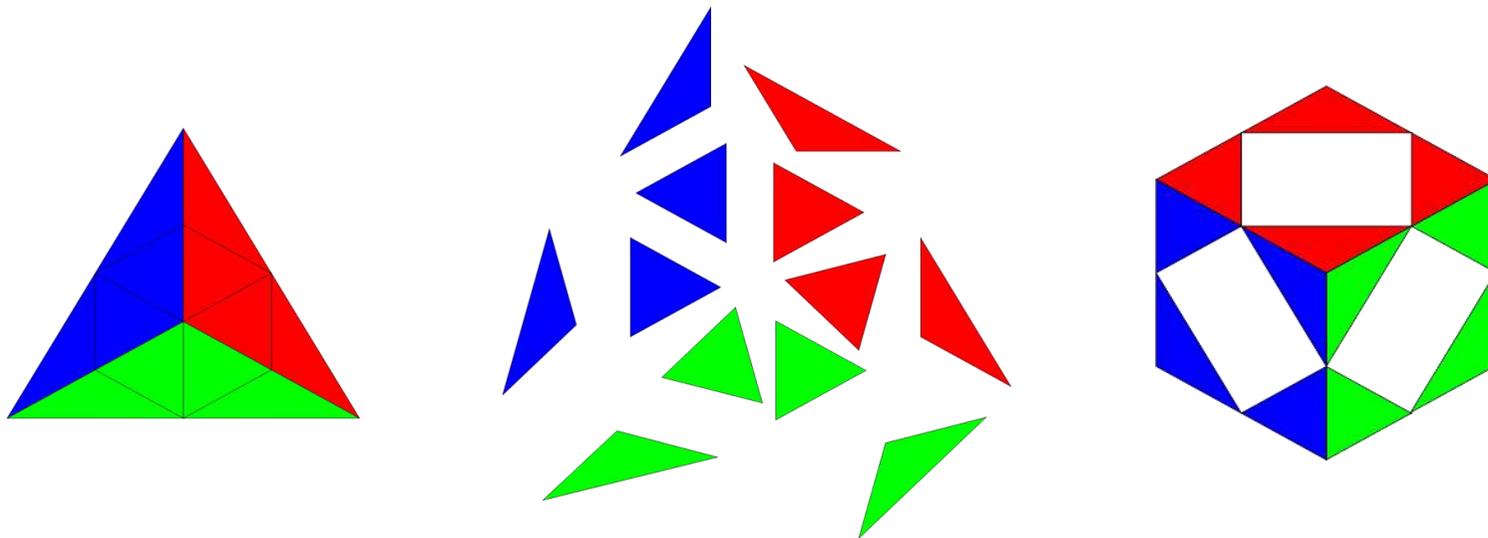
Design Puzzles

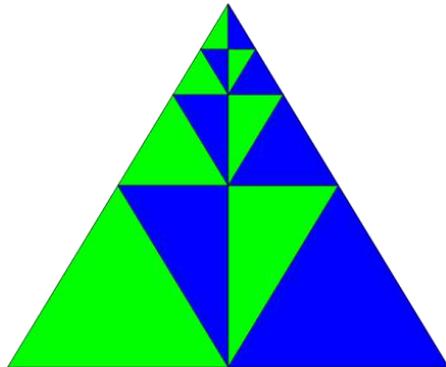
UNIENDO LAS PIEZAS

Design Puzzles como material didáctico morfológico

INTRODUCCION

Design Puzzles es el nombre que designamos para material didáctico basado en diseño morfológico. El campo del diseño morfológico (*Design Morphology*) es definido como disciplina en donde la morfología es utilizada como estrategia de diseño de manera explícita. Esto implica conocer y reconocer la lógica intrínseca de la forma a través de sus cinco atributos (figura, posición, orientación, color y tamaño) y usarlo como generador y ordenador de las formas en el espacio.



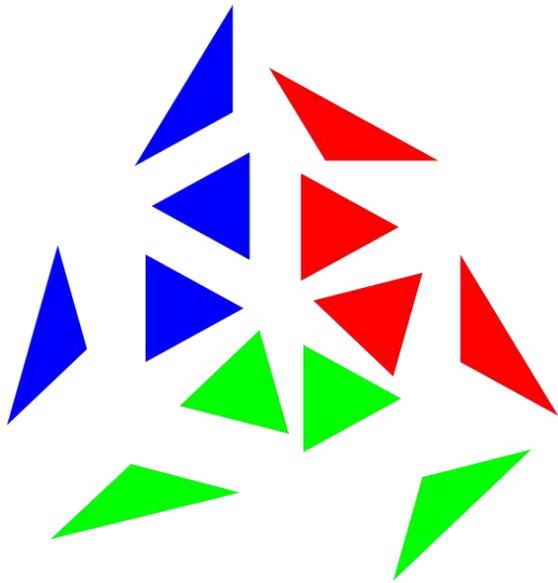


El aprendizaje del diseño morfológico se desarrolla en distintas instancias, desde juegos didácticos en la infancia hasta métodos e instrumentos para la enseñanza universitaria. Los Design Puzzles pueden operar en cualquiera de estas etapas y pueden ser materiales o virtuales dependiendo del diseño, contexto y preferencias.



El concepto de Design Puzzle surge de investigaciones realizadas por el autor junto a Alfredo Cattan dentro de un marco teórico específico para la enseñanza y aprendizaje del diseño morfológico comenzando en 1994.

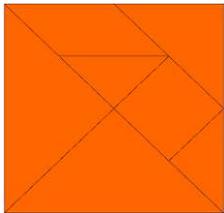
Resulta difícil encontrar una traducción adecuada para este término ya que la traducción aceptada en castellano para la palabra sajona Puzzle es "rompe-cabezas", término contrario a lo que en este caso se quiere sugerir, siendo que un Puzzle puede ser utilizado como estrategia para abrir cabezas, más que romperlas.



Un Design Puzzle se define como un conjunto de piezas relacionados entre sí de manera específica, asociando sus atributos formales dando como resultado composiciones (resoluciones) lógicas de las partes según los parámetros y consignas que se elije emplear en cada instancia. La generación, transformación, clasificación y lectura de las formas son los ejes que organizan las actividades que los Design Puzzles proponen.

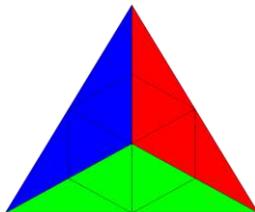
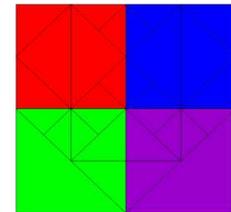
INDICE

Esta presentación muestra una serie de casos concretos, convertidos en productos reales para diversos usos en el aula universitaria y de colegios secundarios. Se presentan tres recortes distintos que han sido explorados, a fines de dar cuenta de los diversos enfoques empleados hacia un mismo fin.



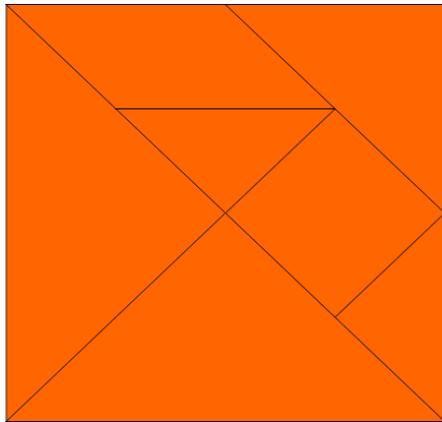
El Tangram como referente histórico de Design Puzzles

Temas para la generación de Design Puzzles



Sistemas para la generación de Design Puzzles

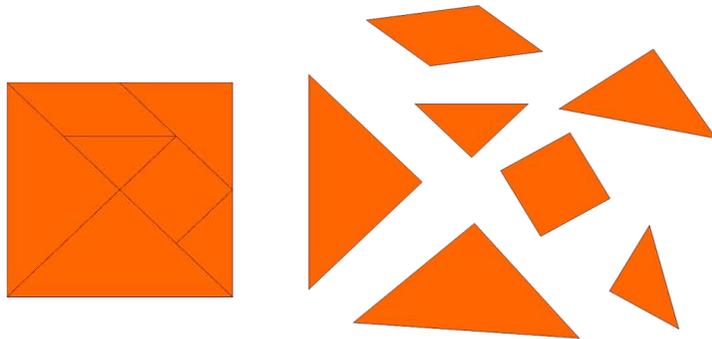
TANGRAM



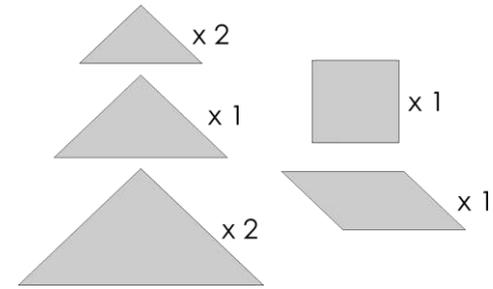
Es el referente histórico de Design Puzzles, en uso hace muchos años como actividad recreativa. Si bien el Tangram cumple con la definición de un Design Puzzle en términos prácticos, no posee características específicas para optimizar su utilización con fines didácticos. De todos modos es útil analizarlo para entender mejor su pregnancia en la cultura general, trascendiendo fronteras y generaciones.

TANGRAM

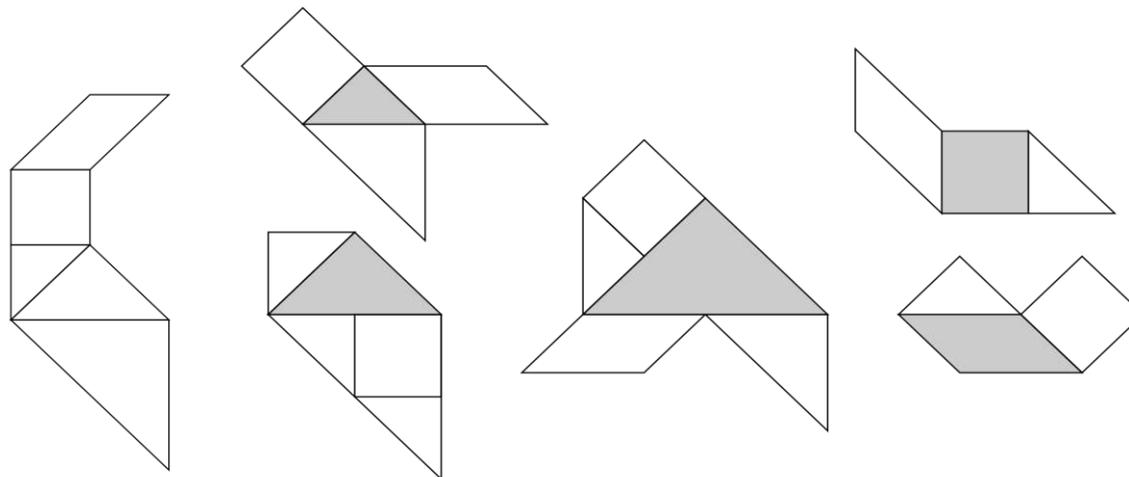
Análisis



disección



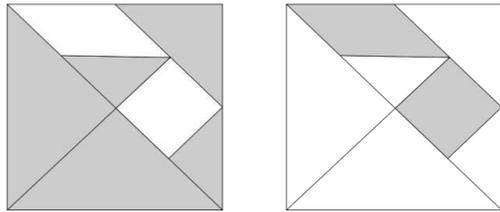
despiece



relación de tamaños

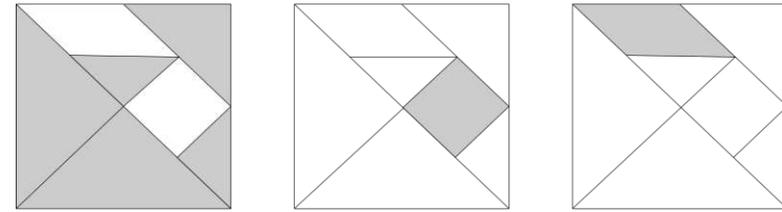
TANGRAM

Análisis



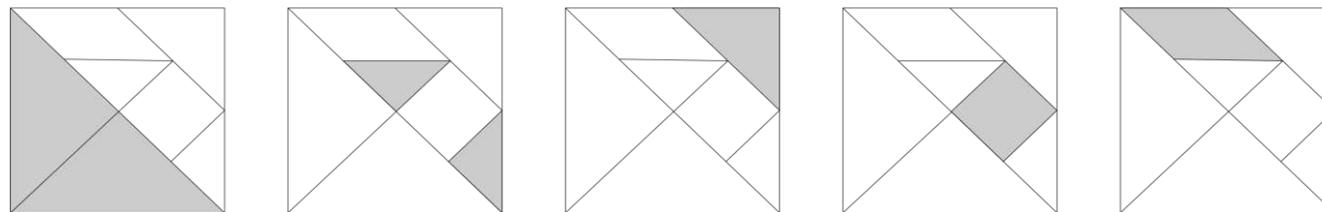
cantidad de polígonos distintos
(los triángulos y cuadriláteros se consideran similares)

2



cantidad de polígonos distintos
(los triángulos se consideran similares)

3

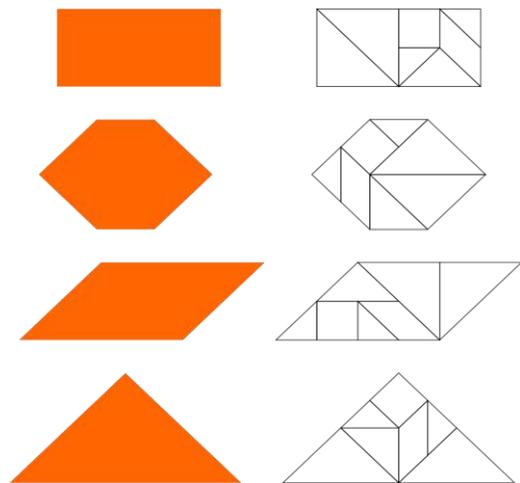


cantidad de polígonos distintos
(los triángulos del mismo tamaño se consideran similares)

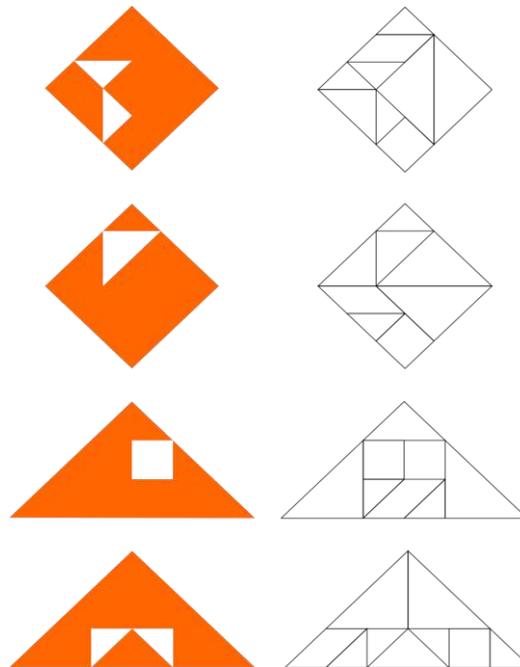
5

TANGRAM

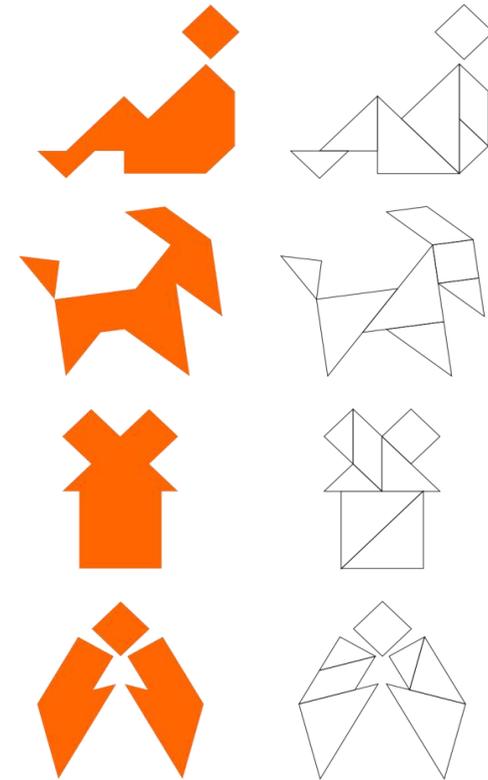
Categorías de configuración



figuras geométricas saturadas



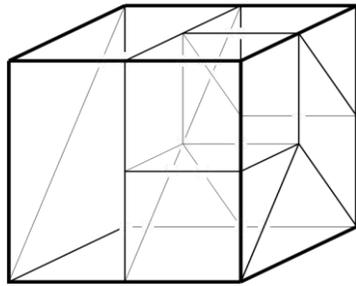
figuras geométricas no saturadas



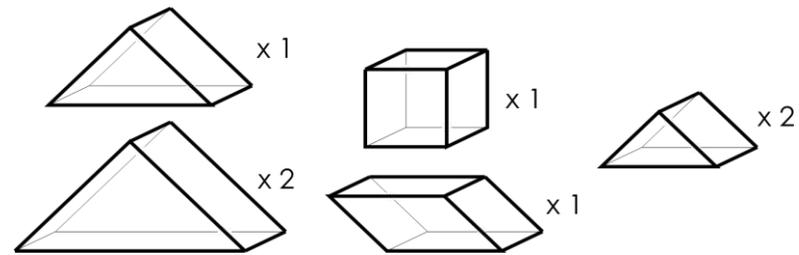
figuras temáticas

TANGRAM 3D

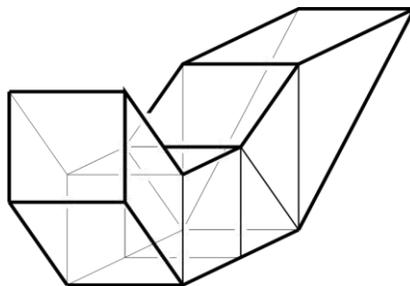
Análisis



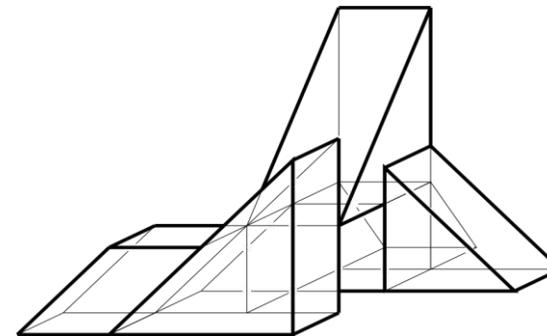
disección



despiece



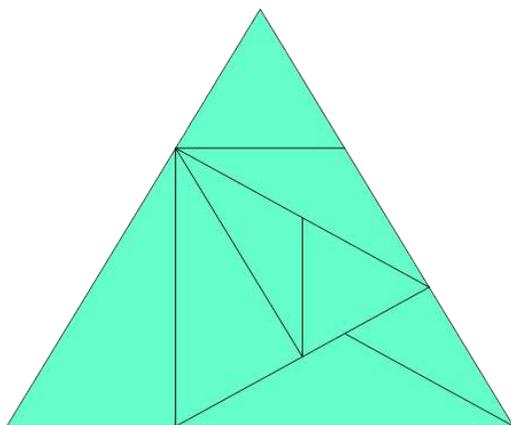
relación de tamaños



composición 3D



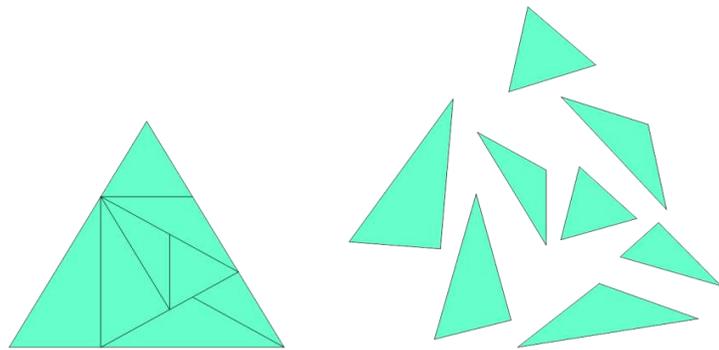
TRIGRAM



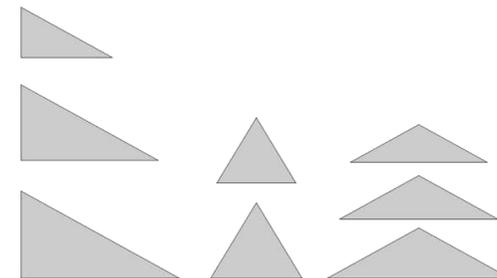
Esta es una versión triangular realizada por los autores, trasladando la mayor cantidad y calidad de las características del Tangram a otra forma para ver y comparar los resultados.

TRIGRAM A

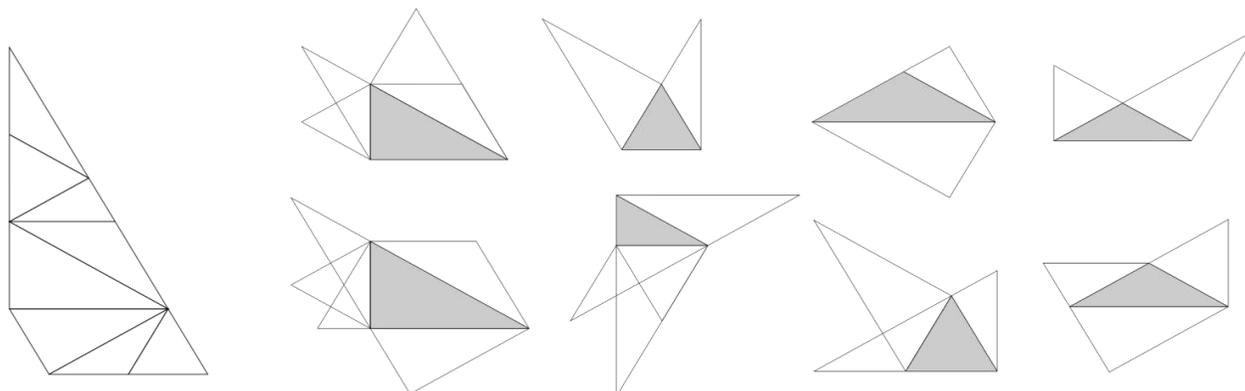
Análisis



disección



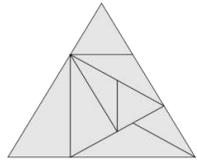
despiece



relación de tamaños

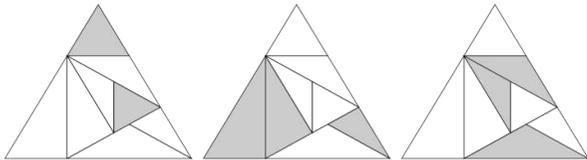
TRIGRAM A

Análisis



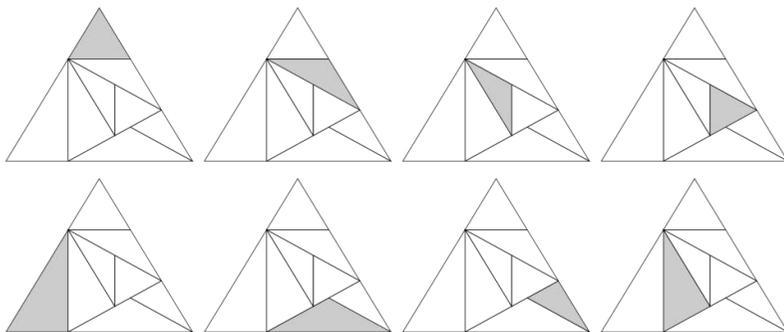
cantidad de figuras distintas
(todos los triángulos se consideran similares)

1



cantidad de figuras distintas
(los triángulos del mismo tipo se consideran similares)

3

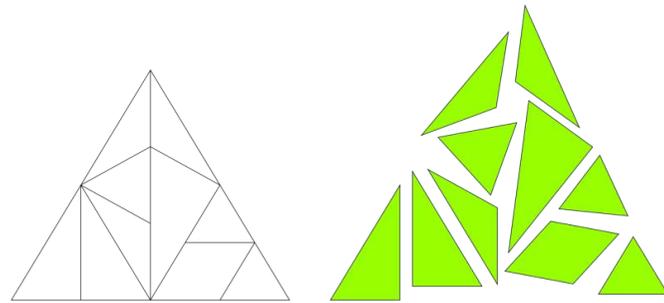


cantidad de figuras distintas
(los triángulos del mismo tamaño se consideran similares)

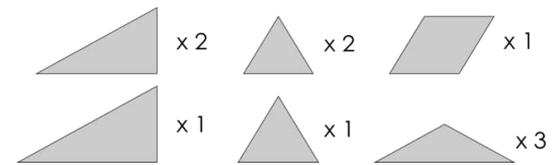
8

TRIGRAM B

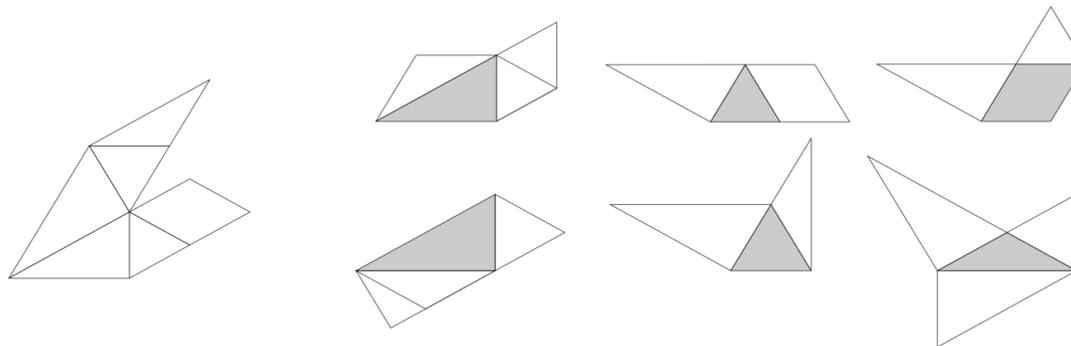
Análisis



disección



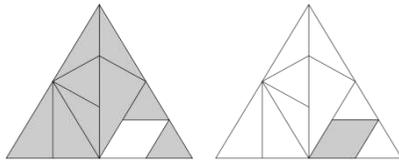
despiece



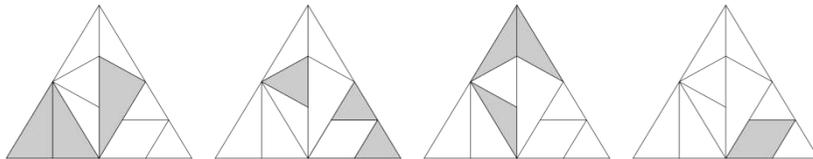
relación de tamaños

TRIGRAM B

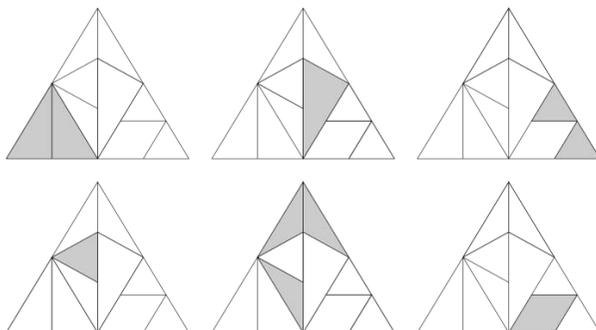
Análisis



cantidad de figuras distintas
(todos los triángulos se consideran similares)
2



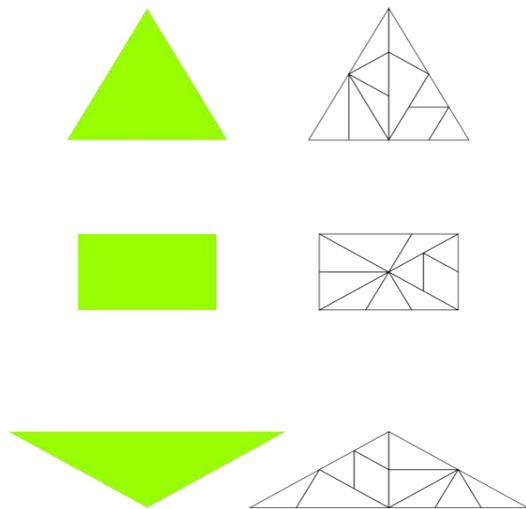
cantidad de figuras distintas
(los triángulos del mismo tipo se consideran similares)
4



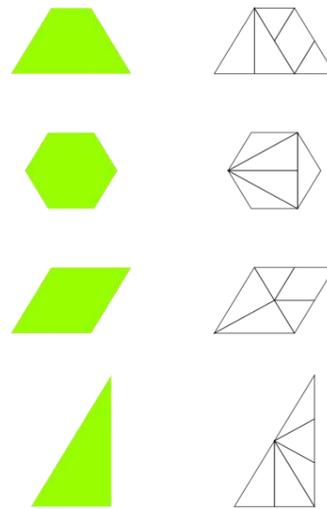
cantidad de figuras distintas
(los triángulos del mismo tamaño se consideran similares)
6

TRIGRAM B

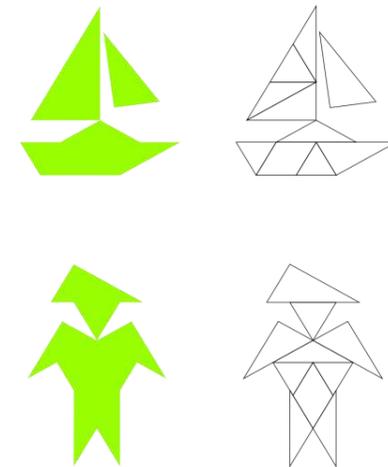
Categorías de configuración



figuras geométricas
x 10 piezas



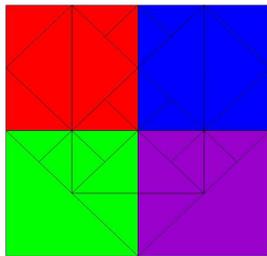
figuras geométricas
X 5 piezas



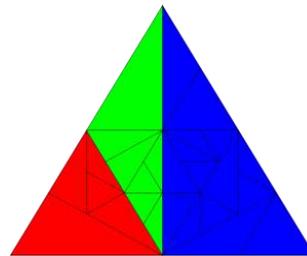
figurativo
X 10 piezas

TEMAS PARA GENERACIÓN DE DESIGN PUZZLES

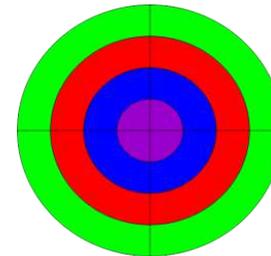
Una opción para la generación de Design Puzzles es proponer temas específicos y luego diseñar el sistema en función de esos objetivos. A continuación se muestran 3 casos:



SYMMETRIX
simetría y su relación
con el color y las formas



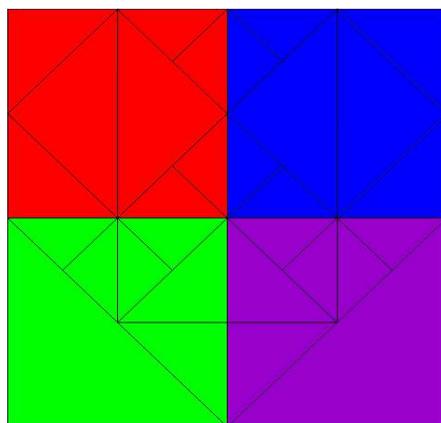
TRYANGLES
triángulos y su relación con
las formas, color y tamaños



ARCOS
círculos y las figuras curvilíneas



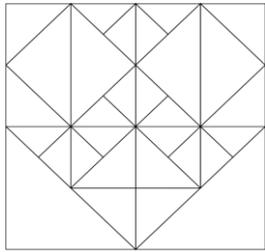
SYMMETRIX



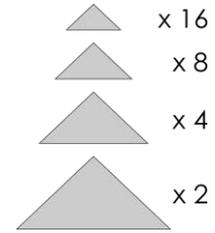
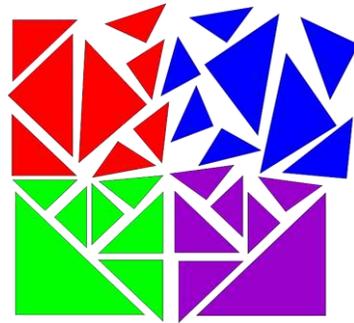
Es un sistema para la generación y lectura de formas espaciales asociando los cuatro tipos de simetría (reflexión, rotación, traslación y extensión) con otros dos variables: la forma y el color. El diseño fue concebido para poder trabajar en dos instancias distintas y simultáneas; juego libre y situaciones didácticas organizadas.

SYMMETRiX

Análisis



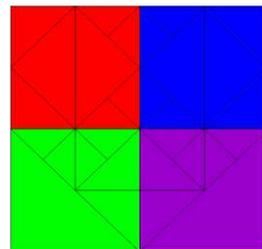
disección



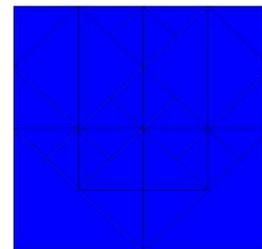
despiece



relación de tamaños



frente



dorso

SYMMETRiX

Categorías de configuración



	reflexión	rotación	traslación	extensión
cuadrados				
formas geométricas				
figuras				

SYMMETRiX

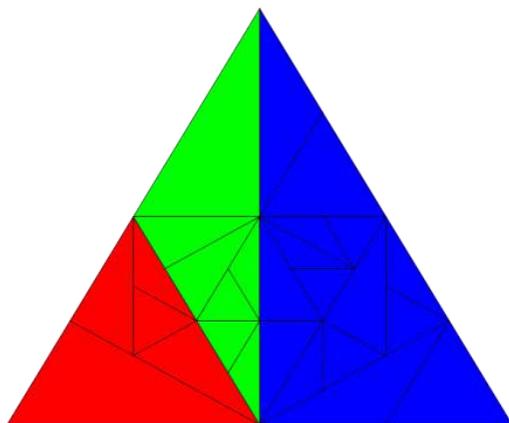
Categorías de configuración



	reflexión	rotación	traslación	extensión
cuadrados				
formas geométricas				
figuras				



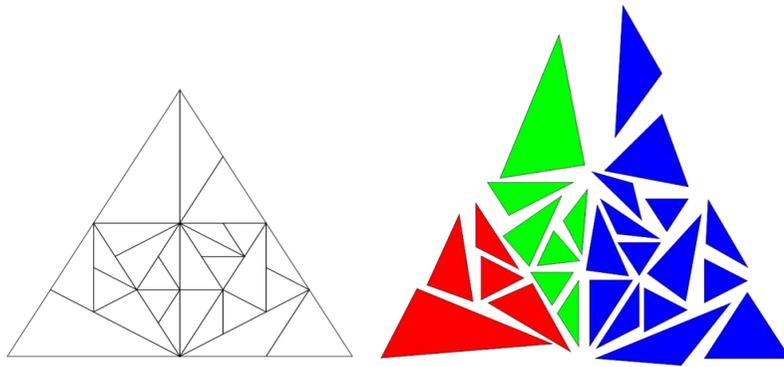
TRYANGLES



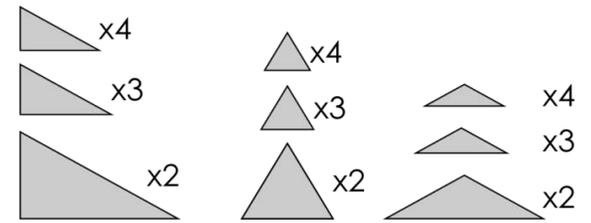
Es un sistema para la generación y lectura de formas espaciales triangulares, asociando los tres variables de la forma: figura, tamaño y color. Al igual que en el ejemplo anterior (Symmetrix) el diseño fue concebido para poder trabajar en dos instancias distintas y simultáneas; juego libre y situaciones didácticas organizadas.

TRYANGLES

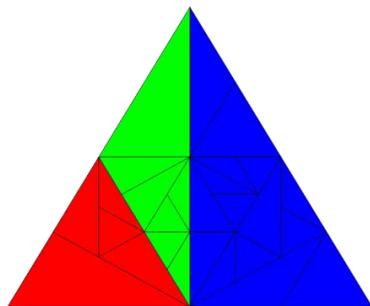
Análisis



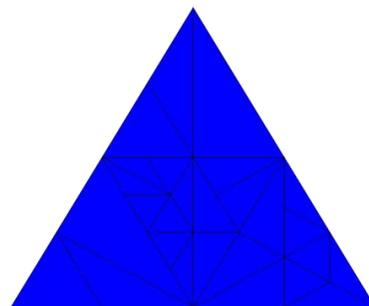
disección



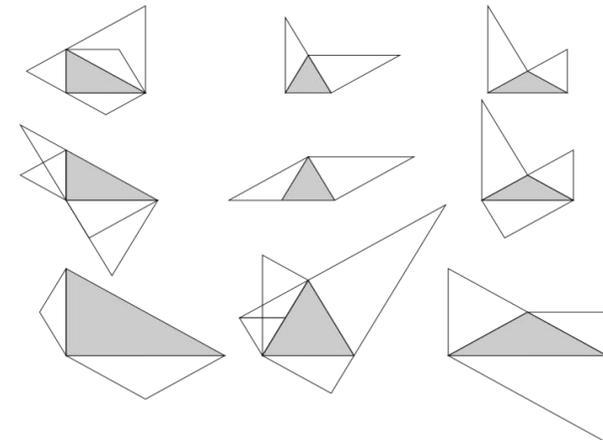
despiece



frente



dorso



relación de tamaños

TRYANGLES

Categorías de configuración



	triángulos			figuras geométricas	figurativo	formas simultáneas
1 color						
2 colores						
3 colores						

TRYANGLES

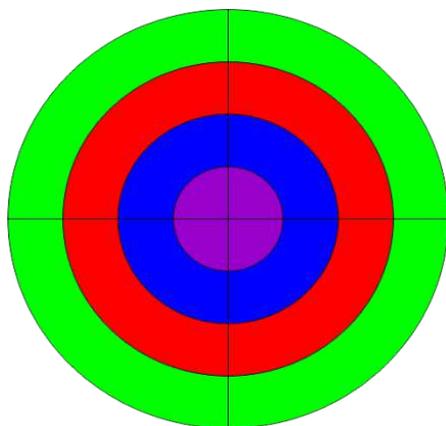
Categorías de configuración



		tamaño			figura		color		
		pequeño x 12	mediano x 9	grande x 6	equilátero isósceles x 18	recto x 9	rojo x 6	verde x 21	azul x 27
1 color	1 color								
	2 colores								
	3 colores								



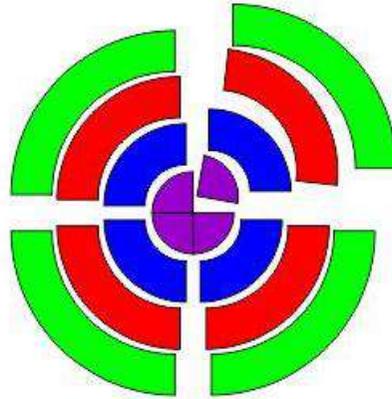
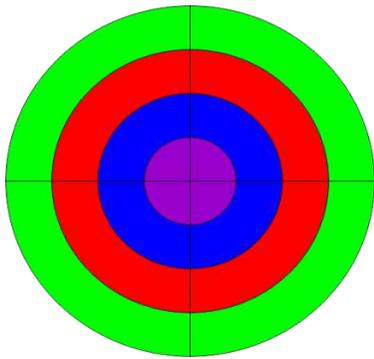
ARCOS



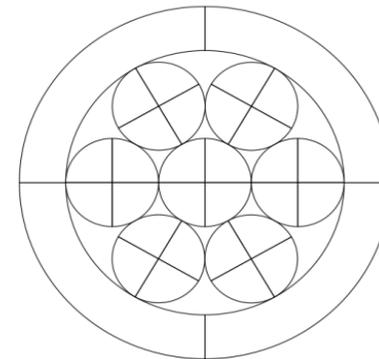
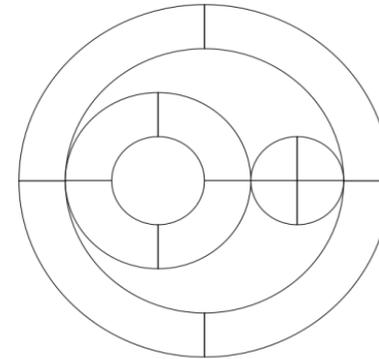
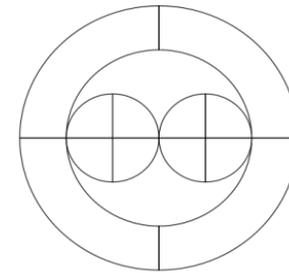
Es un sistema para la generación y lectura de formas espaciales asociando figuras curvas basadas en la disección de un círculo en distintos radios y en distintas secciones con simetría rotacional. En el caso mostrado los círculos se dividen en 4 radios y estos a su vez se dividen en secciones con simetría rotacional 4. La cantidad de círculos completos empleados en las construcciones no es intrínseca al sistema ya que es abierto.

ARCOS

Análisis



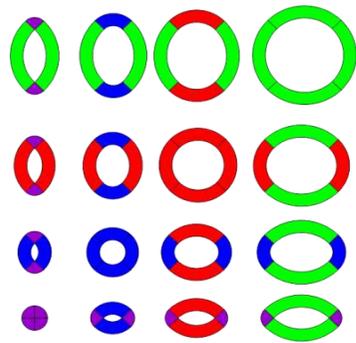
disección



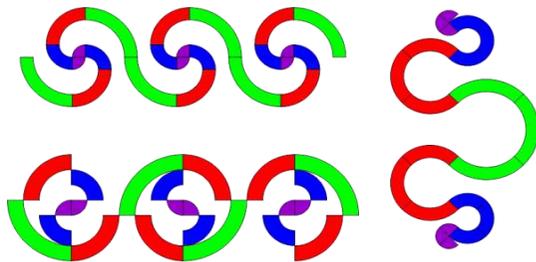
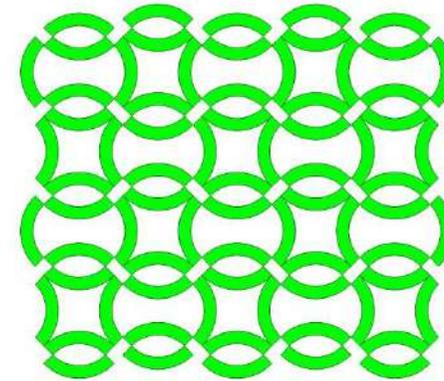
relación de tamaños

ARCOS

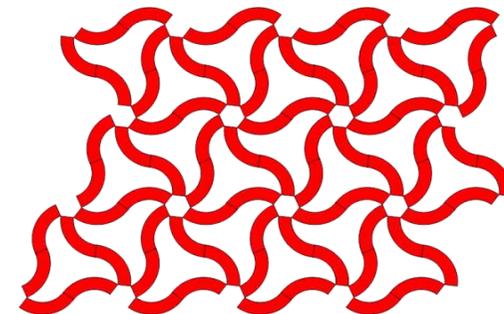
Categorías de configuración



elipses



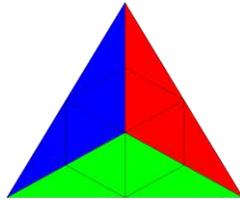
espirales



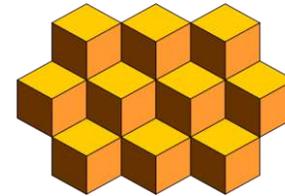
teselaciones

SISTEMAS PARA GENERACIÓN DE DESIGN PUZZLES

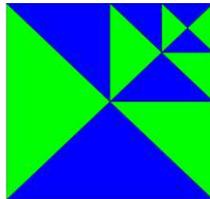
Para sistematizar la generación de Design Puzzles se identifican 4 puntos de partida posibles dentro de un universo extenso y aún no mapeado:



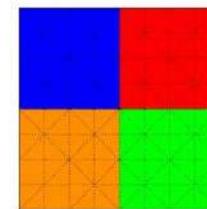
POLIGRAMS
basado en la región fundamental



TESSELGRAMS
basado en teselados



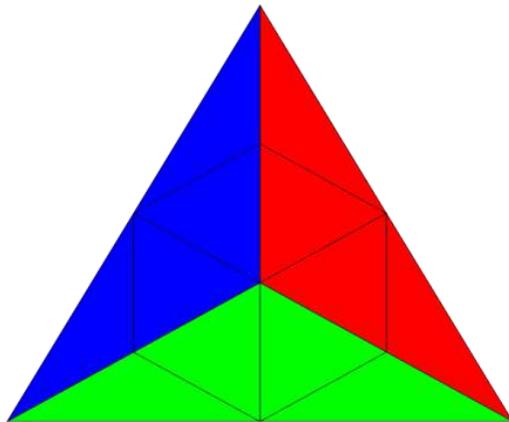
ISOMORPH
basado en subdivisiones
con algoritmos



TRANS-PLIEGUES
basado en la transformación simultánea
y continua de forma e imagen



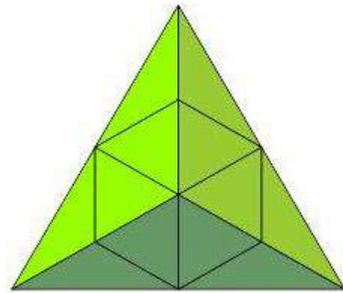
POLIGRAMS



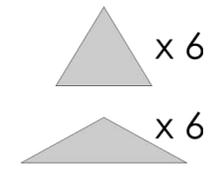
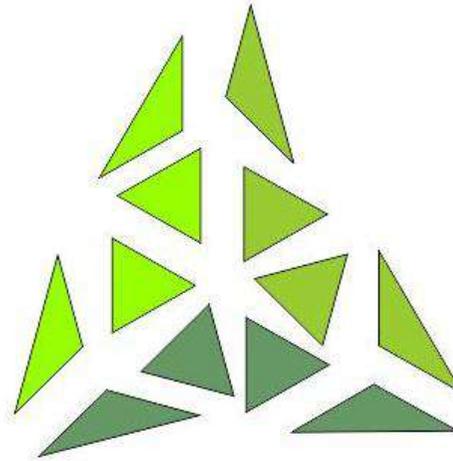
Es un sistema basado en la región fundamental y sus posibles disecciones. Se puede emplear como un set cerrado usando solo el módulo base o extenderse a múltiples sets y/o combinaciones de distintos módulos base.

POLIGRAM 3.1a

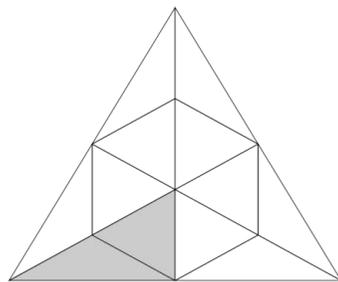
Análisis



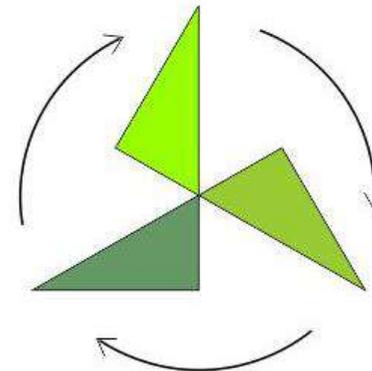
disección



despiece



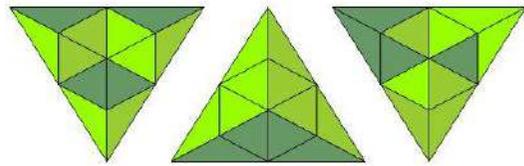
región fundamental



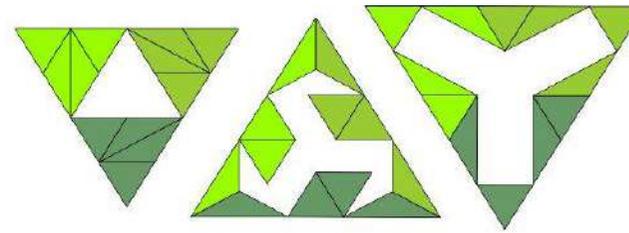
simetría rotacional 3

POLIGRAM 3.1a

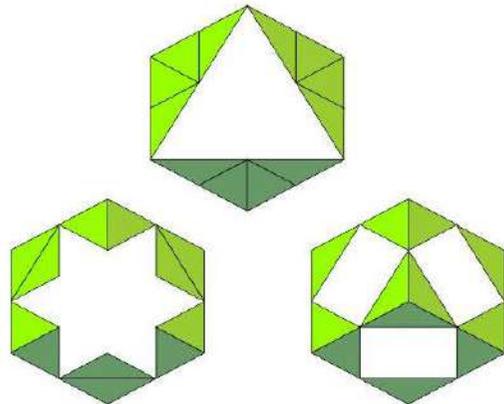
Categorías de configuración



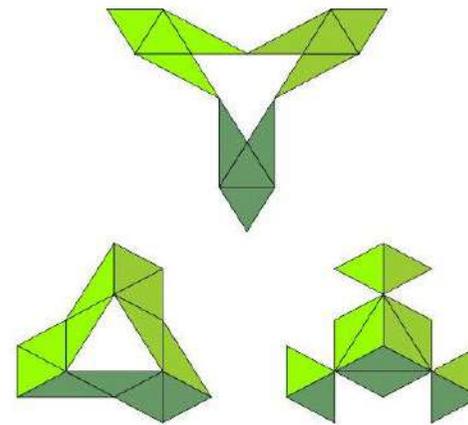
triángulos saturados



triángulos no saturados



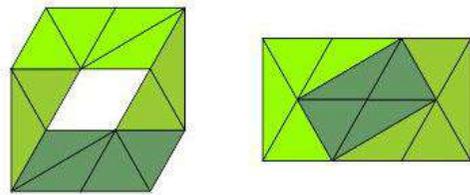
polígonos con simetría r3



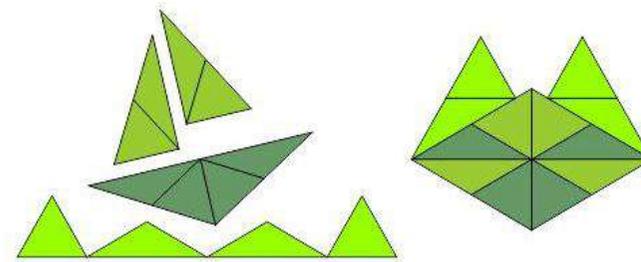
figuras con simetría r3

POLIGRAM 3.1a

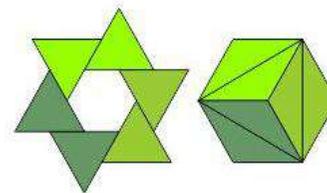
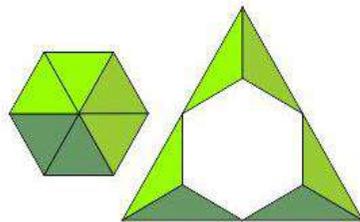
Categorías de configuración



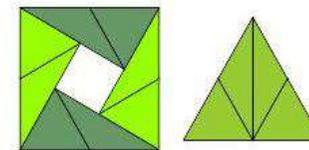
figuras sin simetría rotacional



figuras múltiples

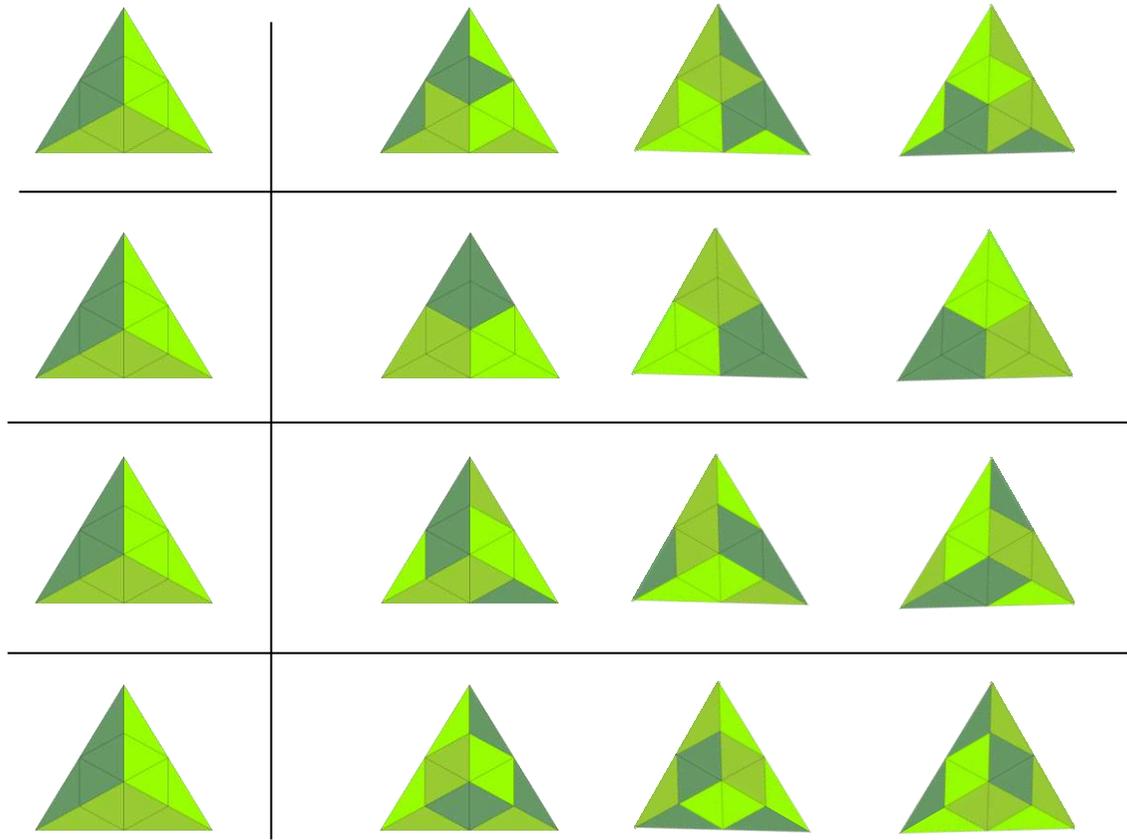


figurativo



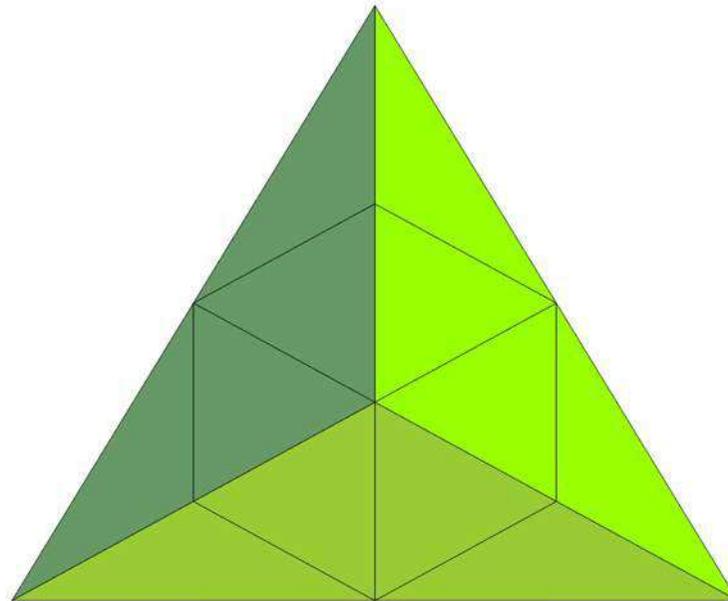
POLIGRAM 3.1a

Transformación cromática



POLIGRAM 3.1a

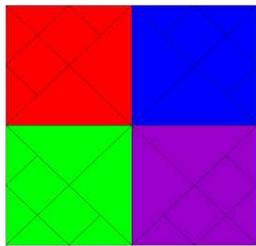
Transformación cromática



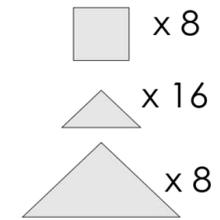
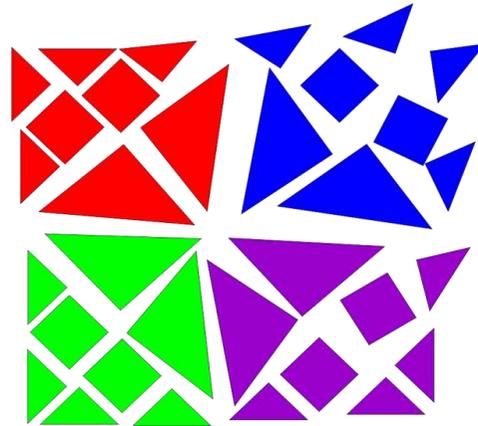
T1	A	A	B	B	C	C
T2	A	A	B	B	C	C

POLIGRAM 4.3c

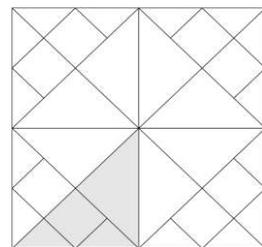
Análisis



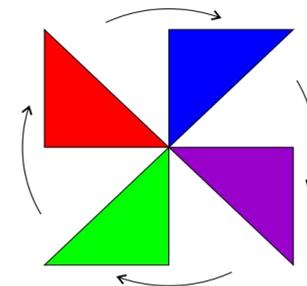
disección



despiece



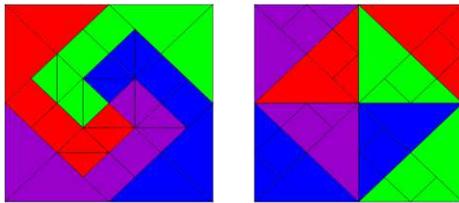
región fundamental



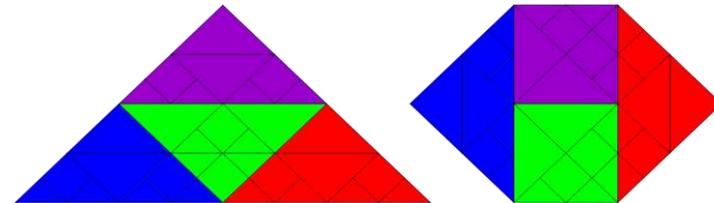
simetría rotacional 4

POLIGRAM 4.3c

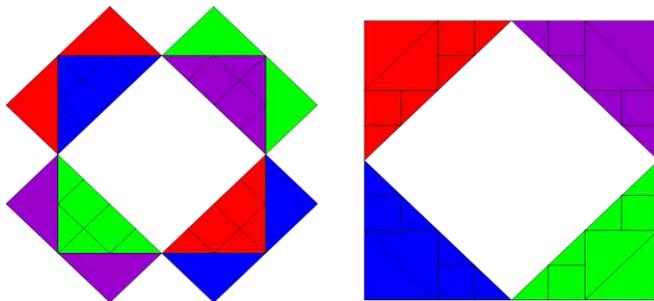
Categorías de configuración



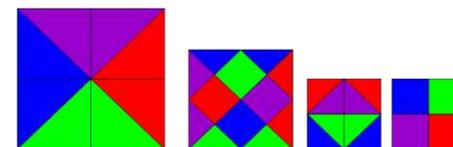
cuadrados



figuras geométricas



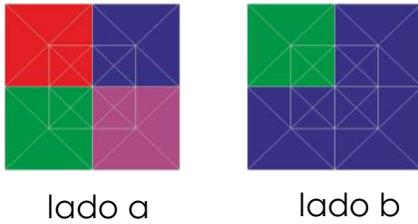
figuras con simetría rotacional 4



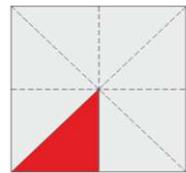
figuras múltiples

POLIGRAM 4.3x

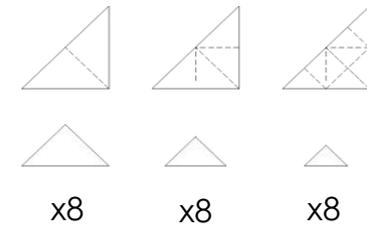
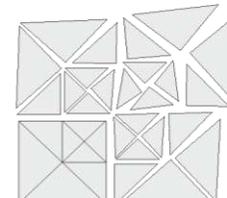
Análisis



disección



región fundamental



despiece

geometría generativa

POLIGRAM 4.3x

Categorías de configuración



	reflección	rotación	traslación	extensión
cuadrados				
formas geométricas				
figurativo				

relación de configuración, tamaño y color de acuerdo al tipo de simetría

POLIGRAM 4.3x

Categorías de configuración

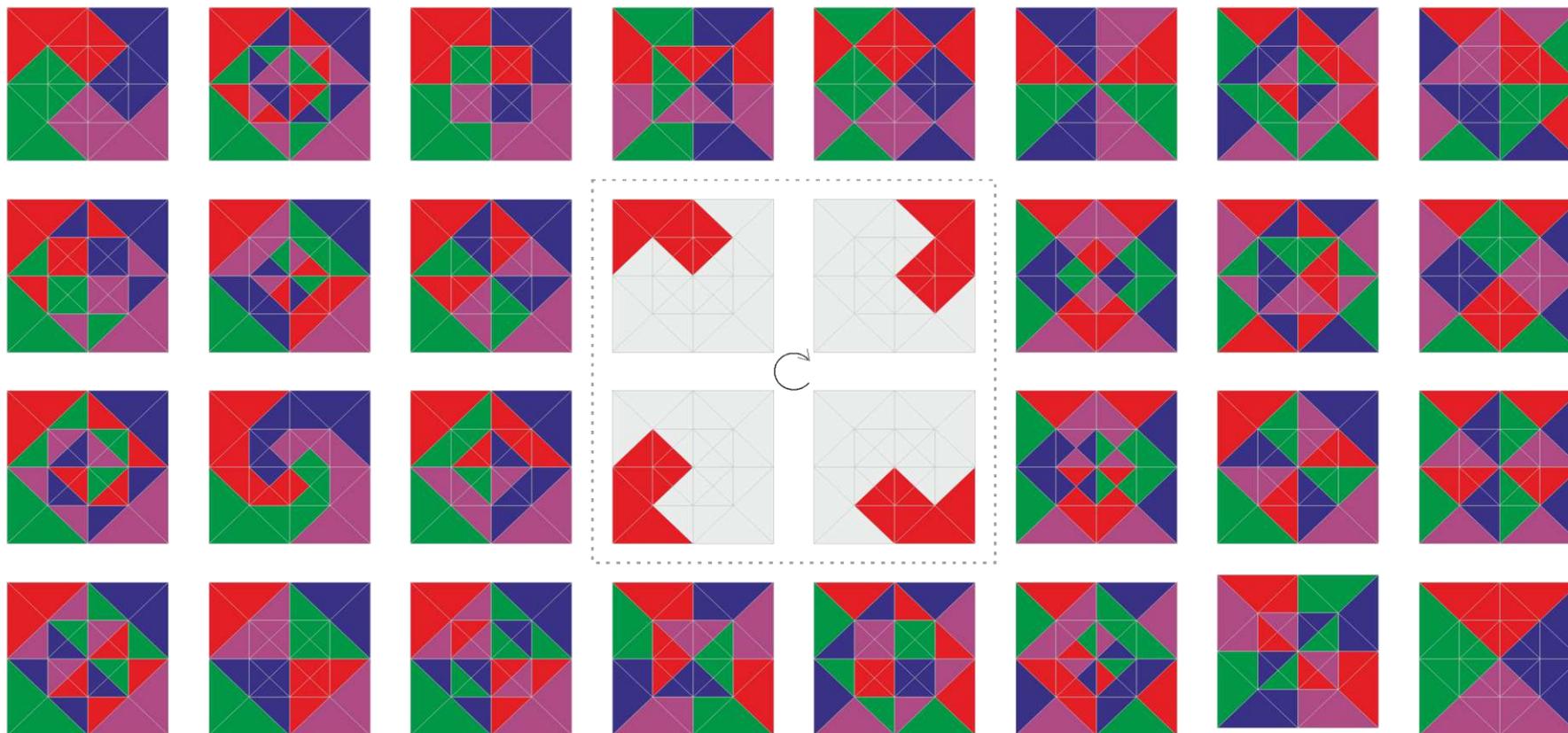
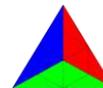


	reflección	rotación	traslación	extensión
cuadrados				
formas geométricas				
figurativo				

relación de configuración, tamaño y color de acuerdo al tipo de simetría

POLIGRAM 4.3x

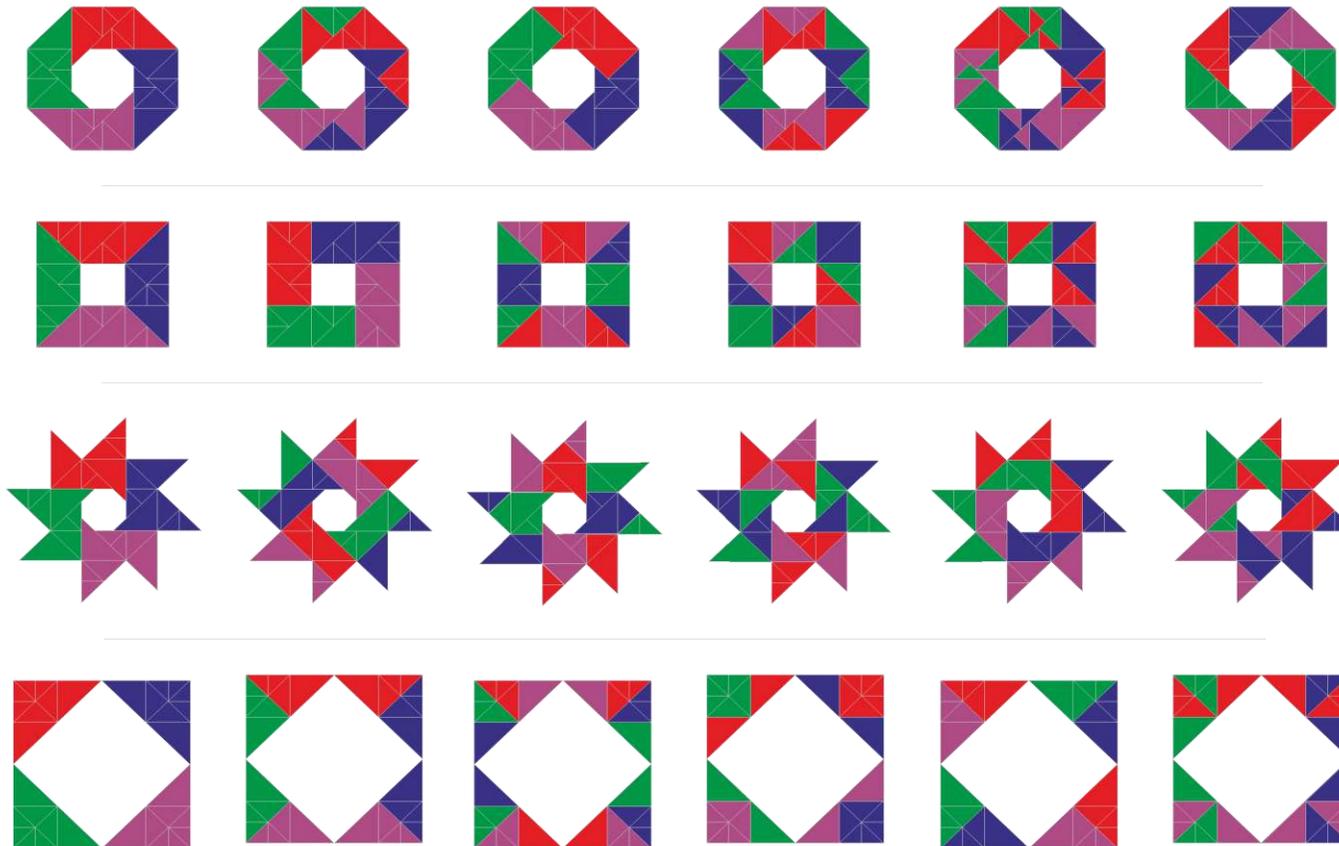
Categorías de configuración



código de coloración con simetría rotacional 4 (cuadrados saturados)

POLIGRAM 4.3x

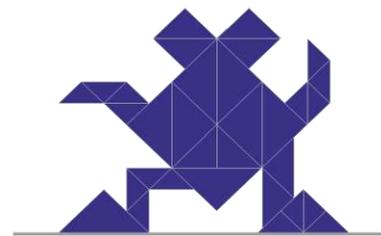
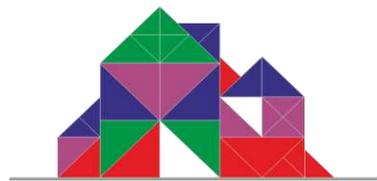
Categorías de configuración



código de coloración con simetría rotacional 4 (polígonos no saturados)

POLIGRAM 4.3x

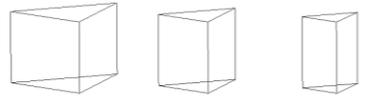
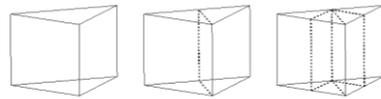
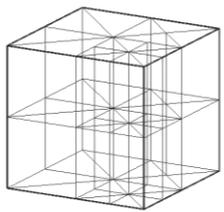
Categorías de configuración



otras figuras (multicolor y monocromático)

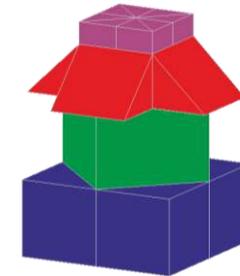
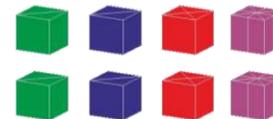
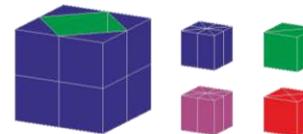
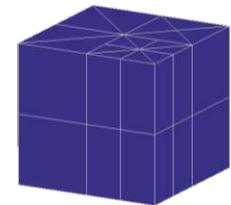
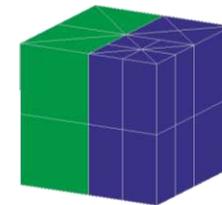
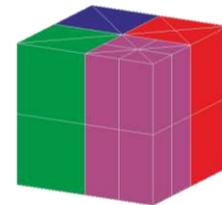
POLIGRAM 4.3x

Categorías de configuración



x 8 x 8 x 16

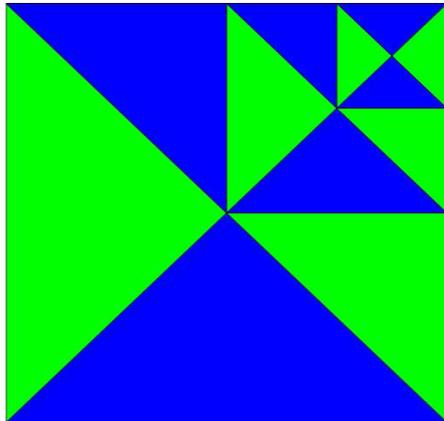
disección



exploraciones en 3 dimensiones



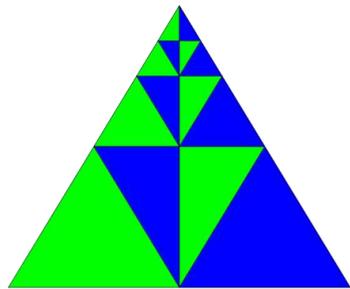
ISOMORPH



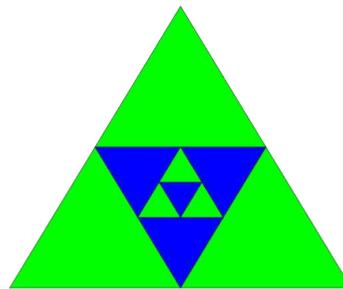
Es un sistema basado en disecciones consecutivas definidas por algoritmos. Estas pueden ser ordenadas por distintas geometrías y reglas, pudiendo ser recto, curvo, concéntrico, radial, etc.

ISOMORPH

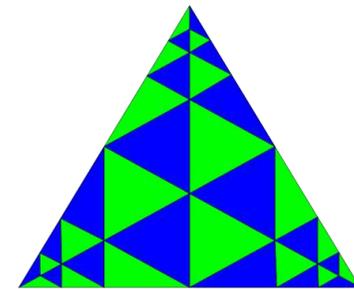
Análisis



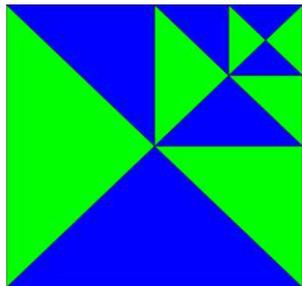
3B.1



3C.1

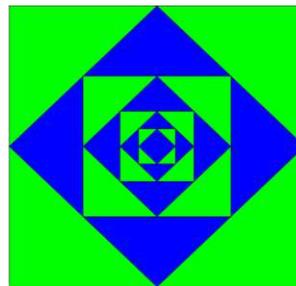


3R.1



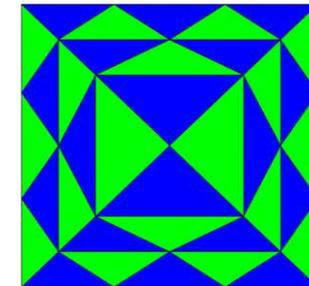
4B.1

bilateral



4C.1

concéntrico

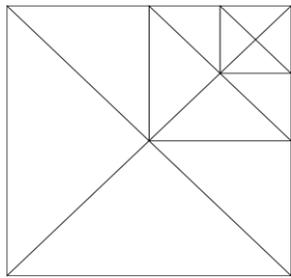


4R.1

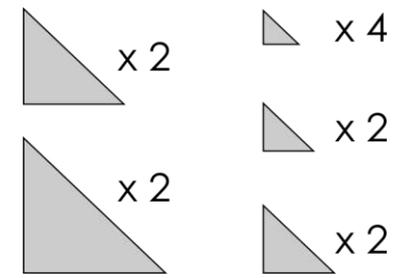
radial

ISOMORPH 4B.1

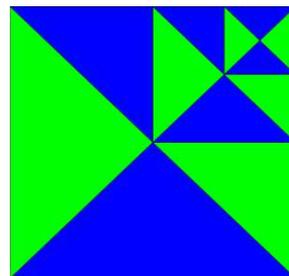
Análisis



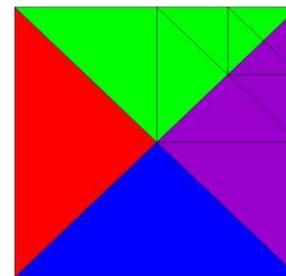
disección



despiece



frente



dorso

ISOMORPH 4B.1

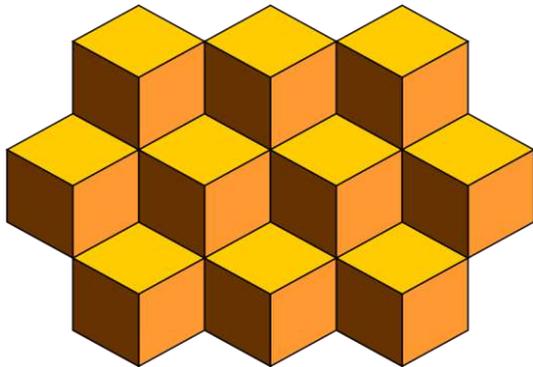
Categorías de configuración



	cuadrados	figuras geométricas	figurativo
1 color			
2 colores			
4 colores			

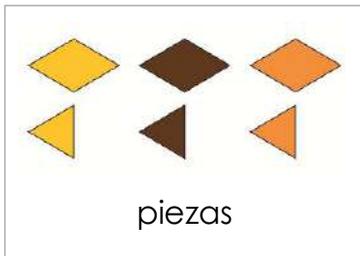


TESSELGRAMS

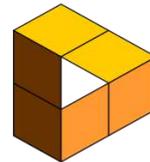


Es un sistema basado en teselados y sus distintas variantes lineales, curvos, concéntricos, radiales, fractales, etc. Puede ser un sistema abierto o limitado según la cantidad de piezas empleadas.

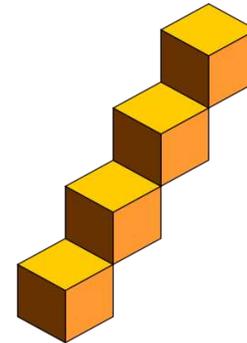
TESSELGRAM 4.A



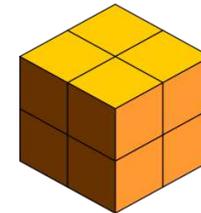
x3



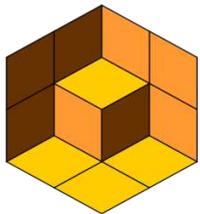
x6



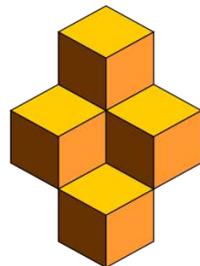
x 12



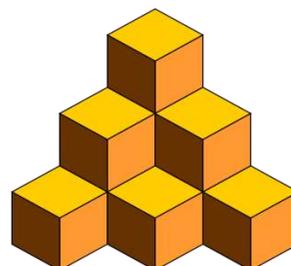
x 12



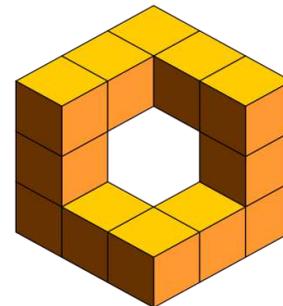
x 12



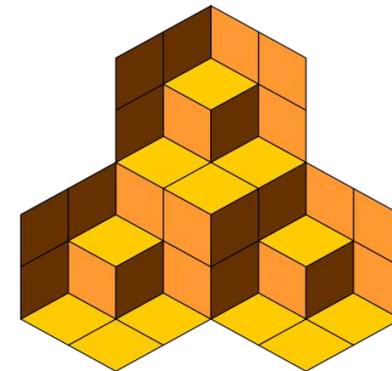
x12



x 18

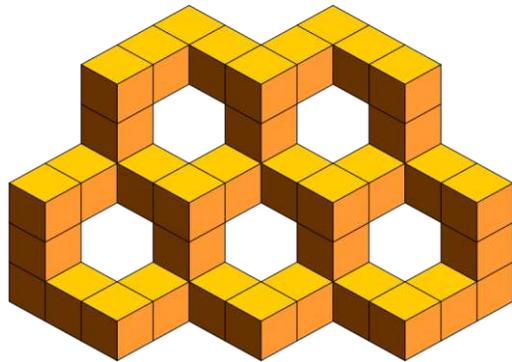


x 24

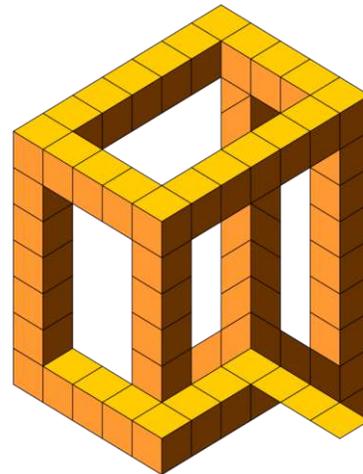


x 36

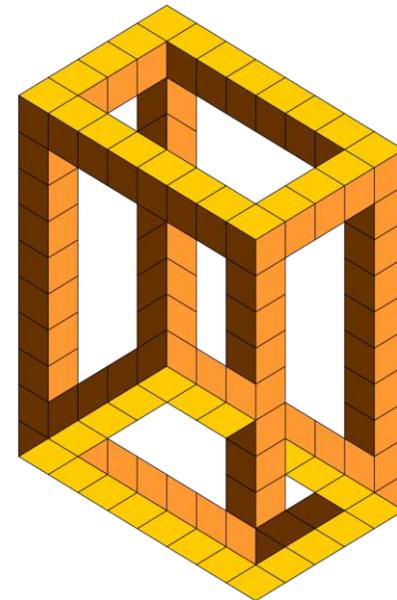
TESSELGRAM 4.A



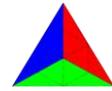
x 80



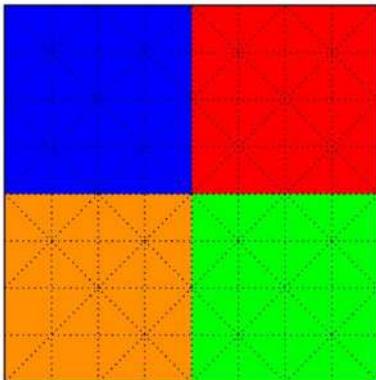
x 97 + 6



x 128 + 9



TRANS-PLIEGUES



Design Puzzles de una sola pieza basados en la transformación simultánea y continua de forma e imagen.

TRANS-PLIEGUES



Los trans-pliegues son una continuación de la investigación que el autor viene realizando dentro del marco de “Design Puzzles como material didáctico para el diseño morfológico”. En este caso el foco está puesto en una nueva clase de formas designada trans-pliegues. Estos operan con los mismos objetivos que los Design Puzzles pero con la particularidad de que se conforman de una sola pieza. La definición de un trans-pliegue implica la transformación de un material plano (plástico, papel, tela, etc.) mediante pliegues en donde cada paso crea un nuevo estado posible de forma e imagen en simultáneo. Así mismo, los trans-pliegues son operaciones reversibles, pudiendo volver hacia alguna instancia anterior para luego seguir con otros pliegues, por ende su carácter de transformación continua. A diferencia del Origami tradicional en donde los pliegues son secuenciales y acumulativos, empleados como medios hacia un fin, en el caso de los trans-pliegues cada operación puede ser un fin en sí mismo, según el caso y las metas que se plantean.

TRANS-PLIEGUES



Existen distintas instancias potenciales de un trans-pliegue:

- Transformación dimensional- puede existir una transformación de dimensión (Ej.: ir de 1D a 2D y/o 3D e ir de 2D a 3D) o puede quedarse en su misma dimensión.
- Transformación configuracional- puede cambiar la configuración general como en el caso de pasar de un cuadrado a un triángulo.
- Transformación de tamaño- puede cambiar el tamaño total de la forma o mantenerse igual.
- Transformación grafica- puede cambiar la imagen entre una instancia y otra, o mantenerse igual como en caso de un color liso.

Para que un trans-pliegue pueda cumplir con los objetivos de un Design Puzzle, tiene que ocurrir por lo menos una de las transformaciones nombradas más arriba. Mientras más instancias de transformación ocurren en simultáneo, más compleja es la operación y más atributos entran en juego.

TRANS-PLIEGUES



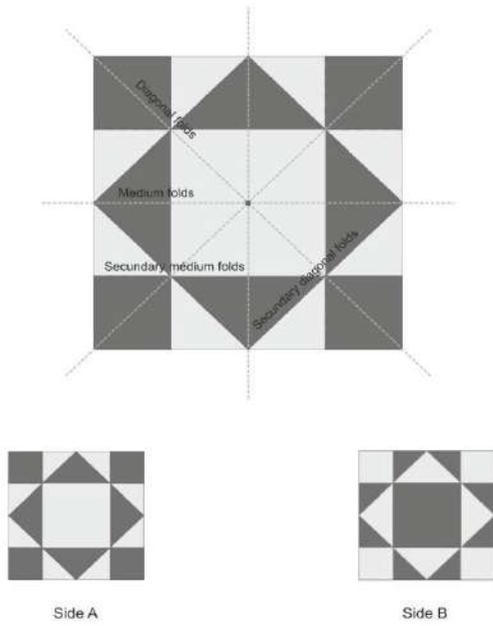
Existen dos tipos de actividades (actitudes) posibles en los trans-pliegues; las abiertas y las cerradas. Las actividades abiertas no buscan una solución a un problema (gráfico/espacial), más bien exploran distintas situaciones que se van creando según las transformaciones que los pliegues generan, según dirección, locación y tamaño del pliegue. Las situaciones cerradas son las que plantean un problema concreto a solucionar, y mientras menos pasos se emplean para arribar a la solución, más exitoso se considera el ejercicio. Este concepto es afín al famoso Cubo Mágico (Rubiks™), pero llevado a dos dimensiones.

También existen distintos enfoques gráficos a poner en juego, principalmente distinguiendo entre un lenguaje geométrico o tematizado. Así mismo existen otras variantes dentro de cada lenguaje gráfico, pudiendo variar estilos, paleta cromática y otras consideraciones visuales.

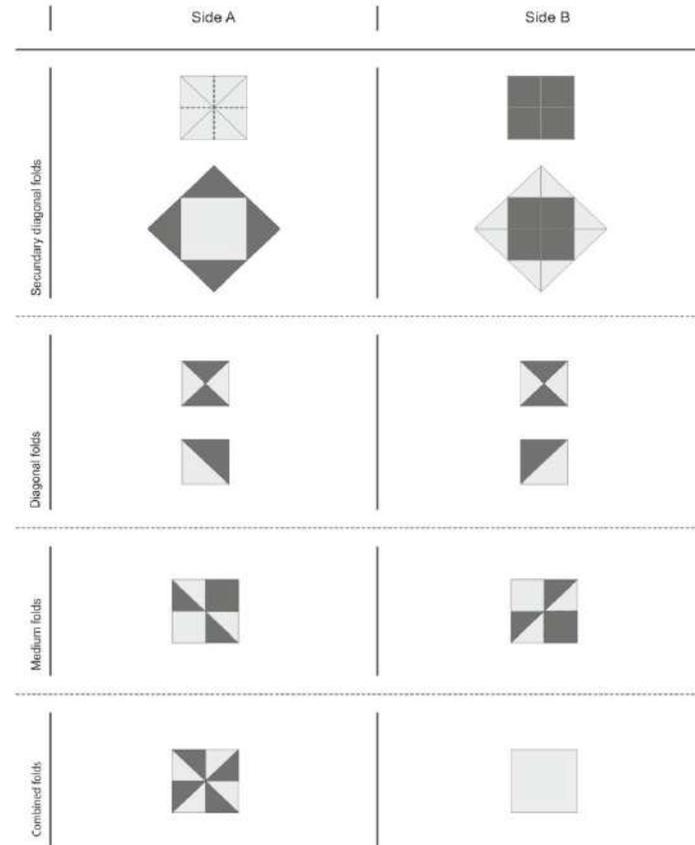
CUADRADO / CUADRADO



Geometry



Square Shapes



CUADRADO / CUADRADO

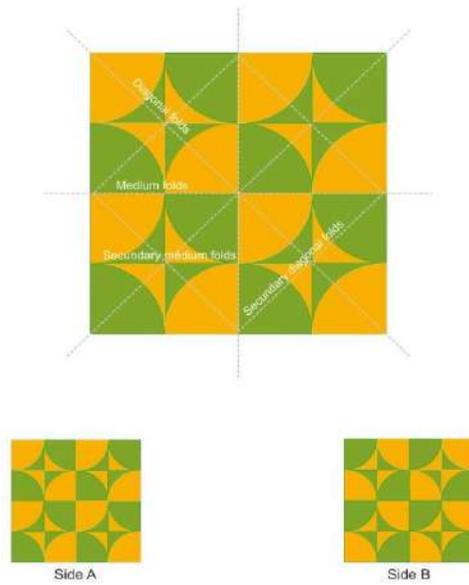


<i>Triangular Shapes</i>		<i>Irregular Shapes</i>	
	Side A	Side B	
Diagonal folds			Combined folds
Medium folds			
Combine folds			
Combined folds			

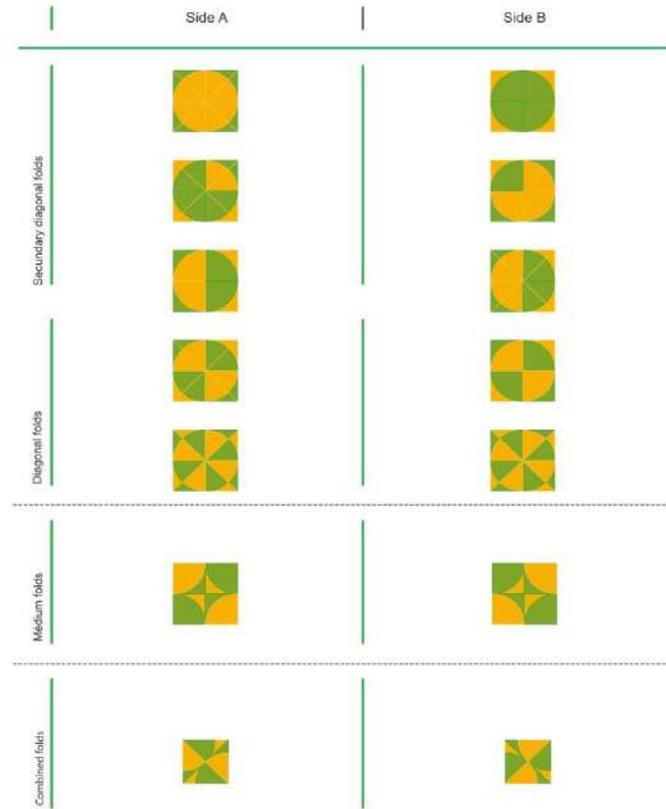
CUADRADO / CIRCULO



Geometry



Square Shapes



CUADRADO / CIRCULO



<i>Triangular Shapes</i>		<i>Irregular Shapes</i>		
	Side A	Side B		
Diagonal folds			Combined folds	
Medium folds				
Diagonal folds				

CARITAS (Chico y Grande)



Small Face



Geometry



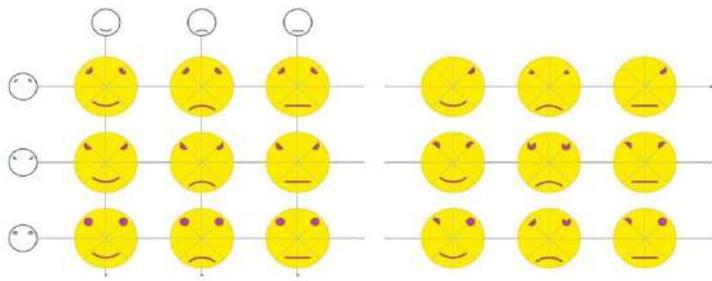
Folded



Side A



Side B



Big Face



Geometry



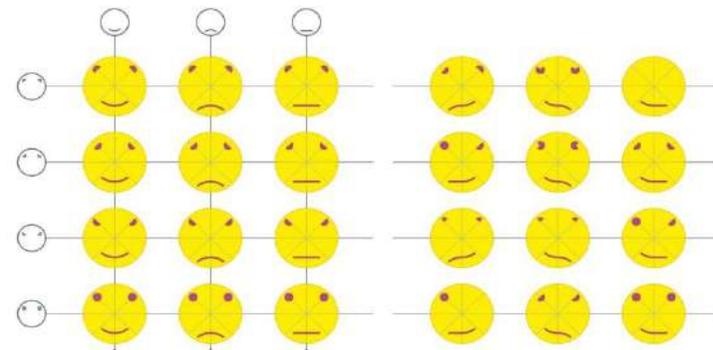
Folded



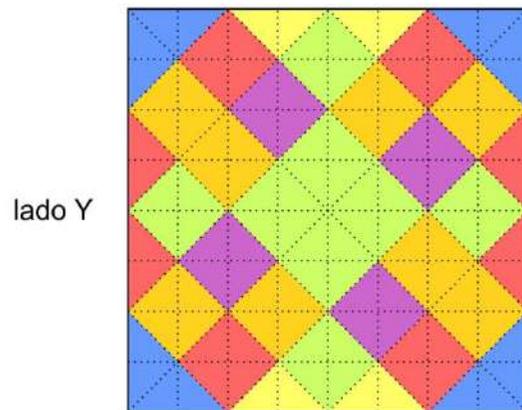
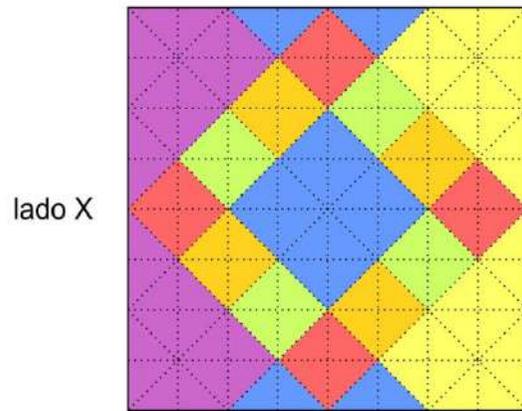
Side A



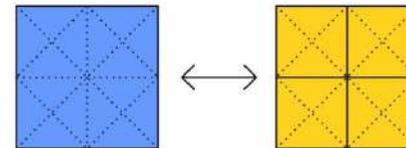
Side B



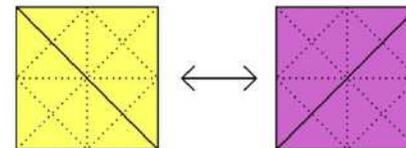
1 PIECE PUZZLE



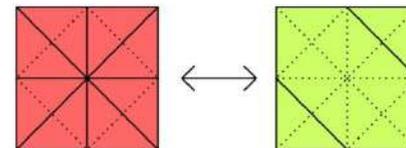
solución 1



solución 2



solución 3



CONCLUSIONES

Esta investigación propone la idea de Design Puzzles como una manera de asociar atributos básicos de la forma a través de la creación de un sistema de diseños abierto. Este sistema se plantea como actividad didáctica y/o recreativa en relación al diseño morfológico. Se propone hasta ahora dos caminos de búsqueda distintos en la investigación:

- partir de temas morfológicos específicos y crear un sistema que ponga en juego los contenidos propios de cada temática.
- partir de un sistema generador en sí, tendiente a mínimas piezas, máxima diversidad, y ver qué contenidos se pueden abordar desde ahí.

El Tangram introduce una pregunta relevante acerca de la construcción de formas espaciales que tiene sus raíces en la morfo-genómica, que podría plantearse así: ¿cuáles son las posibilidades de disecar una forma geométrica de manera tal que las piezas resultantes tengan el mayor grado de lógica entre sí?

CONCLUSIONES

Las posibles respuestas a esta pregunta tan abierta incluyen varias consideraciones con respecto a los distintos aspectos de la forma:

- las piezas deben tener múltiples maneras de componerse entre sí para recrear la forma base (algunas composiciones usan más parámetros que otras basado en sus atributos; figuras, posición, orientación, color y tamaño) ordenados por algún tipo de simetría (reflexión, rotación, extensión y/o traslación).
- las piezas deben poder relacionarse entre sí creando otras formas, también ordenadas o guiadas por estos mismos atributos.
- el color en estos casos es utilizado como un código ordenador, sin atribuirle ningún valor específico.
- se puede emplear códigos numéricos para generar sistemáticamente todas las posibles combinaciones entre las piezas.

CONCLUSIONES

De la pregunta anterior surge la idea de una forma que apodamos “uniforma” para aludir a su calidad de compartir suficientes atributos para que las posibles relaciones entre ellas sean lógicas (por complementación de ángulos, tamaño, posición, orientación, color, etc.). Las uniformas se reconocen entonces por tener un alto grado de uniformidad asociativa, sin llegar a ser iguales.

La semilla de esta idea radica en la posibilidad de asociar los atributos básicos de la forma de distintas maneras, creando una gramática formal que le de coherencia a sus combinaciones. Esta idea es afín a los genes en la naturaleza, pero infinitamente más simplificado en esta primera generación de Design Puzzles. Es un esquema sintético de lo que ocurre a otras escalas y niveles de mayor complejidad, pero la esencia es la misma: mínimo inventario, máxima diversidad.

Esta idea se puede extender a lo llamado “paisaje epi-genético” en donde hay lógicas internas de las formas (uniformas) basado en sus genomas y hay lógicas externas del espacio en donde las formas existen, basados en las distintas composiciones que se puede lograr por operaciones que influyen sobre esas formas (epi).

La agenda para seguir investigando para entender y comprender mejor las lógicas de la formas en base a sus atributos básicos está permitiendo desarrollar material didáctico específico para el diseño morfológico. Las ideas aquí presentadas ofrecen material para su análisis y maduración.

...Design Puzzles

2.3 Crecimiento y Forma Vegetal

El crecimiento vegetal es visto como un proceso tecnológico natural en donde hay materia que es procesada químicamente para obtener formas que tienen estructura según su particular función. Se parte de una semilla (la lenteja es una de las de más rápido crecimiento) y se estudian las condiciones óptimas para su desarrollo como planta. Una vez comprendida y dominadas las variables básicas de la botánica se empieza a intervenir el proceso natural para lograr objetivos específicos como redireccionamiento o reconfiguración de ciertas partes del organismo, hasta lograr un producto resultante del crecimiento vegetal intervenido hacia el objetivo planteado (plantado). El objetivo final es acercarse a los procesos naturales vegetales para alearlos con propuestas productivas desde el diseño. Un ejemplo ofrecido es hacer crecer el bambú mediante dispositivos (armazón) que direccionan el tallo para que el resultado final se acerque a un mueble (silla), logrando una única pieza sin uniones. Este experimento fue iniciado en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA (con la asistencia del técnico Hector Verna) en 2004-05. Justamente una de las contradicciones de las tecnologías tradicionales para la producción de muebles de madera implica una fragmentación desperdiciosa de la materia prima (tronco del árbol) para luego tener que volver a ensamblar sus partes según nuestra forma deseada. No es extraño pensar que se puede lograr que la planta crezca hacia esa forma desde su génesis. Esto puede ser visto como una primera generación de unir técnicas del bonsái con ingeniería genética (exo y endo formado).

A continuación ejemplos de trabajos de alumnos:

Ejemplos de trabajos de alumnos: Crecimiento y Forma Vegetal

ADAPTACIÓN NATURAL
Agustina González Cid

En este proyecto se trabaja con porotos pero en lugar de trabajar con una sola semilla con un solo brote, se incluyen en la propuesta 4 semillas brotadas. Se trabaja con 4 semillas brotadas de porotos para observar cómo se relacionan entre sí complicando la situación con la falta de espacio físico para que se desarrollen. Además, se coloca sobre el vaso un encofrado cónico para estrechar más el ingreso de aire y así observar un comportamiento de supervivencia más forzado. Se plantea la posibilidad que una planta crezca por encima de las otras dejándolas sin medios para vivir. Al contrario de lo esperado, los brotes trabajan en equipo similar a la PLANTA 2. Una vez que los brotes salen por el agujero en la parte superior del encofrado cónico, buscan mayor diámetro. En lugar de buscar un solo punto y fortalecer el voladizo a partir de trabajar como una viga, por ser más fuertes las ramas de poroto, se orientan cada una para un lado distintos. Los brotes mismos equilibran el vaso para que no se tumbe a partir de equilibrar los pesos entre las distintas ramas. Así cerca del centro de gravedad aparecen hojas más grandes y pesada y a medida que se alejan del vaso se van achicando. La PLANTA 12 funciona estructuralmente como un móvil en donde por ejemplo dos hojas chicas equilibran una grande y en esta colaboración todos los brotes logran la luz y el aire deseados. Una vez más se vuelve a comprobar cómo estas especies, cuando trabajando con varias semillas a la vez, se colaboran entre sí para lograr el objetivo principal de cada uno de los brotes, la supervivencia.

ADAPTACIÓN NATURAL
Agustina González Cid

Para el mismo ejercicio que en para el PROYECTO PLANTA 1 y 2, se plantea la misma hipótesis y se sigue el mismo recorrido. Esta vez con la diferencia que se trabaja con porotos. Esta especie toma más tiempo en dar brote pero al hacerlo, los mismos son más fuertes y logran mayores dimensiones. A la PLANTA 11 se la cuelga invertida cuando su tallo llega a la altura de 10 cm. Se reemplaza los vasos por una botella debido al tamaño de la planta. En lugar de variar su crecimiento hacia arriba a los pocos minutos como la PLANTA 1, la PLANTA 11 sigue su desarrollo hacia abajo intentando ocupar el mayor volumen posible. Se observa que las ramas se desarrollan de manera simétrica (cada hoja que sale de un lado tiene a su par en el lado opuesto). Estas ramas laterales ocupan todo el diámetro de la botella usando las hojas para atarse a las nervaduras de la misma. Al mes, la planta ya tocó fondo y volvió a subir. Algunas de las ramas se escapan en busca de luz por el agujero que se realizó en la botella con este fin. Otras vuelven a subir y buscar aire y luz por un pequeño espacio cercano a donde se encuentra la semilla. La PLANTA 11 nos muestra como el poroto intenta ocupar el mayor volumen posible. También como le es más complicado variar su recorrido a comparación con las lentejas. Al poder desarrollar cada semilla un solo brote y al haber quedado este invertido gracias a la intervención, la PLANTA 11 realiza un esfuerzo mayor para conseguir lo necesario para su subsistencia.

ADAPTACIÓN NATURAL
Agustina González Cid

Para el mismo ejercicio que en para el PROYECTO PLANTA 1, se plantea la misma hipótesis y se sigue el mismo recorrido. A la PLANTA 2 se le reduce el espacio para el crecimiento horizontal para ver si de esta manera crece verticalmente de manera más rápida que las plantas en otros encofrados. Se realiza un espacio tubular donde la planta va a poder desarrollarse. A los 5 días se observa que la planta no se desarrolló más en vertical que el resto. Su altura es similar pero su diámetro de crecimiento mucho menor por estar controlado por el encofrado. Al mes, la planta ya superó la altura del encofrado y vuelve a buscar un mayor diámetro. En lugar de continuar su crecimiento hacia arriba se estira hacia un costado buscando la luz. Las distintas semillas que desarrollaron brotes, se comportan como grupo y colaboran entre sí para lograr mayor estabilidad. Las ramas se entrecruzan y utilizan unos filamentos transparentes como abrojo para pegarse unas con otras. De esta manera, en lugar de tener que estabilizar cada pequeño brote, la PLANTA 2 genera un voladizo a partir de un conjunto de brotes que trabajan colaborativamente, como una gran viga. La PLANTA 2 demuestra que esta especie prefiere lograr mayor diámetro en horizontal que altura. También se observa en este caso como las plantas logran auto-equilibrarse trabajando en conjunto para conseguir mayor estabilidad uniéndose entre sí a partir del entrecruzamiento de los tallos y hojas y también gracias al sistema de abrojos que hace que se pegue entre sí.

ADAPTACIÓN NATURAL
Agustina González Cid

Se plantea como ejercicio de clase el desarrollo de una germinación de una semilla cualquiera. A partir de la información que la semilla posee en su ADN (su propio plano de crecimiento) se la modifica exteriormente para poder así obtener un resultado distinto que el proyectado. Al modificar la planta físicamente mediante la creación de "encofrados" que van limitando su crecimiento en distintos sentidos, la misma se adapta en busca de aire. Se compran las semillas de lentejas por ser más rápidas que las de porotos. Se eligen las mejores. Se las coloca entre algodones húmedos. Se espera dos días para observar resultados. Cuando se llega a los 4 cm de altura se procede con la intervención y se traslada algunas de las lentejas a los vasos preparados especialmente para cada ejercicio. La PLANTA 1 es colgada invertida. Se le realizan huecos en el vaso inferior para ver si busca el aire por los mismos o si intenta subir. A los pocos minutos de haber invertido la planta, la misma hace girar sus tallos hacia arriba. La planta necesita apuntar hacia arriba. A los 5 días, algunas raíces se dan vuelta, generando un rulo, para quedar con la punta mirando hacia abajo. Los tallos se escapan por entre los vasos o por los huecos realizados en el vaso inferior. Todos los tallos apuntan hacia arriba y las hojas miran la luz. Mediante la adaptación que realiza la PLANTA 1 se puede observar que esta especie debe apuntar sus hojas y tallos hacia arriba, en cambio sus raíces deben estar apuntando hacia abajo.

Ejemplos de trabajos de alumnos: Crecimiento y Forma Vegetal

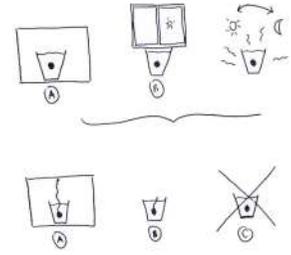
LEGUMBRE INVERTIDA
Franco Morero



Garantizando condiciones constantes, como provisión de agua, humedad y luz diurna, se planteó intervenir la variable de posición del vegetal, interiniendo en la dirección natural de su crecimiento. Con posterioridad a la germinación, cuando la planta comenzó a emerger por sobre su envase contenedor, el mismo fue rotado 180° quedando el vegetal invertido, es decir, con su tallo en dirección descendente y sus raíces en sentido ascendente. Desde este momento, la posición del mismo solo varió momentáneamente por razones de riesgo y limpieza.

El objetivo fue dilucidar los efectos que produce una alteración en el campo físico de crecimiento de un vegetal. La planta tiende a retornar su posición, desafiando las fuerzas gravitatorias. El tallo se tuerce y ensancha hasta redireccionar su crecimiento en sentido ascendente, en este caso coincidente con la ubicación de la fuente de luz natural. Cabe aclarar que en el campo de la biología, la reacción de movimiento de un organismo vegetal en respuesta a un estímulo luminoso es llamada fototropismo. Las raíces tienden a retornar su dirección de desarrollo en sentido descendente a partir del día en el que fue rotado el envase contenedor. Un concepto que ayuda al esclarecimiento de esta cuestión es el de geotropismo, entendido como conjunto de movimientos de los órganos de una planta inducidos y orientados por acción de la gravedad. La experiencia aquí expuesta obtuvo como resultado la corroboración de los conceptos de fototropismo y geotropismo desarrollados y fundamentados en el campo de la biología vegetal.

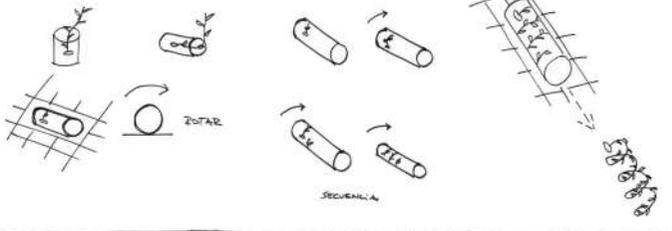
SIMULACRO DE CRECIMIENTO
Victoria Jazmin Kopelowicz



Estudiar la germinación vegetal a partir de situar un mismo modelo de análisis en distintos escenarios. Desconociendo por completo el comportamiento del elemento de análisis, se plantearon tres variables que podrían determinar su crecimiento: el diseño del contenedor, la iluminación y temperatura. Como punto de partida, se propuso mantener fija la variable "contenedor" para analizar las dos restantes: se introdujo un poroto por contenedor y se construyeron tres idénticos modelos (vaso vidrio + papel secante en perímetro + algodón central). Finalmente, cada modelo fue situado en un escenario diferente: Semilla A, Sombra, Interior; Semilla B, Luz, Interior; Semilla C, Luz/Sombra, Exterior.

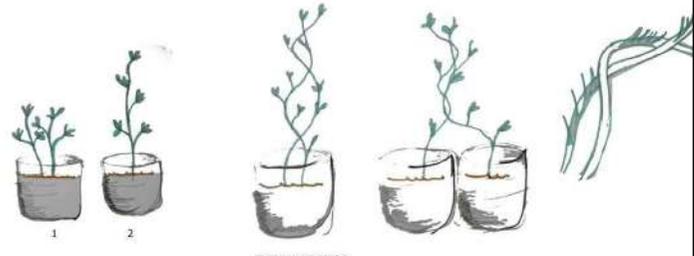
Conclusión: La Semilla A, ubicada dentro de un cajón absolutamente oscuro y contra todo preconcepto, no solo germinó en una velocidad llamativa en comparación al resto sino que su tallo creció considerablemente respecto a la Semilla B. La semilla C nunca germinó. La germinación de la Semilla A había tenido éxito ya que simulaba su condición natural: estar dentro de la tierra, a oscuras y en resguardo.

CRECIMIENTO HELICOIDAL
Horacio Calsina



Partiendo de la realización de un germinador construido con un frasco de vidrio, papel secante y algodón, se buscó una manera de intervenir el crecimiento de una planta en base a las posibilidades que estos elementos brindasen. Las plantas naturalmente tienden, en principio, a desafiar la fuerza de la gravedad, al menos mientras su peso propio y estructura se los permita. Teniendo en cuenta esta premisa y la forma cilíndrica del frasco de vidrio, se ideó una estrategia de crecimiento que involucrara a estos dos factores. El objetivo es lograr un crecimiento helicoidal de la planta, provocado por la rotación del frasco en el proceso de crecimiento de la planta, apelando a la tendencia de contrarrestar la gravedad característica de la misma. Conforme esta va creciendo se va rotando el frasco buscando que la planta intente continuar con su crecimiento en sentido opuesto a la gravedad. Este proceso se realizaría mediante mínimas rotaciones hasta ocupar el frasco completo obteniendo como resultado una planta en forma de resorte. En los primeros intentos el proyecto obtuvo como resultados una serie de fracasos, que fueron aportando información para intentar lograr el éxito. Los fracasos fueron producto de errores técnicos tales como dimensiones del frasco, ubicación de la semilla, exposición a agentes climáticos, entre otros.

ENTRELAZAMIENTO DIRIGIDO
Romina A. Balbi



Se parte del cultivo de plantas de lentejas, ubicadas en dos recipientes, con iguales condiciones de luminosidad, agua y reparo. En uno de los recipientes se colocan 2 semillas y en otro una sola, observándose en primer término la competencia entre las plantas y el menor crecimiento de las que comparten sustrato.

La intervención estudiada fue la posibilidad de entrelazarse entre las plantas. Al comenzar el crecimiento sin direccionarlo en ningún sentido, se observó que entre las plantas próximas comenzaban a entrelazarse entre ellas, por lo que se planteó si esta posibilidad estructural se podría dirigir y acompañar el crecimiento de la planta. En efecto el crecimiento continúa y va acompañando la forma propuesta.

Observando este fenómeno, como última intervención, se acercó el segundo recipiente con la segunda planta observándose que guiando esta unión esta también se entrelaza con la primera.

Ejemplos de trabajos de alumnos: Crecimiento y Forma Vegetal

CRECIMIENTO COLGANTE
 Maria Luisa Echevarria

1- 2-

Se realiza germinación tradicional de varias lentejas con la técnica del algodón húmedo dentro del recipiente de vidrio. Se repite la operación en dos recipientes.

Luego del crecimiento de las plantas una de ellas se las trasplanta a un contenedor fabricado con una media y se realiza la prueba de dejarla crecer al revés, colgando de su raíz. La intención es comparar si la planta puede crecer: tallos mas largos si se encuentra colgada que apoyada, considerando el efecto que puede causar el peso de los mismos.

Aunque se notan diferencias en el largo, la mayor diferencia se encuentra entre los tallos cortos de las distintas plantas. Los de la planta colgante crecieron 1 cm mas que los de la planta apoyada en el lapso de una semana.

ALARGAMIENTO DE TALLO
 Nadia Donato

Se analizan tres casos para el objetivo de transformación propuesto. La hipótesis es que a través de estas aplicaciones artificiales puede acelerarse el crecimiento del tallo de una planta. Para comprobar esto cada una de las pruebas realizadas se pone en relación con una planta que posee su mismo desarrollo y entorno de crecimiento pero que crece naturalmente. La prueba uno propone colgar la planta desde el lugar de crecimiento de la primera hoja y ver si la fuerza de gravedad aplicada por su peso propio y el del algodón mojado, que sirve para mantener hidratada la planta, alarga el tallo en menor tiempo, la prueba dos requiere de entubar el tallo en un cilindro oscuro en pos de que su crecimiento esté acelerado por la necesidad de llegar hacia la luz, en el tercer caso se le cortan las hojas que va desarrollando la planta entendiendo que si estas no existen todos los nutrientes que se reparten en la totalidad de la planta, se concentran en el tallo, reforzando su contextura y brindándole mayor crecimiento. Los experimentos resultaron fallidos ya que no vivieron por mucho tiempo luego de hecha la aplicación.

CRECIMIENTO VEGETAL, CAMBIOS EN LAS RAÍCES
 Jaime Cumpa

Los recursos que intervienen en este proyecto son iluminación, oxígeno, nutrientes.

Se planteó modificar condiciones en 3 casos distintivos:

- 1) Objetivo: verificar el aporte de la luz solar. Metodología: En un vaso de vidrio se exponen 5 semillas cada una con diferente radiación. Conclusión: crecen más rápido las que reciben luz directa que las que recibieron luz difusa.
- 2) Objetivo: Verificar si los ejemplares buscan salir de un hueco realizado dentro de un receptáculo cerrado. Metodología: 5 semillas en 5 receptáculos de iguales dimensiones. Conclusión: cada ejemplar tiene una variación de altura, algunos logran salir del hueco (los más grandes) el más pequeño nunca logra salir, todos los ejemplares mueren por falta de oxígeno en las raíces.
- 3) Objetivo: Modificar los componentes en las raíces. Metodología: 2 receptáculos de iguales condiciones expuestos a la luz artificial por 12 hs e iguales condiciones de temperatura. La variante uno posee Guano de murciélago con todos los nutrientes que podrían ayudar al crecimiento, el otro ninguno componente solo el algodón húmedo. Conclusión: Crece más rápidamente el que no tiene ningún agregado, en el otro algunos mueren por sobredosis.

LUZ Y CRECIMIENTO:
 Pablo Javier Briguglio

Partiendo de la realización de los germinadores, se plantea estudiar el crecimiento y desarrollo de semillas de lentejas y porotos. Estudiando las condiciones que necesitan las semillas para su crecimiento, enumerándolas en las siguientes 4: Calor, luz solar o artificial, humedad, monóxido de carbono (obtenido del aire). Una vez estudiadas las 4 condiciones, se comenzó por restringir la variable luz, considerándole una condición que el mismo vegetal no posee al brotar, y cuya búsqueda promueve su crecimiento y desarrollo.

El objetivo fue estudiar la germinación de las semillas a partir de colocarlas frente a los distintos escenarios imaginados. El primer caso fue colocar el germinador en un interior bien iluminado, el mismo germinó el tercer día y tardó una semana en desarrollar los primeros brotes, a los 15 días ya tenían 10 cm. En el segundo caso se dejó al germinador privado de luz, en este caso la semilla germinó mucho más lento alrededor de tres semanas. Estas condiciones son similares a las de la naturaleza donde la semilla puesta en la tierra germina sin luz.

Otros casos estudiados fueron el uso de un encajado opaco a modo de chimenea, acortando el espacio de crecimiento, alejando la luz y con pequeños orificios para el ingreso del aire y luz en menor medida, para ver si el brote ascendía en busca de la luz. El resultado fue el afirmación del brote en consecuencia de la búsqueda de la luz el cual optimizando los recursos disminuyó en sección para no disminuir su crecimiento, es así que los brotes asomaron por los orificios buscando aire y luz. En los casos donde no se practicaron los orificios, algunos brotes no sobrevivieron y murieron. Se calcula que en las primeras etapas de crecimiento las condiciones necesarias realmente son humedad, calor y aire, una vez brotadas crecen en búsqueda de la luz para realizar la fotosíntesis.

Ejemplos de trabajos de alumnos: Crecimiento y Forma Vegetal

OBSTÁCULOS EN EL CRECIMIENTO
Sofía Salazni

Se realizó una germinación con semillas de lentejas en 3 frascos de vidrio distintos. Se plantean 3 variables para determinar su crecimiento. En el primer frasco se coloca un algodón con semillas. En el segundo frasco se repite el procedimiento pero se le adiciona varillas de madera circulares, ordenadas de manera irregular. En el tercer frasco se reemplazan las varillas de madera por una X plástica transparente.

El objetivo de estas variables era analizar como se desarrollaba el crecimiento de las semillas en relación a los impedimentos que encontraban. Pero en todos los casos crecieron independientes, de manera erguida. No se aferraron ni a las paredes del frasco, ni a las varillas, ni al plástico. Donde sí ocurrió una unión fue entre los raíces.

Por otra parte, en los casos donde había impedimentos, se formaron hongos. Se deduce que surgen por el contacto del agua con la madera, y en el caso del plástico, por la reducción de aire que impide que se evapore el agua, manteniendo el algodón constantemente mojado.

EXTREMAS CONDICIONES
Diana Rodríguez Echeverry

Se quiso someter el crecimiento de una planta a condiciones extremas para conocer su respuesta y adaptabilidad a medios hostiles. Para ello se plantearon varias preguntas disparadoras de hipótesis y como respuesta experimentos:

1. Infiere en el crecimiento de una semilla, que el contenedor cambie de tamaño? se cultivo en 3 vasos plásticos de diferentes tamaños; el crecimiento de la semilla no fue afectado por esto; en el vaso más pequeño y más grade creció normal y la semilla en el vaso mediano murió. Conclusión: el tamaño del contenedor no influye en el crecimiento, siempre que haya oxígeno luz y humedad.
2. Creará la semilla en un contenedor tan hermético como un tubo plástico de un centímetro de diámetro? Se puso una semilla con algodón todo el tiempo permaneciendo húmeda, pero no creció en lo absoluto. Conclusión: La falta de espacio y oxígeno, si afecta en el crecimiento de una semilla.
3. Puede crecer en un contenedor cerrado una planta? Se pusieron semillas en un contenedor cerrado de tergopor y otro de vidrio. Las lentejas crecieron hasta llegar a la tapa, a partir de allí no pudieron resolver salir por el orificio y murieron después de unos días cuando su altura superaba la del contenedor.
4. Infiere el material del contenedor para crecer? En principio si, en el contenedor de vidrio la semilla creció más rápido que en el de tergopor. Es posible que la luz haya afectado el crecimiento.

Para haber llegado a conclusiones más descriptivas, se tendría que haber experimentado más sobre cada pregunta planteada, porque en los experimentos todas las plantas murieron no pudiendo llegar a una situación extrema que la planta pudiera superar.

FILTROS SOLARES EN VEGETALES
Silvina Inés Méndez

Se observa como primera instancia cuales son las condiciones óptimas para el mejor crecimiento de la semilla. Se parte de dos germinadores, uno expuesto a condiciones climáticas exteriores otra interior. Se observa como mas favorables las condiciones de crecimiento en el interior.

A partir de esta base se modifica aún más las condiciones de filtro solar dejando la etiqueta de frasco que actúa como elemento que estratégicamente obliga a la especie un mayor desafío en busca de luz.

Se observa un crecimiento más rapido. La planta demuestra tener capacidad autoportante y demuestra mas firmeza sin soporte de secantes, es decir favorece su condición autoportante si se le exige su crecimiento sin tutor.

Se busca como objetivo el máximo desarrollo en menor tiempo y a la vez máxima función autoportante. Se experimenta con frasco de boca ancha y máximo desarrollo vertical pero con filtro solar que obliga a la planta a la búsqueda de luz y así desarrolla una máxima firmeza en su tallo.

Como descubrimiento se piensa que en situaciones que requieran un crecimiento rapido de plantas aplicarles el filtro como desafío a las mismas y así lograr maximo desarrollo en el tiempo.

PIEL VEGETAL DE COLOR
Adrián Exeni

RESULTADOS

Desde la premisa de qué pasaría con nuestra piel si nuestra atmósfera tuviera otro color, se plantea observar qué le sucede a la hoja de la planta de lenteja cuando es sometida a diferentes condiciones lumínicas. La estrategia se basa en someter a la planta a crecer con luz de color, en este caso, se plantean tres colores, rojo, verde y azul. Al crecer la planta se observan modificaciones en sus hojas, la pigmentación en los tres casos es diferente.

En los casos del rojo y el azul mostraron una pigmentación similar, un verde natural, no muy diferente de la planta testigo, mientras que la planta que creció con filtro color verde adquirió un tono pardo, casi marrón. También cabe agregar que su ritmo de crecimiento es ligeramente inferior al crecimiento normal de la planta.

La planta al ver modificados su entorno lumínico reacciona para adaptarse al medio, generando nuevas configuraciones, sin que ello afecte su crecimiento.

Ejemplos de trabajos de alumnos: Crecimiento y Forma Vegetal

OBSERVACIONES, GERMINACIÓN DE LENTEJAS
Nahuel Elias

Caso 1 DT = 15 días

Caso 2 DT = 21 días

A los 15 días el caso 1B enfatiza la diferencia de crecimiento. Su color es mas intenso, brotan hojas y por un aplaste del secante el tallo se deforma, copia el apilaste y sigue creciendo.

A los 21 días el caso 1B tiene varios brotes ubicados de manera helicoidal al tallo equilibrando su peso, a una distancia consecutiva y todos con dos hojas.

OBSERVACIONES, GERMINACIÓN DE LENTEJAS
Nahuel Elias

Caso 1 DT = 15 días

Caso 2 DT = 7 días

Caso 3 DT = 15 días

Se germinan dos recipientes proporcionándole igual cantidad de agua y el mismo tipo de semilla.

A los 7 días el caso 2 que tiene una sola semilla y se ubico a la luz solar directa se ve demorada la germinación debido a que la luz evapora parte del agua.

En cambio el caso 1, con dos semillas, se ubica a la sombra, ambas germinan mas rápido que el caso 1.

La semilla 1A quedo apretada entre el seca y el algodón húmedos, aplastándola contra el borde del vaso plástico, esto retarda su crecimiento comparandolo con el caso 1B.

MENSULA MAXIMA
Nahuel Elias

Se plantea como ejercicio lograr la mayor distancia en voladizo.

Se germinan semillas de zapallo por tener tallo más rígido, ser de rápido crecimiento y germinación.

Se va girando una vez al día el germinador para evitar que crezca hacia arriba, logrando una extensión máxima de 12 cm, 6 dentro del germinador y 6 en voladizo. A las dos semanas crece un brote en la punta del tallo.

Finalmente la germinación se seca. Se desconocen los motivos. Se comprueba que tenía humedad, luz y la temperatura adecuada.

CRECIENDO HACIA LA LUZ
Nahuel Elias

La lenteja, como todo vegetal, necesita en equilibradas proporciones agua, luz y aire para su óptimo crecimiento. En este ejercicio se decide trabajar con la variable luz como herramienta para diseñar su crecimiento.

Ejercicio A: Se coloca una lenteja previamente germinada y su recipiente dentro de un tubo de cartón con su tapa superior calada en un borde, controlando el ingreso de luz. Se observa que el tallo se dirige hacia el calado y lo atraviesa sin inconvenientes. Luego se coloca otra tapa a pocos cm de la primera con un calado opuesto, se espera que el tallo atraviese el calado. Se repetirá esta operación para forzar al tallo a un crecimiento zig zagante. Siete días después se observa que el tallo crece hasta la tapa superior pero no varía su dirección dirigiéndose hacia el calado.

Ejercicio B: Se coloca una lenteja previamente germinada y su recipiente dentro de un tubo de cartón cerrado con un único calado en uno de sus laterales a la altura de la semilla. Siete días después se observa que el tallo se inclina 45 grados desde el borde del recipiente y disminuye su crecimiento (crece solo 0,5cm). Finalmente el tallo se debilita pierde toda rigidez y falla el ejercicio. Fue muy grande la distancia entre el calado y la punta del tallo para que lo pueda atravesar.

2.4 Proyecto Integrador de Tecno-morfología como estrategia de diseño

A continuación se muestran las pautas de los trabajos desarrollados por los alumnos durante los últimos años, expuestos más adelante.

Parte A- análisis

Se elige un caso real de un fenómeno morfológico estructural en la naturaleza que tenga a su alcance, idealmente en directo pero también puede ser mediante información virtual. Debe tratarse de un caso donde hay una relación clara entre la forma y su estructura física. El análisis del caso debe identificar un aspecto puntual donde se ve la esencia de la estrategia empleada. Si bien un fenómeno se descompone en múltiples aspectos que hacen a su funcionamiento, el trabajo requiere aislar sus rasgos distintivos y luego elegir uno de ellos para estudiar a fondo.

Un buen ejemplo puede ser el vuelo de un pájaro como fenómeno general. Las estrategias que convergen en el pájaro para que este pueda volar son complejas e interrelacionadas, pero se pueden simplificar a modo de ilustrar el objetivo con mayor claridad. Uno de los variables que inciden en hacer posible que un animal vuele es su peso (en relación a su tamaño y fuerza, entre otras cosas). De todos los factores que inciden en su peso, se incluye el diseño de sus huesos. En un análisis de los mismos se puede identificar estrategias concretas que hacen a su alivianamiento, como ser la morfología de su porosidad (que está directamente relacionado con su material constitutivo). Aquí el alumno puede sacar conclusiones respecto a los variables de esta morfología (tamaño, forma, disposición, etc.) de los poros/materia, y tener conocimientos para pasar a la segunda etapa.

Parte B- síntesis

Se debe sintetizar la estrategia elegida como una abstracción extensible a distintas aplicaciones. En este caso habiendo entendido la morfología de un hueso de pájaro, se puede extrapolar algunas ideas respecto a la relación poro/materia y pensar en tipologías estructurales basados en estas morfologías, sin necesariamente pensar en su aplicación real, es más bien un ejercicio de investigación básica (amen dentro del recorte especificado). Una vez que se tiene suficiente dominio de esta estrategia se pasa a la última etapa del proyecto.

Parte C- aplicación

El trabajo final consta de aplicar la estrategia seleccionada de la naturaleza a una propuesta de diseño tecno-morfológico concreto. Puede ser en cualquier escala, desde la urbanística, ambiental, arquitectónica o de producto. Siguiendo con el ejemplo desarrollado en las primeras dos etapas, teniendo un especie de catálogo de morfologías de poros, se puede elegir un material real (hormigo, cerámica, aluminio, etc.) y proponer aplicaciones creíbles para imaginar un nuevo material/tecnología basado en las lecciones del hueso del pájaro. Los proyectos en esta instancia se mantienen a nivel esquemático y semi conceptual. Lo que importa es la lucidez y credibilidad de la propuesta, no su posibilidad real de poder ser llevado a la realidad en sí. Esto se plantea así por varias razones, en primer lugar si el espectro de conocimiento y/o imaginación del alumno no es muy amplio, se va a auto-limitar innecesariamente en sus propuestas. Por otro lado, dado que la brecha tecnológica es tan amplia, y más allá de la imposibilidad de estar al tanto de cada avance tecnológico en el mundo, sabemos que casi todo lo que imaginamos (dentro de ciertos límites) es plausible de ser realizado, aunque la barrera tecnológica y/o económica hoy no lo permita. Lejos de ser fantasioso, esta actitud va instalando una cultura de imaginación informada en los alumnos, y da buenos resultados a la hora de ver sus efectos en el taller.

A continuación ejemplos de trabajos de alumnos:

Ejemplos de trabajos de alumnos: Proyecto Integrador TM

HRF + JEAN
Germán Robles

ANÁLISIS

El desarrollo de investigación se centró en el interés por observar distintas estructuras de organización a raíz del libro "Rizoma" de Gilles Deleuze en donde contraponen el concepto de rizoma (sistema interconectado, ajerarquico, multidireccional) vs. Idea de árbol (sistema jerárquico, unidireccional, de un orden explícito). Dentro de este marco conceptual, se analizó las características de sistemas de organización rizomáticas como los hormigueros y organizaciones arborescentes como por ejemplo la caña de bambú, el panel de avispa y otros. Fueron los AGUJEROS O VACIOS, cada uno dispuestos racionalmente dentro de la lógica de crecimiento de cada uno de los sistemas, los que se presentaban como una CONSTANTE. El agujero siempre presente: el trabajo de sustracción sobre un lleno en el caso de las hormigas, la repetición de una celda (unidad básica de generación) en el caso de las avispas, o el vacío estanco, repetitivo de forma lineal en la caña de bambú. "Si se piensa en los vacíos, en lugar de trabajar con los elementos sólidos, la verdad aparece." Robert le Ricolais.

HRF + JEAN
Germán Robles

SÍNTESIS

APLICACIÓN

De qué manera pueden conjugarse (vacío, HRF, encofrado)?; quién determina a quién? agujero debe servir de encofrado? o el encofrado debe generar agujeros?; qué utilidad me brinda el agujero?

- Del Ser provienen las cosas y del no Ser, su utilidad?
- Valorar y refuncionalizar los vacíos de elementos cotidianos. Se consigue bajar la idealización al nivel de realidad e incorporar la variable más condicionante, ECONOMÍA.
- Olvidar prefiguraciones de los objetos en cuanto a su uso preestablecidos por la sociedad. (PREJUCIOS)
- Culturalizar a la sociedad a través de nuestras propuestas.

OLA, ONDA, VIBRACIONES-PISTAS PARA APLICAR AL DISEÑO.
Ariel Galera

APLICACIÓN

Las olas son producidas por los vientos que barren la superficie de las aguas. Mueven al agua en forma de cilindro cuando llegan a la costa y el cilindro roza con el fondo, inician un proceso de rotura que acaba desequilibrando la masa de agua, produciéndose la exposición de la ola. Al buscar las pistas de diseño nos concentramos en el fenómeno individual dentro de un conjunto repetitivo. La OLA como un lugar donde suceden cosas, superficies continuas que se pueden generar por el fraguado de pastas de horniño o plásticas, generando continentes. La OLA generada por infinidad de puntos y pequeñas superficies, espacios más caóticos que se dan dentro del FENÓMENO ORIGINAL. Este camino es el resultado de observar básicamente la forma de la ola. La imagen clásica de la onda. Si esos puntos, generan la superficie de uso, es lógico pensar que la superficie cambiara según la cantidad de usuarios, carga. Es decir con el mismo dispositivo la configuración del espacio varía. Es caótico, impredecible, sorprendentemente. La idea de nodos o puntos surgen de analizar, de hacer zoom, sobre el fenómeno... infinitas partículas de agua alineadas, siguiendo un patrón común... de repente, en un instante el CAOS cada partícula, punto estalla, se pierde la noción del conjunto o mejor dicho este conjunto muta. Cambia de estado. Se transforma en energía. El espacio ya no es el mismo. Ya no es.

SISTEMA DE BUCEO PROPULSADO POR SUPERFICIES
Horacio Calsina

ANÁLISIS

SÍNTESIS

APLICACIÓN

Se hizo hincapié en el estudio geométrico de la forma y las proporciones de la moblia. Su superficie rígida, ubicada al centro, por donde pasa el eje de simetría es donde están los órganos vitales. Las superficies flexibles, mayor que la anterior y ubicadas a ambos lados, generan la propulsión por la que se desliza. En las vistas se ve una mayoría de superficies flexibles destinadas a la propulsión. También se observa como la forma responde de manera eficiente a la hidrodinámica del sistema. Este opera mediante una secuencia repetitiva de movimientos ondulatorios ascendentes y descendentes que de forma progresiva van aumentando velocidad y rendimiento sin incrementar el desgaste. Como conclusión podemos decir que, en la moblia, la geometría y las proporciones se conjugan para formar superficies rígidas y flexibles puestas en función de un sistema hidrodinámico de propulsión de excelente autonomía. El proyecto, un traje de cuerpo completo y la técnica de buceo para largas distancias basado en las estrategias encontradas en la moblia. El traje de talia resistente micro dentada dota al cuerpo de la superficie de propulsión necesaria para empezar a impulsarnos con todo el cuerpo. Fue de gran importancia el manejo y cálculo de las superficies rígidas y flexibles, partiendo de que las segundas debían de ser mayores que la primera ya que estas generan la propulsión. Como también el estudio de la lógica y secuencia de movimientos a desarrollar para generar la propulsión, que brindan mejoras en la autonomía y menor consumo de oxígeno e incremento progresivo de velocidad.

Ejemplos de trabajos de alumnos: Proyecto Integrador TM

LÁMINAS ESTRUCTURALES FLEXIBLES
Anabella Gatto

ANÁLISIS

SÍNTESIS

ESPONJA

La esponja es un animal porífero invertebrado, acuático. Su configuración formal y estructural es porosa. Las tipologías de las esponjas fueron evolucionando para lograr mayor superficie de contacto con el agua. Esta disposición de la materia cumple distintas funciones y permite que viva en su medio de la manera más eficiente. A través de sus poros se generan corrientes de agua, ésta es filtrada para extraer alimento. Su estructura está compuesta por un tejido de una red espacial flexible y continuo a través de la cual logra optimizar su funcionamiento en dos fenómenos observados y que son objeto del interés de esta investigación: **a) Flexibilidad estructural:** permite el movimiento y la resistencia de la presión de las corrientes de agua; **b) Flexibilidad formal:** actúa como una lámina que puede adoptar diferentes configuraciones, en respuesta a factores como la limitación del espacio, la inclinación del sustrato o la velocidad de la corriente.

LÁMINAS ESTRUCTURALES FLEXIBLES
Anabella Gatto

APLICACIÓN

El resultado de este estudio va de la escala del objeto hasta la arquitectura, sin tener la intención de querer resolver un producto o un espacio en particular, sino más bien de definir un concepto a explorar, que es el de una superficie flexible bidimensional capaz de producir formas espaciales resistentes.

LÁMINAS ESTRUCTURALES FLEXIBLES
Anabella Gatto

APLICACIÓN

ESTRUCTURAS DE LÁMINAS ACOPLADAS
Carola González Casartelli

ANÁLISIS

El plátano es una hierba gigante. Su estructura no responde a la organización jerárquica de los árboles, sino que está conformado por partes de exigua y similar capacidad estructural, que se combinan, agrupándose y delineando su forma, de manera tal, que a pesar de su debilidad individual puedan en su conjunto hacer frente a los distintos esfuerzos estructurales. Se estudia la estrategia del plátano frente a la acción de la gravedad y del viento. La variación en la agrupación de las partes y en la forma que adoptan sus elementos, que le permiten al plátano, arraigarse fuertemente al suelo y desizarse flexiblemente ante la acción del viento. El plátano se sujeta al suelo a partir de una serie de bulbos, o rizomas de los cuales se desprenden las raíces. De los rizomas surgen los vástagos (tallos), conformados por finas capas de hojas espiraladas superpuestas. El vástago, al elevarse, disminuye su espesor, al gradualmente perder algunas de las hojas que lo rodean. La copa está conformada por las mismas hojas que forman el vástago, que se separan unas de otras y abren en esta secuencia: se pliegan, uniéndose por los lados, formando un tubo (1), luego, el pliegue se abre (2), para a lo largo de la hoja, dicho pliegue ir perdiendo profundidad (3).

Ejemplos de trabajos de alumnos: Proyecto Integrador TM

ESTRUCTURAS DE LÁMINAS ACOPLADAS
Carola González Casartelli

APLICACIÓN

ESTRUCTURAS DE LÁMINAS ACOPLADAS
Carola González Casartelli

APLICACIÓN

Las estructuras, como el plátano, varían su forma y agrupan sus capas de láminas, para responder eficientemente a los esfuerzos ejercidos, minimizando el uso del material. Están armadas por tubos de plástico extruido, de sección circular. Los tubos tienen el mismo largo y un mismo y delgado espesor de pared. Estos, al ser cortados a lo largo, conservan su sección circular, y al ser doblados forman distintas superficies de simple o doble curvatura. La pieza individual, no posee gran resistencia ya que el espesor de pared es delgado, pero es este espesor de pared el que permite doblarlos con facilidad para generar láminas que por forma obtienen mayor resistencia.

SUPERFICIES ABSORBENTES
Carolina Minglone

ANÁLISIS

SÍNTESIS

CORTE

Se observó que la estructura del cactus está relacionada con la necesidad de acumular agua para subsistir en climas con temperaturas extremas, poca agua y mucho sol. Su tallo tiene pliegues y estrías con los que logra mayor superficie con menor exposición al sol, evitando la pérdida de agua por evaporación, pero teniendo mayor capacidad de acumulación de agua de rocío. La especie tiene la capacidad de subsistir con muy poco agua, sus tejidos internos se expanden y contraen, sin cambiar las propiedades de su tejido externo.

SUPERFICIES ABSORBENTES
Carolina Minglone

APLICACIÓN

Se desarrolló un elemento mediador entre las fuerzas naturales y el habitat humano que sea capaz de aprovechar los impactos de la naturaleza, un sistema capaz de adaptarse al medio, minimizando los efectos negativos. Sobre un "cactus gigante" desinflado se construyen viviendas. Durante las crecientes de agua, el "cactus" aumenta su volumen aislando las viviendas. Luego iría lentamente evaporando su contenido en forma de vapor de agua, hasta volver a su estado original sin haber alterado el medio. Su interior está compuesto por un polímero superabsorbente, usado comúnmente en pañales, un polvo blanco sin olor que aumenta hasta mil veces su volumen en contacto con líquidos. La superficie estaría compuesta por un material con poca elasticidad, para mantener la continuidad del suelo, que permite la eliminación de agua por evaporación desde adentro hacia fuera. Su parte inferior, está compuesta por una tela elástica y permeable, que impide que el polímero hidratado se pierda. Cada vivienda está construida sobre una plataforma, a su vez anclada a suelo firme mediante cables flexibles, que impiden el desplazamiento durante la crecida, pero permiten el movimiento vertical generado por el crecimiento del sistema.

Ejemplos de trabajos de alumnos: Proyecto Integrador TM

CASCO PLEGABLE PARA BICICLETA
Franco Morero

SÍNTESIS

es una coraza protectora

es una estructura dinámica

es soporte y piel al mismo tiempo

es una estructura que colapsa

CASCO PLEGABLE PARA BICICLETA
Franco Morero

APLICACIÓN

plegado perpendicular

plegado longitudinal

El exoesqueleto de la cochinilla de la humedad es una estructura capaz de colapsar y volver a su estado primario; es soporte y dermis al mismo tiempo, y por sobre todo es una coraza protectora. A partir del concepto de protección, se arriba al diseño de un casco. Superponiendo a esta base las estrategias esbozadas anteriormente, surge la idea de un casco plegable, con la intención de reducir su tamaño, atendiendo a necesidades de guardado y transportabilidad. Se indagó en este proceso creativo el concepto de "plegado eficiente", ensayando en la búsqueda del número óptimo de placas de doble curvatura necesarias, como así también en el estudio del sentido de los pliegues del casco.

CASCO PLEGABLE PARA BICICLETA
Franco Morero

ANÁLISIS

bóveda

esfera

sección

doble curvatura

articulación fija

articulación móvil

placas

superposición

El fenómeno físico estructural observado es el exoesqueleto del Armadillidium Vulgare, comúnmente conocido como bicho bolita. Su cuerpo está constituido por una serie de segmentos articulados. Presenta siete pares de patas similares entre sí, lo que le vale al orden el nombre de Isopoda (iso: igual / podos: patas). Por medio de su exoesqueleto, el animal posee la capacidad de enrollarse, transformándose en una esfera relativamente hermética cuando percibe peligro. Esta estructura, distinguida como una cubierta continua, se constituye por una serie de placas flexibles. Las mismas supeditan su forma a la macroestructura del esqueleto externo. A nivel general, cada segmento es semejante al que lo continúa curvándose en sentido doble y plantea un vínculo por medio de encastres provistos de articulaciones libres que posibilitan la transformación desde un volumen "abovedado" a uno "esférico".

HIDRO-AERO ESTRUCTURA
Victoria Jazmin Kopelowicz

ANÁLISIS

SÍNTESIS

Se observaron dos fenómenos físicos estructurales: De las medusas se analizó el concepto del hidrosqueleto y de las plantas el concepto de la circulación del agua en estado de turgencia o de plasmólisis. El hidrosqueleto consiste en una cavidad llena de fluido rodeada por paredes elásticas. El fluido le otorga soporte al conjunto y la acción de las paredes elásticas que lo rodean genera presión lo que posibilita el cambio de forma y su consecuente movimiento. La turgencia es el fenómeno por el cual las células absorben agua, se hinchan y ejercen presión contra las membranas las cuales se ponen tensas. Por el contrario, en la plasmólisis las células pierden agua, se contraen y la planta se marchita.

Ejemplos de trabajos de alumnos: Proyecto Integrador TM

HIDRO - AERO ESTRUCTURA
Victoria Jazmin Kopelowicz

La estrategia se aplicó en la construcción de una cubierta dinámica que utiliza el aire y el agua como materiales de diseño para permitir el cambio de forma. Dichos materiales, contenidos únicamente por un film plástico carente de rigidez, permiten que la cubierta se transforme en una hidro-aero estructura que se soporta a sí misma. En un estado A, evacuando la cavidad dentro del film completamente de aire y llenándola de agua, la cubierta se presenta turgente, abierta y nos protege del sol. En este estado se vence la presión atmosférica al aspirar el aire, la presión dentro de la cavidad es menor que en el exterior y el agua tiende a subir. En un Estado B, al permitir el ingreso de aire y egreso de un poco de agua, la cubierta se vence cerrándose completamente para protegernos del frío y del viento.

HIDRO - AERO ESTRUCTURA
Victoria Jazmin Kopelowicz

TEJIDOS DE FIBRA ENDURECIDOS PARA CONFORMAR ESPACIO.
María Luisa Echevarría

Se realizan 4 pruebas de tejidos para conformar espacios esféricos. Se entrelazan hilos en las siguientes formas: paralelos, meridianos, aleatoriamente en distintas direcciones, y combinación de paralelos con meridianos intermedios. Se utiliza un encofrado inflable y un fijador para endurecer el tejido.

En cuanto a sus cualidades portantes, resultan más resistentes a la tracción los tejidos conformados por fibras dispuestas en múltiples direcciones. Por otro lado los tejidos unidireccionales permiten conformar una superficie continua con mayor eficiencia en la relación cm^2 y cantidad del material aunque su capacidad resistente a la tracción se debilita en uno de los sentidos.

TEJIDOS DE FIBRAS ENDURECIDOS PARA CONFORMAR ESPACIO.
María Luisa Echevarría

Se analiza el nido del pájaro tejedor cuya construcción se realiza con pastos entrelazados a partir de ramas colgantes. Este material, con determinadas características morfológicas y físicas es maleable en su estado "verde" y permite la realización de una trama que genera un espacio interior y que conserva su nueva forma de conjunto y capacidad estructural aun cuando se haya secado.

Estas fibras son esbeltas y altamente flexibles por lo que admiten ser dobladas y atadas entre sí. Lo que interesa a su vez, es que al secarse las fibras, el conjunto conserva y fija la trama espacial que ha conformado el tejido en su estado anterior, y que en muchos casos conserva cierta flexibilidad y resistencia a la tracción, lo que permite que sea cargado sin quebrarse. Como estrategia estructural de conjunto se rescata la situación de tracción, al ser un elemento colgante.

Ejemplos de trabajos de alumnos: Proyecto Integrador TM

FILTRO FLEXIBLE
Agustina González Cid

ANÁLISIS

SÍNTESIS

La esponja es una forma simple de animal multicelular que posee distintos tipos de células pero no organizadas en tejidos. Su estructura es flexible y porosa. Es por estos poros que la esponja se alimenta a partir de filtrar las corrientes de agua. Cuanto mayor es la superficie de contacto con el agua, mejor es su capacidad de alimentación, es por este motivo que los tipos más evolucionados de esponjas poseen mayores superficies y poros con recorridos más prolongados. Existen distintos tipos dependiendo de su forma, sus poros y la relación con las superficies del entorno. Se elige trabajar con la esponja tipo Siconoide. Ésta además de los grandes poros, que se presentan como una piel plegada, posee unos microporos los cuales permiten que se generen corrientes internas que colaboran con el filtrado. Para este ejercicio se toman como puntos de interés la capacidad de filtrado que posee la esponja y también su estructura flexible y liviana.

FILTRO FLEXIBLE
Agustina González Cid

APLICACIÓN

Como resultado se diseña una piel de un material liviano con cualidades específicas que colaboren a evitar la radiación de rayos UV, que sea impermeable y traslucido. Se pliega el material de manera tal de imitar los poros de la esponja siconoide y se lo perfora para generar los microporos. Así se consigue un tipo de acordeón flexible y poroso. Repitiendo el mismo sistema varias veces se logran superficies de un ancho mayor y se les intercala un acordeón en el otro sentido para evitar las corrientes horizontales. El objeto final es una tela plástica que dependiendo de qué tan abierta o cerrada (se cierra dejando caer por peso propio) se encuentra deja pasar más o menos aire pero siempre filtrando las visuales de un lado al otro.

FILTRO FLEXIBLE
Agustina González Cid

APLICACIÓN

VARILLAS 3D
Elizabeth Menta

ANÁLISIS

APLICACIÓN

El fenómeno físico estructural observado es la movilidad en la estructura de una de las cúpulas de Hoberman. Se puede ver como la estructura trabaja en conjunto, donde una cantidad de piezas se unen entre sí mediante vínculos móviles, repitiéndose los mismos puntos de unión. Se logra que al comprimir o traccionar se cierre o se abra el conjunto. La conexión entre las partes a veces se da de cuatro piezas y a veces entre tres, esa variación es la que luego permitirá que al recibir presión el conjunto se cierre hasta completar la esfera. Aquí puede verse como al recibir la presión el movimiento se produce en los ejes principales por donde viajan las fuerzas de la estructura en sentido perpendicular al núcleo de la esfera. La estrategia del fenómeno es la de relacionar las partes componentes entre sí, mediante vínculos móviles. La estructura se mueve en conjunto al recibir una fuerza ya sea de tracción o de compresión, esta se transfiere al la totalidad por la condición de que todas las partes están vinculadas entre sí. La aplicación: Se trabajó con varillas de madera prefabricadas, curvadas en el sentido longitudinal y transversal de las fibras. Se acomodaron estas piezas en el espacio tridimensional y se relacionaron las partes mediante vínculos móviles. Se logró una unidad cerrada, una estructura flexible, capaz de adaptarse a fuerzas de tracción y compresión absorbiendo la deformación en conjunto. En la estructura de Hoberman las fuerzas actúan perpendiculares al centro de la esfera, las varillas 3D distribuyen las fuerzas tangencialmente al espacio interior, flexiblemente delimitado.

Ejemplos de trabajos de alumnos: Proyecto Integrador TM

DISPOSICION DE LAS CELULAS EN EL VELAMEN DE UNA RAIZ AEREA COMO GENERADOR DE UN SISTEMA DE REPETICION
Romina A. Balbi

GEOMETRIZACION DE LAS CELULAS
DISPOSICION PLURISTRATIFICADA
PRISMA HEXAGONAL

TESELADOS APERIODICOS

SISTEMA
FORMA MINIMA

Como aplicación de la estrategia observada, se analiza la posibilidad de pensar no en un objeto definido si no en la creación de un sistema de multiplicación.
Partiendo de un modulo repetible producto de la geometrización de las formas de las células y la posibilidad de extrapolar las uniones móviles entre ellas que permitan la adaptación a cualquier superficie.
Se aborda al modulo a través del análisis de la forma mínima apliable y a la multiplicación y repetición por medio del paralelo con los teselados aperiodicos como posibilidad de uniones y extension sin repetir estructuras.
Se crea un modulo capaz de cubrir superficies, adaptarse a formas curvas, ser estructuralmente rígido, apliable y plegable.

DISPOSICION DE LAS CELULAS EN EL VELAMEN DE UNA RAIZ AEREA COMO GENERADOR DE UN SISTEMA DE REPETICION.
Romina A. Balbi

DISPOSICION DE UNA CRUZADA AEREA SOBRE UN TRONCO

ESTRUCTURA DEL VELAMEN

VELAMEN: HORMAS PLURISTRATIFICADA
COMPLETO POR CÉLULAS MUERTAS LLENAS DE AIRE
SE INCRUSTAN EN LOS ESPACIOS ENTRE LAS CAPAS Y CARACTERIZAN LAS CÉLULAS.

VELAMEN: PAREDES PERFORADAS CON EMPUSGAMIENTOS ESPECIALIZADOS RETICULADOS Y PLANTADOS

Partiendo del análisis de la forma estructural de las raíces aéreas en las orquídeas epifitas, se toma como fenómeno morfológico la disposición de las células en el velamen de estas raíces.
La orquídea aérea crece adosándose a cualquier elemento vegetal o artificial y sus raíces se desarrollan a través de un grupo o un solo brote, el aspecto es blanquecino, los diámetros varían y su tenacidad es similar a un alambre.
Estructuralmente posee un epidermis engrosada (rizodermis pluristratificada), compuesta por células muertas llenas de aire, con la capacidad de absorber humedad ambiente o la proveniente de la lluvia, funcionando como una esponja, permitiendo también la entrada de luz solar para generar la fotosíntesis.
La estrategia analizada es la forma y disposición de estas células en el velamen, como son las paredes de unión, sus formas geométricas y la capacidad de adaptarse a cubrir una superficie curva.

TRAMA ELÁSTICA DE DENSIDADES VARIABLES
Jaime Cumpa

2 variables:
el ajuste
densidad

Se ejemplifica su aplicación a un caso preciso, pero este análisis no busca descartar otras posibles aplicaciones ya que estamos hablando de un tejido no periódico de densidades variables cuyas fibras son las que efectúan el cambio. Se trabaja con hilos espiralados que permiten ajustar y estirarse generando diferentes formas de acuerdo a la tensión y dirección que reciben.
El ejemplo represento una bolsa que utiliza la geometría y propiedades elásticas de la red.
Dos variables intervienen en su diseño, uno es el "ajuste" de estos hilos elásticos, tanto en vertical como en horizontal y la otra es la "trama" que define en donde los agarres van a estirarse o no.
Como resultado se obtiene una bolsa de proporciones medias que podría aplicarse en tamaños macro o micro según el objetivo lo requiera.

TRAMA ELÁSTICA DE DENSIDADES VARIABLES
Jaime Cumpa

La Araña Deinopsis Longipes (Araña Cara de Ogro) utiliza como técnica de caza una característica que la diferencia de las otras. Crea una telaraña NO permanente. Realizan redes elásticas de forma rectangular con hilos de seda espiralados que le permiten atrapar a su presa.
La estrategia detrás de este fenómeno responde a dos variables. **Flexibilidad estructural:** sus patas traseras espiralan la tela o no, se presenta un cambio en la fibra desde la salida de su glándula hiladora. **Flexibilidad formal:** las otras patas la estiran creando una estructura trapezoidal repetitiva concentrica que a la hora de cazar adopta forma rectangular, y es sostenida por sus cuatro patas delanteras, cuyos movimientos permiten estirla hasta el doble de su longitud. Cuando la presa se acerca es inevitable escapar ya que se adhiere y ajusta en simultáneo cerrándose con la presa adoptando la forma de una bolsa con ajuste en todas sus direcciones.

Ejemplos de trabajos de alumnos: Proyecto Integrador TM

VÓRTICE GENERADOR DE VACÍO.
Adrián Exeni

FORMA EN REPOSO ESTÁTICA

FORMA CONFORMADA DINÁMICA

VACÍO INTERIOR

Utilizando materiales livianos el remolino se eleva con el ingreso del viento, gracias a que este genera una presión atmosférica interior, y al desaparecer la forma se repliega sobre sí misma.
Contemplando la idea de poner a trabajar el viento, se plantea crear formas que sean producto de fenómenos físicos, externos a ella mismo, pero que le otorguen identidad, carácter.
Por ello, no se proyecta algo específico, sino que se abre un interrogante con respecto a la capacidad de la naturaleza de crear espacios y formas dinámicas, efímeras pero hermosas, y en este caso específico, el remolino.
Como ejemplo se propone una estructura con un esqueleto con forma de vórtice, que entre sus intersecciones se colocan membranas finas, de forma que al ingresar el viento al sistema este se infla, creando el espacio, la forma, y que al dejar de soplar el viento vuelve a su estado de inactividad, de no-forma. Ese espacio co-creado por la naturaleza puede ser experimentado, vivido, recorrido y contemplado.

VÓRTICE GENERADOR DE VACÍO.
Adrián Exeni

LA ROTACIÓN DE LOS ELEMENTOS PERMITE CREAR UN ESPACIO VACÍO

CENTRO

UNIDAD DE AREA

FUERZAS GIRATORIAS

GENERACIÓN DE VACÍO

REMOLINO

Un remolino es un gran volumen de agua (o viento) giratorio producido por mareas oceánicas. Los remolinos marinos, son cuerpos de agua que giran rápidamente sobre sí mismos. Normalmente giran alrededor de una depresión central y, a veces, alrededor de una cavidad vertiginosa que arrastra los objetos del entorno hacia el centro, lo cual hace que esta cavidad aumente su tamaño cada vez más.
Teniendo en cuenta que el remolino tiene la capacidad inherente de repeler fuerzas y a su vez de disipar o arrastrar objetos se toman en cuenta estas dos variables estratégicas para generar disparadores de ideas. Por otro lado, el remolino genera un espacio central otorgado por el vórtice, es decir, un vacío que puede ser ocupado.
El producto final debía beneficiarse de estas condiciones primarias, y servirse de ellas. La aplicación está pensada para ser un espacio producido por las fuerzas que circulan alrededor de un centro, autoportante, y que la dinámica de la forma genere mejor resistencia al viento y a los agentes atmosféricos.

NUEVO MATERIAL ELÁSTICO NO LINEAL
Sofía Salazar

ELASTICIDAD

TRACCIÓN

DUCTILIDAD

FLEXIÓN

Partimos de la base que es posible modificar la estructura de los materiales para obtener las propiedades deseadas. Se busca crear un nuevo material polímero elastómero. Que posea como característica principal la capacidad de ser flexible, adaptándose a cargas, pero que al mismo tiempo sea rígido, oponiéndose a la deformación. Debe tener una gran resistencia a la tracción, y un gran límite elástico, es decir, la capacidad de soportar muchas deformaciones antes de alcanzar la tensión de rotura.
Otras propiedades mecánicas que serían útiles para sus distintas aplicaciones sería la ductilidad, capacidad de estirarse en hilos, y la elasticidad, capacidad de recuperar su forma una vez deformado.
La nueva sustancia podría utilizarse en medicina para crear implantes y suturas más fuertes. También podría ser un sustituto para cierto tipo de plásticos, y hasta podría ser la respuesta para un nuevo material más ecológico que reemplace el acero.

NUEVO MATERIAL ELÁSTICO NO LINEAL
Sofía Salazar

ELASTICIDAD

RIGIDEZ

FLEXIBILIDAD

Una TELARAÑA es una estructura construida por una araña con su seda flexible y resistente, a través de sus hileras.
Las telas contienen filamentos curvos que se expanden en el momento del impacto absorbiendo la tensión desencadenada. El hilo de una araña se puede estirar hasta el 30% más de su largo original sin romperse.
La particularidad de las telas de araña es que a pesar de ser dúctiles y estirarse notablemente, las mismas presentan una solidez e integridad que supera la de otros materiales naturales.
Las telas de arañas se caracterizan por tener un comportamiento elástico no lineal, el cual genera su resistencia y estabilidad. Esto quiere decir que a presiones ligeras, la deformación es proporcional a la fuerza ejercida. Pero, una vez superada una determinada presión (umbral de deformación), la estructura no se deforma más y adquiere un comportamiento rígido.
A partir del análisis realizado de la telaraña, se podría concluir que conociendo su estructura podemos extrapolarla a la fabricación de nuevos materiales más resistentes con un sinnúmero de aplicaciones.

Ejemplos de trabajos de alumnos: Proyecto Integrador TM

PIRAMIDES LOTO - PINOS - OLAS
Franklin A. Mercado Pérez

APLICACIÓN

Tecomorfología + Crecimiento vegetal

Se decidió relacionar directamente la forma de las pirámides de la flor de loto con los árboles, estudiando la forma en que se puede manipular su crecimiento para formar unas pirámides naturales que ayuden a disipar toda la energía destructiva de las grandes olas formadas por Tsunamis y Maremotos. Estudiando algunos casos de manipulación del crecimiento de muchos tipos de árboles es muy posible formar pirámides de árboles que multipliquen su resistencia para soportar la fuerza de las grandes olas. Algunos de los métodos usados para cambiar la dirección del crecimiento de los árboles son: la utilización de tutores con tensores y puntos fijos y el uso de la luz para guiar el natural crecimiento. La especie Araucaria o comúnmente llamada PINO es la más aconsejable por su rápido crecimiento y fortaleza, de todas formas se debe tomar en cuenta muchos aspectos para garantizar un óptimo crecimiento de los árboles, como la des-salinización del suelo costero con un constante riego por goteo, el tiempo de crecimiento, la pendiente del suelo y las distancias mínimas entre árbol y árbol, entre otros.

En la observación de un fenómeno morfológico de la naturaleza se pueden encontrar muchas respuestas y tan solo basta consultar el gran catálogo de la naturaleza para solucionar muchos de nuestros problemas.

PIRAMIDES LOTO - PINOS - OLAS
Franklin A. Mercado Pérez

ANÁLISIS

Flor de Loto

SÍNTESIS

Ficos y Valles - PIRAMIDES FRACTALES

El fenómeno físico morfológico observado es el de la capacidad autolimpiante de la flor de loto y su capacidad para repeler el agua, convirtiéndose en una superficie hiperhidrófoba que está formada por valles y picos sobre los cuales también se presentan unos picos cada vez más pequeños de una manera fractal. Esta característica tan particular no permite que ninguna partícula de suciedad llegue a adherirse a la superficie y lo mismo sucede con las gotas de agua que por su tensión superficial se mantienen casi flotando sobre los picos y al resollar por la hoja limpian automáticamente toda la superficie de la hoja llevándose toda la suciedad a su paso. Sintetizando la forma de pirámide y sus extensiones, quisimos cambiar la escala de la pirámide y salir de la escala microscópica para pensar en una posible aplicación práctica.

FIBRAS ULTRA DELGADAS
Silvina Inés Méndez

Se estudio como una fibra delgada en diferentes configuraciones puede lograr usos determinados. El concepto de que una fibra adopta el valor dentro de una matriz como por ejemplo, una cerda junto con otras 22 cerdas en un orificio de cepillo de dientes mas otros 56 onficios suman hasta 1300 cerdas. En este caso las fibras son dobladas a la mitad y ancladas con un alambre

Se establece entonces un sistema conformado por partes las cuales individualmente no podrian cumplir esa función si no fuera por el conjunto. Puede cambiar el material de la fibra (natural, plástica o metálica) y su disposición, lo que determina un universo de variables de conjuntos. La configuración de las fibras puede cambiar respecto a su origen, densidad y características.

La estrategia de las raíces de la palmera de maximizar superficie de contacto con el suelo con el objetivo de su anclaje se manifiesta en este sistema de fibras, en el cual las partes toman protagonismo solo en el conjunto y de acuerdo a la configuración buscada. Sea para un uso de fijación y contacto con otra superficie. La fibra adoptará una configuración especial de acuerdo al uso e interactuará con partículas, con otras fibras (cabellos) o superficies.

FIBRAS ULTRA DELGADAS
Silvina Inés Méndez

Se estudio como la palmera es capaz de soportar grandes vientos y huracanes a pesar de su altura y esbeltez del tronco (estipite)

Las palmeras son monocotiledoneas y tienen un sistema radicular fasciculado. El diametro de sus raíces es igual en toda su longitud. Sus raíces no se ramifican y producen nuevas raíces desde la base del tronco o bulbos basal. Las raíces adventicias no provienen de la radícula del embrión sino que se originan en otro lugar. La palmera logra mayor estabilidad desarrollando raíces adventicias llamadas raíces fulcreas. Las raíces fulcreas o zancos son raíces que se originan en la base del tallo y se extienden en forma de arco hasta el suelo actuando como soporte, sirven de puntales de sostén para resistir la fuerza del viento. El valor adaptativo de las raíces zancos afirma su importancia como soporte mecánico de árboles altos e inestables en suelos suaves pocos profundos.

Resulta efectiva esta configuración como anclaje a un suelo flojo estas características de raíces como una cabellera que maximiza la superficie de contacto desde la base de la misma.

Asimismo colabora con el comportamiento general del conjunto la flexibilidad del estipite y de las hojas pinnadas, vaina y peciolo.

Ejemplos de trabajos de alumnos: Proyecto Integrador TM

VINCULOS ELASTICOS
Nadia Donato

AMPELOPSIS VITICOLA TRUNCATA
ESTRUCTURA GENERAL

A TRAVÉS DE LA SUPERPOSICIÓN DE RAMAS SE GENERA UNA RED QUE LE DA MAYOR RESISTENCIA AL CONJUNTO

RAMA CENTRAL
NUDO
DILATA

La ampelopsis es un arbusto trepador donde se puede observar que existe un sistema de adherencia que desarrolla a través de unas ventosas que se adhieren a las superficies en donde crece. Las ramas se extienden elaborando unos nudos que tienen una distancia constante de entre 2 y 4 centímetros, de esos nudos se desprenden, el brazo que contiene las ventosas que se pegan a las superficies y una hoja, estos puntos son los más críticos en cuanto a la carga que contraponen el voladizo de la hoja al vínculo. El brazo de ventosas conforma un racimo que en general tiene 5 extremidades que terminan en puntos circulares que son las ventosas, ese es el punto de adherencia de la planta a las superficies en donde se extiende de manera jerárquica. El brazo de la ventosa es fino y ondulado, su ondulación lo convierte en un elemento elástico que le posibilita poder responder a cargas transitorias, como sería el viento, sin desprenderse de la superficie de contacto en la que crece.

VINCULOS ELASTICOS
Nadia Donato

Los mapeos elaborados dan cuenta de diferentes relaciones que se dan en la estructura general de las ramificaciones. La observación se hace a través de el análisis de un segmento extraído del desarrollo de la planta y se utiliza el mismo para todos los mapeos realizados. 1 - Líneas de ramificación - se extienden regularmente por toda la superficie sin un valor identificable de jerarquía. 2 - Relación entre lomos y nudos - se mantiene constante para todo el segmento. 3 - Cruces - se producen encuentros de mayor rigidez cuando una ramificación pasa por encima de otra en un punto. 4 - Forma de crecimiento - las ramificaciones se producen siempre a través de una bifurcación y en un sentido predominante, que es el de crecimiento, en este caso el sentido es hacia la derecha horizontalmente. 5 - Vinculos - Los puntos de adherencia se dan también sin jerarquía y en una densidad constante y sistemática.

VINCULOS ELASTICOS
Nadia Donato

La relación vínculo elástico y material rígido puede ser estudiada a través de distintos casos en donde variando la relación de las fuerzas actuantes y el tipo de vínculo pueden producirse sistemas diferentes. Se investigan otras relaciones posibles de interacción entre material y vínculo elástico. Los casos estudiados son: vínculos puntuales que pueden asociar dos o más elementos en un nudo, vínculos que puedan poner en tensión al material rígido utilizando una barra lo suficientemente esbelta para ser doblada sin deformarse y un vínculo que soporte la tensión que esa fuerza le produce, generación de una trama de vínculos elásticos que requieran de los elementos rígidos para ponerlos en tensión y armar un tejido, el último caso de estudio es extraído del estudio de Buckminster Fuller en donde los elementos rígidos comprimidos se encuentran dentro de una red tensada continua, el sistema de tensagedad se conforma con los tensores que mantienen los elementos comprimidos, sin que éstos se toquen entre ellos, en un equilibrio estable.

VINCULOS ELASTICOS
Nadia Donato

Partiendo de la premisa de que elementos rígidos pueden ser sostenidos por vínculos elásticos que aplicándoles una carga transitoria se deforman soportando la carga y que luego quitada la carga toma su posición original, se piensa en un objeto que responda a estas características. En primera instancia se hacen una serie de pruebas sobre elementos rígidos vinculados a través de elementos elásticos. Estas pruebas nos informan sobre como producir vínculos simples y vínculos complejos a través de este sistema. Se piensa en un elemento que trabaje con cargas transitorias sumado a la posibilidad de que esa carga pueda responder de manera eficiente, y tomándose en su favor, esa transformación. Se produce una silla con elementos lineales rígidos asociadas por elementos elásticos que siendo utilizada maximice la confortabilidad que ergonómicamente el cuerpo requiere en una posición de reposo. La elasticidad de los vínculos permite que la posición del cuerpo (ya sea sentado más derecho o más inclinado), de acuerdo como el usuario disponga las cargas de su cuerpo sobre la superficie, pueda acomodarse a esa situación de un modo más eficiente.

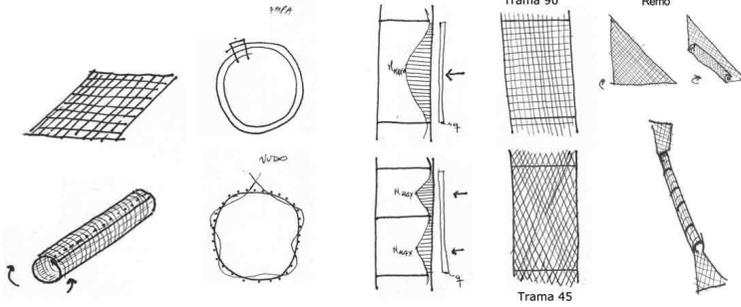
Ejemplos de trabajos de alumnos: Proyecto Integrador TM

PIEZA ESTRUCTURAL A PARTIR DE LA ESTRATEGICA UBICACION DE FIBRAS FLEXIBLES
Nahuel Elias



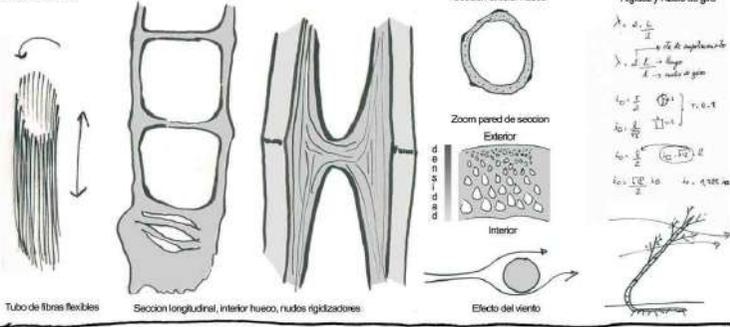
Se busca generar una pieza, autoportante y estructural en si misma a partir de la estratégica disposición de fibras flexibles. Se detecta en el mosquetero de alambre esta potencialidad. Se busca rigidizarlo por forma al enrollarlo sobre si formando un tubo, para aumentar su rigidez se lo refuerza con alambre en las paredes de la pieza a modo de nudos, desde donde puede colgar peso. Se cree que una trama a 45 optimizaría la descargas aumentando la resistencia de la pieza.

PIEZA ESTRUCTURAL A PARTIR DE LA ESTRATEGICA UBICACION DE FIBRAS FLEXIBLES
Nahuel Elias



Se busca generar una pieza, autoportante y estructural en si misma a partir de la estratégica disposición de fibras flexibles. Se detecta en el mosquetero de alambre esta potencialidad. Se busca rigidizarlo por forma al enrollarlo sobre si formando un tubo, para aumentar su rigidez se lo refuerza con alambre en las paredes de la pieza a modo de nudos, desde donde puede colgar peso. Se cree que una trama a 45 optimizaría la descargas aumentando la resistencia de la pieza. Apartir de esta observación, al enrollar a 45 el mosquetero se genera una deformación natural en los bordes generando cierta concavidad. Esta forma disparo la idea de transformarlo en la estructura de un remo.

PIEZA ESTRUCTURAL A PARTIR DE LA ESTRATEGICA UBICACION DE FIBRAS FLEXIBLES
Nahuel Elias



Rigidez y Radio de giro

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$$

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \cdot n$$

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \cdot n$$

Zoom pared de seccion

Exterior

Interior

Efecto del viento

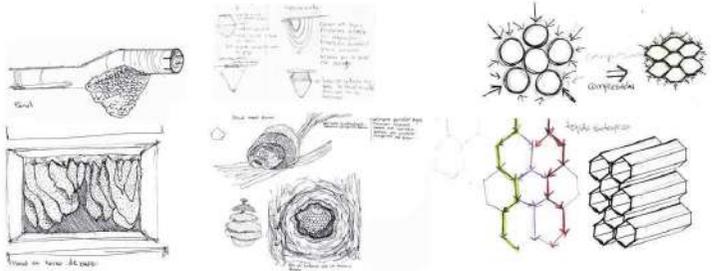
Tubo de fibras flexibles

Seccion longitudinal, interior hueco, nudos rigidizadores

Seccion circular hueca

Se observa como fenómeno fisico estructural la esbeltez del Bambú, tallo que puede llegar a medir 40m de alto con una sección de 30cm de diámetro. El Bambú está compuesto por una sumatoria de fibras flexibles estratégicamente ubicadas generando un tubo de sección circular, hueca, reforzada con nudos, de copa poco frondosa y hojas aerodinámicas, le da un diseño específico permitiéndole una gran esbeltez. Al liberar sus fibras axialmente de manera circular aumenta el radio de giro, 15%+ que de sección cuadrada y por consiguiente mayor esbeltez ya que $esbeltez = \frac{altura}{radio}$. Al liberar el centro de la sección, reduce su peso propio. Su copa poco frondosa con hojas pequeñas y aerodinámicas permitiendo baja resistencia a lluvias y vientos. La presencia de nudos distanciadlos equilibra el sistema. Los tramos entre nudos, compuestos por fibras axiales absorben las deformaciones elásticas y los nudos, compuestos por fibras que engrosan la sección y la vinculan de lado a lado, rigidizan la estructura. Hay estudios que confirman que el bambú tiene mayor esbeltez que secciones de madera de igual peso. Como también que es más resistente que la madera y en cuanto a la relación entre fuerza máxima y peso se acerca al acero. (Bambú: recurso sostenible para estructuras espaciales, autor arq. Tim Martin Aberman y Ing Civil Ronald Laude, Universidad Nacional de Colombia 2003/2004)

MALLA 3D
Diana Rodríguez Echeverry



Un panel de abejas es una estructura formada por celdillas de cera, que comparten paredes en común construido por las abejas melíferas para contener sus larvas y aceptar miel y polen dentro de la colmena.

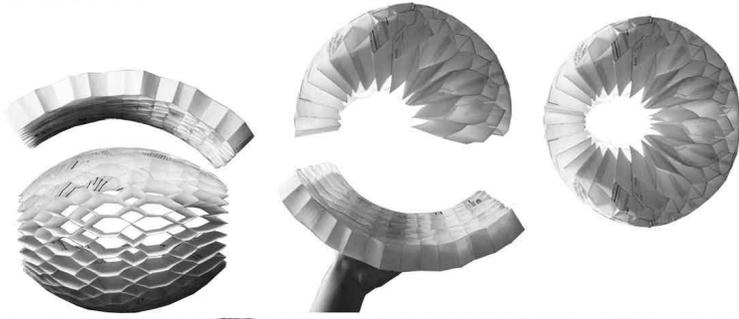
Este cuerpo estructural, posee la capacidad de crecer hasta lograr tener un gran tamaño volumétrico sin ser macizo, por el contrario, teniendo muchos más vacíos (o agujeros), que llenos en su conformación, lo que hace que sea una estructura muy liviana. Además, posee un comportamiento isotrópico gracias a la teselación hexagonal de su estructura, por lo que sus cargas se reparten en todo el cuerpo como una gran malla, permitiéndole poder cargar hasta 20 veces su peso... Entonces el panel de abejas posee doble estrategia: capacidad espacial de gran volumen y capacidad de llenar y poder cargar el volumen contenido.

Estructura liviana con capacidad de gran carga.

Sin embargo, el crecimiento de este es lineal o bidimensional, al ser una extrusión donde la base inferior es igual a la base superior, lo que lo convierte en una malla con grosor.

Ejemplos de trabajos de alumnos: Proyecto Integrador TM

MALLA 3D
Diana Rodríguez Echeverry



Partiendo entonces de las conclusiones

1. El hexágono cumple : figura que mejor se tesela cubriendo la mayor superficie posible logrando así un comportamiento isotrópico.
2. La esfera es el mayor contenedor de volumen y de comportamiento isotrópico por excelencia.
3. Cuando se cambia el tamaño de las bases en una extrusión, esta tiende a ser cónica buscando un centro, empezando a comportarse como parte de una esfera.

Se crea entonces un sistema de malla 3d en donde se puede construir de diferentes caminos, pero siempre prevalece que el lado mínimo del modulo es un trapecio equilátero que al unirse con los otro lados, tiende a formar el corte de una esfera (una circunferencia con espesor) que al plegarse y unirse para formar un hexágono, pasa de ser un plano 2d a ser un corte 3d o unidad mínima de una esfera de piel estructural.

MALLA 3D
Diana Rodríguez Echeverry



Pero cuando la base inferior de la figura extruida cambia respecto a la base superior, esta deja de ser bidimensional para pasar a ser tridimensional; y si se tesela este modulo de bases diferentes, tiende a cerrarse y buscar un punto o centro, pasa a ser una esfera, el volumen que mayor superficie almacena, y el volumen isotrópico por excelencia.

experimento 1:
El primer experimento que se realizó, fue con módulos de base circular, pero al unirlos, quedaron intersticios entre si, por lo que no se cumplió con la condición de la teselación, de no dejar espacios entre los módulos.

Inicialmente las abejas cuando están haciendo el panal, hacen cilindros de cera, pero por la compresión que sufren, los cilindros pasan a ser hexágonos.

Experimento 2:
Queriendo entonces llegar a ser el volumen que mayor superficie almacena, la esfera, pero por construcción de una piel estructural de comportamiento isotrópico, se tesela tridimensionalmente el hexágono extruido de bases diferentes.

PIEL ESTRUCTURAL MOLDEABLE
Pablo Javier Briguglio



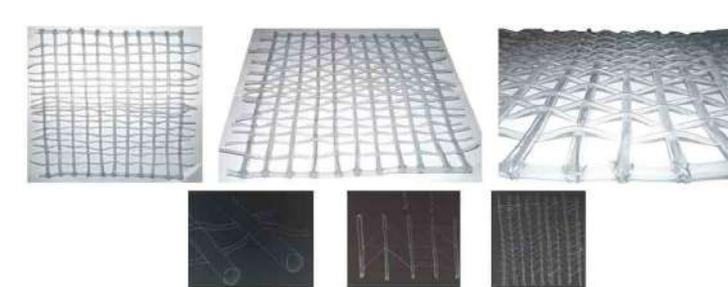
El fenómeno estudiado es el sólido esqueleto del frutep, una compleja y heterogénea trama estructural. Constituida en principio por el peciolo (anclaje), una serie de nervaduras que nacen del centro y crecen de manera radial y fractal, otra serie de nervios mas finos que van entretejiendo los primeros con la membrana de la hoja y entre si.

Toda la membrana estructural es heterogénea tiene diferentes espesores y densidades del tejido estructural, desde el centro hacia afuera va reduciendo su sección y llegando a los bordes genera un pliegue para reforzar la sección mas fina otorgándole mayor rigidez impidiendo que se hunda en sus extremos. Esta heterogeneidad le permite ir adaptandose a las diferentes tensiones soportadas por el vegetal, principalmente el peso propio, que puede llegar a ser de 60 kgs. Podría decirse que es una piel inteligente.

La estrategia detectada es la de engrosar y llenar de aire estas nervaduras, haciendole de manera radial y heterogonía. Cuando mas grosor de las nervaduras mas resistente es el esqueleto. Sumándole otro aspecto importante, la densidad del entretejado, Este a medida que llega al extremo de la hoja va aumentando y siendo mas flexibilidad, y adaptabilidad.

Por equilibrio y el modo de crecimiento la estructura es mas rigida en el centro y blanda y flexible en los extremos, razón por la que genera un pliegue vertical que colabora en la rigidez final del conjunto. El tamaño de la hoja es debida al clima y su ubicación geográfica, La hoja funciona como un gran captador de energía solar y aire.

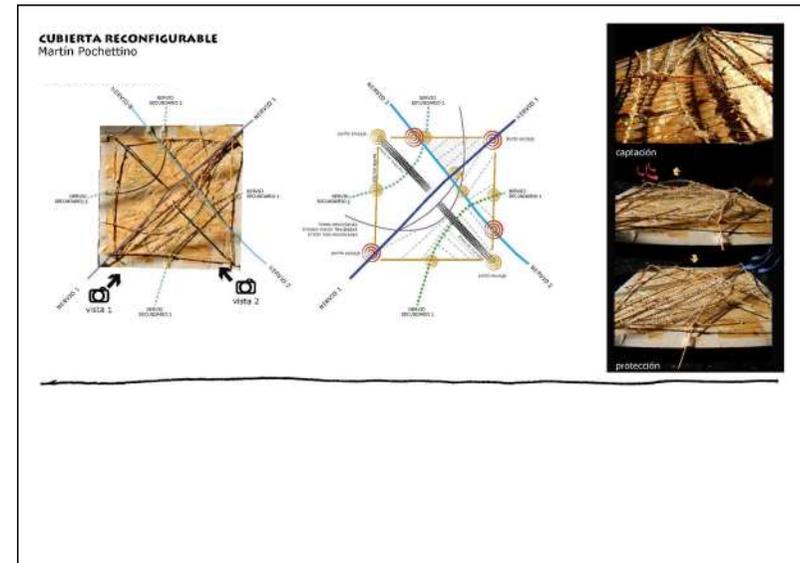
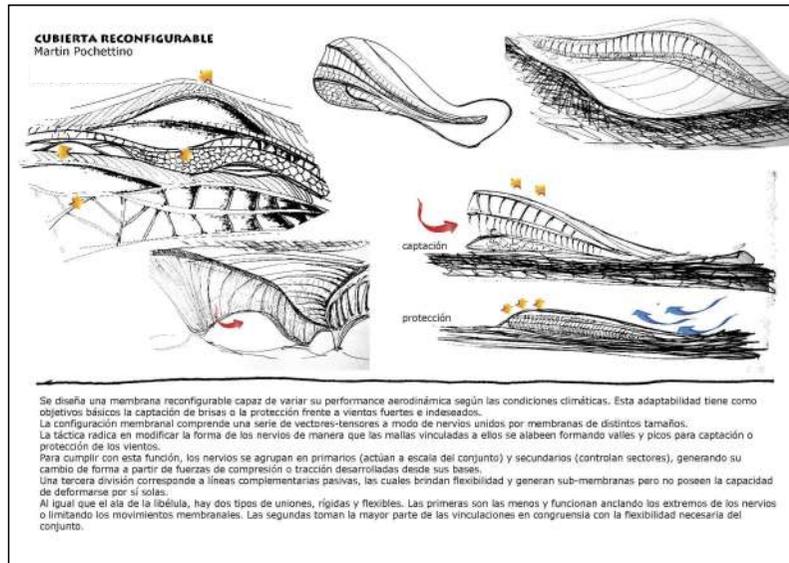
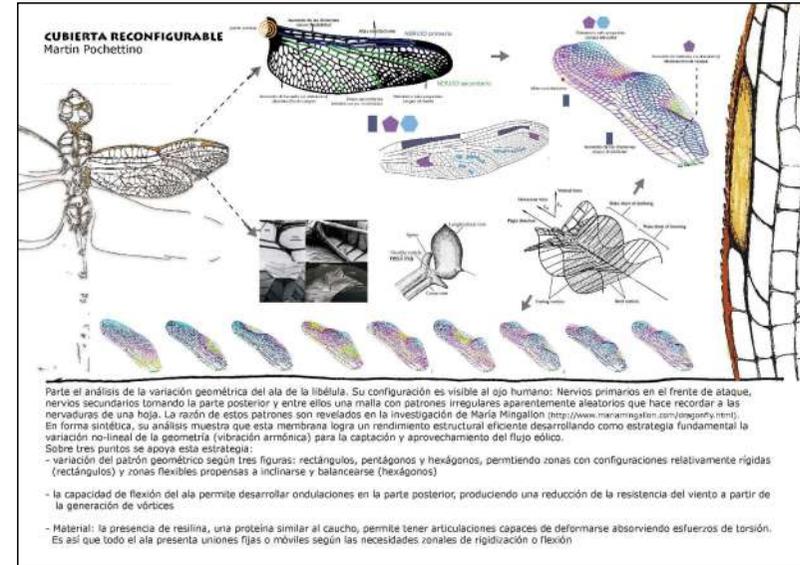
PIEL ESTRUCTURAL MOLDEABLE
Pablo Javier Briguglio



Las pieles o envoltentes suelen ser rígidas, condenadas a la forma determinada de un proyecto. Las pieles son recubrimiento sin ser necesariamente esencia del mismo. La búsqueda de una piel que logre formar parte sustancial y fenomenológica del proyecto plantea la hipótesis: ¿Puede una piel ser lo suficientemente flexible para moldear el espacio, lo suficientemente estructural para sostenerse por si misma y soportar otras cargas?

Como resultado se diseñó una Piel estructural moldeable, como una trama heterogénea mixta entretejida de elementos flexibles y huecos de diferentes secciones. En un sentido con una sección mayor dispuestas regularmente una trama mixta de elementos flexibles y semi rígidos, en el otro sentido con una sección menor dispuestas irregularmente pero buscando rigidizar ciertas partes según la concentración de elementos, capaz de sostenerse a si misma y otras cargas accidentales, lo suficientemente flexible y rigidizable para mantener una forma, pero también poder aplicarse otras fuerzas resultande en diversas formas y diseños. Pudiendo utilizarse desde un objeto de diseño, una fachada o cubierta de un edificio o piezas de equipamiento urbano.

Ejemplos de trabajos de alumnos: Proyecto Integrador TM



2.5 Antro-portancia

Se usa el propio cuerpo (individualmente y en equipo) para experimentar y dominar situaciones básicas de estructuras físicas reales. El cuerpo es visto como materia prima para el diseño de situaciones estructuralmente estables, tanto estáticas como dinámicas. Existe una relación entre lo conocido como “tenseguridad” y el funcionamiento del cuerpo como estructura esqueleto / muscular ya que el esquema de cargas es equilibrado por los elementos de compresión (huesos) y tracción (músculos, tendones y ligamentos). El cuerpo es visto como reservorio de la memoria corporal, abriendo caminos para nuevos métodos y procesos en el aprendizaje de estructuras físicas y su relación con la forma.

Un recorte previo a este proyecto (y que dio lugar a su creación) fue apodado “manos a la obra” y trata del hecho que la mano es vista como un caso donde forma, estructura y configuración (shape) se unen integralmente. Se exploran situaciones formales con las manos en donde forma y función se integran de manera continua, basado en las posibilidades estructurales de la misma mano. Las tres lecturas ofrecidas de la mano asocian a la Forma con la organización integral del miembro (huesos, músculos, tejidos y piel), se asocia la Estructura con la organización ósea en sí y se asocia la Configuración con las distintas situaciones en que se adapta la mano según su función particular.

Una vez explorado esto en directo se traducen las experiencias a un soporte diseñado (plano flexible con distintos parámetros) para aumentar la escala y posibilidades de la mano como primer instrumento diseñado y diseñador.

Antro-portancia (o *diseño de estructuras corporales*)

Introducción

En la continua búsqueda de modos y experiencias para entender y aprender mejor nociones básicas del diseño estructural aplicable en cualquier escala y material es que se propone un concepto basado en el cuerpo humano como materia prima, apodado por nosotros como “Antro-portancia”. Los ejercicios parten del uso de nuestros propios cuerpos (individual) y también en relación a de las otras personas (en equipo). Se espera que en base a estas experiencias guiadas los participantes puedan experimentar en carne propia lo que de otro modo suelen ser conceptos abstractos difíciles de aprehender en la formación de diseño.

El sentido práctico que tienen los ejercicios parte de desafíos intuitivos sujeto a prueba y error directo, que luego son analizados y expresados en diagramas simples pero demostrativos de las acciones y comportamientos reales de las estructuras creadas. Esto permite en una instancia posterior a los ejercicios en vivo, una reflexión más teórica que asocia lo vivido con lo predecido o imaginado, y un análisis comparativo entre los distintos desafíos y las estrategias de diseño empleadas por los distintos participantes.

En esta primera generación de un dispositivo didáctico de Antro-portancia se ofrecen dos instrumentos para acompañar las pruebas en vivo:

1. Un catálogo de arquetipos de diseños estructurales en base a consignas performativas (la optimización del rendimiento en relación a la meta planteada) y su correlato tectónico (su clasificación por tipología) junto a los diagramas y datos para facilitar la lectura y posterior análisis de los ejercicios realizados. Se aclara que los esquemas representando al comportamiento muscular en las diversas situaciones es una aproximación empírica, aun sin verificación por métodos más precisos.
2. Una propuesta de ejercicios que plantean funciones para poder diseñar estructuras con el cuerpo en relación al cumplimiento de los objetivos que plantea cada ejercicio.

Vale aclarar algunas cuestiones:

- a. Los ejercicios están organizados según 3 variables:
 - **Individual / Equipo**- Si son realizados individualmente o en equipo
 - **Autónomo / Auxiliado**- Si son realizados con equipamiento externo especial (sogas, piso inclinado, etc.) o sin (pudiendo hacerse en cualquier lugar)
 - **Estáticos / Dinámicos**- se refiere a si son ejercicios estáticos (donde la o las personas se mantiene quieta) o si son dinámicos (la o las personas están en movimiento)

- b. En todos los casos se plantea el criterio de eficacia performativa. Esto se refiere a la relación entre eficiencia (menor tiempo y gasto energético) y efectividad (mayor logro de resultados). Es la síntesis de la relación costo/beneficio del cuerpo en acción / función.

- c. Para realizar algunos de los ejercicios se requiere de espacios acondicionados, y/o elementos complementarios, y obviamente el límite de los ejercicios depende de sentido común para no ponerse en peligro, ya que no se trata de acrobacias profesionales.

- d. El conjunto de ejercicios fue pensado para dar una variedad amplia de situaciones y contextos. Es una primera generación en prueba. Hasta la fecha se han realizado aproximadamente una docena de jornadas con este proyecto, cada vez ajustando y mejorando algún aspecto del mismo.

Antecedentes

Este proyecto ha sido concebido paso a paso, inspirado en algunos trabajos del coreógrafo austriaco, Rudolf Laban, quien usaba dispositivos geométricos para ayudar a organizar movimientos de los bailarines. La danza, al igual que otras actividades organizadas de las artes escénicas (baile, acrobacia, etc.), junto al deporte (Ej.: artes marciales, gimnasia, etc.) y otras prácticas más personales (Ej.: yoga, elongaciones, etc.) utilizan una variedad muy grande de técnicas basadas en diversas ideas y comprensiones sobre el cuerpo humano.

Se ha mirado hacia la kinesiología y otras técnicas y terapias corporales, de donde se desprende algunos parámetros que se toman como válidos para este proyecto. Uno de los más significativos reconoce que los ejercicios propuestos ponen en juego los conocimientos previos que tenemos en nuestro cuerpo de manera directa. En este sentido se considera que hay tres tipos de movimientos (tomado de las teorías de psico-motricidad) que son:

- Reflejos (buscando equilibrio)
- Voluntarios (análisis, interpretación y ejecución)
- Automáticos (repetición aprendida para su economía)

También se consideran las fases de evolución de nuestra capacidad antro-portante en grado creciente de complejidad y desarrollo: levantar cabeza, rodar, sentarse, arrastrarse, gatear, pararse, caminar, correr y luego actividades más complejas como son los aprendizajes guiados según necesidades y deseos personales, incluyendo a los deportes y otras actividades físicas corporales.

Ejemplos de ejercicios antro-portantes

Posar

Se busca encontrar la posición más eficaz para sentarse sobre el piso. Las distintas instancias incluyen relación con el tiempo y condición corporal. Esto se repite en equipo, siendo uno el asiento del otro. Paso seguido se van agregando personas hasta tener un sistema extensible sin límite. Una variante es individualmente usar la pared como apoyo, buscando nuevamente la eficacia en relación a tiempos y condiciones.

Traslado

Según el tipo de terreno (inclinación y textura) se busca la manera más eficaz de trasladarse. En un terreno muy empinado el cuerpo iría pegado al suelo, rodando, gateando, a cuatro patas, caminando agachado hasta llegar a poder correr.

Escalera

En equipos de dos se busca la forma más eficaz de subir a la máxima altura. Las variantes dependen de condición corporal y tiempo de duración, tomando en cuenta como se llega a la pose final.

Empujar

El objetivo es empujar un objeto X (peso, forma y tamaño estipulado) la mayor distancia posible con número creciente de personas, desde lo individual hasta el límite que deja de ser eficaz.

Jalar

El objetivo es jalar un objeto X (peso, forma y tamaño estipulado) la mayor distancia posible con número creciente de personas, desde lo individual hasta el límite que deja de ser eficaz. Se utiliza una o más sogas. Variantes incluyen terrenos desnivelados y texturados (Ej. escaleras).

Puente

El objetivo de este ejercicio es unir el punto A con el punto B separados por una distancia X. Empieza desde lo individual hasta el límite que deja de ser eficaz (peso propio de la estructura)

Catapulta

El objetivo es catapultar un objeto X (peso, forma y tamaño estipulado) la mayor distancia posible con número creciente de personas, desde lo individual hasta el límite que deja de ser eficaz. Se prueba con y sin accesorios (soga).

Grúa

El objetivo es levantar un objeto X (peso, forma y tamaño estipulado) la mayor altura posible con número creciente de personas, desde lo individual hasta el límite que deja de ser eficaz. Se usa sogas como accesorios, tipo poleas.

Carruaje

Éste ejercicio se realiza en equipo conformando una estructura dinámica capaz de transportar a una persona distancia X. El criterio es buscar el punto de equilibrio de eficacia en relación a cantidad de personas y distancia recorrido. (Ej: 4 personas pueden trasladar un cuerpo el doble de distancia que 2 personas?)

Mobiliario

Ejercicio para ser desarrollado individualmente. Se plantean varias situaciones en las que se debe buscar la máxima eficacia cumpliendo funciones: perchero, iluminador, mesa, etc.

Refugio

Éste ejercicio se realiza en equipo conformando una estructura estática que sirva de techo para otras personas. Se empieza con dos personas y se van agregando más hasta tener un sistema extensible sin límite en planta. Hay muchas variantes de este desafío, el criterio es buscar el punto de equilibrio de eficacia en relación a cantidad de personas y espacio protegido.

ANTRO - PORTANCIAS

Catálogo de casos

Individual / Autónomo / Estático

Categoría de análisis Caso	OBJETIVO PERFORMATIVO	DISEÑO CORPORAL	ESQUEMA ESQUELETO	ESQUEMA MUSCULAR
	ANALOGÍA TECTÓNICA		○ Articulaciones ● Unión fija ● Unión móvil Tracción Compresión	← Tracción → Compresión
1	Estabilidad con un punto de apoyo Columna normal			
2	Máxima altura Columna esbelta			
3	Estabilidad con dos puntos de apoyo Arco Normal			
4	Estabilidad con dos puntos de apoyo Arco con centro gravedad más bajo			
5	Ampliación luz mínima con elemento extendido Voladizo			
6	Ampliación luz mediana con elemento extendido Voladizo			
7	Ampliación luz máxima con elemento extendido Voladizo			
8	Estabilidad con tres puntos de apoyo Voladizo			
9	Estabilidad máxima para recibir cargas Pórtico con cuatro puntos de apoyo			
10	Equilibrio con 2 desplazamientos opuestos Voladizo doble			

Equipo / Autónomo / Estático

Categoría de análisis Caso	OBJETIVO PERFORMATIVO	DISEÑO CORPORAL	ESQUEMA ESQUELETO	ESQUEMA MUSCULAR
	ANALOGÍA TECTÓNICA		○ Articulaciones ● Unión fija ● Unión móvil Tracción Compresión	← Tracción → Compresión
1	Estabilidad con 3 puntos apoyo y ampliación luz mínima Columna con voladizo			
2	Estabilidad con 3 puntos apoyo y ampliación luz mediana Reticulado con voladizo			
3	Extensión máxima con 3 puntos de apoyo Voladizo con entablamento			
4	Estabilidad con 3 puntos apoyo y ampliación luz máxima Reticulado oculto			
5	Estabilidad con 4 puntos apoyo y luz máxima Pórtico compuesto			
6	Extensión máxima con 2 puntos de apoyo Voladizo compuesto			
7	Extensión máxima con 2 puntos de apoyo de altura variable Voladizo compuesto			
8	Apoyo en ángulo sostenido en tiempo Voladizo: pasivo, inclinado 45 grados			
9	Estabilidad con 2 puntos apoyo y peso dinámico Doble voladizo con carga activa			
10	Estabilidad con extensión mediana a baja altura Voladizo pasivo recíproco			

2.6 Cocina Estructural

Es una propuesta para experimentar con conceptos relevantes al diseño de estructuras de manera directa, por medio de procesos de prueba y error en vivo. Se plantean desafíos de diseño integrando de manera estructural a la forma material a través de la tecnología en un ámbito cotidiano como la cocina. Hay tres factores que inciden en el diseño estructural dentro de este ejercicio: La **forma** (entendida como distintas morfologías), el **material** (insumos, ingredientes) y la **tecnología** (procesos de transformación de los insumos). La particular relación entre estos 3 puntos definirá la identidad de la propuesta. Mientras más se comprende cada uno de estos temas, mejor se podrán relacionar entre sí. Ejemplos de los variables y/o propiedades de cada tema incluyen:

- **Morfologías:** superficies de simple y doble curvatura, reticulados espaciales, curvas catenarias, plegados, etc.
- **Materiales:** rígidos, homogéneos, flexibles, elásticos, compactos, espumados, irregulares, granulados, etc.
- **Tecnologías:** aire, humedad, temperatura, densidad, etc. / extruir, arrollar, moldear, mezclar, pulverizar, etc.

Se toma en cuenta que en este ejercicio la cocina es vista como laboratorio de experimentación, afín a un centro de investigación y ensayo de estructuras reales pero más amistoso y accesible. Del mismo modo, los insumos de la cocina son vistos como materiales para la construcción / producción, y siguiendo con la analogía, los utensilios, electrodomésticos y dispositivos de la cocina son tratados como tecnologías industriales. Si bien nos encontramos en la cocina no es importante que las propuestas sean comibles, ni mucho menos, ricas. No es un proyecto gastronómico, es un proyecto de diseño. Mientras más surtido y mejor equipada sea la cocina, más posibilidades se abren, pero la cocina de la abuela seguramente basta para unos cuantos ensayos y aprendizajes.

A continuación se muestran 3 instancias de este proyecto:

1. La presentación académica realizada en el reciente foro de Diseño de Alimentos (First International Conference on Food Design) en Londres durante junio 2012. Se basa en Cocina Estructural como proceso de aprendizaje del diseño estructural y se muestra el resumen en inglés, tal como se presentó.
2. La presentación en el foro de Pecha Kucha (también en Londres, junio 2012), consistente en las veinte imágenes proyectadas según el formato exigido por ese foro, junto a la presentación oral que la acompañó.
3. Ejemplos de trabajos de alumnos realizados en el periodo 2009-2012.

Presentación en el *First International Conference on Food Design 2012 (Metropolitan University of London)*

“Structural Food: research and design in the classroom environment”

Structural Food is the name I have given to a design education experience we have been developing over the past few years in various universities with architecture and design students. The specific goal in these exercises is to develop design thinking and strategies applied in hands-on physical experiences in which material, technology and form are continuously defined and redefined in a cyclical process of imagination, trial and error, or put in more academical terms: analysis, synthesis and evaluation. This experience consists in sending students to the kitchen to work with these three basic attributes of design (materials, technology, and form) present at all conceivable scales and contexts.

I have been experimenting with food as a platform in design research for various reasons:

- *The kitchen is an ideal and accessible design laboratory, as it is well stocked with material (raw, semi and processed) and technology (low, mid and high level) and readily available in most cases.*
- *Food is a familiar experience for people as a product, process and practice. It is part of our lives in physical, social and psychological ways. This makes food a less intimidating and more natural territory for experimentation and expression.*
- *Given the scale of food design in a home kitchen both in terms of size and time considerations, one can experience a very wide range of project scope and depth in a short time and little space. A design project can span concept to construction (and failure) in as little as 10 minutes, and in two square meters.*

Based on the above our experience is giving positive results at a learning level, but also with side effects. Some of these side effects are immediate (extended interest in taking design thinking and innovation strategies to other realms of life beyond design as a strict discipline), while others take their time to gel and are less visible but are just as real, conveyed by students years later as a concrete influence in their more matured vision and attitude as designers.

In this exercise participants become material scientists, technology innovators and structural designers without realizing it, spontaneously blurring these boundaries while arrogantly defying reasonable limits. They can do this in part due to the “ignorance is bliss” environment, but mainly because they are in need of solutions to constantly changing problems that continuously occur in the process of transformation they witness and provoke. This occurs since they are not given “materials” in the classic sense; they are given ingredients which they need to transform into materials through any imaginable technique

they can employ with kitchen utensils and appliances, all while needing to give “form” to their creations so that they fulfill a function. In this case the function is simply to be self supporting, meaning they don’t collapse under their own weight. In this manner the three attributes of physical design (material, technology and form) are constantly and continuously changing places as the starting point/s in open ended processes that demand new know-how and comprehension in different stages. This is what makes the learning experience more complete since participants do not begin with a brief; it is constantly being redefined and justified. This naturally forces them to discover and design strategies, intuitively and analytically, in a back and forth process.

To the extent that indicators are applied, categories of analysis can be created to evaluate results and performance such as efficiency, proficiency and other factors including aesthetical and practical considerations. When measuring structural resistance in relation to amount of materials employed, an aesthetics of form emerges known in architecture as lightweight structures and known in biology as structural morphology. One can only imagine what minds like Buckminster Fuller or Frei Otto might have imagined in the kitchen!

Beyond using the Structural Food concept as a learning exercise, we are looking at applications to actual food design where structural integrity improves the product, process and perception.

Presentación en *Pecha Kucha on Food Design, London 2012*

foodmorphology... does food form matter?

¿Qué forma lo que comemos?

¿Cuáles son nuestras formas de comer y qué formas comemos?

¿Puede la comida estar fuera de forma, y eso en qué forma nos pone?

Estas preguntas formales son las que inspiran el viaje sinfín explorando la morfología de la comida. Este nuevo campo de investigación y diseño forma parte de una transdisciplina emergente conocida como Diseño de Alimentos.

En mi caso particular nació el interés por el diseño de alimentos (comida en el sentido amplio) desde la niñez, sin haberme dado cuenta. Esto ocurrió mientras jugaba con la comida, trayendo consecuencias buenas y malas! Lo más divertido venía de lo inesperado, descubriendo nuevas formas y colores, inventando nuevas comidas con resultados a veces horribles, pero estaba participando espontáneamente en diseñar comida y formas de comer. Esta curiosidad y fascinación con las formas de la comida fue traspasada a mis hijas durante las sobre mesas, siendo estas unos de los momentos más importantes y divertidos de nuestra vida cotidiana. Así es que empezamos a jugar en serio con formas de alimentos, haciendo rompecabezas con fruta, casitas de golosinas, juguetes con cualquier cosa que sobrara, sea migas, sal, aceite y cualquier otro sobrante del almuerzo o cena. Esta es la forma en que me involucre con el diseño de alimentos como actividad formal.

Todos nos quedamos maravillados ante las increíbles formas naturales de los alimentos, condición que encontramos a diario y en íntimo contacto con nuestro cuerpo, por dentro y por fuera, incluyendo boca, ojos, nariz y oídos (sí! la comida tiene sonido). Cualquiera que ve una fruta partida por la mitad solo puede asombrarse ante la eterna belleza de la inteligencia hecha visible.

Vale preguntarse ¿por qué la forma y estructura son tan importante en el diseño, sobre todo en escala arquitectónica, sin embargo no le prestamos mucha atención a este aspecto de la comida? Así es como tiramos el puré en la fuente, rompemos

los huevos sobre la sartén y volcamos ingredientes en un accidentado y amorfo plato. Parece que no estamos muy conectados con las formas en este sentido, por lo que las rompemos y violentamos dado que no reconocemos ni respetamos su significado ni importancia. Simplemente no le prestamos atención, lo tomamos por descontado.

Los cocineros (chefs) son muy conscientes y sienten orgullo en relación a la experiencia gastronómica que crean, pero esta es una instancia reservada para los que comen en restaurantes o algunos hogares privilegiados. También hay que tomar en cuenta que sus tareas generalmente comienzan en base a ingredientes existentes en el mercado disponible y termina cuando la comida está servida sobre el plato. Pero se puede mirar y accionar mucho más atrás y hacia adelante en varios sentidos. Podemos redefinir conceptos y procesos en relación a los alimentos que tienen sentido a lo largo de sus diversas y muchas veces inconexas cadenas de producción, distribución, consumo y posconsumo. Pero para hacer esto es necesario proponérselo y construirlo dado que el diseño de alimentos no está en nuestra naturaleza como comensales (comedores) ni como diseñadores.

Históricamente hablando podemos ver que las formas de las comidas son resultado de muchos factores e influencias, algunas intrínsecas a la composición molecular o física del alimento, otras externas. La lista es amplia, desde ergonomía bucal, procesos productivos, normas comerciales, prácticas culturales y muchas otras cuestiones que inciden en sus formas. Leonardo Da Vinci nos recuerda de varios de estos factores en sus desafíos culinarios expresado en su “Notas de Cocina”, recopilado en una edición publicada.

Existen muchos ejemplos de comida muy bien pensada y adaptada a las costumbres y funciones de sus usuarios, como muestra la gran variedad de formas que tiene la pasta, cada una para cumplir mejor con su propósito, como formas huecas para alojar salsa o formas espiraladas para aumentar la superficie a condimentar. Otros ejemplos exitosos incluyen el pan árabe preparado para recibir un relleno complicado, panchos pensados para agarrar y comer cómodamente con una mano, brochettes con carne tamaño bocado, y muchos otros diseños exitosos. La lista es extensa pero no completa, existen muchos fracasos en el mundo de las formas en alimentos, desde sándwiches que se destartalan, tortas que se colapsan al servir las, y otras instancias menos gráficas pero no por eso menos importante, relacionado con la economía, eficiencia y equilibrio de las cadenas mencionadas (productivas, consumo, etc.).

Cuando miramos casos famosos de formas de alimentos vemos ejemplos como la papa frita Pringles, una solución estructural inteligente ante un problema de fragilidad. Dado que no podían hacer el producto más grueso le dieron una forma que se considera “estructural” dado su doble curvatura. Esto se conoce como la “teoría de la forma versus material en relación a la

resistencia al colapso”, una de las bases de la morfología estructural aplicable a muchas escalas y ámbitos, no solo arquitectura.

La forma de los alimentos está muy vinculada a su identidad. Imaginemos una porción de pizza sin su forma triangular tan icónica o unas albóndigas no esféricas, o peor aún, (para los franceses) un baguette no cilíndrico! La cultura es uno de los dadores más importantes de la forma de la comida, integrando función y significado en un mismo bocado.

A nivel académico se ha estado investigando la morfología de los alimentos a través de una estrategia didáctica que apodamos “Cocina Estructural” en la Universidad de Buenos Aires y la Universidad Torcuato Di Tella. En estas instancias se busca que estudiantes de arquitectura y diseño utilicen su familiar y accesible cocina como laboratorio de investigación y diseño utilizando métodos experimentales de prueba y error. El objetivo es un mayor acercamiento y comprensión de la relación entre 4 atributos básicos e intrínsecos del diseño; morfología, estructura, materiales y tecnología. En este sentido ellos usan cualquier insumo o ingrediente comúnmente encontrado en una cocina (los Materiales), los procesan por medio de cualquier dispositivo propio de ese ámbito, desde sus manos, utensilios o electrodomésticos (la Tecnología) proponiendo cualquier forma concebible (la morfología) para crear un diseño estable y autoportante (la Estructura). Estas exploraciones forman parte de un marco pedagógico mayor para el diseño llamado Tecno-morfología y los resultados son muy variados y a veces sorprendentes, creando un fenómeno social dentro y fuera del aula, motivante para todos y poco usual para un ámbito académico.

Estos ejercicios están abriendo espacios para conceptos innovadores que luego pueden ser llevados a la práctica. Es nuestro campo de entrenamiento para volver a jugar con la comida, de olvidarnos de metas puntuales y mirar el panorama general con perspectiva, pudiendo imaginar una nueva generación de alimentos y comida. Esto es posible dado que recién ahora se está considerando usar el diseño como estrategia para mejorar la calidad de los alimentos globalmente, en vez de limitarse a ser un nicho puntual como en el caso de de packaging. El diseño de alimentos busca nuclear saberes y consideraciones que ahora están fragmentados en distintos grupos de intereses (económicos, culturales, políticos, etc.) y disciplinas (ingeniería de alimentos, gastronomía, etc.). Innovación genuina prospera en un ámbito de transparencia y transdisciplinaridad, guiado por metas realistas y sustentables, pero que requieren ir más allá de lo esperable. Este salto es lo que hace posible salvar brechas como la de innovación, sabiendo que podemos hacer más cosas de las que entendemos o estamos dispuestos a hacer. En tal caso el desafío no es de seguir haciendo más (mas rápido, más chico/grande, mas barato) sino haciendo mejor.

Quizás no haga falta convocar a un ingeniero estructural para ver como estabilizar un sándwich o hacer un huevo frito más resistente, pero si lo pensamos un poco... empieza a tener sentido ir pensando en esta dirección. De esto trata foodmorphology (cocina estructural), de darle formas lógicas a los alimentos diseñados tomando en cuenta su función y contexto. Es una arquitectura de alimentos.

En última instancia de lo que más nos acordamos son las formas, y mientras más ricas o interesantes sean, mejor las recordamos. Es lo que forma al producto, lo que le da su personalidad.

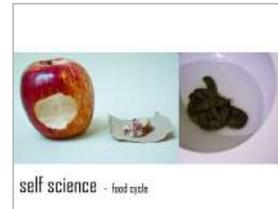
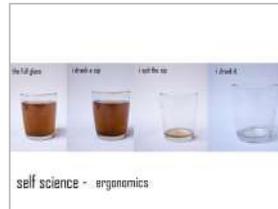
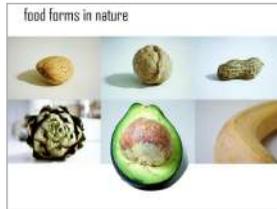
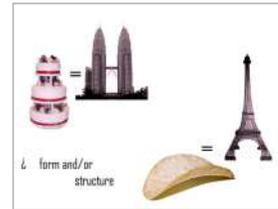
Entonces, ¿la forma importa? yo creo que sí!

Pedro Reissig, 2012

A continuación se presentan las diapositivas presentadas en el *Pecha Kucha on Food Design, London 2012* siguiendo el orden mostrado en este diagrama:



foodmorphology - does food form matter?
↳ why
↳ how



A continuación ejemplos de trabajos de alumnos:

Ejemplos de trabajos de alumnos: Cocina Estructural

DECONSTRUCCIÓN DEL CONO DE DULCE DE LECHE
Germán Robles

A partir de entender que la propuesta planteada no es ni más ni menos que un espacio circunstancial, y de este modo empezar a ver que en cada campo de desarrollo se trata de combinar materia o material a través de una técnica para generar un nuevo estado. El desafío fue disponer racionalmente el lleno, pensando en cómo generar un vacío protagonista. El punto de partida fue determinar contenido y contenedor. El Chocolate fue el material que se adecuó a las necesidades surgiendo de la lectura de un capítulo llamado, Que es el Barroco? Del libro "Pliegues" de Gilles Deleuze. Este material posee una plasticidad gracias a la consistencia que se logra a través de un riguroso proceso de templado, en el cual se logra una correcta cristalización de las moléculas de cacao. La utilización de encofrados móviles, en este caso, acetato. Permisó, respetando los tiempos del material para manipularlo, la posibilidad de generar una lámina muy delgada y flexible que con solo un pliegue se encastra en un cono. El conocimiento del material y del uso de la tecnología, hizo posible la potencialidad de los mismos, OPORTUNIDAD. Se creó un vacío funcional dentro de un sistema, pensado para su modo de manipularlo, de comerlo, para su reproducción en el proceso de elaboración y su aplicación a modo de encastré.

CÚPULA DE CARAMELO
Franco Morero

El material elegido fue azúcar. La estrategia tecnológica radicó en modificar el estado de los cristales de azúcar mediante aplicación de calor, para transformarlos en caramelo líquido. La estrategia formal consistió en crear una estructura cupular a partir de la siguiente acción: volcar sobre un molde de planta circular y sección convexa el material en estado plástico. Para evitar el colapso, debido a la gran rigidez y fragilidad que adquiere el caramelo cuando solidifica, se decidió evitar constituir superficies continuas. Por este motivo se volcaron una serie de hilos de caramelo en estado plástico que fueron constituyendo una trame irregular de doble curvatura, interligada a través de puntos de unión formados por la intersección de filamentos que al solidificarse constituyen vínculos resistentes e indiferenciados. La variable tecnológica es considerada como el punto de partida de este ensayo. A partir de un proceso de transformación aplicado a un material, se espera obtener del mismo una serie de nuevas características y posibilidades. En esta experiencia, la forma elegida fue pretexto para abordar la factibilidad de crear una estructura superficial de doble curvatura con un material frágil y rígido. El caramelo es un material transitoriamente plástico que posee la capacidad de "leer" superficies y apropiarse de vacíos. En el caso de la estructura planteada, el material fue derramado sobre la superficie convexa de un molde de doble curvatura a modo de hilos entrelazados, para crear así, una "piel" autoportante, ligera y flexible que soporte el proceso de desmolde.

CURVAS Y PLEGADOS CON 'LASAGNA PASTA
Carolina Mingione

La masa de lasaña seca es una lamina rígida y frágil, de color verde translúcido, de 10 x 20cm. La tecnología adoptada fue humedecer cada una con agua tibia y generar distintas formas utilizando moldes. Al humedecerlas se volvían plásticas, y se lograba adaptar a cualquier tipo de curva. La masa curvada a medida que se secaba tomaba la misma rigidez inicial. Al ser combinadas se logran construcciones espaciales. Las laminas de curvaron en varios sentidos, tanto transversal como longitudinal, y con distintos radios. También se probaron dobles curvaturas. La masa es bastante maleable a partir de determinada cantidad de agua absorbida, al secarse nuevamente resulta frágil. También son posibles de ser pegadas las unas con otras tan solo con agua. Por su sección, de menos de 1 mm de espesor, se puede generar las diferentes curvaturas. La lámina al secarse se contrae y se rigidiza en los bordes, presentando alabeos y aumentando la sección en esa zona, esto le otorga estabilidad y también genera en la misma lamina ciertas curvas aleatorias, a partir de la contracción por aumento de tensiones en determinadas zonas por el secado. Alterando la morfología de las laminas, se pueden construir distintas estructuras estables, autoportantes con características de translucencia dadas por la superposición de distintas capas. Lo que permite un control lumínico.

SUPERFICIE CURVA DE MASA HORNEADA
Elizabeth Menta

La estrategia material utilizada es la de redistribuir la masa de una superficie plana extrayendo el exceso de material del centro del círculo y a través de pliegues llevar la masa plana a una superficie curva y estructural. La masa cruda se posiciona y ayudándose de los extremos para adquirir volumen sin usar encofrado que le imprima la forma y recte mediante la aplicación de la tecnología de un horno (Temp. 180°) carácter estructural. La pieza estable, se sostiene y es capaz de recibir peso acorde a sus posibilidades, pero todavía puede mejorar la estrategia formal. Se dejó entonces solidificar esta masa descansando en un molde que le transfirió la forma curva continua por donde descargar el peso a los tres terminales. La relación que se establece entre la materia y la forma se va encontrando. Primero existió la necesidad de sacar el excedente de material, después plegar la masa para redistribuir el peso. Se prueba que el hecho de evitar el encofrado debilita la resistencia de la pieza. Así que finalmente se imprime la forma final sobre el material mediante la temperatura de un horno que solidifica la masa y el resultado es una superficie curva de tres apoyos estructural, sin escala.

Ejemplos de trabajos de alumnos: Cocina Estructural

BUCKY DE FIDEOS Y MASA
Agustina González Cid



Se plantean los mismos objetivos que en los ejercicios de la Carpa de Ostias Húmedas y el Nido Invertido de Fideos Mojados. La premisa esta vez es la de trabajar con la menor cantidad de material posible para lograr el mismo espacio. Así se piensa en las estructuras geodésicas de Buckminster Fuller. Se triangula la superficie, a partir de fideos secos tipo tallarines que funcionan como barras, y se copia el molde. La clave de este proyecto es el problema de cómo resolver los nudos de encuentro entre las distintas barras. Así se vuelve a pensar en la masa de harina, sal y agua que se usó para el molde. De esta manera, con una masa ni tan blanda ni tan dura, se logra unir los distintos elementos lineales logrando una red. Al endurecer, gracias al contacto de la masa con el aire, se retira del molde y se consigue una estructura firme. Para lograr una superficie continua, se podría pensar en rellenar los espacios entre las barras con alguna piel liviana como las ostias o con algún material transparente o traslucido como el caramelo de azúcar.

NIDO INVERTIDO DE FIDEOS MOJADOS
Agustina González Cid



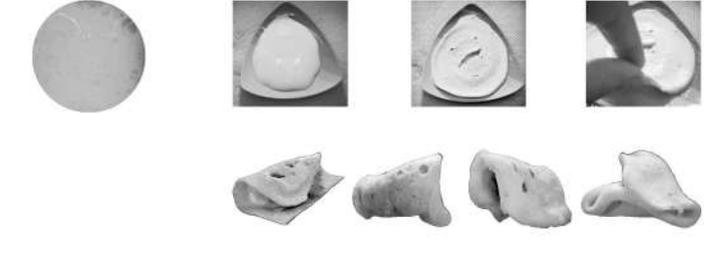
Se busca generar el mismo espacio que en el ejercicio de las ostias húmedas por lo que se emplea el mismo molde. También se desea lograrlo a partir de la repetición de elementos prefabricados. Esta vez se va a trabajar con fideos secos tipo tallarines. Se busca generar un espacio a partir del aplastamiento de fideos. Para evitar el deslizamiento lateral de los moja en agua fría para que, una vez en contacto uno con el otro, se peguen y funcionen como una gran masa. Se los quebra con distintos largos. Se los coloca sobre el molde de abajo hacia arriba. Se los va rotando en horizontal para obtener mayor superficie de contacto. Se generan algunos óculos para la entrada de luz donde la estructura lo permite. Se deja secar y se retira del molde. Se consigue un espacio irregular con entradas de luz puntuales y otras más pequeñas a través de los fideos. La atmósfera es cálida gracias a la luz que refleja el color de los fideos.

CARPA DE OSTIAS HÚMEDAS
Agustina González Cid



Se inicia el ejercicio a partir de una búsqueda formal y espacial. Se desea crear un espacio a partir de la repetición de elementos comestibles, iguales y prefabricados. La clave va a estar puesta en cómo los mismos se relacionan entre sí. Se busca evitar la cocción y el congelamiento como modos de endurecimiento. Se genera un sólido del vacío que buscado. El molde se realiza en una masa de harina, sal y agua que, a las 24 horas, endurece lo suficiente como para trabajar con él. Se cubre con papel de aluminio para evitar las adherencias. Para este ejercicio, se busca una estructura liviana que funcione como cáscara y se vea como tela. Se investigan distintos materiales para encontrar el que cumpla con los requerimientos deseados. Se prefiere que no necesite agregar otros materiales para el aglutinamiento. Es así como se encuentra la ostia: delgada, traslúcida y que se pega entre sí con sólo humedecerla. Se utiliza el molde y se van colocando las piezas (previamente humedecidas) de abajo hacia arriba superponiéndolas en un 50%. Al llegar a cubrir toda la superficie deseada, se deja secar. Una vez seco se retira del molde esta superficie que ya tomó la forma y la dureza deseada. A pesar de su delgadez extrema, soporta cargas altas sin romperse. Su apariencia es textil y logra una iluminación difusa en el interior.

ESPUMA SOLIDIFICADA
Anabella Gatto



La materia utilizada es un fluido capaz de adquirir volumen, la clara de huevo. El agregado de azúcar sirve para generar una liquidez espesa capaz de solidificarse. El proceso de materialización de la lámina se da en dos etapas; generación de la espuma y solidificación de la misma. Se aplicaron dos tecnologías, una para cada instancia; batido y calor. Se realizaron ensayos sobre las cantidades de material y tiempos de aplicación de cada tecnología. Una vez obtenida la lámina flexible se realizaron diferentes configuraciones formales obteniendo superficies de simple y doble curvatura en su estado trabajable, luego la lámina se vuelve rígida casi instantáneamente.

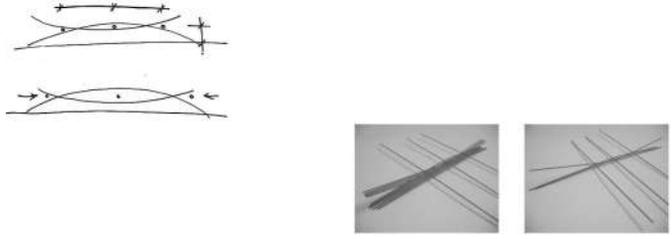
Ejemplos de trabajos de alumnos: Cocina Estructural

CÁSCARAS DE HUEVO ARTIFICIALES
Victoria Jazmin Kopelowicz



La variable material fue el punto de partida para realizar los experimentos. La estrategia general fue diseccionar dicho material (huevo) y recomponerlo para generar nuevas configuraciones de cáscaras artificiales. Del material se utilizó la cáscara como elemento resistente, la clara como elemento ligante y la membrana como elemento de unión entre ambas. Las tecnologías utilizadas fueron la disección, molienda, mezcla y temperatura, y las distintas configuraciones se obtuvieron a partir de moldes curvos, utilizados en su cara convexa. La relación entre la forma y el material se manifestó en la reconstrucción artificial de una superficie curva de mínimo espesor utilizando los mismos materiales que en su estado natural. Para obtener ambas características, se utilizó un encofrado de suave curvatura, se molió el elemento resistente hasta transformarlo en pequeñas partículas y se vertió sobre la cara convexa del encofrado. La receta para obtener la configuración final es la siguiente: diseccionar el material (separar elemento ligante del elemento resistente y elemento de unión), moler el elemento resistente, vender el encofrado con el elemento de unión en su cara convexa, volcar el ligante sobre el encofrado, esparcir el elemento resistente ya triturado, volcar el ligante sobre el encofrado nuevamente, calentar en horno medio 20.

ARCOS DE SPAGHETTI
Horacio Calsina



El punto de partida fue la elección del material a emplear para el desarrollo del proyecto. En principio la intención fue trabajar con masa de pastas, se optó por el uso de pastas prefabricadas. Este material aporta propiedades, características y dimensiones predefinidas, además de la garantizar homogeneidad de las piezas, algo difícil de obtener con una producción artesanal. Los spaghetti gracias al proceso de secado cobran mayor rigidez sin perder flexibilidad. Estos fueron considerados como un conjunto de piezas iguales donde cobraba vital importancia la vinculación entre ellas. Para la materialización de las vinculaciones fue descartado por completo el uso de otro elemento, ya que se buscaba el mayor desarrollo con un mínimo inventario. Con la aplicación de agua a las piezas para lograr la curvatura requerida y vínculos por fricción entre las piezas se desarrolló un sistema que trabaja al unísono y adquiere gran rigidez con un escaso número de piezas, que también puede ser repetido ilimitadamente. El sistema se materializa con tres piezas rectas en las cuales se disponen los arcos, mínimo tres, intercambiando sus sentidos. Este es regulado mediante las distancias entre los elementos rectos, las cuales pueden ser diferentes, siendo lo óptimo es que sean iguales, directamente relacionado con estas distancias es la separación que se obtiene respecto del plano del suelo. Esto es logrado gracias a la versatilidad del material de poder permanecer en forma recta o curva y la flexibilidad del mismo.

LAMINAS DE GELATINA
Sofía Salazni



El material elegido para experimentar fue la Gelatina. La estrategia tecnológica radicó en analizar la consistencia del preparado según las cantidades de agua y su temperatura, incorporando distintos ingredientes para lograr una mayor solidez. A partir de lograr la dureza querida, se buscó llevar al límite la forma. Esto derivó en una nueva investigación, al variar la forma el material se comportaba de una manera completamente distinta, variando su resistencia y elasticidad, y generando otra rigidez. Pasa de ser una goma a convertirse en un plástico. Sin embargo, el material se endurecía a través de las horas, lo que permitió generar laminas que al tomar la primera dureza se podían moldear aleatoriamente y generar distintas superficies portantes. Por otra parte, estas nuevas laminas, se fueron componiendo por multicapas. Se realizaba una capa encima de la otra luego de segundos de secado. Esto ayudo a su estructura, porque le genero mayor elasticidad.

CONO DE QUESO DESHIDRATADO
Adrián Exeni



Se parte de una estrategia material modificando la composición de un queso semi-blando, alterando su estructura para conseguir un subproducto sólido, generando morfologías que en condiciones normales del material no podría soportar. Se elige un queso de pasta con mediana humedad, se lo somete a calor constante (tecnología = Fuego), quitándole humedad de forma progresiva. Luego de experimentar y sacar primeras conclusiones (El queso al secarse se vuelve rígido pero frágil) se contemplan le agregan otros materiales para mejorar las condiciones estructurales. Se incorpora al proceso sémola cruda, esparcida sobre el queso en proceso de fundición, para otorgarle flexibilidad en el momento del plegado formal. También se le colocaran filetes secos, que al absorber la humedad del queso se ablandan, pero al final, al secarse, cobran rigidez nuevamente, agregándole resistencia total a la forma (Rigidez). Para formar al queso se emplea un cono de cartón, del tamaño suficiente para moldear el queso antes de su solidificación. En caliente se lo va torneando, y luego se lo deja secar, adoptando la forma rígida final.

Ejemplos de trabajos de alumnos: Cocina Estructural

TEJIDO AUTOPORTANTE
Diana Rodríguez Echeverry

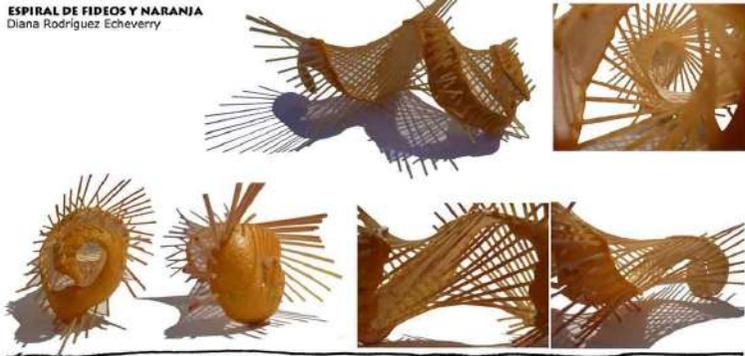


La estrategia que se pensó para este primer experimento fue un tejido de elementos rígidos con elementos flexibles. Para ello se eligió la cascara de banana y los fideos: el fideo seco por su estado rígido sirvió como estructura o urdimbre, y la cascara de banana (cortada en tiras) por su propiedad flexible sirvió de trama.

La tecnología que se aplicó inicialmente fue un tejido manual: primero se dispuso en paralelo los fideos sobre un plano horizontal, después se fue intercalando las tiras de cascara en sentido perpendicular a los fideos. Una vez terminado el tejido, el reto era superar las dos dimensiones del tejido y transformarlo en volumétrico. Para ello se tuvo que acudir a una tecnología más; a la primera solución que se acudió fue una estructura que lo sostuviera: se pasó por el sartén queso parmesano, se moldeó generando un arco rígido, se puso encima de esta estructura el tejido, pero la humedad natural de la cascara de banana, lo falló perdiendo la forma. Se debía entonces resolver el problema de peso y humedad y generar una tática que diese forma rígida a este tejido viscoso. Se buscó una nueva tecnología: crear un molde que hiciera las veces de encofrado o negativo (mezcla de harina y agua previamente molida en forma cónica), pero que impidiera que el tejido se adhiera a él (se envolvió la mezcla en papel aluminio) y buscar la manera de acelerar el secado. (Horno durante 20 minutos). Finalizado el proceso se desprende del molde un tejido volumétrico, rígido y autoportante.

La forma volumétrica final, fue lograda al entender el agua como agregado de un material que permite maleabilidad pero poca rigidez; y saber que para pasar de ese estado a uno portante o se debía depurar después de lograr una forma deseada, en el menor tiempo posible para que no falle la estructura.

ESPIRAL DE FIDEOS Y NARANJA
Diana Rodríguez Echeverry



En este ejercicio, el interés surgió en querer deformar la geometría esférica natural de la naranja y generar una situación espacial nueva. Para ello, se acudió a 2 tecnologías: corte y penetración.

Inicialmente se peló la naranja teniendo cuidado en generar un solo corte continuo de inicio a fin. El resultado fue una sola tira que sostenida de un extremo, colgaba como un espiral sin mucha tensión por a turgencia de su piel. Con el fin de generar un espiral rígido y con volumen, se eligió los fideos secos como elemento estructural y envolvente. Aprovechando la flexibilidad y penetrabilidad de la cascara de la naranja, se pasa de un lado a otro los fideos generando una malla que va moldeando la forma de espiral; la disposición de traspaso de los fideos es guiada por la misma forma de la cascara de naranja. Por último, se lleva unos minutos al horno con el fin de sacar la cascara de naranja y los fideos (al observar horas, después, que el traspaso de los fideos por la cascara los humedeció y debilitó en especial sus nodos de unión). Una vez fuera del horno, los fideos pasaron de tener un color amarillo a rosado, probablemente por el óxido de la cascara. El resultado fue un recorrido tridimensional flexible en espiral, temporalmente autoportante, no muy resistente gracias al cítrico y agua impregnado por la cascara de naranja a los elementos estructurales.

SUPERFICIES CURVAS POR COLADO DE CARAMELO
Martín Pochettino



Bajo las mismas estrategias de los ejemplos anteriores, se focalizó en este caso en la búsqueda del espesor mínimo de la lámina de caramelo. La composición base para la pasta fue idéntica (azúcar, agua y jarabe de maíz de alta fructosa). El cambio radica en la incorporación de dos pasos tecnológicos: Humectar y extraer.

Estos procesos se dan una vez desmoldada la pieza y tienen por objeto retirar el material sobrante. Se somete la pieza a un ambiente con alta humedad lo que provoca un lento derretimiento del caramelo solidificado. Por gravedad se va depositando el exceso de material en la base, el cual se extrae una vez alcanzado el espesor deseado.

SUPERFICIES CURVAS POR COLADO DE CARAMELO
Martín Pochettino



Buscando generar superficies curvas comienza la experimentación con caramelo en su estado plástico. Su conformación más conocida (azúcar-agua + calor) genera al solidificarse un material frágil que rompe en alguna de las etapas posteriores a su enfriamiento. Esto hizo que se buscaran distintas configuraciones de pasta de caramelo donde los agregados disminuyeran la cristalización de la masa. Como resultado, la composición base utilizada fue azúcar, agua y jarabe de maíz de alta fructosa.

La materialización se da en dos etapas: generación de la pasta de caramelo y su posterior solidificación.

Las tecnologías aplicadas son: calentar, moldear, rotar, enfriar.

Calentar: producción de la pasta de caramelo moldeable. La duración y temperatura alcanzada determinan colores, texturas, rigidez y dureza.

Moldear: la estrategia formal basada en superficies curvas requería un molde flexible que no presentara dificultad alguna para extraer la pieza. La silicona en plancha resultó ideal al ser un material inerte, flexible y resistente a altas temperaturas.

Rotar: el material en estado líquido debió ser sometido a rotaciones permanentes hasta el endurecimiento de la pasta para poder conseguir espesores similares en la extensión del molde.

Enfriar: para acelerar el proceso de solidificación: se empleó alcohol puro sobre el caramelo. Esto aumentó la evaporación superficial y acrecentó la pérdida de calor.

Ejemplos de trabajos de alumnos: Cocina Estructural

BÓVEDA DE PASTA
Franklin A. Mercado Pérez



El material elegido fue la pasta fabricada industrialmente. La estrategia tecnológica consistió en formar una estructura auto portante y rígida. Se la consigue modificando el estado sólido de la pasta cociendo los tallarines en agua hirviendo durante 10' para que los mismos se ablanden y sean manipulables, luego se usa un molde invertido que proporcionaba la forma elegida, se van sobreponiendo las tiras de pasta hasta lograr una grilla con la densidad necesaria para conformar una bóveda. Para deshidrotar y rigidizar la pasta se usa un horno durante 20' a 200º, con lo que se consigue que las piezas logren una unidad y se constituyan en una estructura auto portante que no necesita ser desmoldada ya que se desprende sola del molde por la contracción que sufren sus partes.

A partir de un proceso de prueba y error se puede identificar la mejor manera de conseguir una estructura que se soporte a si misma y sea lo suficientemente rígida para perdurar. La constitución material de la pasta nos permite pasarla de un estado sólido a otro gelatinoso para manipularla y conseguir las formas deseadas. Se debe tomar en cuenta que el molde en combinación con el tejido que se haga con el material, es el que nos definirá la forma resultante.

PIELES FLEXIBLES ACASCARADAS
Silvina Inés Méndez



El punto de partida fue la elección del material. Se busca obtener láminas delgadas de diferentes formas. La primer tecnología empleada fue la necesaria para homogeneizar los materiales y así obtener una masa líquida y fluida. Se comprueba que al aplicarle calor al fluido, este se empieza a solidificar y a adquirir consistencia. Se busca darle forma a estas planchas flexibles a través de diferentes encofrados, a través del modelado posterior al proceso de cocción pero anterior al enfriamiento de la materia, dado que una vez fría pierde elasticidad y se vuelve plástica. Se comprobó que el material resulta frágil una vez frío. Como última instancia se vierte líquido para una lámina delgada de máxima superficie y se busca modelarla. El proceso fue usar una tecnología para que el fluido tenga consistencia pero conserve condiciones elásticas, de manera que permita seguir modelándolo.

La forma final se obtuvo aplicándole calor a todo el volumen para que quede firme con un encofrado flexible (papel de aluminio) Se logra el objetivo de una piel delgada capaz de adoptar la forma buscada y obtener la rigidez necesaria para que conserve la misma.

ENCOFRADOS DINÁMICOS MATERIALES VARIOS
Nahuel Elias

A-Huevos batidos hervidos en bolsa
B-Masa sobre chala de choclo horneada
C-Masa dentro de morrón horneado



Se busca trabajar con encofrados dinámicos. Un contenedor elástico que por su forma de cocción se vea afectado variando su forma, buscando reducir la precibidad del encofrante. A- Se introdujeron dos huevos batidos dentro de una bolsa hecha con un film de cocina y se hierve hasta cocerse. El encofrado agitado por el hervor y el aumento del volumen del huevo hacen caer el encofrado. Se obtiene una masa monovolumétrica, con diferentes dibujos y pliegues producto del dinamismo del encofrado y se observa variación en su densidad que está en relación a la intensidad de la fuente de calor respecto al punto en cuestión. B- Se distribuyó una masa bien elástica (aguada) de harina y agua sobre la chala de un choclo y se llevó al horno fuerte. El calor contrae las fibras de la chala de choclo y la masa absorbe estas deformaciones. La rigidez de la masa varía por forma y cocción. C- Se introduce masa líquida de harina y agua dentro de un morrón pre-cocido. Se lleva al horno. El calor deforma el morrón obteniéndose una masa semi esponjosa y amorfa.

TRAMA ESPACIAL DE CINTAS ENDURECIDAS
María Luisa Echevarría



Se realizan distintos experimentos con un elemento con capacidad de deformarse al ponerse en contacto con el agua. A su vez se experimenta las posibilidades de adoptar y conservar esta nueva forma al secarse en relación al objeto de soporte que se utilice. Se considera la posibilidad de combinarse entre si utilizando únicamente su propia consistencia para pegarse.

Para los 3 primeros intentos se utilizaron recipientes semiesféricos pero se vario la forma de combinarlos entre si y su disposición en el encofrado. En la ultima experimentación se utiliza un encofrado con curvaturas que acompañaran al material según la intención en cada parte del conjunto. En la parte central los elementos quedan colgando, aquí es importante que queden entrelazados, pero si su forma varia parcialmente, no afecta al conjunto. Donde luego va a apoyar la estructura, los elementos quedan apoyados sobre el encofrado y entre si, así conservan la nueva forma hasta el final del proceso de secado.

Por ultimo, se acelero el proceso de secado con una fuente de calor. Debe ser el punto justo para que no agregue fragilidad al material. La variable del encofrado y del tiempo de secado determinan la concreción y las características del espacio interior resultante.

Ejemplos de trabajos de alumnos: Cocina Estructural

CRECIMIENTO MATERIAL
Nadia Donato

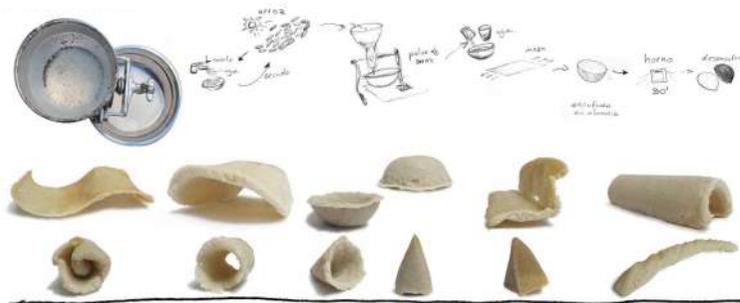


MATERIAL + CLARA DE HUEVO
TECNOLOGÍAS: BATERA, PULVERIZADOR, HORNO, MOLDADO
MATERIA: ZANAHORIA

NEVO
YEMA
CLARA
BATIDO CLARA
RESISTENTE DESHIDRATADA EN UNA PANTAL
HORNEAR
VACIAR CORPOS
DARLE HORMIGÓN LOS ESPESORES CON LA CLARA EXPANSA

Se parte de un material al cual se lo puede exponer a diferentes procesos que lo hagan cambiar de estado sin agregar ningún material adicional. Las tecnologías aplicadas lo llevan a aumentar su volumen. El material espumado, logrado luego del primer proceso de transformación al que se lo expone, tiene cierta autoportancia que permite controlar levemente la forma que adopta sin utilizar encofrados. El siguiente proceso lo hace crecer aun más cristalizando la forma adoptada en su estado espumoso. La porosidad del material espumado se evidencia en la fragilidad y textura de la superficie resultante. Se hace una última prueba de translucidez colocándole una luz interior a la figura resultante y se comprueba su permeabilidad derivada de su porosidad.

ESTRUCTURAS DE ARROZ PULVERIZADO
Jaime Cumpa



La idea surge de utilizar únicamente 2 materiales: el arroz blanco y el agua, e intentar descubrir si el mismo puede adoptar cualquier situación rígida estructural al igual que cuando era un grano de arroz sin cáscara.

Se utilizan métodos de hidratación, deshidratación (solar/cocción), pulverizado, para lograr dichos objetivos.

El pulverizado permite que en los pasos posteriores las superficies de unión entre partículas sea más homogénea y por ello mas resistentes. A su vez el mismo almidón propio del arroz también colabora como ligante.

Se logra demostrar que el arroz sin cáscara puede readoptar su forma rígida a una escala mayor. Este tipo de hormigón creado tendría un próximo paso, se podría incorporar granos no molidos junto con los otros para alivianar el trabajo de pulverizado y obtener mayor cantidad o volumen de material.

CÚPULA DE FIBRAS DE MANÍ HORNEADO
Pablo Javier Briguoglio

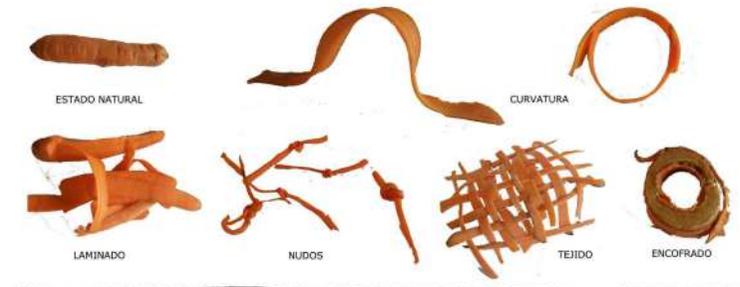


La Variable material (Cáscaras de maní) fue el punto de partida del ejercicio. Por considerarlo un material muy resistente tanto procesado como en su forma y estructura originales (una serie de 3 o 4 capas, una interna mas fina y heterogénea, dos capas mas gruesas y una última con filamentos longitudinales gruesos con transversales mas finos que conforman una red).

La Estrategia general consistió en la disección de las cáscaras de maní logrando distintas granulometrias, para luego recomponerlas conformando nuevamente una estructura de cáscara artificial. Las Tecnologías fueron la disección, molido, mezcla del material, la incorporación de una red de filamentos ablandados en agua y su posterior cocción final. Para darle las formas buscadas se utilizaron moldes de simple y de doble curvatura, siendo dos cúpulas unidas la prueba final, reproduciendo la forma natural de una cáscara de maní.

La relación entre la forma la tecnología y el material puede observarse en la reconstrucción de una superficie de doble curvatura con una material fibroso y tramado utilizando el material original. Adquiriendo mayor resistencia por forma, la cual queda demostrado con las distintas pruebas realizadas. Puede decirse que la forma es un factor importante para conformar una cáscara heterogénea, donde las carcas se reparten en cantidades iguales sobre dicha membrana.

CURVATURA DE ZANAHORIAS LAMINADAS
Romina A. Balbi



ESTADO NATURAL

CURVATURA

LAMINADO

NUDOS

TEJIDO

ENCOFRADO

La estrategia utilizada como punto de partida fue la modificación estructural del material mediante el laminado de una zanahoria.

El objetivo fue estudiar el comportamiento de un material rígido incapaz de curvarse en su estado original y la posibilidad de comportarse de manera flexible al ser laminado.

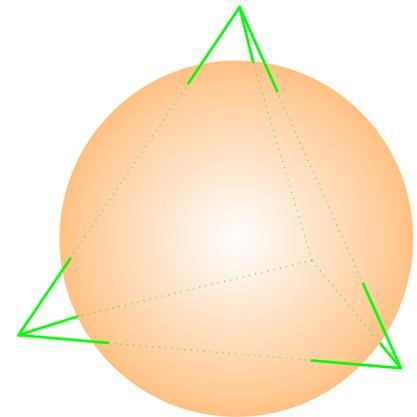
La forma curva se logra por medio del moldeo y curvado de láminas, en contraposición a su estado natural se convierte en un material dúctil.

Como segunda parte de la investigación se sometió la forma lograda al congelamiento, proceso por el cual se solidifica el agua contenida, observándose la continuidad de la forma adaptada y la flexibilidad del material. La misma forma sometida al calor parejo se flexibiliza y permite la curvatura hasta llegar al extremo de funcionar como un cordón y anudarse.

En el ultimo caso se utilizó la pieza como encofrado de una masa llevada al horno, donde cumplió la función correctamente.

fin capítulo 2

3. Atlas Tecno-morfológicos



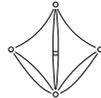
3.1 Introducción

Los Atlas aquí presentados están pensados como posibles modelos a ser extendidos a diversos contextos según materiales, tecnologías, formas y estructuras. Se espera que las propuestas concebidas en base a los ejemplos aporten nuevas y relevantes oportunidades para la profesión, industria y mercado de diseño al consolidar un sistema innovador y eficaz para su puesta en producción real. Cada Atlas nace con otra motivación y otra dinámica, aunque todos comparten algunos rasgos y metodologías, más allá de perseguir un mismo objetivo: poder ampliar nuestra visión y comprensión en relación a la Tecno-morfología. La decisión de tomar cada uno de los cuatro temas y desarrollarlos en un Atlas es parte resultado de una decisión personal y parte una decisión racional. En el fondo hay motivos para pensar que son lo mismo el gusto y el fundamento, tratándose de un trabajo de investigación realizado en el tiempo, interactuando con el contexto externo (becas, oportunidades y posibilidades) y también por cómo evoluciona el conocimiento y conciencia en relación a las decisiones que se fueron tomando.

El razonamiento sobre el cual se eligieron estos cuatro temas para construir los Atlas son explicitados en el prologo de la tesis. Los métodos y alcances en cada Atlas son explicitados el comienzo del mismo, y en tres de los cuatro casos se concluye con una sección llamada “Nuevas Ideas”. Estas secciones son semilleros de ideas que nacieron en algún momento de la investigación, pero dado que el alcance de los Atlas es demarcar y denotar un territorio como forma de pensar, más que proponer nuevas tipologías, las Nuevas Ideas quedaron como un borrador a seguir pensando e investigando. Cada Atlas tiene su propia estética y estilo, adaptado al tema abordado y el enfoque dado. Esto fue una decisión ponderada, ya que se aspira a ofrecer un cuerpo de trabajo unificado no solo a nivel conceptual, sino también visual (estético). En algunos aspectos se comparten formatos y técnicas, pero en otros aspectos cada Atlas pedía códigos, terminología y gráfica específica al caso. En todos los Atlas se comparte una estructura de introducción a modo de contexto, definiciones generalmente ilustradas, un compendio de Mapas mostrando distintos casos según las variables y valores empleados, una discusión acerca de nuevas ideas resultante de la investigación (salvo Origami Fluido) y posteriormente se ofrece un Anexo mostrando en algunos casos los métodos de investigación graficables y en todos los Atlas se muestran casos concretos realizados por el autor.

Dado que la construcción de los Atlas ha generado un universo de términos y esquemas no convencionales para poder explicitar las ideas, se ofrecen algunas aclaraciones que puede hacer la lectura más fluida y accesible. En cuanto consignas y convenciones graficas, cada Atlas tiene un apartado con sus respectivas leyendas. Lo que es común a todos los Atlas es la terminología específica para diferenciar los distintos formatos de presentación visual, contemplados en los siguientes términos. La palabra **Mapa** se refiere genéricamente a cualquier documento grafico (visual) que tenga información útil para esta investigación. El término **Catálogo** se refiere a información organizada según categorías de análisis propuesta, sin ser generadora de nuevos contenidos mientras que **Tabla** se usa para distinguir un sistema que genera contenido por el cruce o combinación de sus variables.

Atlas de Catenarias



Atlas de Tejidos



Atlas de Origami Fluido



Atlas de Tensegridad

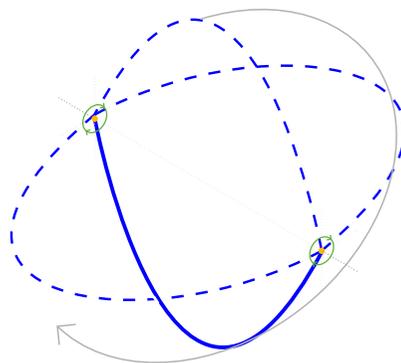


3.2 Atlas de Catenarias

Este es el primer Atlas porque se trata de una forma universal encontrada en la naturaleza. El Atlas nace como modo de exploración de las curvas catenarias de un recorte conocido pero no explotado desde la Tecno-morfología. Una parte importante de lo que propone el Atlas es la idea de catenarias dinámicas, ya que son curvas poco estudiadas para el diseño. Estas bellas e insólitas formas son las mismas que generan los chicos jugando a saltar la cuerda, al igual que los virtuosos y prácticos lazos de los gauchos a la hora de organizar su ganado.



Los esquemas mostrados como catenarias dinámicas pueden resultar un poco difíciles de imaginar ya que no pudieron ser documentadas en movimiento con medios visuales animados, por lo que se recurrió a imágenes simples que sugieren las formas dinámicas que pueden tomar las cuerdas o planos en movimiento. Habría que considerar cada imagen en azul mostrada en los mapas como una foto tomada de alta velocidad, congelando una instancia de la cuerda o plano en movimiento. Cada lugar desde donde se controlan los movimientos de la cuerda o plano corresponderían a los lugares desde donde una persona lo agarra y desde ahí lo empieza a mover cíclicamente según indican las flechas verdes en los diagramas. Esto es lo que hicimos en escala 1:1 para poder acercarnos a comprender de forma empírica y material el comportamiento complejo y particular que tienen estas curvas generadas por la relación entre materia y fuerza gravitacional en relación a la inercia de los movimientos externos aplicados.



Este esquema muestra una cuerda suspendida de dos puntos, cada uno girando alrededor de un mismo eje, parecido a la forma que toma una cuerda cuando se juega a saltarla.

Este Atlas del universo tecno-morfológico de las formas catenarias está basado en las combinaciones posibles de distintos parámetros topológicos y su relación con la fuerza gravitacional y artificial. Cada caso es estudiado sistemáticamente en base a las cuatro dimensiones espaciales posibles; punto, línea, plano y volumen.

El objetivo del Atlas en esta instancia (primera generación) es poder visualizar las distintas variables y operaciones de estas curvas para tener un panorama sugestivo de cómo las formas pueden ser informadas por una combinación de fuerzas externas (gravedad y operaciones pautadas en la mayoría de los casos abordados) para la generación de nuevas formas espaciales materiales.

Hacia este fin el Atlas se organiza en relación a sus características tecno-morfológicas, principalmente su grado de complejidad (simple / compuesto) y su estado de movimiento (estático / dinámico). Tomando estas cuatro categorías de análisis se la aplican las variables morfológicas en creciente orden de complejidad en todas sus combinaciones imaginables, considerando las salvedades de límites aclarados en cada instancia.

Índice

- A.** Contexto
- B.** Glosario
- C.** Mapas
- D.** Nuevas Ideas

Anexo Ejemplos de productos concretos (Butterfly / Nets / Hamacas)

A. Contexto

Las catenarias son definidas como aquellas curvas descritas por un elemento totalmente flexible y lineal suspendido de dos puntos sometido a la fuerza gravitacional uniforme. El origen de la palabra Catenaria viene del latín: *catenarius* y significa “cadena”, motivo por el cual casi siempre las catenarias son representadas por cadenas, pero la esencia es aplicable a cualquier elemento físico que posee las propiedades descritas (flexibilidad total) en cualquier dimensión y tamaño. La idea de que un material adquiere una forma definida según su propio peso sometido a fuerzas externas es un ejemplo claro de la morfología estructural presente en la naturaleza y por eso es un área de investigación natural para la tecno-morfología. En esta investigación se toma a la catenaria como un punto de partida para luego investigar y desarrollar casos más complejos en relación al tipo de fuerza externa presente, como así las variantes que pueden interceder en las formas que se pueden generar en base a su comportamiento físico y espacial.

Las curvas catenarias han sido de interés para el campo del diseño y la construcción desde que se descubrió que invirtiendo la catenaria se obtiene un arco que trabaja a la compresión pura, siendo una forma óptima y estable para este propósito. El Arquitecto español Antoni Gaudí (1852 –1926) introdujo la catenaria como método formal de generación espacial por métodos experimentales, aunque desde tiempo antes se empleaba de manera generalizada en puentes colgantes.

Los primeros acercamientos teóricos a esta forma fueron hechos por los matemáticos Huygens, Leibniz y Bernoulli quienes en el siglo XVII hallaron la ecuación de la catenaria, comprobando que su naturaleza era diferente a la de la parábola (Figura 4); empezando a ser entendida desde el punto de vista mecánico, como un sistema estructural de forma activa dado que ésta es determinada por el flujo natural de las fuerzas que en ella actúan¹. Algunos estudios recientes exploran las variaciones morfológicas producidas en la curva catenaria debido a la acción de fuerzas externas, como son:

*Dynamic Response of Deepwater Lazy Wave Catenary Rise*²: Es un estudio para el diseño óptimo de un cable de anclaje para estaciones petroleras. El objetivo es proveer datos técnicos acerca de las deformaciones producidas en el cable por las cargas dinámicas y permitir así el óptimo diseño del mismo evitando la fatiga del material.

*Uniform-stress catenary simulated by unstable truss structure*³: El objetivo de este estudio es presentar una solución numérica y analítica para una catenaria con sección variada y bajo el estado de equilibrio inestable.

*The stability of the catenary shapes for a hanging cable of unspecified length*⁴: En este ensayo se analiza un cable que cuelga de dos puntos variando la altura de uno de ellos. Se busca obtener las posiciones más estables de la catenaria comparándola en varias posiciones a lo largo del desplazamiento.

*Remarkable shapes of a catenary under the effect of gravity and surface tension*⁵: Es un estudio acerca de la forma adoptada por una catenaria cuya área interna está cubierta por una película de jabón. Se analiza la forma en equilibrio alcanzada por la cadena teniendo como fuerzas externas la gravedad y la tensión superficial de la película jabonosa.

En la arquitectura tradicional encontramos un ejemplo del uso de la catenaria para construir una vivienda, es el caso de la etnia Musgum habitantes de Camerún cuyas construcciones son hechas en barro.



Vivienda tradicional Musgum



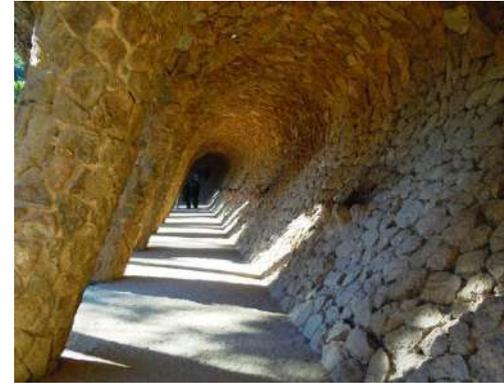
Cúpula de la Catedral de San Pablo, corte transversal. Londres (1710)

El arquitecto y científico Christopher Wren fue quien planteó este diseño que consta de dos cúpulas catenarias internas y una cúpula esférica exterior.

“Desde las primeras obras Gaudí mostró su originalidad e independencia. En particular empezó a emplear de manera sistemática un tipo de arcos nada habitual dentro de la tradición arquitectónica occidental. En vez de emplear arcos de formas derivadas del círculo (de medio punto, apuntados, carpaneles, etc.) utilizó arcos de formas no circulares: parabólicos o catenarios. Estos arcos están presentes ya en las primeras obras de Gaudí” (Huerta, S., 2003).



Fachada de la Pasión, Sagrada Familia,
Barcelona (1882-actualidad)



Muro de contención, Parque Güell,
Barcelona (1900-1914)

Eero Saarinen hace uso de la catenaria para el diseño de la cubierta del aeropuerto Internacional Dulles y para el diseño del arco Gateway de Missouri.

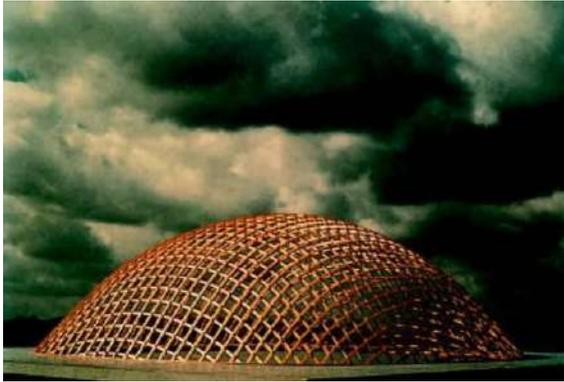


Aeropuerto Internacional Dulles,
Washington DC (1962)

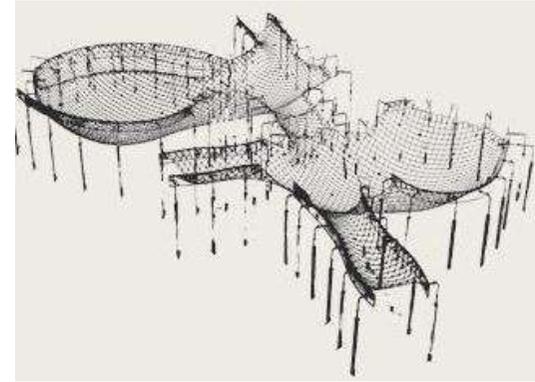


Gateway Arch, St. Louis
Missouri (1963)

Frei Otto también ha usado los modelos funiculares para generar sus estructuras sumando el uso de superficies mínimas, obteniendo formas y espacios particulares con un aprovechamiento óptimo del material.



Cubierta experimental para la feria alemana de la construcción DEUBAU en Essen. (1963)

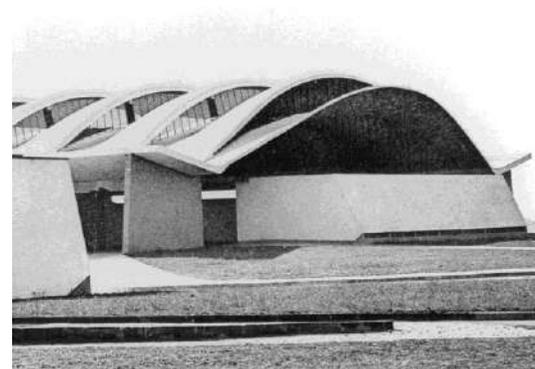


Maqueta para cubierta del Multihalle de Mannheim (1975)

Eladio Dieste ideó las llamadas “Bóvedas Gausas” en las cuales “usa como directriz la catenaria, luego el peso propio produce compresión simple; y esta compresión hace capaz a la estructura de resistir flexiones” (Mass, A. J., Adel, J.M., 2005).

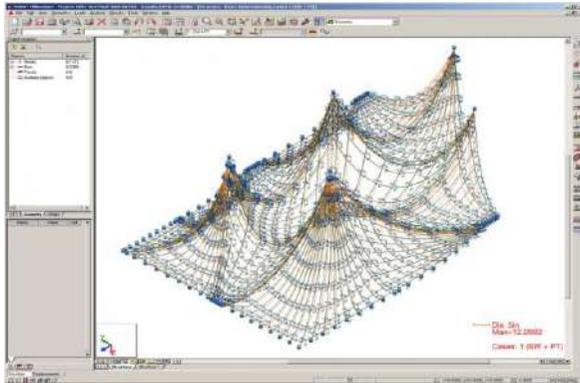


Gimnasio Don Bosco, Montevideo (1983)



Mercado de Porto Alegre, Brasil, (1983)

Las herramientas informáticas han permitido la experimentación virtual de formas que tendrían un alto grado de dificultad para generar modelos físicos de prueba, varios arquitectos y diseñadores han hecho uso de éstas para visualizar y materializar sus proyectos; tal es el caso de la Voussour cloud, instalación de Iwamoto Scott Architecture + Buro Happold, la cual está basada en la geometría de redes catenarias pero ha sido descompuesta en módulos de madera delgada que trabajan a compresión pura.

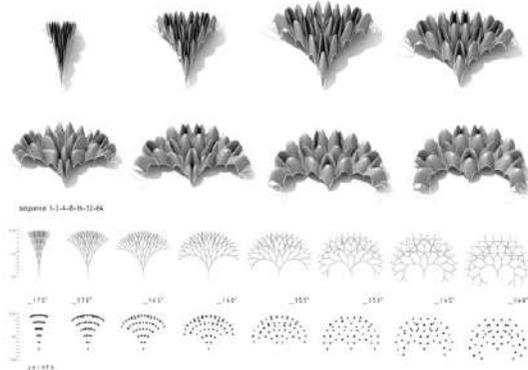


Modelo virtual, Voussour Cloud (2008)



Vista interna, Voussour Cloud (2008)

Marco Vanucci experimenta con el diseño paramétrico, generando superficies catenarias y crecimiento ramificado en su proyecto Cross-breeding. La generación de varias geometrías de configuración le permite explorar distintos grados de porosidad de la estructura así como múltiples articulaciones de las particiones internas.

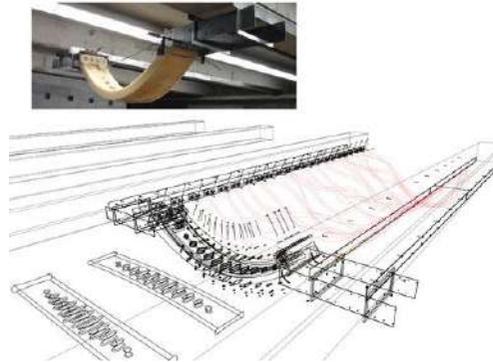


Patrón de crecimiento, Cross-breeding (2008)



Modelo Físico, Cross-breeding (2008)

De manera experimental James Brucz está produciendo “Catenarias elásticas” (Brucz, J., 2008) que consisten en moldes flexibles que son llenados de concreto el cual se auto estabiliza en su interior y al secarse produce elementos que trabajan a compresión pura.



Elastic Catenaries (2008)



Elastic Catenaries (2008)

A pesar de ser el arte un campo de libre exploración sin las restricciones formales y estructurales que rigen el diseño industrial y arquitectónico no se observa gran profundidad en la búsqueda de formas o sensaciones. Quizás por el hecho de que un artista no tiene la formación estructural que tiene un arquitecto, ingeniero o diseñador industrial y posiblemente por eso no despierta un interés muy profundo.



Sesshas,
Hector Zamora (2010)



Sesshas,
Hector Zamora (2010)

Tipologías de puentes cableados

Puentes colgantes

Este tipo de puentes, basa su sistema estructural en los cables, tal como los puentes atirantados. El cable es usado en estas estructuras por tres razones principales: trabaja exclusivamente a tracción, se puede lograr elevada resistencia y gran flexibilidad gracias al uso de nuevos materiales permitiendo utilizar toda la sección en su plena capacidad resistente y en tercer lugar el cable está compuesto por múltiples filamentos lo que permite hacer cables de gran diámetro para puentes de grandes luces. En los puentes colgantes de concreto su estructura está formada por los cables principales que se anclan a los extremos de la luz a salvar y tienen la flecha necesaria para soportar las cargas actuantes mediante tracción pura. El tablero está rigidizado ante la flexión para evitar deformaciones repartiendo las cargas en toda la longitud del cable. Las tipologías de puentes colgantes son:

Puentes catenaria: Son los primeros puentes colgantes construidos en China, Himalaya y los Andes. Actualmente solo se construyen pasarelas peatonales con esta tipología.



Puente colgante en GuanXian,
China (1908)



Puente qeshuachaca,
Perú (precolombino)

Puentes Autoanclados: Nacen de la necesidad de anclar los cables al terreno mediante contrapesos. En numerosas ocasiones el gran costo de los contrapesos o la defectuosa calidad del terreno para la cimentación hacen imposible su construcción por lo que se anclan los cables principales al tablero en los extremos de los vanos de compensación.

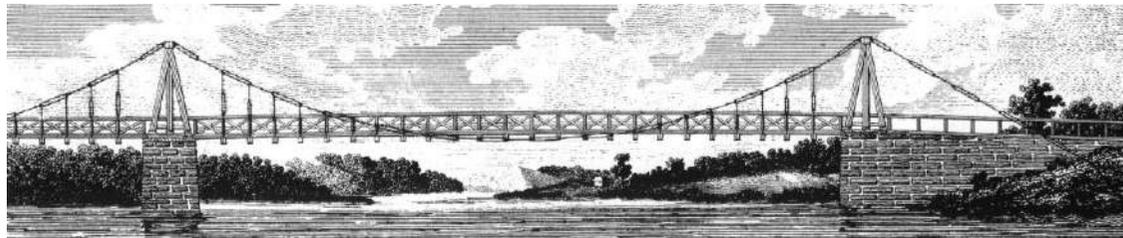


Pasarela de Las Delicias
España (2007)



Puente de Cuatrovientos,
España (2012)

Puentes Colgantes de Tablero: Pueden ser de Tablero Inferior, Intermedio o Superior.



Puente Jacob's Greek, USA (1801)



Puente sobre el estrecho de Menai, UK (1826)



Puente de Brooklyn, USA (1883)



Puente George Washington, USA (1931)



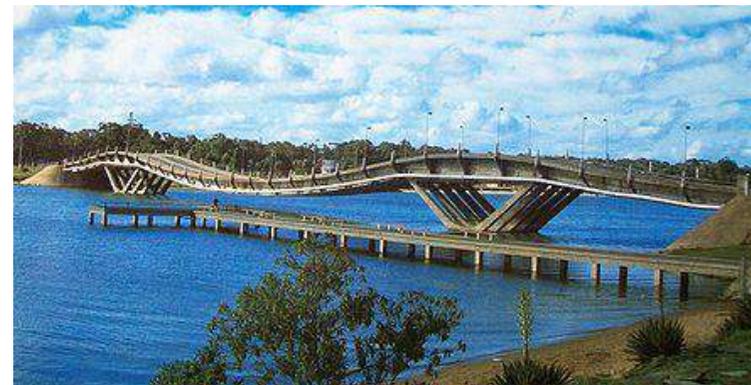
Puente Golden Gate, USA (1937)

Puente de cinta tensada

Es una estructura similar al puente catenaria. Cuenta con cables de suspensión embebidos en el tablero que sigue la forma del arco catenario entre los soportes. La cinta es esforzada a compresión por el peso del tablero, sumando rigidez a la estructura.



Puente Essing, Alemania (1978-1986)



Puente de la barra, Uruguay (1965)

Puentes de arco catenario

El arco catenario toma su forma de la catenaria invertida, obteniendo las siguientes características:

- La catenaria invertida es la curva ideal para un arco que soporta su propio peso.
- Es la estructura de mínima energía.
- Las fuerzas son netamente a compresión.

A continuación se muestran algunos ejemplos:

Construido por Hiroyoshi Kikkawa, el Puente Kintaikyo es peatonal y consta de 5 arcos catenarios construidos en madera y soportados por pilares de piedra. Éste puente fue destruido por un tifón en 1950 y reconstruido en 1953.

Diseñado y construido por Maunsell and Partners, el Puente Gladesville tiene una luz de 300 metros entre apoyos. Al momento de su construcción era el puente de concreto más largo construido con un solo arco.



Puente Kintaikyo, Japon (1673)



Puente Gladesville, Australia (1964)

DISEÑO INDUSTRIAL

En el diseño industrial ha sido poco estudiada la catenaria. Existe un caso tradicional (vernáculo) en el que se hace uso de sus propiedades, la hamaca paraguaya. A nivel de diseño riguroso existen pocos casos de aplicación y es interesante el hecho de que en los productos anteriores al 1970 la catenaria ha sido usada como elemento a tracción y en los desarrollados posteriormente se usa la catenaria invertida.



Hamaca Paraguaya
(tradicional, sin fecha)



Sillón BKF
Bonet, Kurchan,
Ferrari-Hardoy (1938)



T Chair
William Katavolos (1952)



Catenary chair,
George Nelson (1962)



Gaudí Stool,
Studio Geneen (2010)



Arc Table,
Foster & Partners (2010)

Ejemplos de mobiliario basado en la curva catenaria

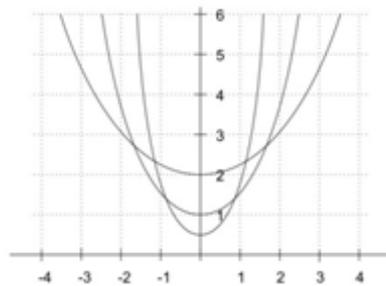
B. Glosario

DEFINICIONES GENERALES

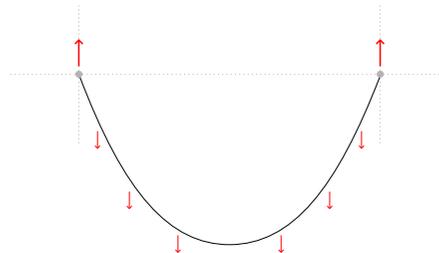
Curva Catenaria

Las curvas catenarias (también conocida como funicular) son una clase de curvas definidas por la forma que toma una cuerda (cadena o cualquier otro elemento material uniforme y flexible) suspendida de dos puntos fijos en el espacio, sujeta a una fuerza gravitacional pareja. Ejemplos de curvas catenarias en la vida cotidiana aparecen en situaciones naturales como en una tela araña, al igual que en artificiales como en un tendido de cables. Las curvas parabólicas son muy parecidas a las catenarias pero responden a una fórmula matemática diferente. Las parábolas se hacen visibles en casos donde un elemento físico está en movimiento por inercia y sujeto a la gravedad, como en un chorro de agua horizontal, el rebote de una pelota en paralelo a la tierra, el trayecto de un proyectil y también en el comportamiento de ondas como la luz. En aplicaciones concretas los puentes colgantes son buenos ejemplos de curvas parabólicas ya que el peso propio de la viga suspendida (el camino vehicular o de trenes) es mayor al del peso propio del cable, por lo cual la curva describe una parábola.

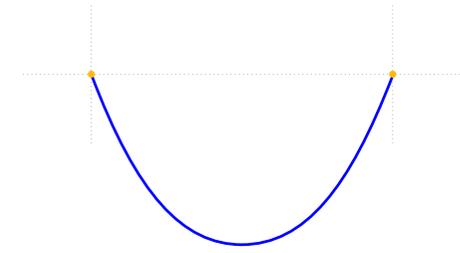
A continuación se ilustran distintos esquemas y gráficos que dan cuenta de la composición, comportamiento y diferenciación entre las curvas catenarias, parabólicas y semi-circulares, a fines de una mejor comprensión de la primera.



distintas formas que puede tomar una catenaria del mismo largo según varía la distancia entre los puntos de apoyo

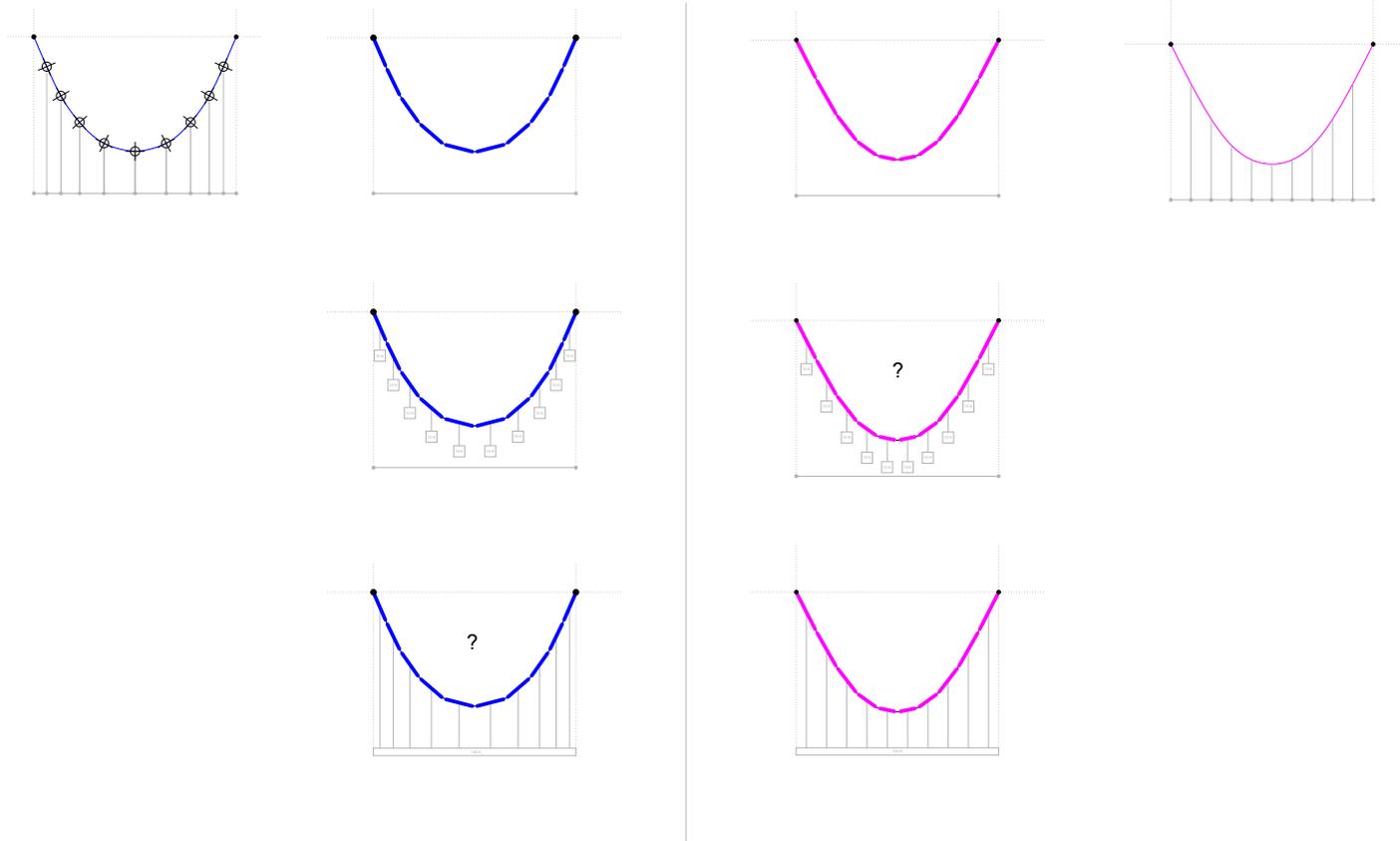
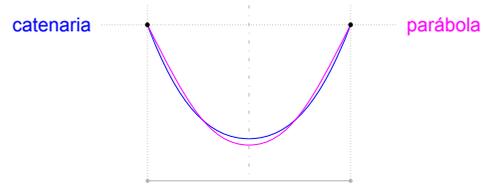


cuerda con las cargas generadas por la fuerza gravitacional



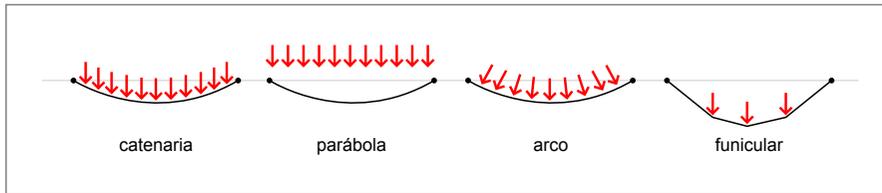
catenaria simple

Curva Catenaria (continuación)

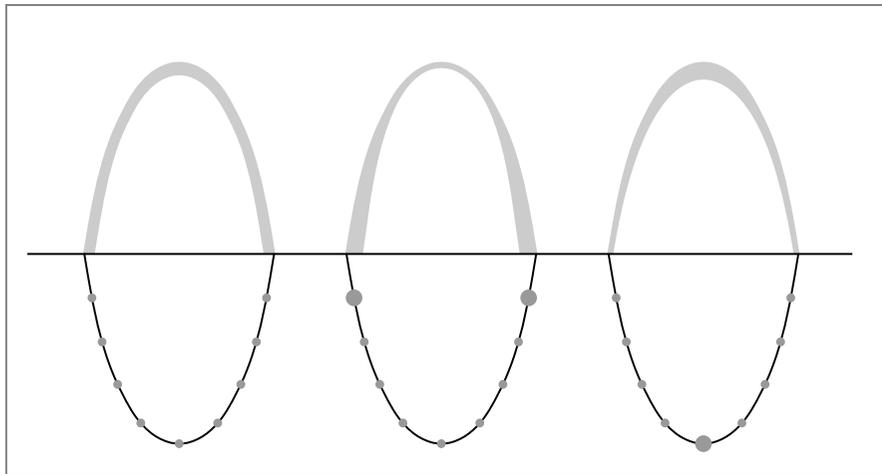


esquemas de formación y deformación de una catenaria y una parábola según fuerzas propias y externas

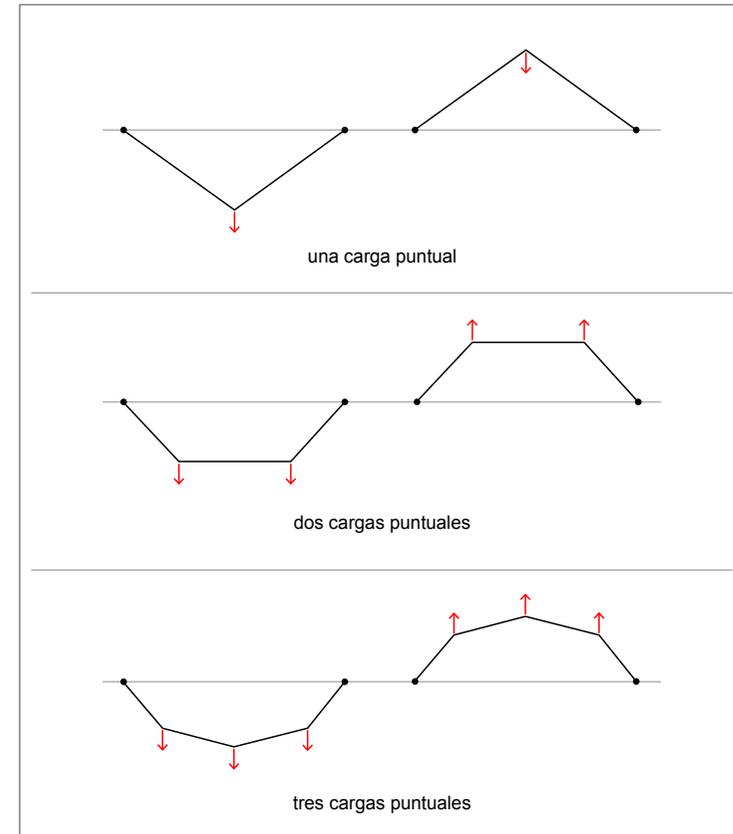
Curva Catenaria (continuación)



esquema de distribución del peso en una cuerda y curvas resultantes



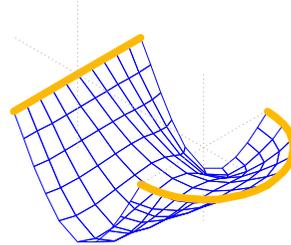
esquema de arcos de acuerdo a la distribución de la carga



esquema de curvas catenarias y arco funicular de acuerdo a cargas puntuales

Catenaria de Traslación

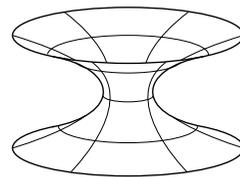
Es una denominación que consideramos relativa ya que es una lectura particular y posible entre otras maneras de entender y/o generar una forma espacial catenaria. La idea de superficies catenarias de traslación tiene mucho que ver con técnicas de “form finding” y “form generation”, tanto analógicas como digitales. En general se limite el uso del término “traslación” a casos donde la longitud de la generatriz no varía, pero es posible pensar en una clase de traslación dinámica donde la longitud y configuración de la generatriz se transforman durante el “traslado”.



catenaria de traslación con 2 LC heterogéneas

Catenoide

Es una superficie tri-dimensional generada por la rotación de una catenaria alrededor de su directriz recta. La forma resultante es una superficie mínima, visualizable como la unión dos aros paralelos en el espacio. Es la única otra superficie de rotación que genera una superficie mínima, la otra siendo el plano.

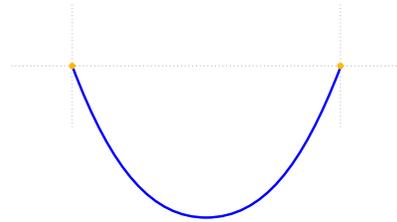


catenoide

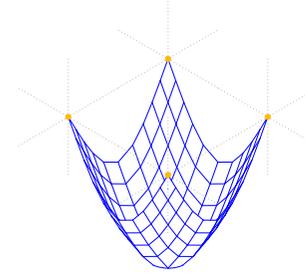
TERMINOLOGIA PROPOSTIVA (especifica al Atlas)

Catenaria simple

Una curva catenaria definida por un solo elemento material continuo suspendido en el espacio gravitacional (Ej.: línea = cuerda, plano = tela, volumen = bloque)



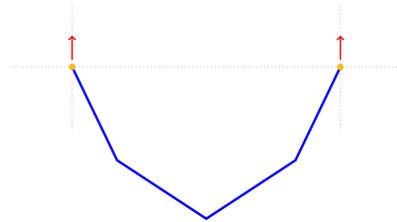
catenaria simple 1d



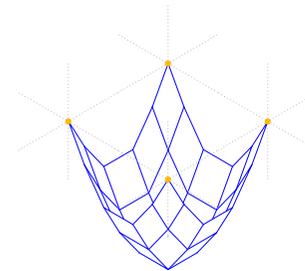
catenaria simple 2d

Catenaria compuesta

Una curva catenaria definida por dos o más elementos materiales (línea = segmentos unidimensionales rígidos unidos por rotaciones libres, plano = segmentos bidimensionales rígidos unidos por rotaciones libres, volumen = segmentos tridimensionales rígidos unidos por rotaciones libres).



catenaria compuesta 1d



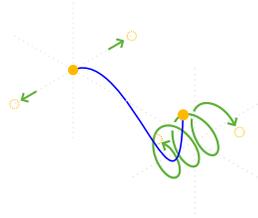
catenaria compuesta 2d

Catenaria estática

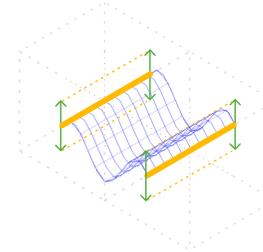
Una curva catenaria en estado de reposo, sea cual sea su magnitud, dimensión, orientación y dirección.

Catenaria dinámica

Una curva catenaria en movimiento, sea cual sea su magnitud, dimensión, orientación y dirección.



catenaria dinámica 1D



catenaria dinámica 2D

Elemento (ver mapa de referencia 1a para mayor explicación)

Es el objeto morfo-tecnológico de referencia (con forma y material) sometido a fuerzas y acciones. Sus propiedades son variables en relación a su forma y su materialidad, ambos regulados por sus propios parámetros .

Lugar de Control (ver mapa de referencia 1b para mayor explicación)

Es la zona sobre la cual se aplica directamente una operación dando como resultado la transformación del elemento . El lugar de control es definido por tres variables:

- Dimensión
- Configuración
- Orientación

Movimientos (ver mapa de referencia 1c para mayor explicación)

Son las distintas formas en que se desplazan los Lugares de Control y pueden corresponder a cuatro tipos de movimientos distintos:

- Rotación sobre su eje de referencia
- Traslación sobre su eje de referencia
- Traslación sobre su plano de referencia
- Traslación sobre su volumen de referencia

C. Mapas

1 Tablas de referencia

- 1a Elementos
- 1b Lugares de Control (LC)
- 1c Movimientos
- 1d Movimientos del LC – punto
 - Punto (caso genérico)
- 1e Movimientos del LC – línea
 - Línea (caso x)
 - Línea (caso y)
 - Línea (caso z)
- 1f Movimientos del LC – plano
 - Plano (caso x)
 - Plano (caso y)
 - Plano (caso z)
- 1g Movimientos del LC - volumen
 - Volumen (caso genérico)

2 Mapas de catenarias estáticas

catenarias estáticas con 1LC

- Punto con 1 LC - NA
- 2a Línea con 1LC
- 2b Plano con 1LC
- 2c Volumen con 1LC

catenarias estáticas con 2LC

- Punto con 2LC - NA
- 2d Línea con 2LC
- 2e Plano con 2LC
- 2f Volumen con 2LC

3 Mapas de catenarias dinámicas

catenarias dinámicas con 1LC

Punto con 1 LC - NA

3a Línea con 1LC

3b Plano con 1LC

3c Volumen con 1LC

catenarias dinámicas con 2LC

Punto con 2LC - NA

3d Línea con 2LC

3e Plano con 2LC

3f Volumen con 2LC

4 Mapas de casos especiales

Es caso de versión más compleja nacida del ejemplo de **2e** en donde el **Elemento** es **Compuesto** y el **LC** tiene diversas configuraciones (Ej: en vez de ser línea recta es curva o compuesta)

4a Plano con 2 LC (Elemento: **Plano** en plano z, LC: línea en eje x)

Observaciones y Referencias Gráficas del Atlas

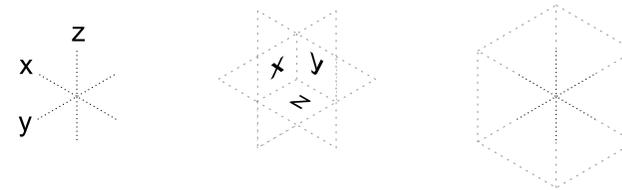
Los Mapas presentados muestran las posibilidades de generación de catenarias estáticas y dinámicas en las cuales se han tenido las siguientes consideraciones:

- Como código grafico el color azul denota el **Elemento**, el color naranja denota el **Lugar de Control** y el verde señala el modo de **Movimiento**.
- Las figuras representadas en cada caso potencial son a modo sugestivo, quedando para una futura etapa su comprobación real mediante métodos de simulación físico y su validación computacional a través de software especializado, como una versión avanzada de Kangaroo™, complemento de Grasshopper™ y Rhino™.
- En los casos donde el Elemento es de dimensión igual o mayor al LC, se los considera no aplicable.
- En los LC se toman puntos de referencia con simetría (Ej: centro de vértice, centro de arista, centro de cara, centro de volumen) salvo que se aclare lo contrario.
- En todos los casos se toman casos simples (no compuestos) salvo que se aclare lo contrario.
- En los casos de 2 o más LC se los considera homogéneos en altura y distancia entre si, como ilustra la leyenda de Zonas LC.
- En las catenarias dinámicas se estima una velocidad media constante (movimiento) suficiente para generar deformaciones significativas en el elemento y se ha representado la deformación más notoria.
- En muchos casos existe más de una opción combinatoria pero generalmente las tablas muestran un solo ejemplo, con lo que hay que tomar la imagen como representativo del universo posible.
- En los casos donde el Elemento tiene mayor cantidad de puntos topológicos que la cantidad de LC decisión es arbitraria con respecto a que LC utilizar.
- No hay medidas reales en estos esquemas (Ej.: la longitud de una cuerda cambia según los parámetros utilizados para poder mejor ilustrar el caso).
- Se emplea la categoría 0D (cero dimensión) para poder ordenar y hacer fluir mejor el continuum de transformaciones presente en muchos de los mapas, y a veces se le asigna un valor real a dicha dimensión, como cuando nos referimos a elementos topológicos (vértice) o elementos físicos (nodo o nudo).

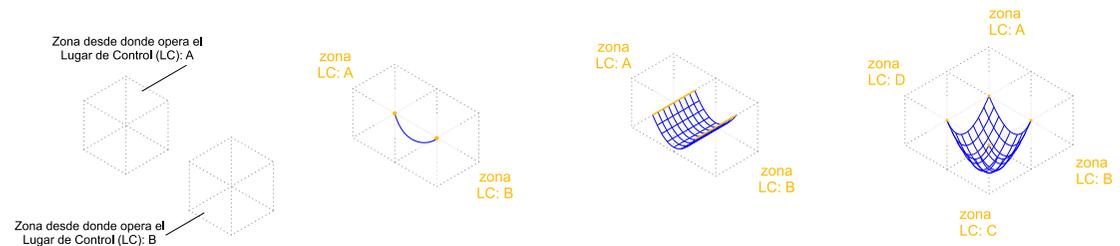
Códigos Visuales

Leyenda

- = n.a. = no aplicable
- = n.b. = no abordado
- = no corresponde completar celda
- ? = no se sabe (aún)
- ... = serie infinita
- n = número finito indeterminado
- 1 = coordenadas
- = **celdas activas** (se agregan datos)



Ejes, planos y volúmenes genéricos de referencia



Visualización general del elemento de referencia

1 Tablas de Referencia

1 Referencias

1a Elementos

Eje \ Elemento	x	y	z
0D			
1D			
2D			
3D			

1b Lugares de Control (LC)

Eje \ Lugar de control	x	y	z
0D			
1D			
2D			
3D			

1c Movimientos

Eje \ Movimiento	x	y	z
a			
b			
c			
d			

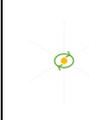
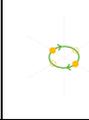
Nota

Se muestra el Elemento en un estado abstracto de tensión total.

1 Referencias

1d Movimientos del LC - Punto

caso genérico

Eje \ Movimiento	x	y	z
a			
b			
c			
d			

1 Referencias

1e Movimientos del LC - Línea

caso x

Eje \ Movimiento	x	y	z
a			
b			
c			
d			

caso y

Eje \ Movimiento	x	y	z
a			
b			
c			
d			

caso z

Eje \ Movimiento	x	y	z
a			
b			
c			
d			

1 Referencias

1f Movimientos del LC - Plano

caso x

Eje \ Movimiento	x	y	z
a			
b			
c			
d			

caso y

Eje \ Movimiento	x	y	z
a			
b			
c			
d			

caso z

Eje \ Movimiento	x	y	z
a			
b			
c			
d			

1 Referencias

1g Movimientos del LC - Volumen

caso genérico

Eje / Movimiento	x	y	z
a			
b			
c			
d			

2 Mapas de Catenarias Estáticas

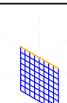
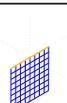
2 Catenarias Estáticas

Catenarias Estáticas con 1LC

2a Línea con 1LC

Eje \ Lugar de control	x	y	z
0D			
1D			
2D			
3D			

2b Plano con 1LC

Eje \ Lugar de control	x	y	z
0D			
1D			
2D			
3D			

2c Volumen con 1LC

Eje \ Lugar de control	x	y	z
0D			
1D			
2D			
3D			

Nota

En el caso 0d el LC se ha tomado en el centro del vértice.

2 Catenarias Estáticas

Catenarias Estáticas con 2LC

2d Línea con 2LC



Coordenadas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
 Lugar de Control B A Lugar de Control	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

2 Catenarias Estáticas

Catenarias Estáticas con 2LC

2e Plano con 2LC

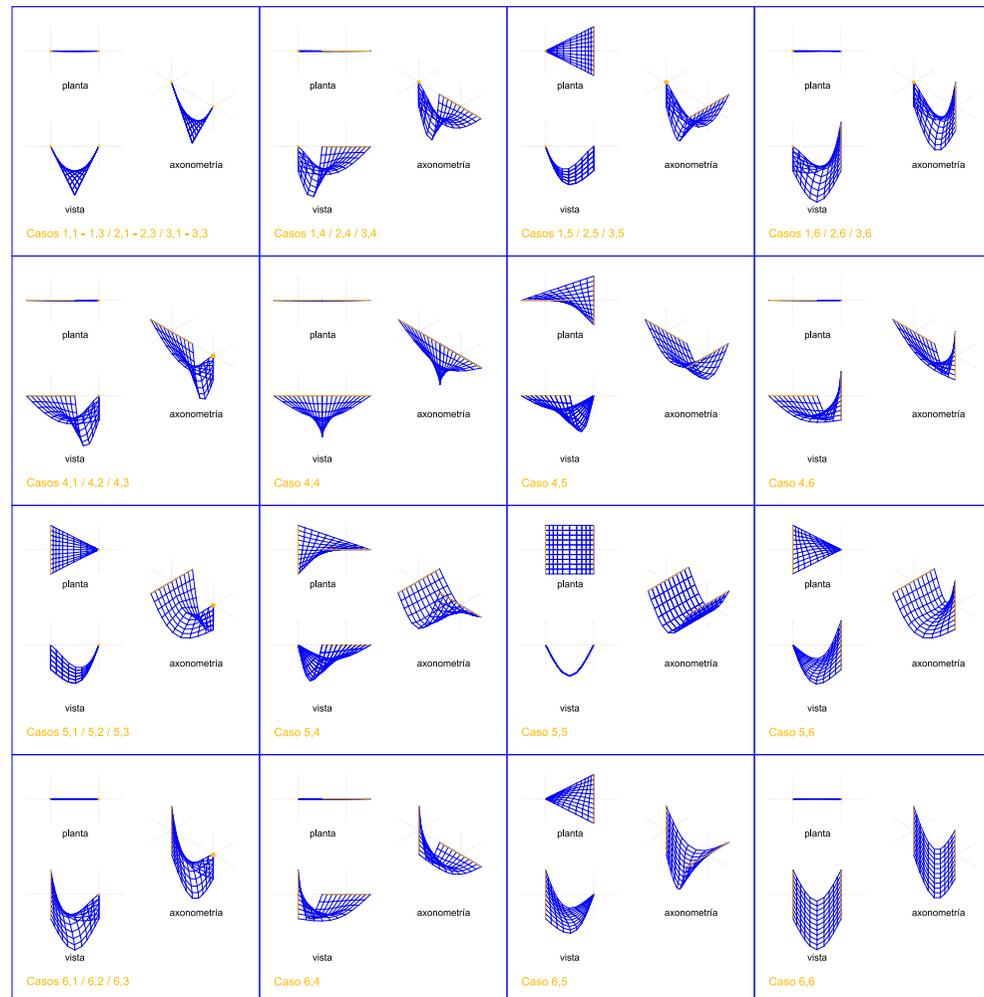
con celdas activas



Coordenadas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

2 Catenarias Estáticas

celdas activas de 2e Plano con 2LC



2 Catenarias Estáticas

Catenarias estáticas con 2LC

2f Volumen con 2LC

Coordenadas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
 Lugar de Control B A Lugar de Control												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

3 Mapas de Catenarias Dinámicas

3 Catenarias Dinámicas

Catenarias Dinámicas con 1LC

3a Línea con 1LC

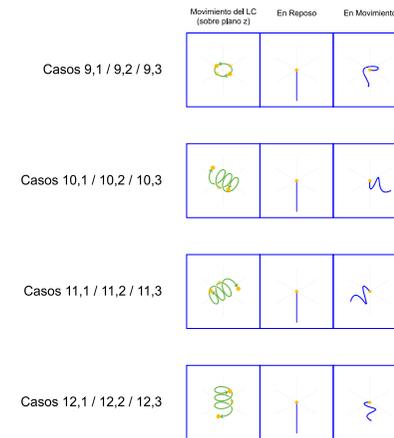
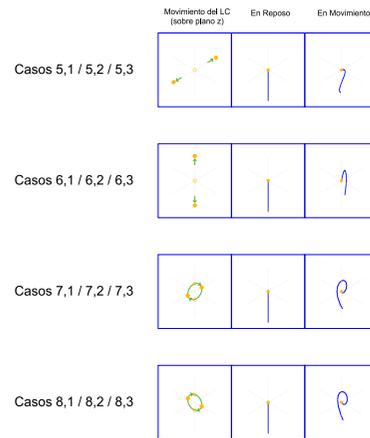
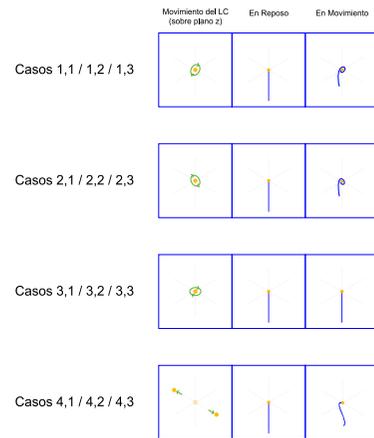
con celdas activas



Coordenadas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

3 Catenarias Dinámicas

celdas activas de 3a Línea con 1LC



3 Catenarias Dinámicas

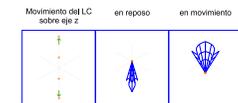
Catenarias Dinámicas con 1LC

3b Plano con 1LC

con celdas activas



Coordenadas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												



Caso 6,3

3 Catenarias Dinámicas

Catenarias Dinámicas con 1LC

3c Volumen con 1LC

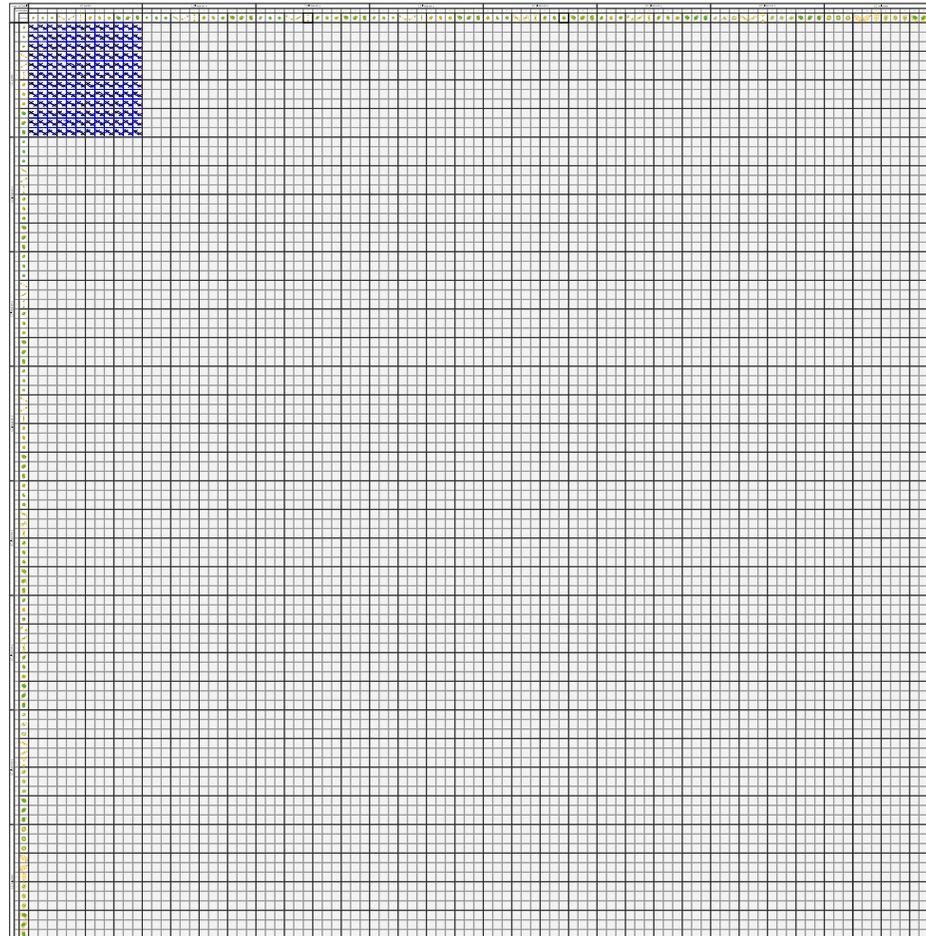
Coordenadas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
 Lugar de Control B A Lugar de Control	 x	 y	 z									
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

3 Catenarias Dinámicas

Catenarias Dinámicas con 2LC

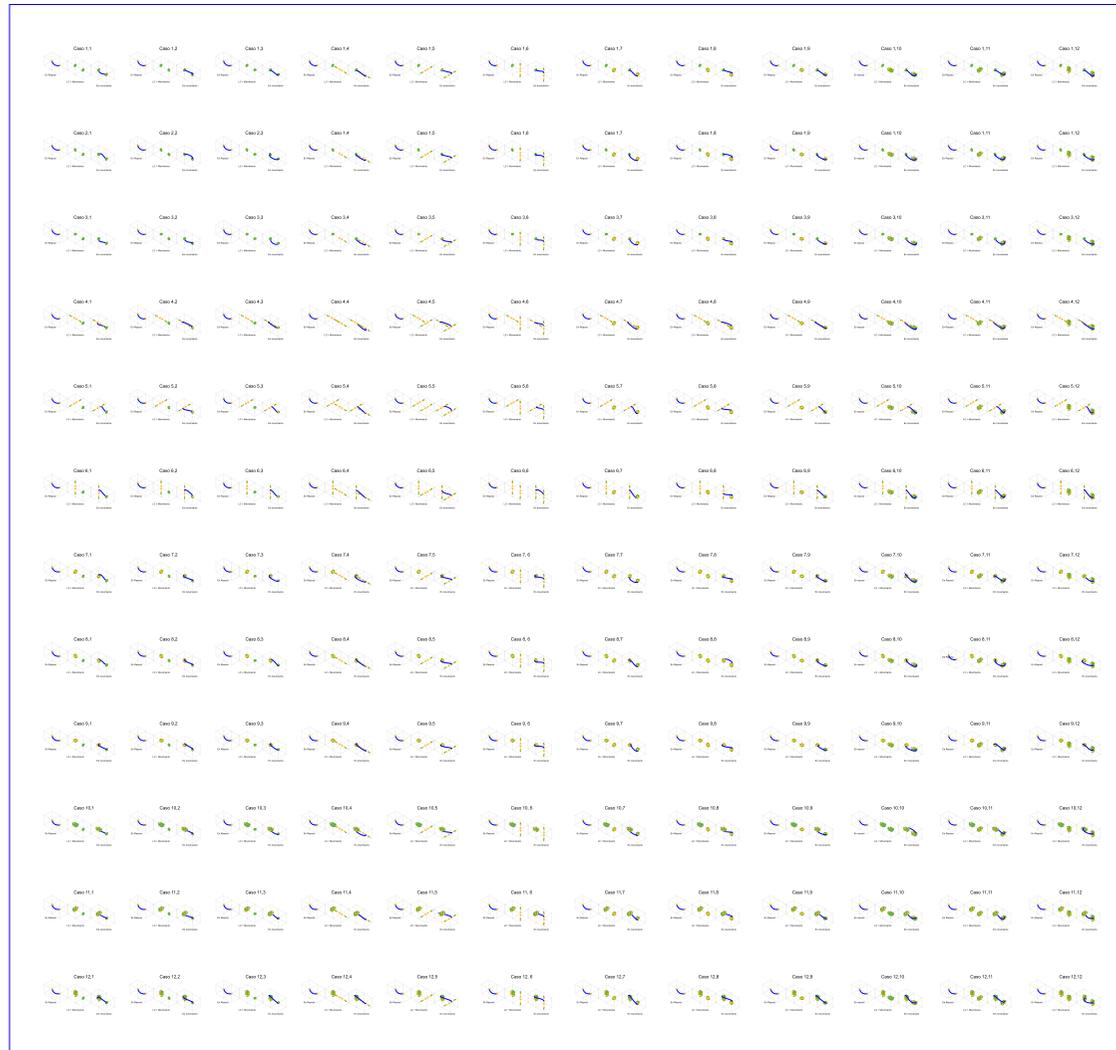
3d Línea con 2LC

con celdas activas



3 Catenarias Dinámicas

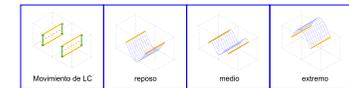
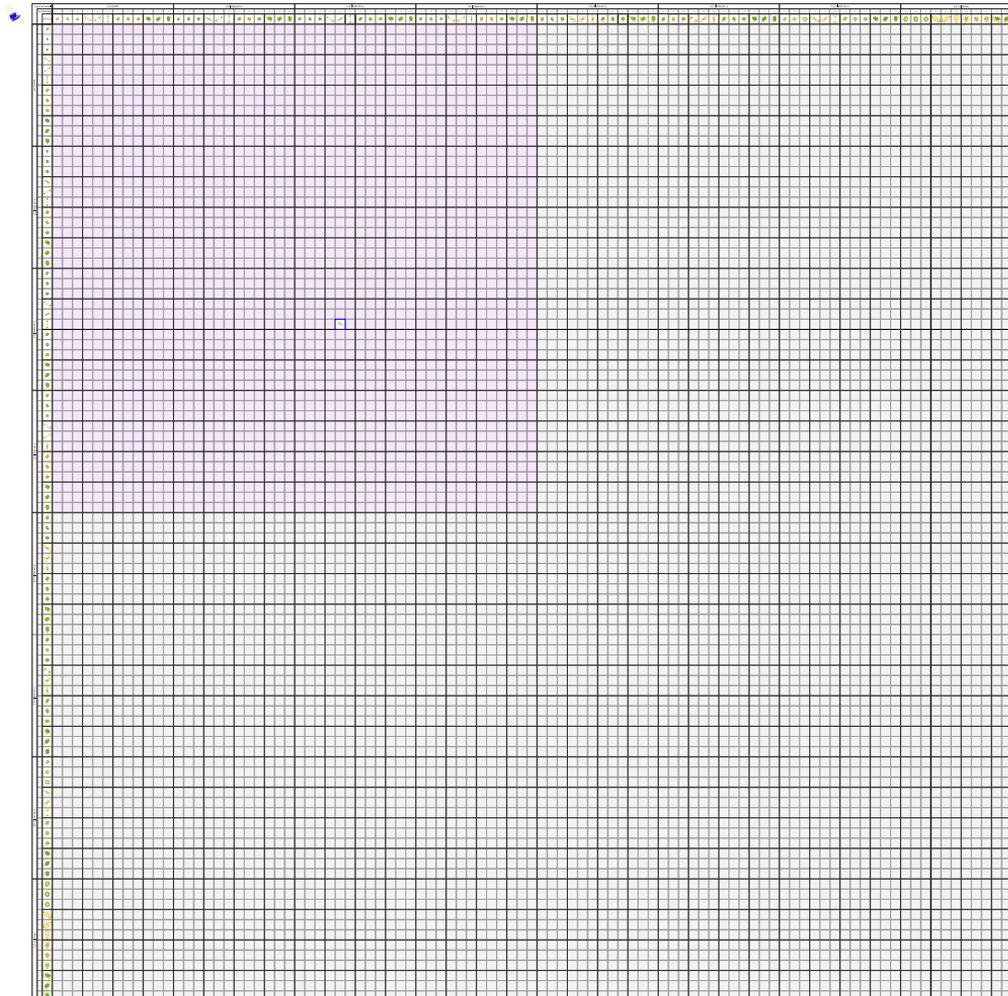
celdas activas de 3d Línea con 2LC



3 Catenarias Dinámicas

Catenarias Dinámicas con 2LC

3e Plano con 2LC con celdas activas

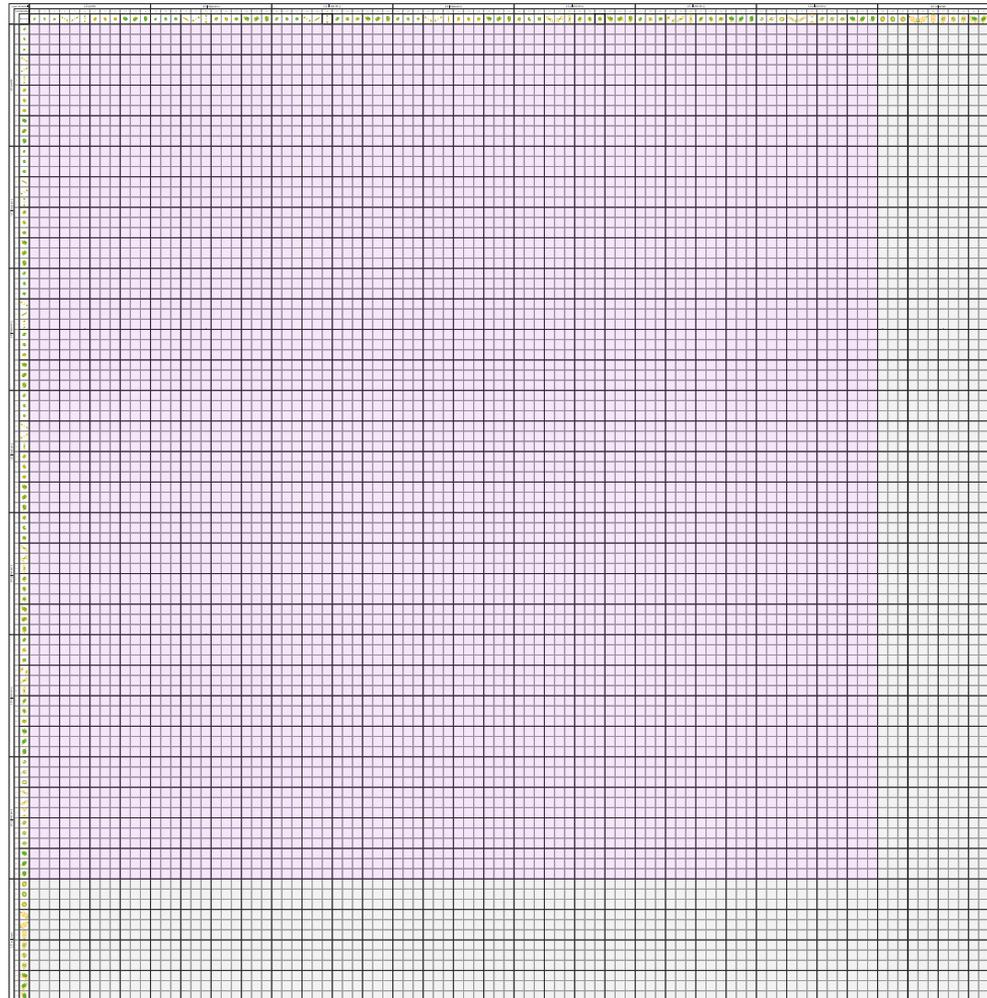


Caso 30,30

3 Catenarias Dinámicas

Catenarias Dinámicas con 2LC

3f Volumen con 2LC

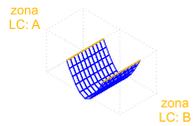


4 Mapas de Casos Especiales

4 Casos Especiales

Casos Especiales

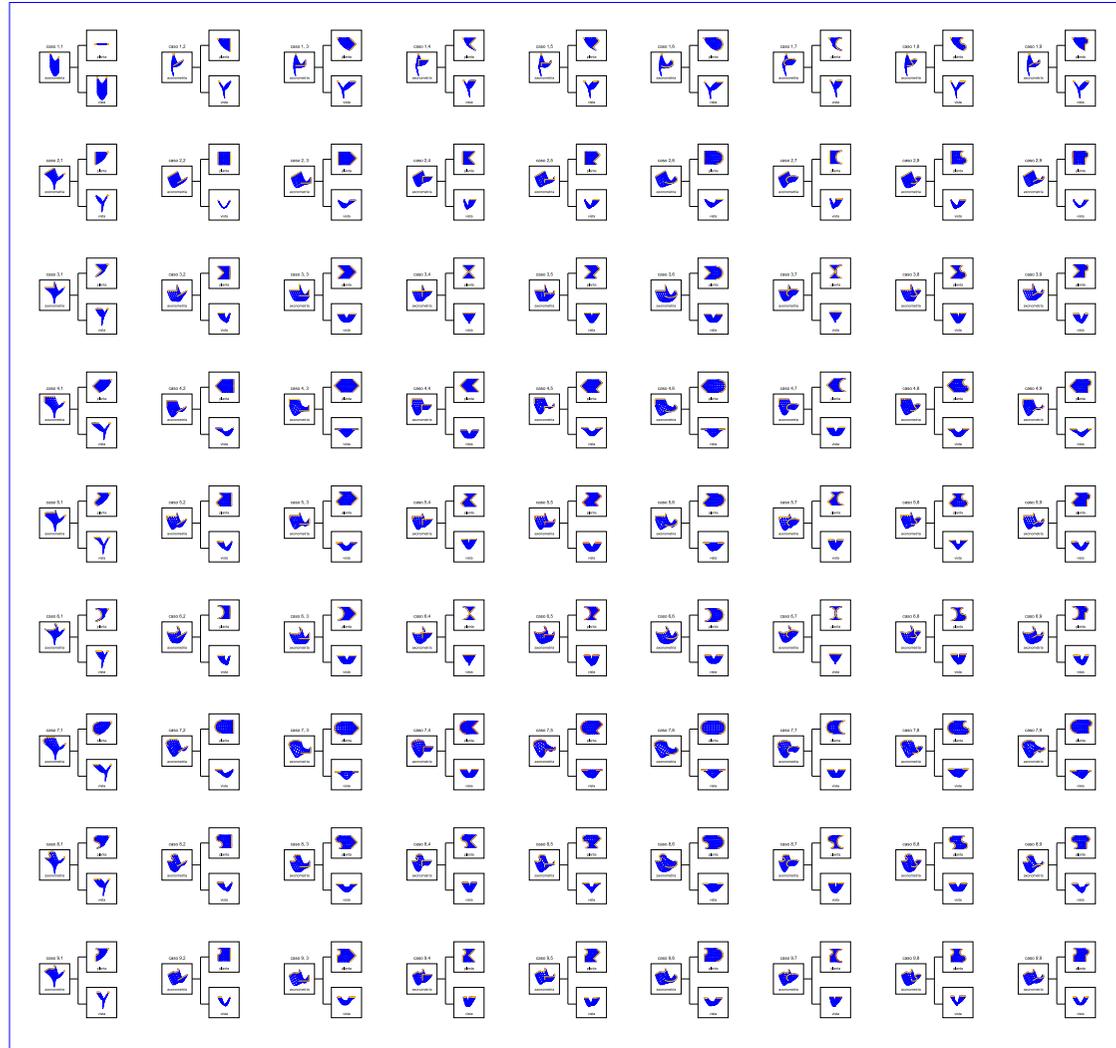
4a Plano con 2 LC Elemento: **Plano** en plano z, LC: línea en eje x
con celdas activas



Coordenadas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;"> Lugar de Control B A Lugar de Control </div>											—
1												—
2												—
3												—
4												—
5												—
6												—
7												—
8												—
9												—
...	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

4 Casos Especiales

con celdas activas de 4a Plano con 2LC

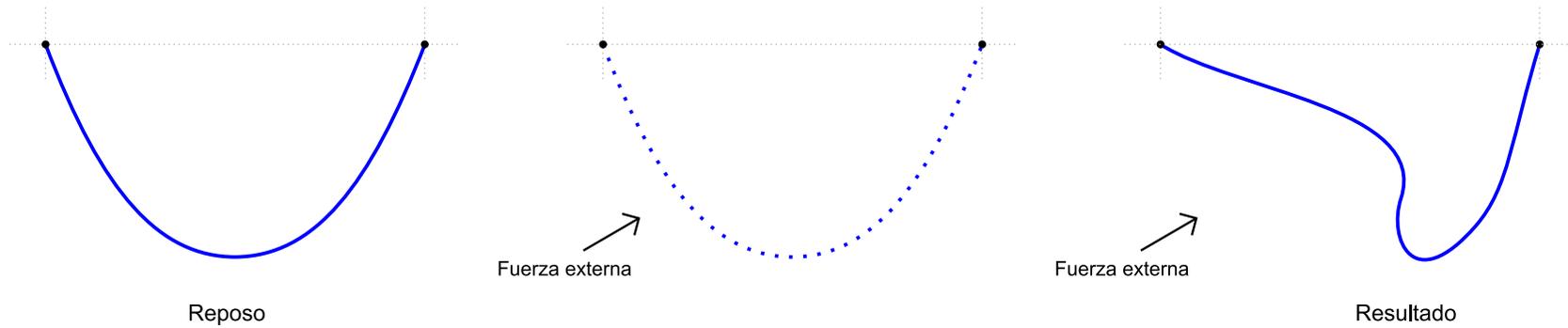


D. Nuevas Ideas

- Fuerzas Complementarias
- Espacios Transformativos
- Catenarias Irregulares
- Catenarias Modulares
- Catenovoide
- Sonido Catenario

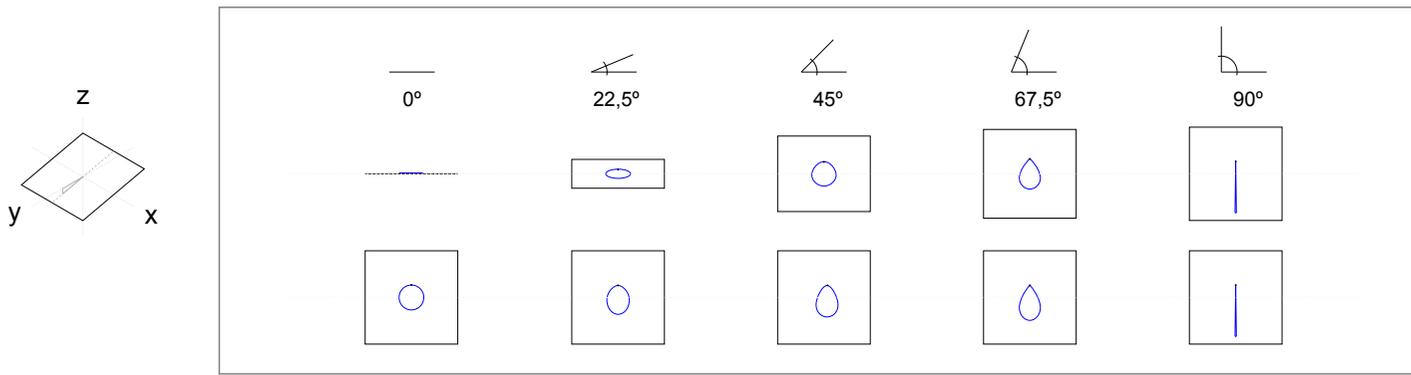
Fuerzas Complementarias

Se pueden aplicar fuerzas complementarias y externas a la gravedad en las formas catenarias, incluyendo flujos como aire, agua, magnetismo y otros tipos de intervenciones que modifiquen las reacciones predecibles de una cuerda catenaria simple. En esta ilustración se ve la deformación sugerida de una curva catenaria debido a un agente externo indeterminado.

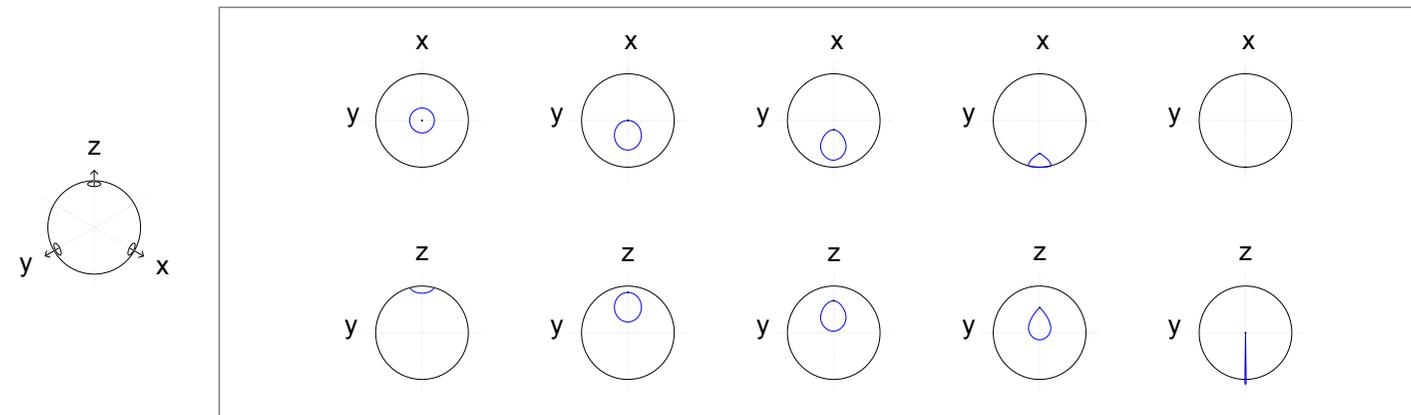


Espacios Transformativos

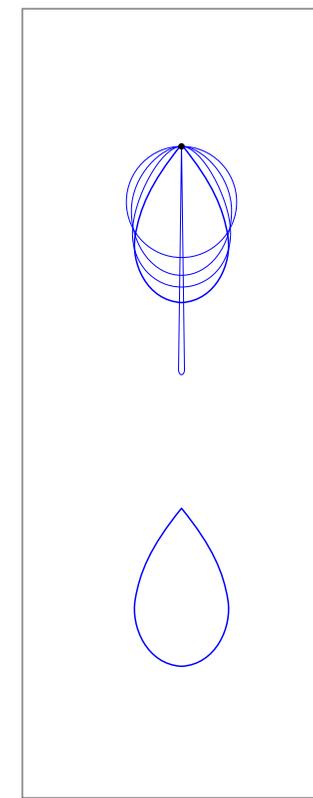
Las catenarias pueden ocurrir en un espacio no convencional de modo tal que se deforma la acción de la fuerza gravitacional pura. Esta idea está relacionada con el concepto de catenarias semi-libres descrita en el glosario. En este caso se desarrolla la idea de la **Gota Catenaria**, viendo la transformación de un anillo catenario (una cuerda dispuesta en forma circular) que empieza en reposo horizontal sobre un plano, a partir del cual comienza su continua transformación hasta llegar a conformar una línea recta de doble espesor. Los ejemplos ilustrados corresponden a dos situaciones distintas. Por un lado se ve esta transformación del círculo en línea (pasando por distintas instancias "góticas") a través de la inclinación gradual de una superficie plana. En el segundo caso se ve la misma transformación pero esta vez la catenaria se desliza sobre una superficie esférica. En todos los casos esta idea de Espacios Transformativos puede existir para catenarias estáticas o dinámicas. Las transformaciones en estos dos casos ilustrados son sobre catenarias estáticas.



gota catenária sobre plano inclinado



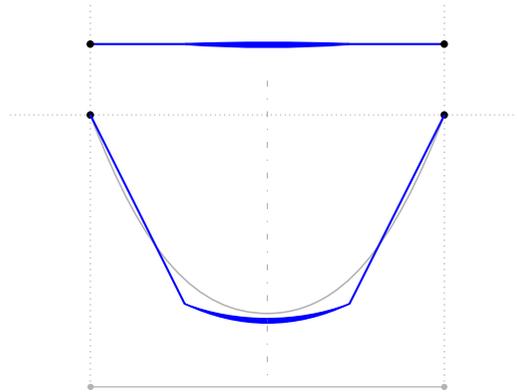
gota catenária sobre superficie esférica



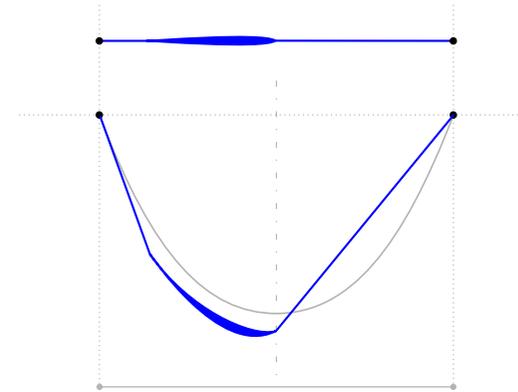
transformación de círculo en gota catenária

Catenarias Irregulares

Se pueden crear formas catenarias empleando elementos con características especiales en vez de las homogéneas y convencionales. Esto puede ocurrir en 2 o 3 dimensiones, tanto estático como dinámico. El ejemplo ilustrado de manera esquemática contempla una cuerda heterogénea en su espesor y su consiguiente deformación como curva catenaria.



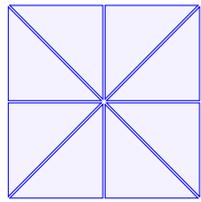
catenaria heterogénea simétrica



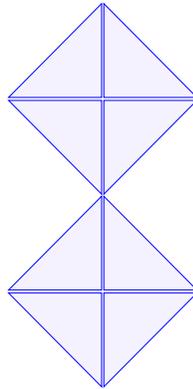
catenaria heterogénea asimétrica

Catenarias Modulares

Una superficie determinada (catenaria en este caso) puede ser generada a partir de módulos (regulares y/o semi regulares). Este abordaje a la generación de formas catenarias difiere del más conocido como “traslación”. En el caso propuesto (aplicable en 2D y 3D) se ve un módulo esquemático repetido en el espacio en distintas orientaciones y configuraciones, una especie de teselado espacial no periódico.



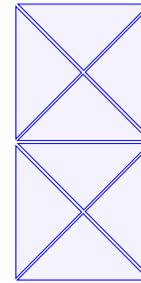
superficie completa



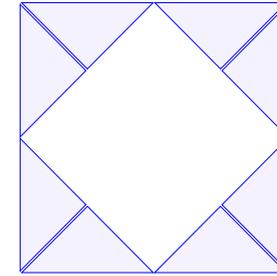
versión 1



versión 2



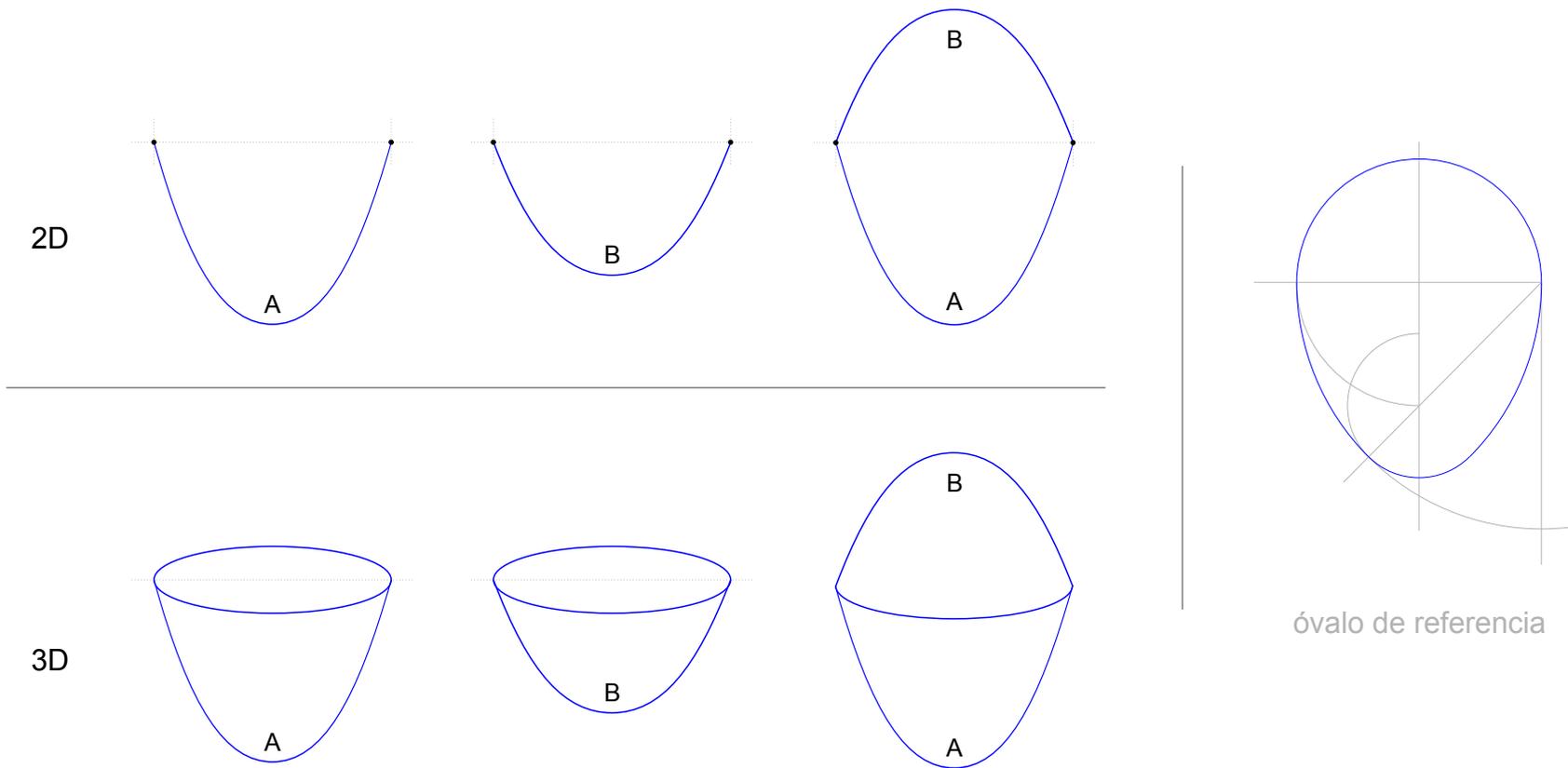
versión 3



versión 4

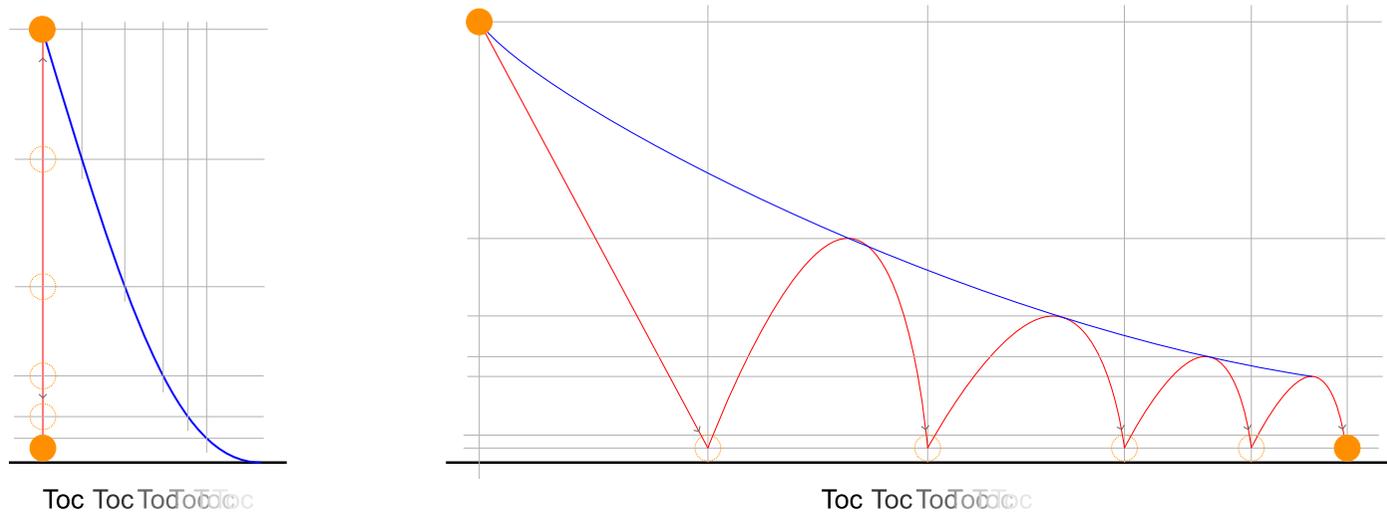
Catenovoide

Este término es propuesto como aproximación a formas ovoidales (2D y 3D) basado en geometrías catenaricas para generar formas parecidas a las ovaladas, con la cual quizás tengan alguna relación directa, aun no explicitada.



Sonido Catenario

Hemos imaginado situaciones donde la gravedad influye en el ritmo de una acción sonora recurrente, que según la esencia de la curva catenaria podría interpretarse como un sonido que refleja el movimiento organizado regido por la gravedad. En el caso ilustrado se esquematiza una pelotita (de ping-pong) rebotando con una frecuencia que va en aumento. Luego se ve una variación de este ejemplo con desplazamiento horizontal, probablemente tendiente a reflejar un sonido más parabólico, como la de un proyectil, pero expresados en fragmentos en vez de una continuidad.



Anexo

Ejemplos de productos concretos (Butterfly / Nets / Hamacas)

Anexo Ejemplos de productos concretos

En las siguientes imágenes se ven ejemplos de tres proyectos:

1. una familia de productos llamados **Butterfly Collection**
2. un concepto de redes usado de manera no convencional para equipamiento llamado **Nets**
3. modelos para un nuevo sistema para **Hamacas Catenarias**

Anexo Ejemplos de productos concretos

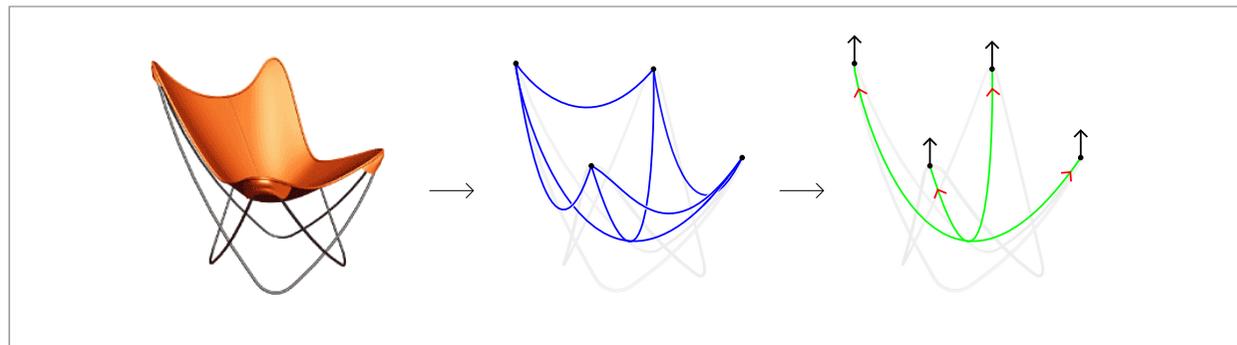
Butterfly



Se trata de mobiliarios diseñados para la puesta en producción de una partida piloto. Se hicieron unas 200 piezas de modo semi-industrial. Los dibujos dan cuenta de las 10 piezas que se desarrollaron, pero previo a estas hubo una instancia de prototipos escala 1:1 de 22 modelos.

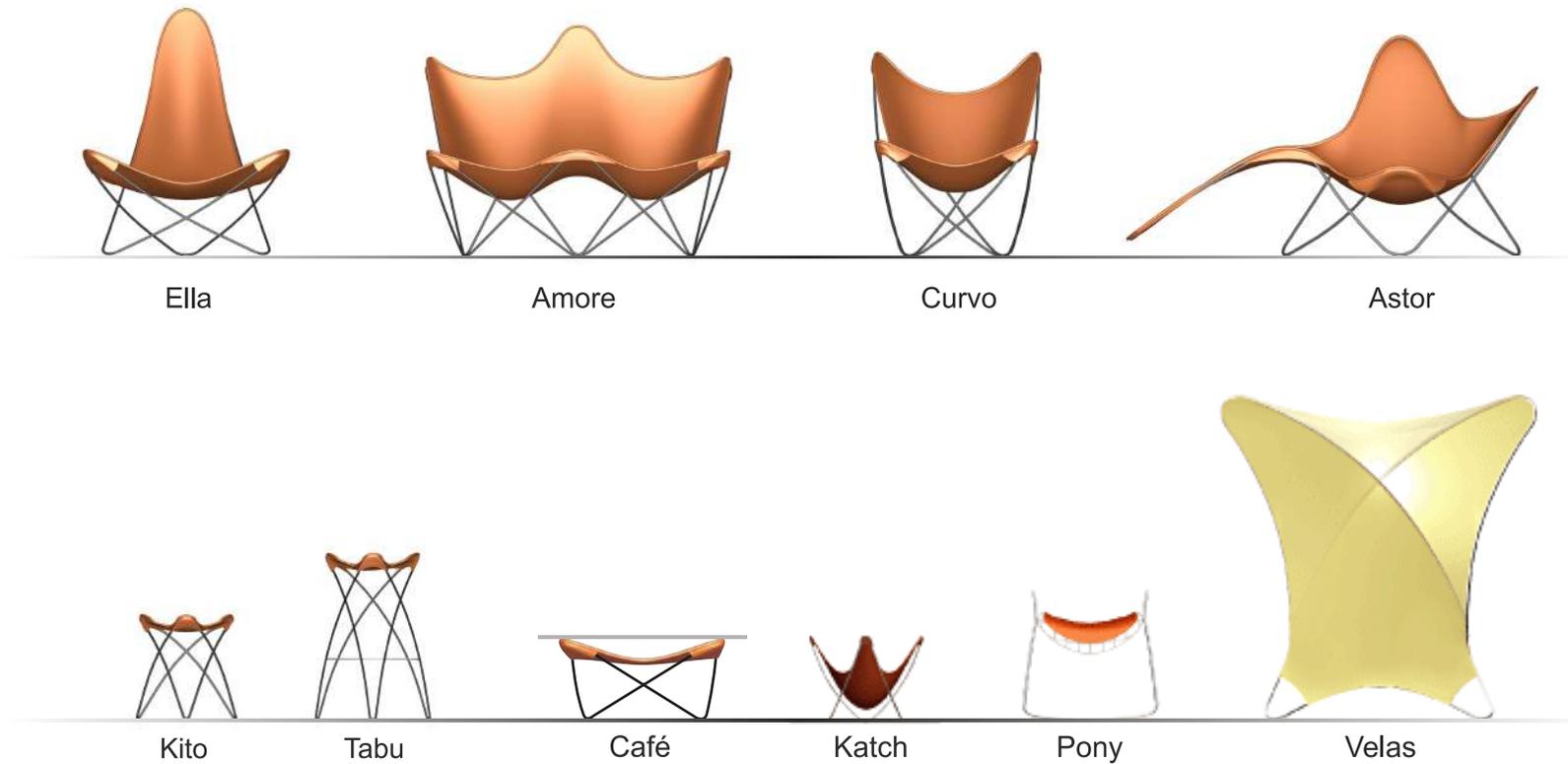
La colección Butterfly está inspirada en el célebre sillón BKF, ya convertido en objeto de culto tanto en la cultura popular como en la intelectual. El diseño original data de 1938 y es obra de los arquitectos argentinos Jorge Ferrari-Hardoy y Juan Kurchan, junto al arquitecto catalán Antonio Bonet. La empresa Knoll International puso en producción este icono del diseño moderno en 1947 bajo licencia de sus autores, desde entonces también conocida como el “Butterfly Chair”

Los valores representados por este icono incluyen la liviandad, transparencia y convivencia de pares complementarios tales como blando/duro, animal/mineral, flexible/rígido y artesanal/industrial. Los diseños de los muebles se caracterizan por su pureza y superficies de doble curvatura, borrando los límites entre afuera y adentro, frente y dorso, gracias a la continuidad de sus líneas y planos. La experiencia de sentarse sobre estas superficies es la de estar suspendido en el aire, sostenido por tracción pura. Una síntesis de las cualidades universales y atemporales que hacen al BKF mantener su vigencia desde su creación original.



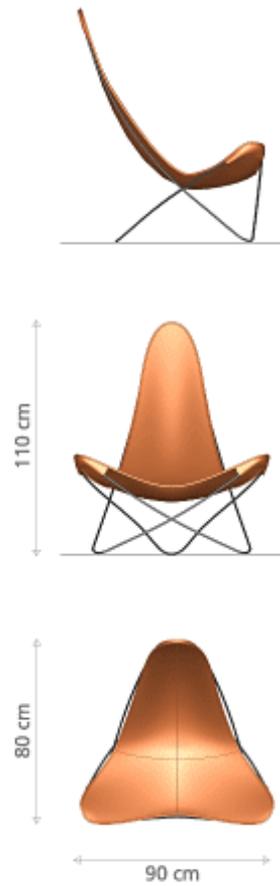
Anexo Ejemplos de productos concretos

Butterfly Familia



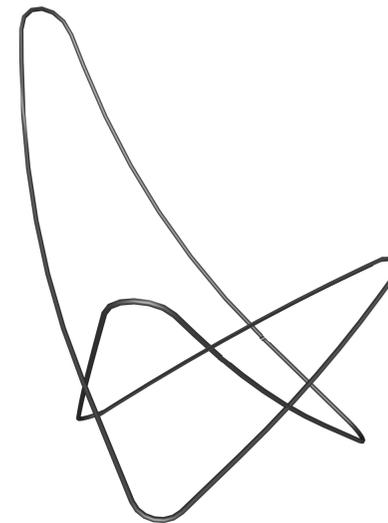
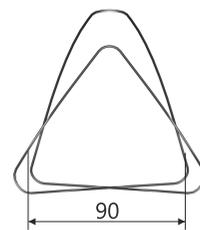
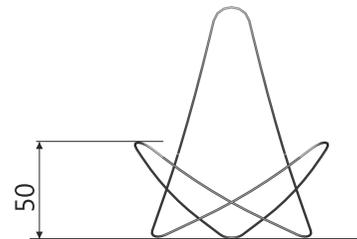
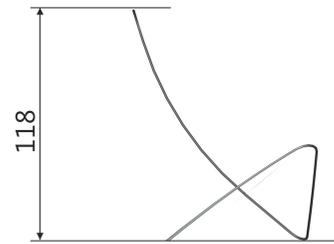
Anexo Ejemplos de productos concretos

Butterfly
Ella



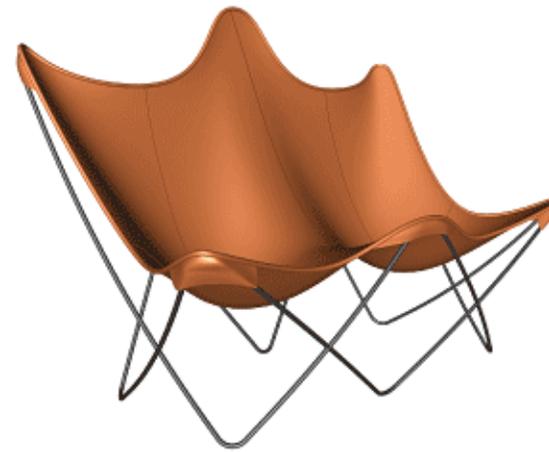
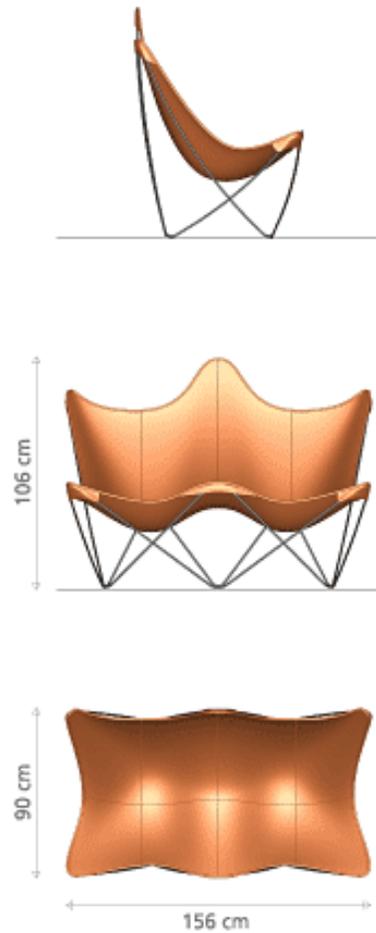
Anexo Ejemplos de productos concretos

Butterfly
Ella



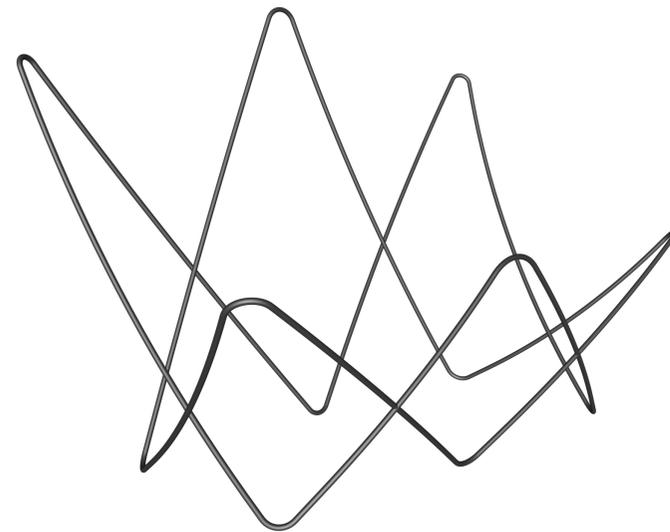
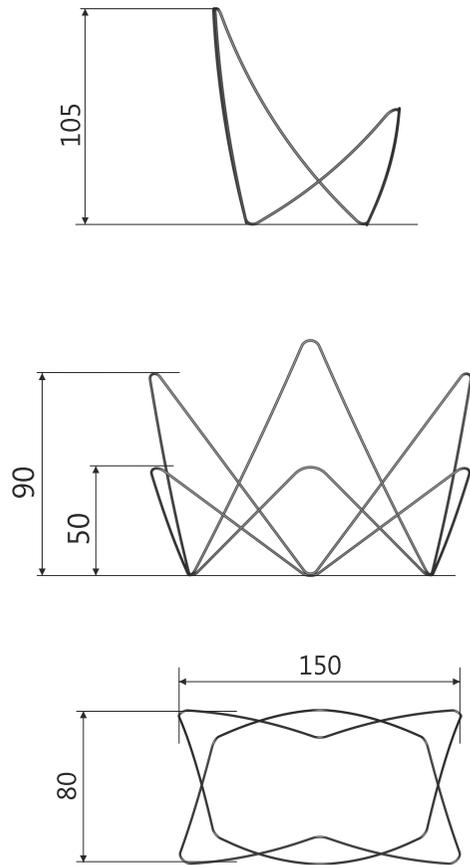
Anexo Ejemplos de productos concretos

Butterfly Amore



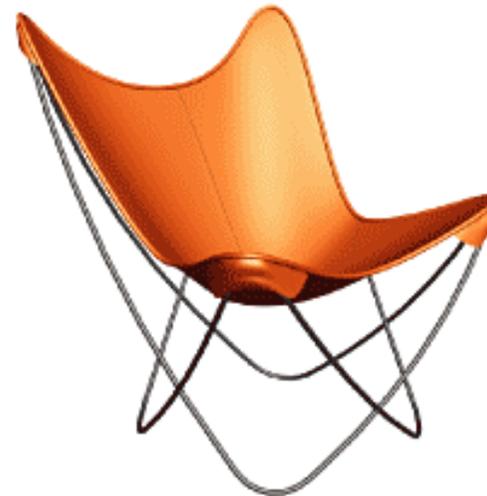
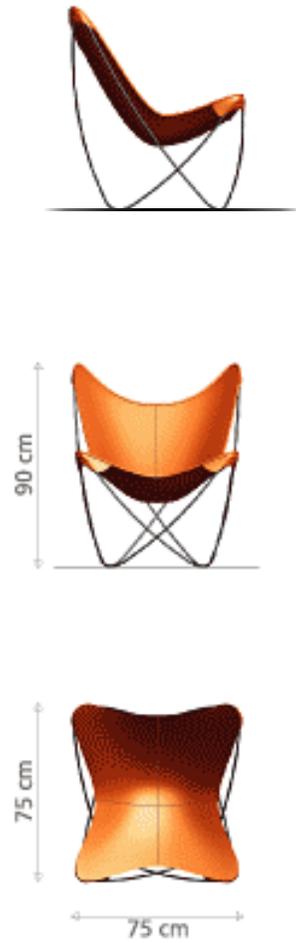
Anexo Ejemplos de productos concretos

Butterfly
Amore



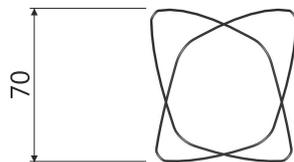
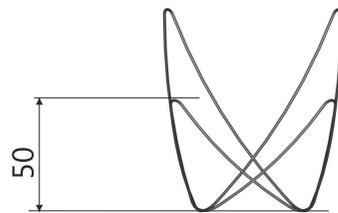
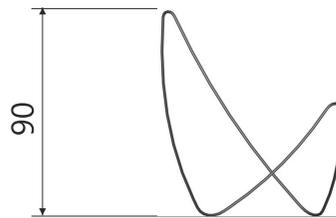
Anexo Ejemplos de productos concretos

Butterfly Curvo



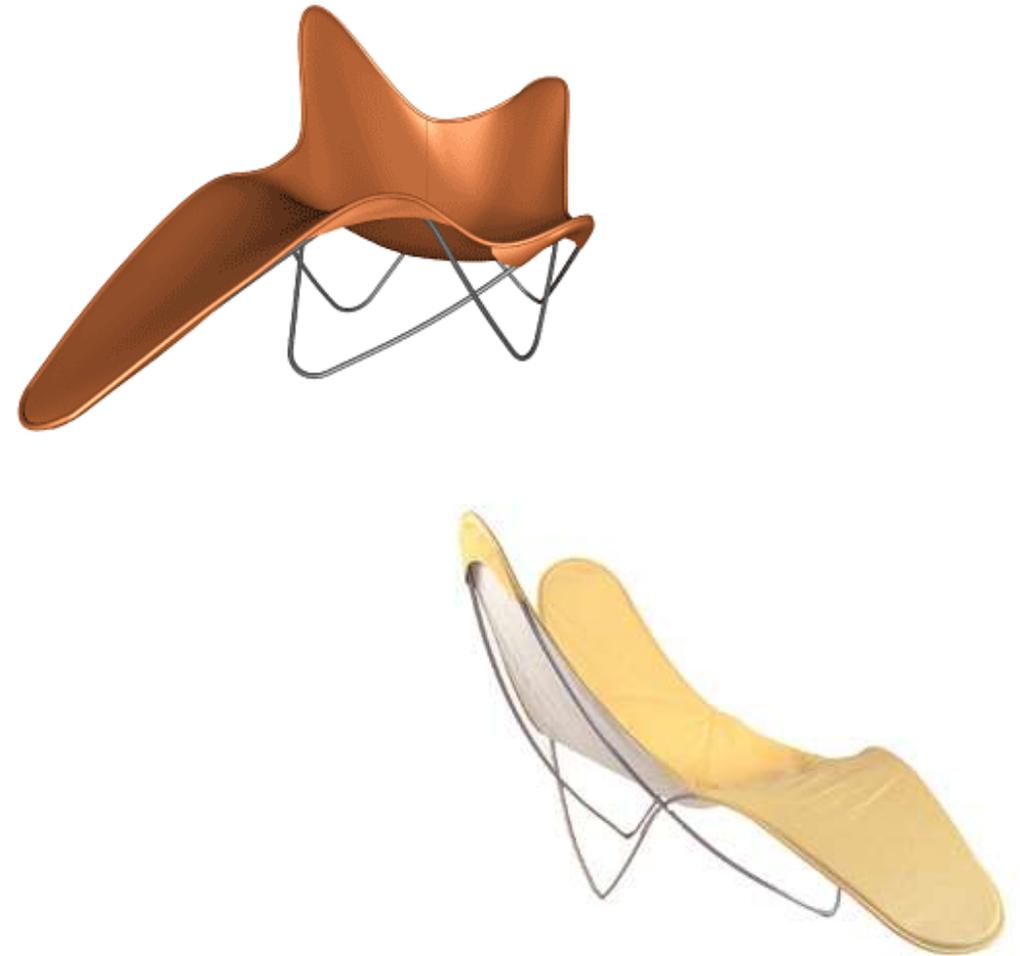
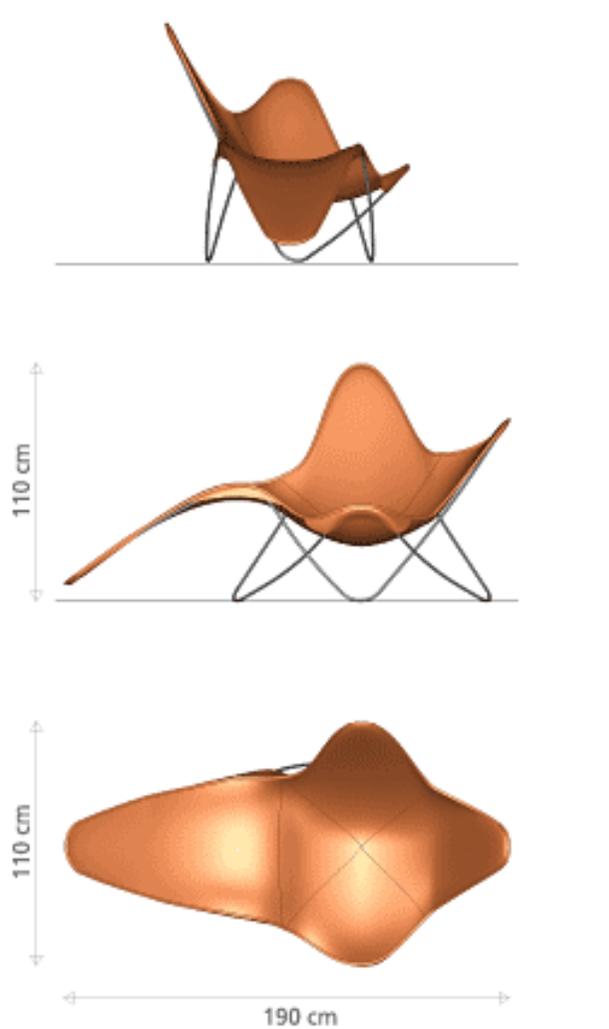
Anexo Ejemplos de productos concretos

Butterfly Curvo



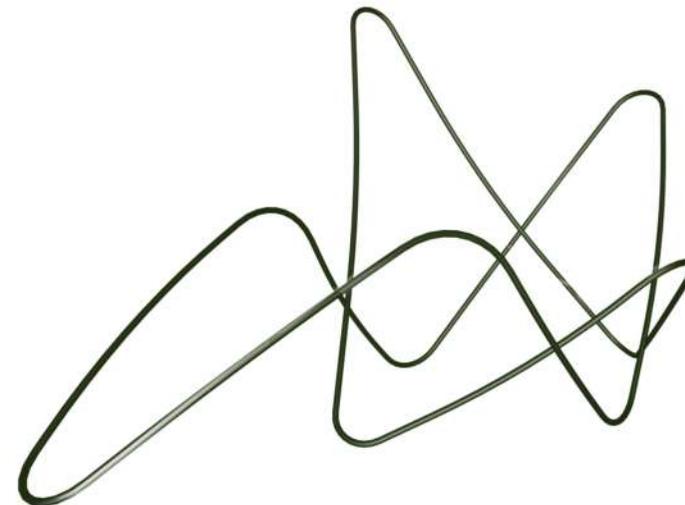
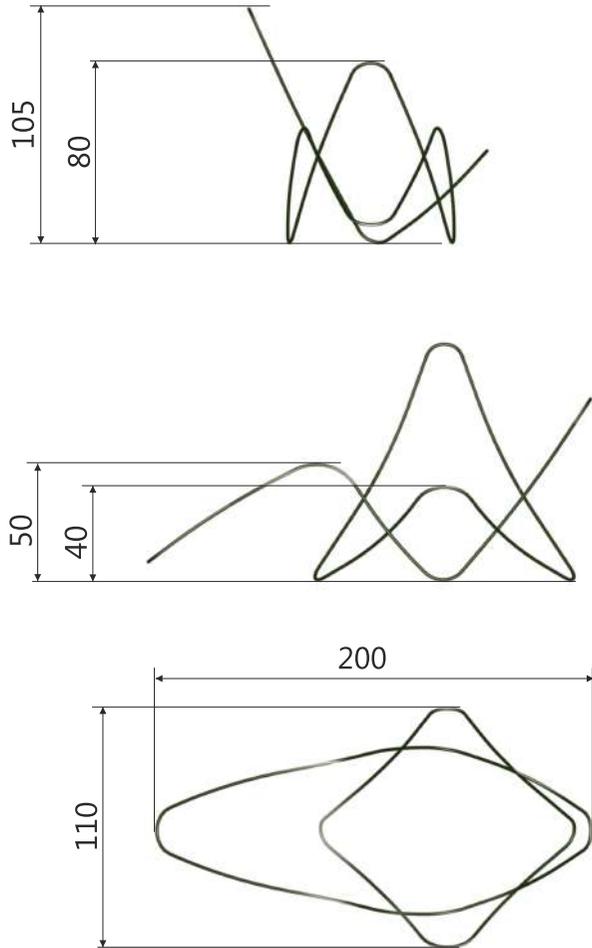
Anexo Ejemplos de productos concretos

Butterfly
Astor



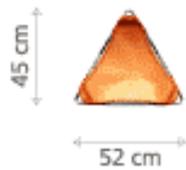
Anexo Ejemplos de productos concretos

Butterfly
Astor



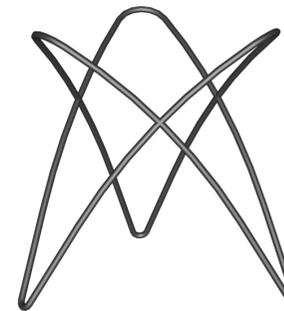
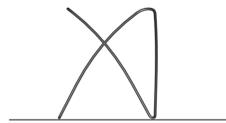
Anexo Ejemplos de productos concretos

Butterfly Kito



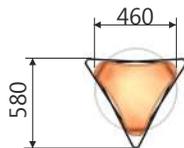
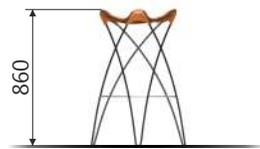
Anexo Ejemplos de productos concretos

Butterfly
Kito



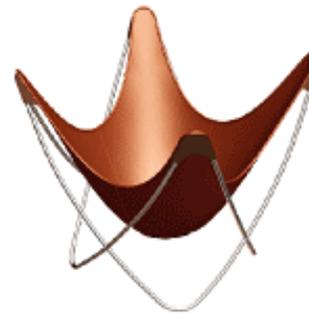
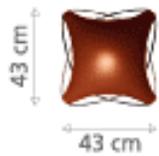
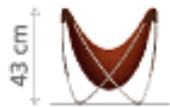
Anexo Ejemplos de productos concretos

Butterfly Tabu



Anexo Ejemplos de productos concretos

Butterfly Katch



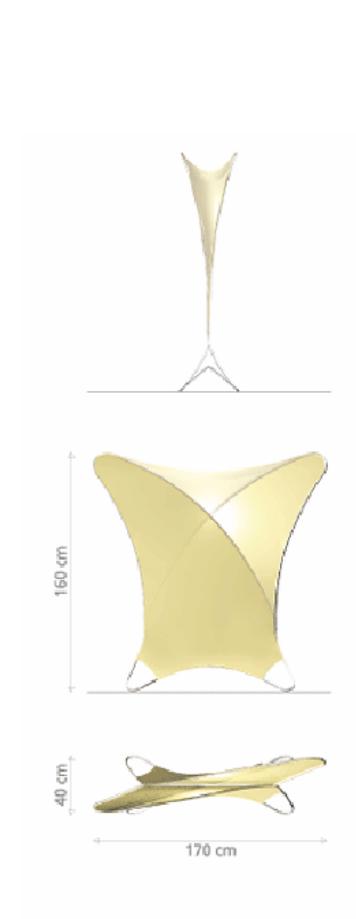
Anexo Ejemplos de productos concretos

Butterfly Café



Anexo Ejemplos de productos concretos

Butterfly Velas



Anexo Ejemplos de productos concretos

Butterfly Pony



Anexo Ejemplos de productos concretos

Nets



Esta serie de redes empleadas en diversos productos de escala pequeña buscan aprovechar las ventajas de las cuerdas catenarias trasladadas a una red colgante para aprovechar la forma eficiente y bella que tiene en su caída. Se han llevado estos diseños a comprobación en modelos en escala, variando tensiones y grados de estabilidad, comprendiendo situaciones de triangularización y equilibrio de fuerzas para lograr situaciones estables según su carga cambiante.

- Sistema de biblioteca colgante
- Sistema de estanterías colgantes
- Sistema de contenedores y estanterías colgantes
- Sistema contenedor transformable según su volumen, mostrado en versión semirrígida

Anexo Ejemplos de productos concretos

Nets

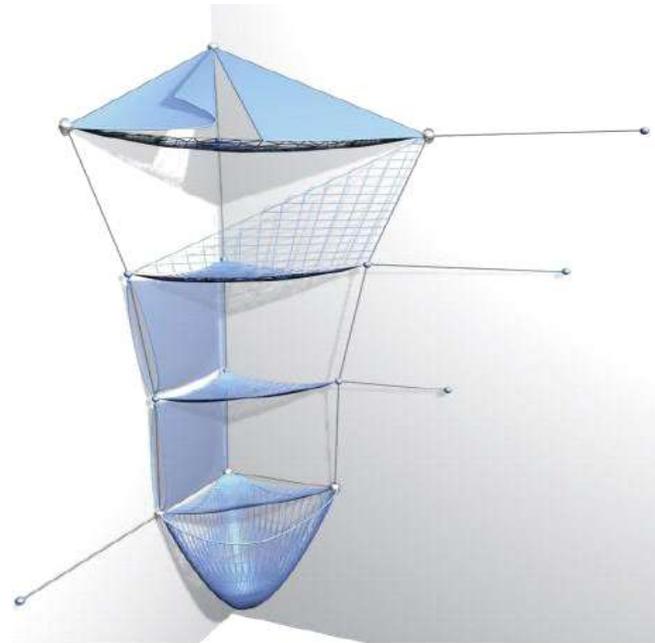
Sistema de biblioteca colgante



Anexo Ejemplos de productos concretos

Nets

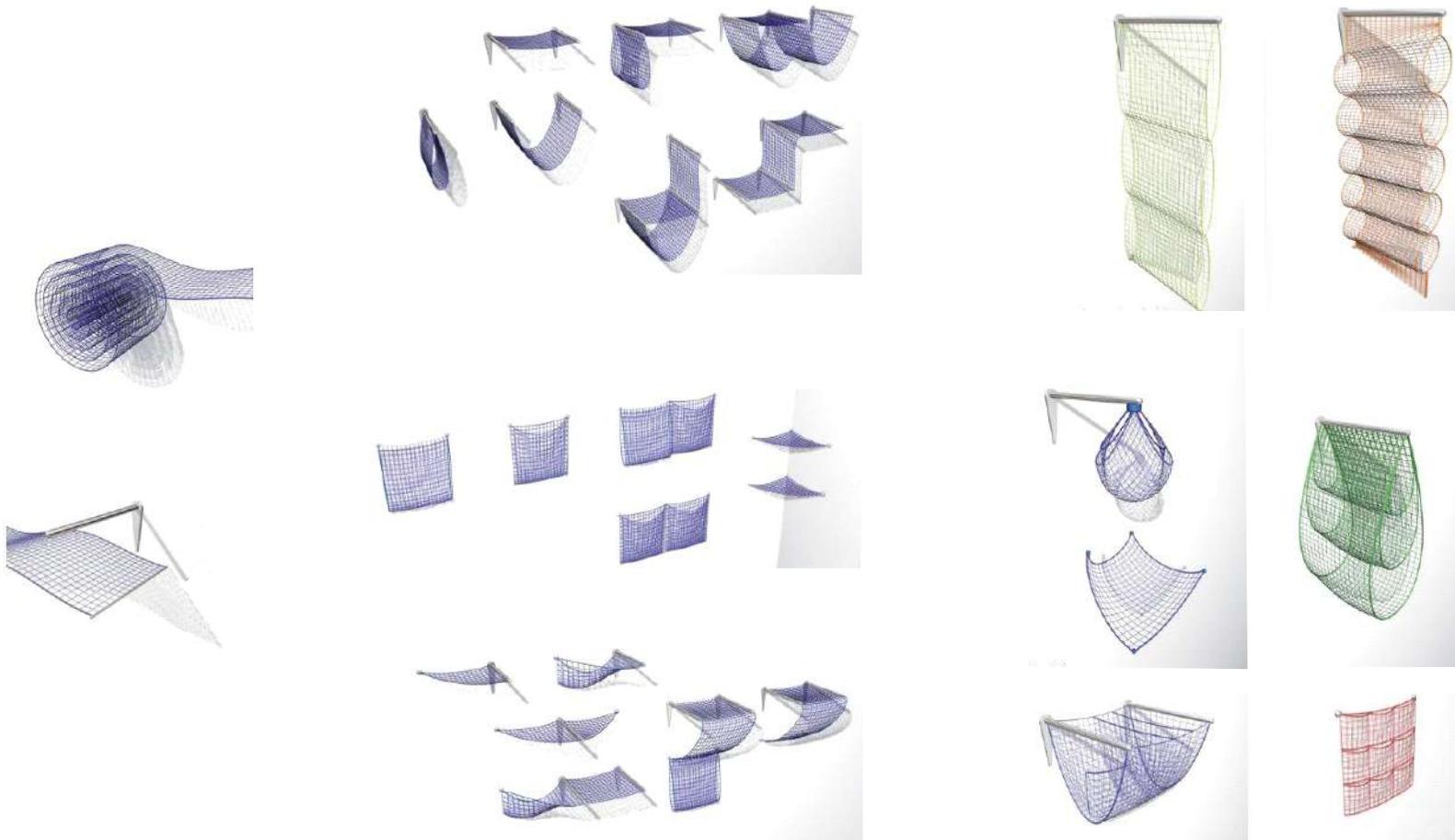
Sistema de estantería colgante



Anexo Ejemplos de productos concretos

Nets

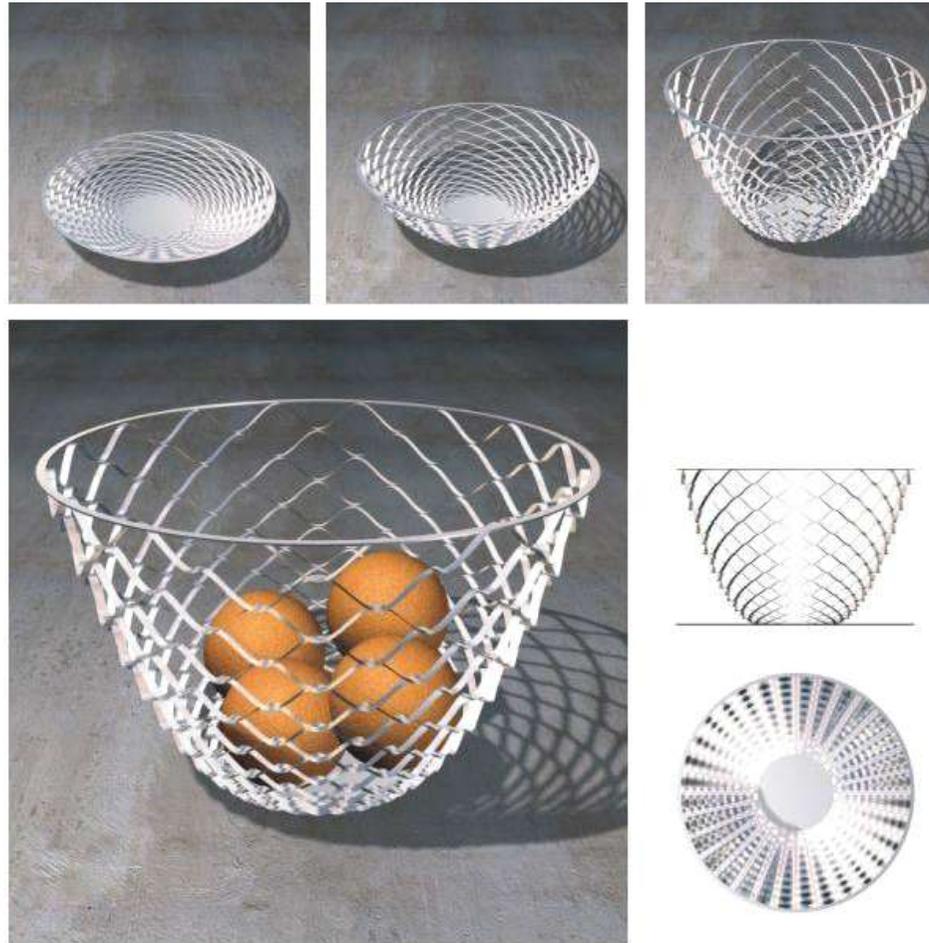
Sistema de contenedores y estanterías colgantes



Anexo Ejemplos de productos concretos

Nets

Sistema de contenedor transformable según su volumen, mostrado en versión semirrígida



Anexo Ejemplos de productos concretos

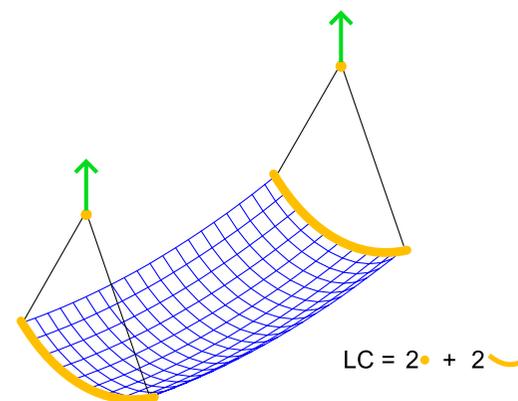
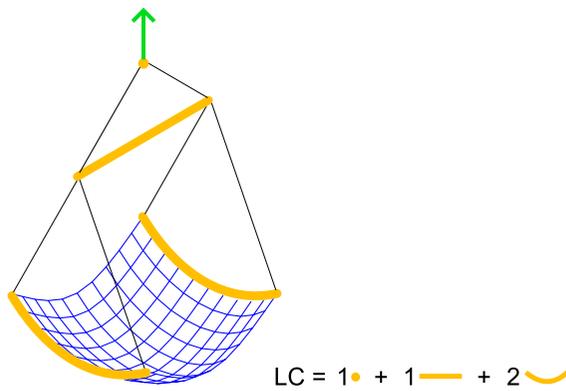
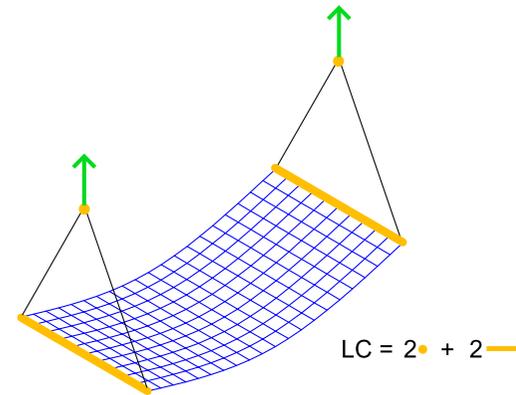
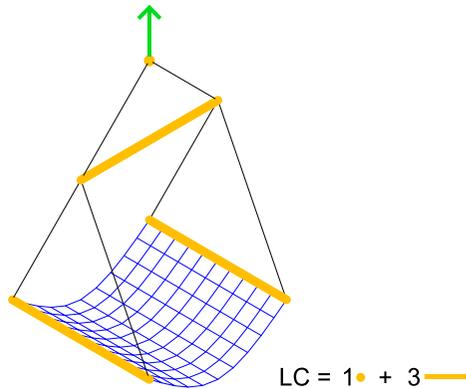
Hamacas



Estos diseños están basados en una actualización de lo conocido tradicionalmente como la “hamaca paraguaya”. Los parámetros que se tomaron para estos modelos de estudio incluyen variaciones en las configuraciones y cantidades de los puntos de sustentación. Exploraciones a nivel material están en proceso, pero aún no concluido, buscando emplear textiles cuyo comportamiento sean más ergonómicos y adaptables a las distintas posiciones que los cuerpos adquieren durante su uso. Los prototipos hasta el momento de la tesis están enfocados en la ergonomía de la experiencia, ajustando variables relacionado con el tipo de material (red) empleada y el grado de elasticidad que poseen en relación a su función.

Anexo Ejemplos de productos concretos

Hamacas



... Atlas de Catenarias

3.3 Atlas de Tejidos

Este es el Atlas más difícil y a su vez más motivante ya que se trata de Tejer conceptos aparentemente desconexos, pero que tiene un hilo conductor que los vincula a nivel morfológico, tecnológico, material y estructural, inherente a su definición. El tejido es la unión de arte y técnica ancestralmente y asociado a nivel humano con la paciencia y también al amor.



Este Atlas nace con el propósito de encontrar vínculos y lazos entre diversas técnicas relacionadas con la forma de estructurar y unir elementos lineales, comúnmente conocidos como nudos, trenzas y tejidos. Se trata de asociar y unificar estas ideas en un sistema abarcativo, que llamamos “Tejidos”, entrelazando estructuras, morfologías, materiales y técnicas que se vienen desarrollando hace milenios de maneras muy cercanas las unas a las otras, pero por cuestiones geográficas y económicas (industrial / comercial), no se han contemplado bajo una misma mirada como género unificado.

Podría pensarse este Atlas como el Meta Tejido ya que se interesa en tejer tejidos. En este sentido y desde el comienzo se aclara que la palabra Tejido está definida acá como una relación sistemática y repetible entre uno o más elementos predominantemente unidimensionales, unidos entre sí por medio de su configuración espacial (sin elementos externos) a fines de lograr estabilidad y/o auto-portancia. Se considera estable una relación de partes en donde no se modifica la organización entre sus elementos constitutivos, aunque el conjunto cambie de posición, tamaño, orientación o dimensión.

Se aclara el sentido que se le da al término Tejido en este contexto dado que la definición más corriente lo define como un compuesto planar resultado de entrelazar fibras o hilos. En el Atlas se emplea el término “malla” como sinónimo de tejido en su acepción más corriente. En el punto A (Contexto) más abajo se amplían algunos datos y definiciones sobre los tejidos en el sentido tradicional de la palabra, dado que es el punto de referencia en este trabajo y se toman ideas y vocabulario de ese universo.

Índice

- A.** Contexto
- B.** Glosario
- C.** Mapas
- D.** Nuevas Ideas

Anexo I Ejemplos de productos concretos

A. Contexto

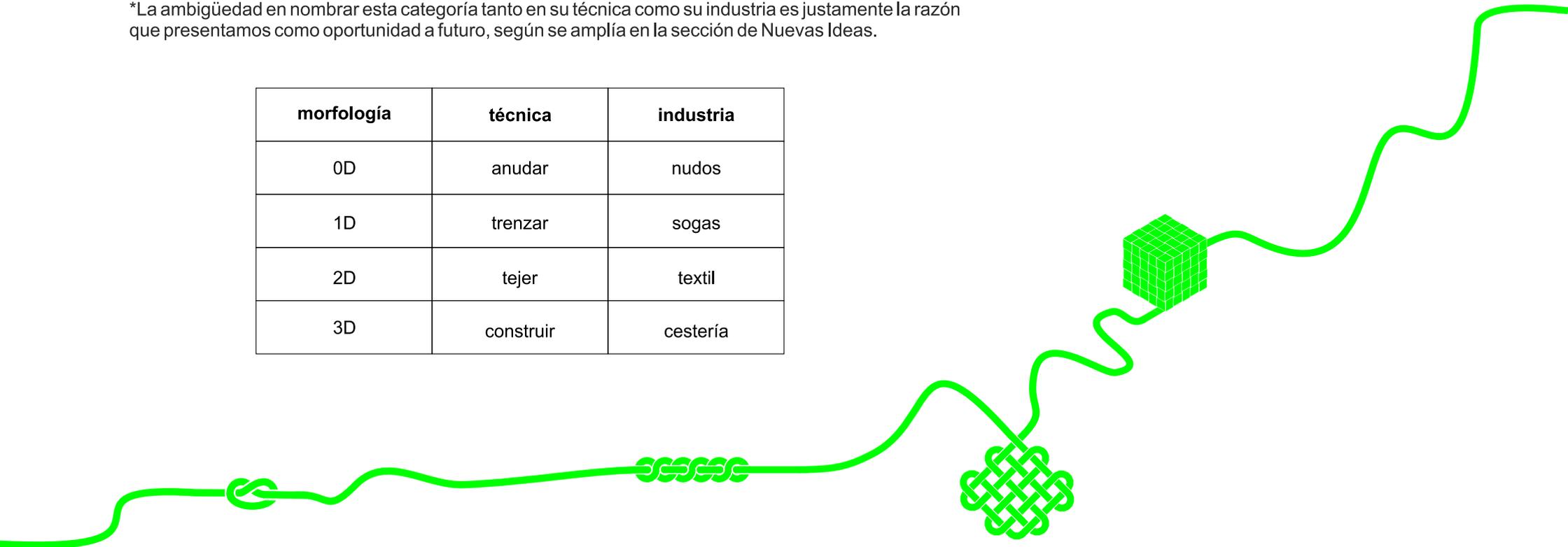
Es de interés buscar el hilo conductor entre las diversas categorías de análisis que están relacionadas entre sí a varios niveles.

- Categoría- **Morfología** se rige por dimensión, denominados: 0D, 1D, 2D, 3D
- Categoría- **Técnica** se define por acción, denominados: anudar, trenzar, tejer, construir*
- Categoría- **Industria** se organiza por función, denominados: nudo, sogas, textil, cestería*

El siguiente diagrama identifica, denomina y relaciona las distintas categorías y sentidos que cada nivel tiene, abriendo el camino para crear nuevas ideas en relación a productos e industrias.

*La ambigüedad en nombrar esta categoría tanto en su técnica como su industria es justamente la razón que presentamos como oportunidad a futuro, según se amplía en la sección de Nuevas Ideas.

morfología	técnica	industria
0D	anudar	nudos
1D	trenzar	sogas
2D	tejer	textil
3D	construir	cestería



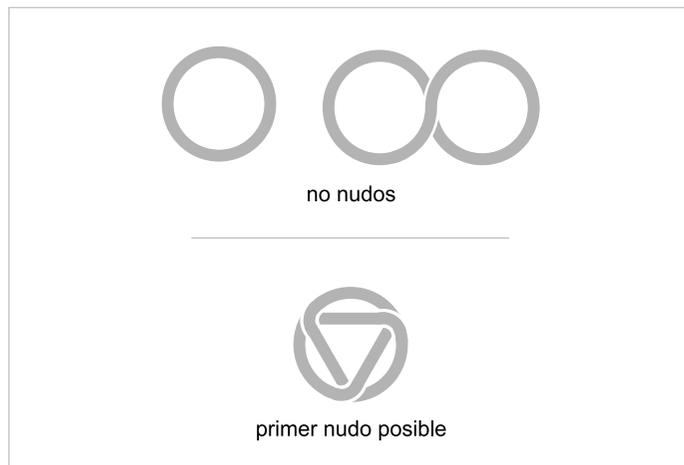
Nudos / 0D

Un nudo es un tejido de 0 dimensión entendido como el acto mediante el cual se estabiliza estructuralmente un elemento o más (pero mínimo 1) a través de cruces secuenciales.

En topología (nudología) existen 7 nudos básicos y diferentes a partir de los cuales se pueden generar todas las combinaciones posibles. Se consideran nudos matemáticos los mostrados en el esquema más abajo en donde las puntas están unidas, dándole continuidad y sin posibilidad de desatarse.

Se propone la idea de nudos mínimos, que suceden de diferentes maneras de acuerdo al grado de rigidez del material necesitado para su estabilización en relación a la aplicación de fuerzas externas en unos casos o las fuerzas internas (en el elemento) en otros. Pueden suceder de la siguiente manera:

- En **elementos no-rígidos** es necesario solo 1 elemento, 3 cruces sobre sí mismo y aplicación de tensión.
- En **elementos semi-rígidos** es necesario 1 elemento, 2 cruces sobre sí mismo y la fuerza es generada por el mismo material.
- En **elementos rígidos** son necesarios 3 elementos mínimo para auto estabilizarse sin depender de la gravedad como en los casos de 2 elementos.



nudos matemáticos



nudos mínimos según grado de rigidez del elemento

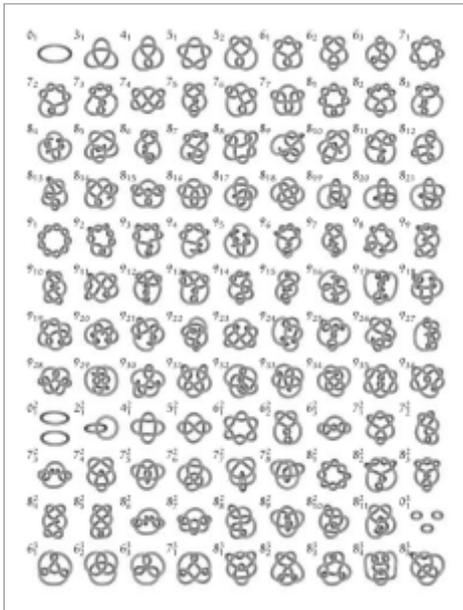
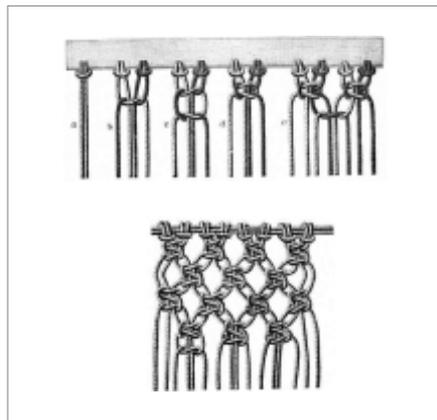


tabla topológica de nudos



tabla de nudos de la Union Internacional de Alpinismo



macramé

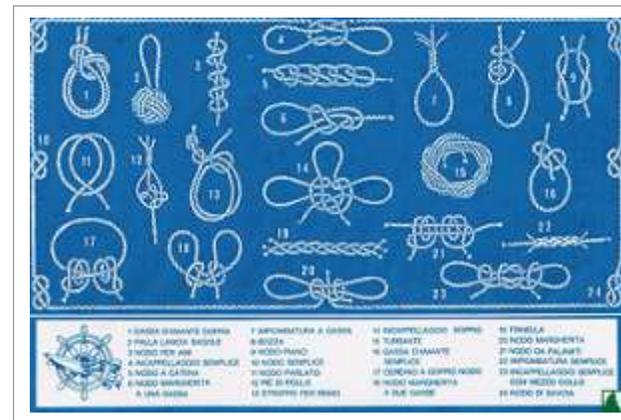


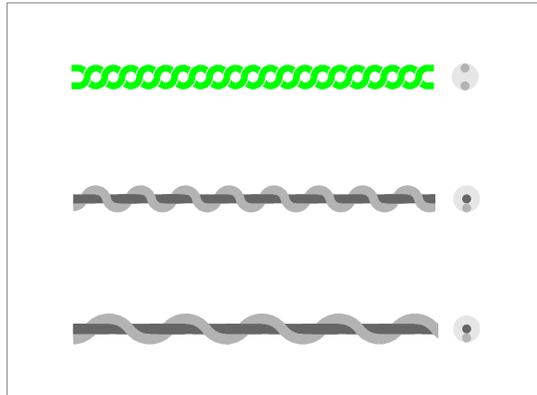
tabla de nudos marinos de la Librería Náutica

Trenzas / 1D

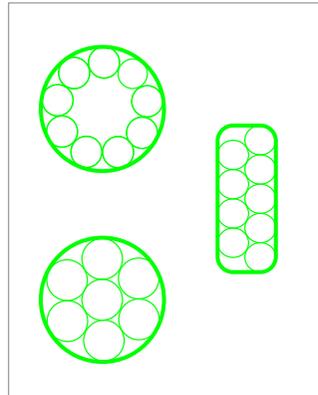
Un tejido de 1 dimensión compuesto por una relación sistemática y repetible entre uno o más elementos predominantemente unidimensionales, unidos entre sí por medio de su configuración espacial (sin elementos externos) a fines de lograr estabilidad y/o auto-portancia.

La trenza como técnica se emplea para hacer sogas, cuerdas, cables y otros productos estructurales, además (y como el uso más común que la palabra sugiere) se refiere a formas de organizar el cabello con las morfologías descritas. La sección de una trenza puede variar muchísimo según su uso y material.

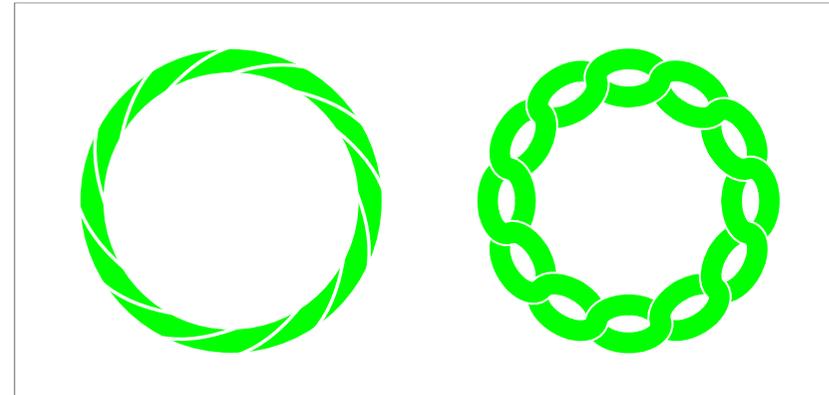
Se propone la trenza matemática como manera de esquematizar las sucesivas instancias que puede tener un tejido unidimensional, variando cantidad de elementos y organización de sus directrices, según ilustra el diagrama. El primer caso mostrado implica el giro de la directriz sobre sí misma.



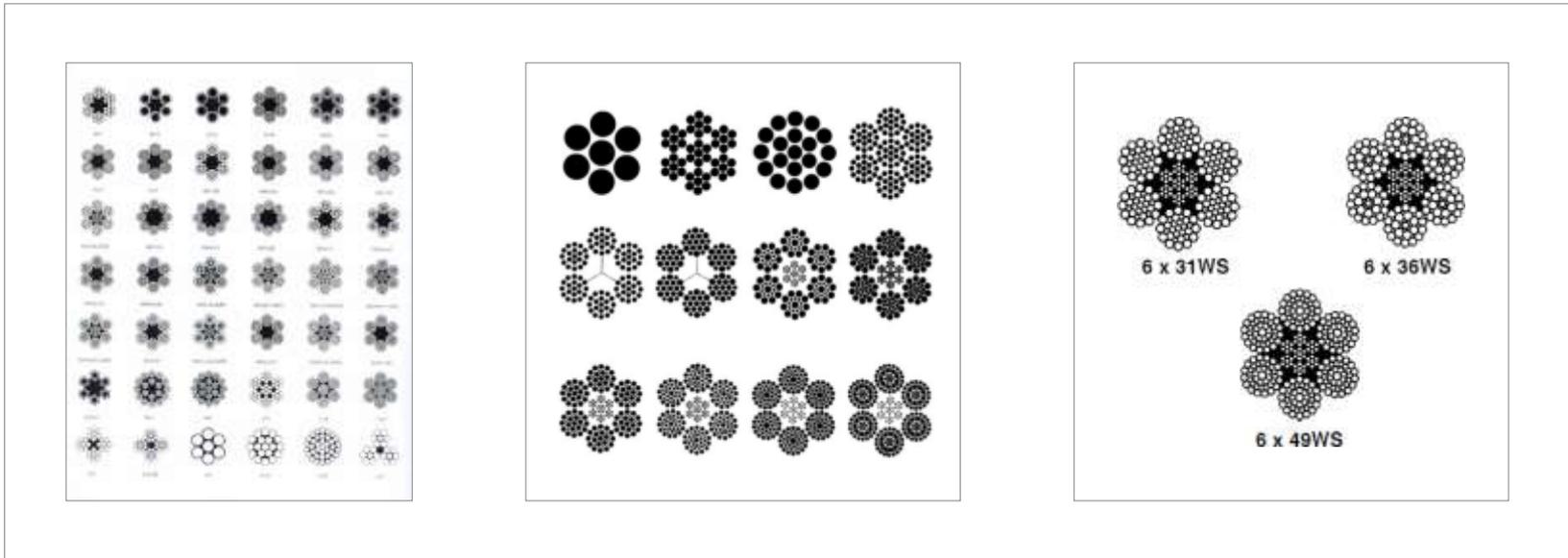
diferentes configuraciones de trenzas



variantes de secciones de trenzas



trenzas matemáticas



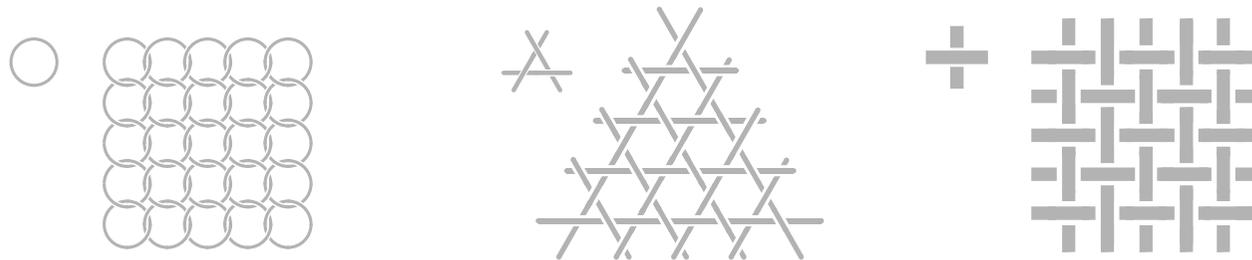
secciones de cables



ejemplos de trenzas

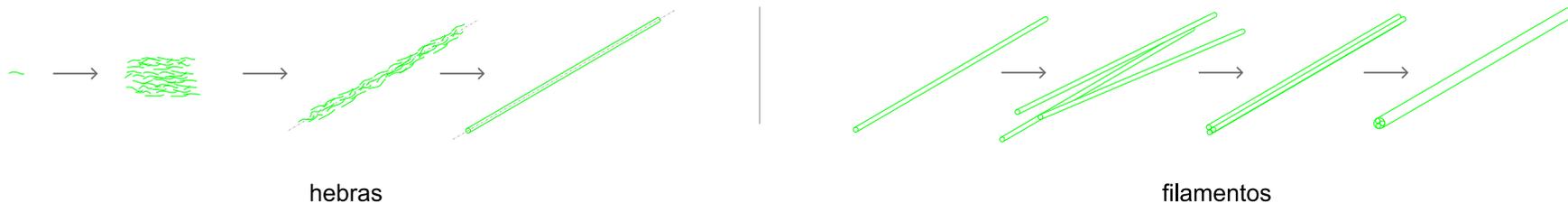
Mallas / 2D y 3D

Un tejido de 2 o 3 dimensiones es entendido como una relación sistemática y repetible entre uno o más elementos predominantemente uni-dimensionales, unidos entre sí por medio de su configuración espacial (sin elementos externos) a fines de lograr estabilidad y/o auto-portancia. Dado que hoy existe una variedad tan grande de materiales, tecnologías, estructuras y morfologías para ampliar el espectro de ideas y aplicaciones dentro del género de mallas, se exponen algunos de sus características y rasgos básicos para poder dar debida cuenta del panorama lo más completo posible.



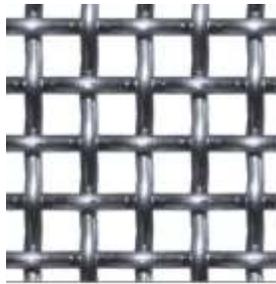
El elemento constitutivo de los **tejidos** (se emplea el termino tradicional en esta sección para no confundir las definiciones acuñadas) son las fibras, las cuales pueden estar compuestas por filamentos o hebras (que forman hilos). Se denomina fibra textil a cualquier material con preponderancia unidimensional (donde el largo es muy superior a su diámetro) y puede ser hilado. Los hilos pueden basarse en dos tipos de fibras, las hebras cortas (hasta 6cm de extensión) y los filamentos que son hebras continuas. Las fibras para uso textil suelen clasificarse en tres grupos según su origen, pudiendo ser naturales (origen animal, vegetal o mineral), artificiales o sintéticas.

En base a lo anterior podemos ver como la misma idea de constituir una fibra es análoga (escalado) a como se concibe un trenza. En definitiva se extiende la idea de trabajar con elementos unidimensionales en sucesivas instancias jerarquizadas para constituir o “tejer” producto. Este ejemplo es descrito en el contexto textil, pero la misma idea se aplica en otros rubros como ser el cable (eléctrico, estructural, etc.), las sogas, etc.

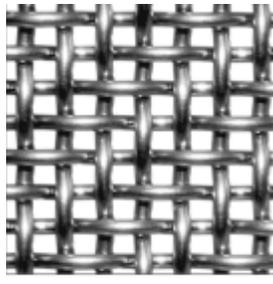


Existen dos grandes grupos de tejidos, el tejido plano y el de punto. El tejido plano generalmente está hecho en telares (artesanales o industriales) y da como resultado una tela (textil). El tejido de punto tiene sus variantes, principalmente organizado según la técnica empleada. Para esta última técnica se pueden usar dos agujas o un ganchillo, pero también se puede hacer sin elementos externos como con el macramé.

tejido plano



tafetán

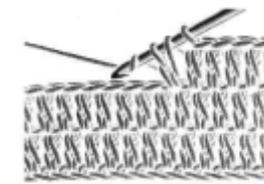
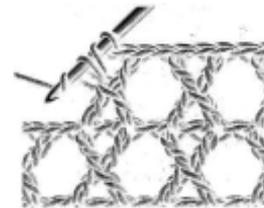


sarga



ejemplo de producto de tejido plano

tejido de punto



crochet



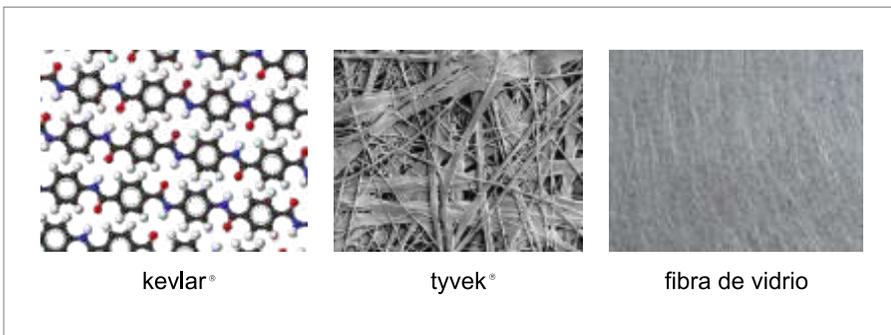
ejemplo de producto de tejido de punto

Existe otro género de tejidos llamado “no-tejidos” definido por fibras que se unen por medios mecánicos, térmicos y/o químicos, pudiendo variar su geometría organizativa sin parámetros de tejidos tradicionales (direccionalidad). La organización morfológica de estos no-tejidos puede ser multi-direccional en cualquier dimensión ya que no responden a la continuidad inherente a los tejidos basados en fibras continuas. Este campo ofrece cada vez más innovación sobre todo considerando la nueva generación de fibras sintéticas, ejemplificadas en el Tyvek, Carbono y Kevlar, sumado al más conocido como fibra de vidrio. Estos son fibras de alta performance en comparación a su generación previa y encuentra aplicaciones en diversas industrias y productos con altos requerimientos de resistencia y durabilidad.

Otro tipo de no-tejido muy interesante es el fieltro, un compuesto natural hecho tradicionalmente con vapor y presión, generalmente empleando pelo o lana. Esta es un área emergente llena de oportunidades para innovar, recién superando su asociación a productos tradicionales y limitados a las tecnologías que le dieron origen.



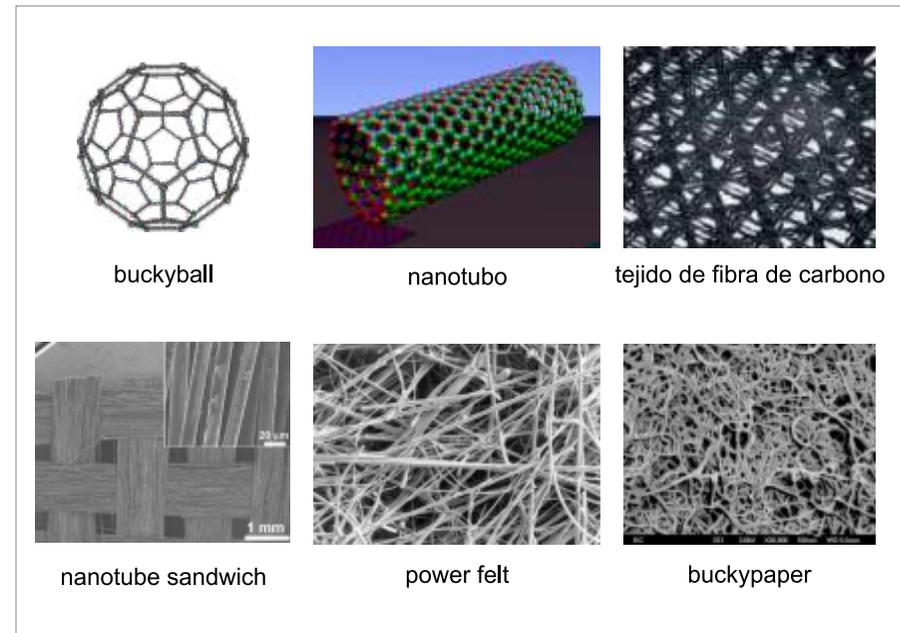
fieltro de diferentes espesores



kevlar®

tyvek®

fibra de vidrio



buckyball

nanotubo

tejido de fibra de carbono

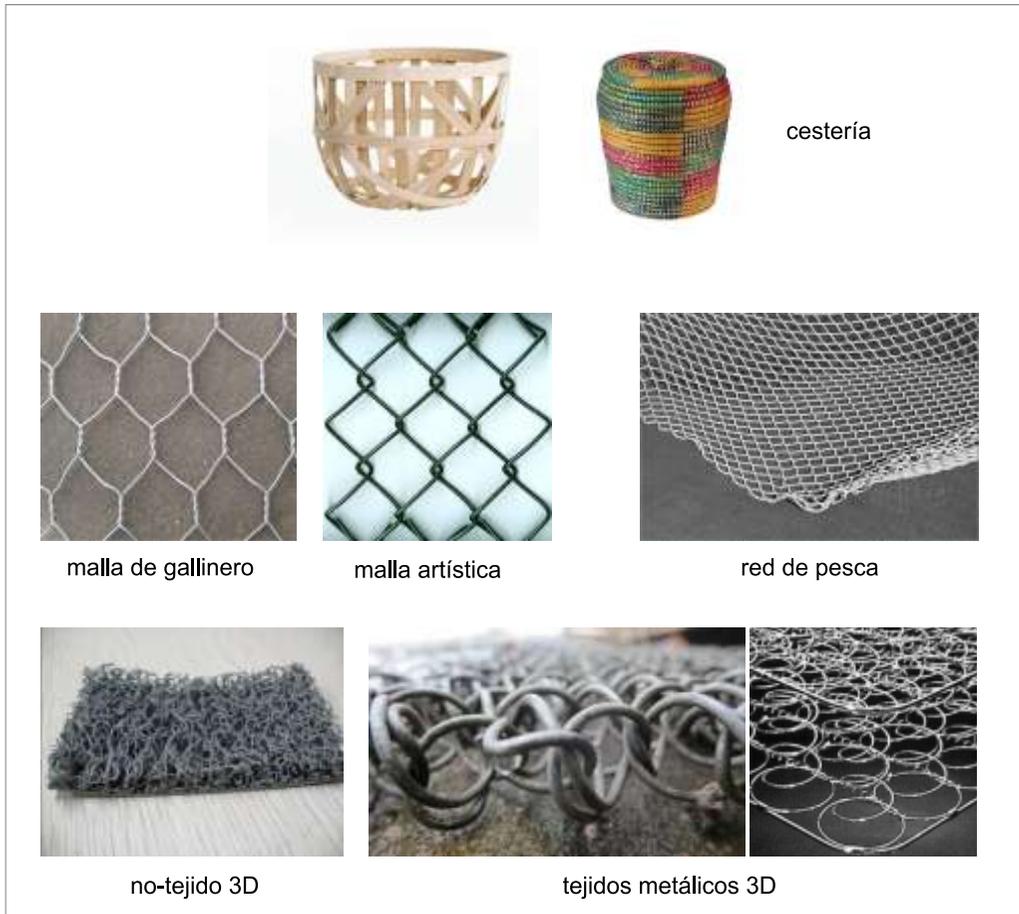
nanotube sandwich

power felt

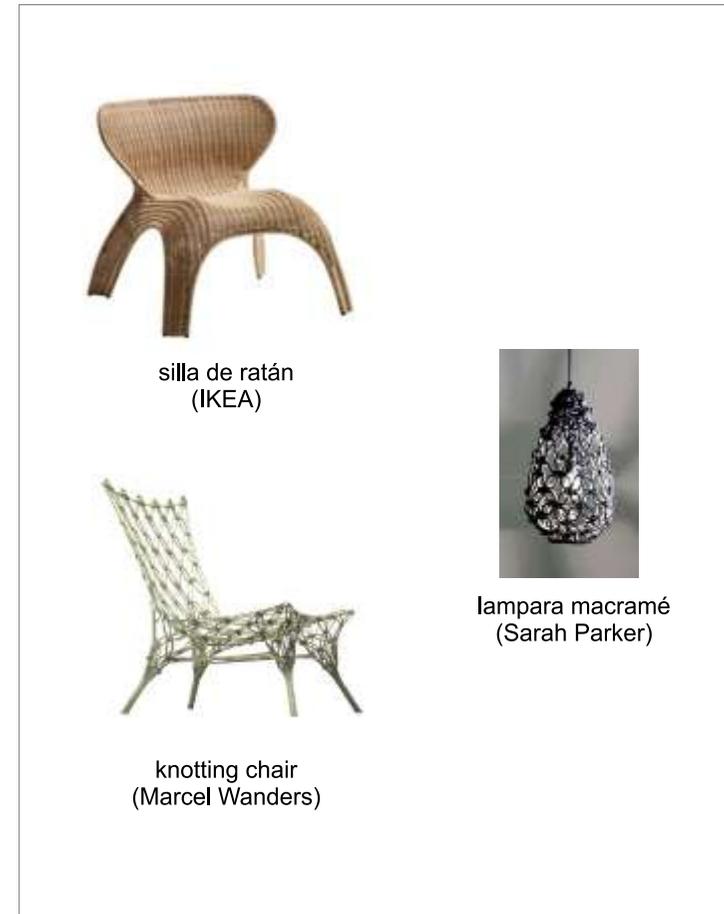
buckypaper

La malla bidimensional se emplea para hacer una variedad muy amplia de productos para distintos usos. El más difundido es el textil (tela) pero también se utiliza en otras escalas y funciones como redes, alambrados, geotextiles, etc.

La malla tridimensional se emplea para hacer una variedad muy amplia de productos para distintos usos y contextos. El más común siendo lo que se agrupo bajo el género “cestería”, que abarca todo tipo de producto (industrial y artesanal) hechos en diversos materiales, aunque generalmente son de origen natural (vegetal), incluyendo muebles tipo ratán o mimbre, y accesorios tipo contenedores como canastos y cestos (de ahí su nombre: *Cestería*).



ejemplos de productos de tejidos artesanal / industrial



ejemplos de productos tejidos con diseños de autor

Códigos Visuales

Leyenda

	= n.a. = no aplicable
	= n.b. = no abordado
	= no corresponde completar celda
	= serie infinita
	= número finito indeterminado
	= coordenadas
	= celdas activas (se agregan datos)

Esquema de colores según grado de rigidez

	Elemento no rígido
	Elemento semi rígido
	Elemento rígido

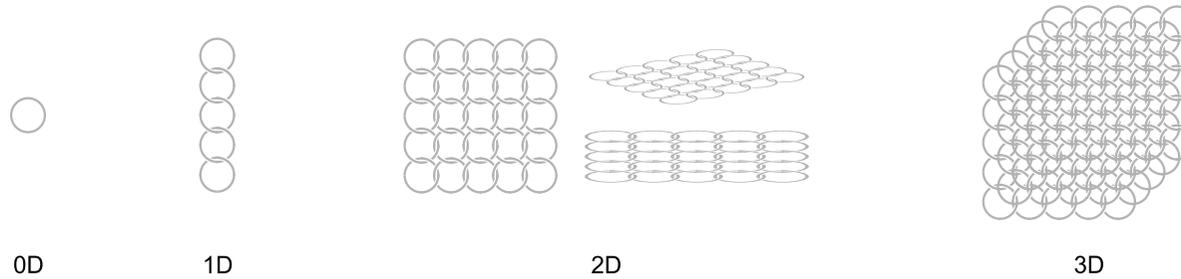
	cantidad de elementos
	caso
	configuración
	celda / cantidad de versiones

Observaciones y Referencias Gráficas del Atlas

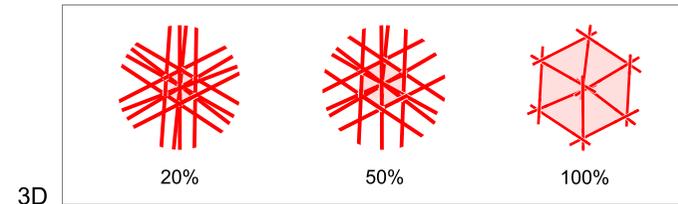
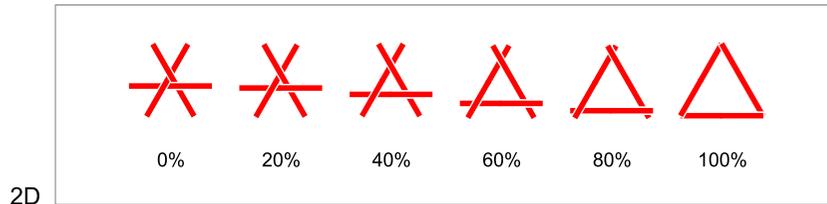
- Se emplea la denominación hipervínculo para poder ir a otro mapa que muestra una instancia siguiente a la actual (desde donde parte el hipervínculo). También se recurre a celdas activas como mecanismo para ampliar datos relativos un Caso específico en cuestión. Hay algunos mapas que tienen los dos mecanismos en simultáneo, es un poco confuso pero coherente con lo que se quiere mostrar.
- Se emplea la categoría 0D (cero dimensión) para poder ordenar y hacer fluir mejor el continuum de transformaciones presente en muchos de los mapas, y a veces se le asigna un valor real a dicha dimensión como cuando nos referimos a elementos topológicos (vértice) o elementos físicos (nodo o nudo).
- Se emplean los distintos colores en relación al grado de rigidez para poder distinguir fácilmente entre diversas condiciones materiales. No es una definición absoluta, sino relativa, dado que no se le asignan valores reales para determinar el grado de rigidez que tiene un material. La comparación vale en este contexto para distinguir entre comportamientos esencialmente distintos y en ese sentido es útil y válido. Desde ya que sin saber la escala o magnitud de los elementos en cuestión, todo es relativo.

B. Glosario

Agrupación (Aglomeración / Repetición / Acumulación): Conjunto de células o nudos que generan un tejido en cualquier dimensión.



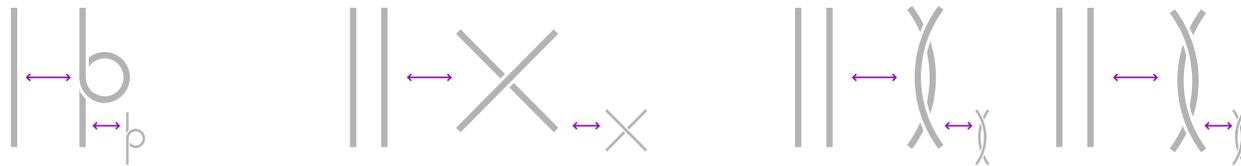
Apertura: Grado de separación entre las partes de un tejido, aplicable en 2 o 3 dimensiones.



Célula: Nudo mínimo repetible y/o agrupable.



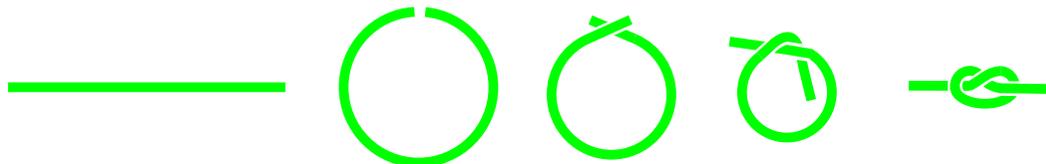
Cruce (Contacto / Roce / Apoyo): Relación mínima directa entre dos o más elementos (o segmentos / partes de un mismo elemento) generando fricción como mínimo, y encastre como máximo. Es la primera instancia en la conformación de un nudo, según se ve en los esquemas abajo. Los variables incluyen la cantidad de elementos vinculados y la perspectiva tomada en relación a su posición (giro izquierda o derecha, lado superior o inferior), ambas situaciones siendo relativas en si misma (como caso aislado) pero cobran absoluta relevancia cuando conforman un tejido ya que la secuencia de la repetición depende de la orientación y posición del nudo adyacente para poder extenderse n veces.



Elemento: Unidad mínima con la que se genera un tejido. Puede ser de diferentes dimensiones espaciales, magnitudes, configuraciones y materiales. El Elemento puede ser singular pero ser usado en distintas zonas, como ocurre en un nudo realizado con una sola cuerda.

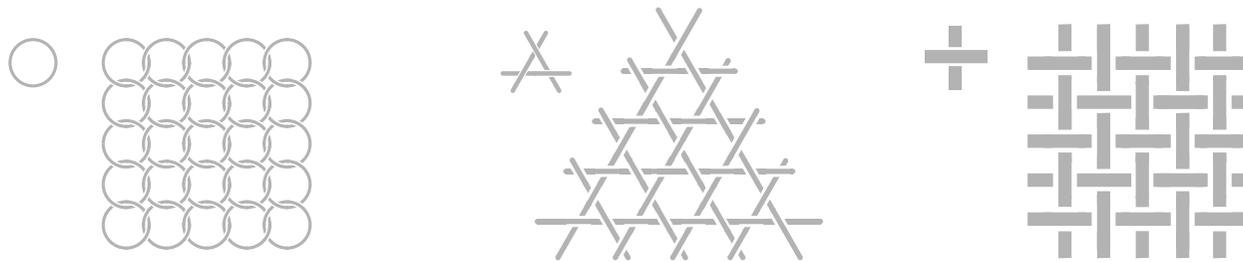


Grado de aproximación: Se pueden tener distintas lecturas de los tejidos según su grado de aproximación reflejado en el siguiente esquema: cruce / interacción / traba (puede ser parcial o total, si es total se considera un nudo auto estable) / repetición.

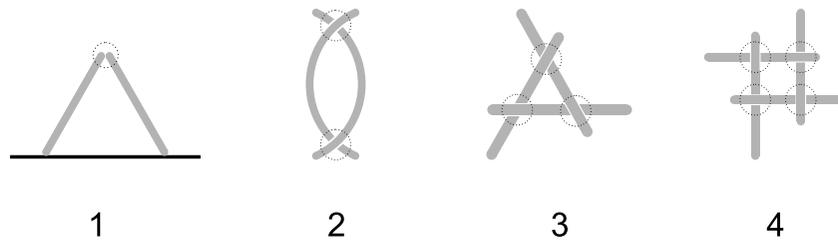


Malla (Red / Trama / Entramado / Entrelazado): Un tejido de 2 o 3 dimensiones compuesto por una relación sistemática y repetible entre dos o más elementos predominantemente unidimensionales, unidos entre sí por medio de su configuración espacial (sin elementos externos) a fines de lograr estabilidad y/o auto-portancia.

Ver sección **mallas 2D y 3D** para ampliar información



Nodos: Lugares en los que se relacionan los elementos de un tejido (pueden ser cruces o nudos).



Nudo (Enlace / Nudo): Un tejido de 0 dimensión entendido como el acto mediante el cual se estabiliza estructuralmente un elemento o más (pero mínimo 1) a través cruces secuenciales.

Ver sección nudos / 0D para ampliar información



nudo
(no rígido)

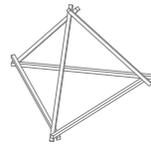
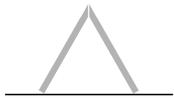


nudo
(semi rígido)

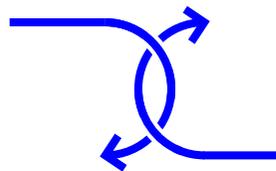


nudo
(rígido)

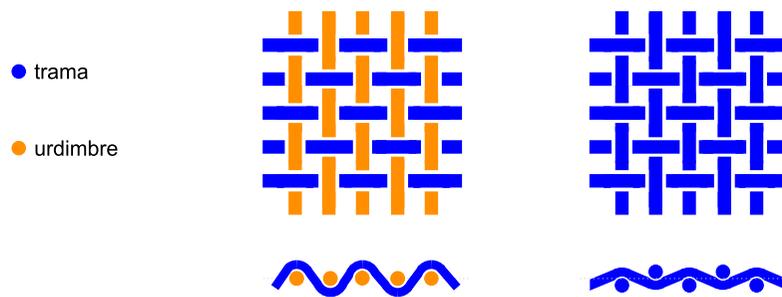
Recíproco: Acto que implica la relación y acción mutua entre dos o más elementos. Es una característica fundamental e intrínseca en los tejidos.



Tejer: El acto de conectar elementos de manera estructuralmente estable (según la definición de malla más arriba).



Trama y Urdimbre: Es una estructura de tejido plano en donde hay dos tipos de acciones distintas aplicados a un mismo tipo de elemento (hilo, fibra, cordón, etc.). La acción activa (trama) se refiere a los elementos que son “movidos” a través del segundo grupo de elementos que son fijos (urdimbre), según muestra el diagrama (malla activa/pasiva). Esta estrategia puede aplicarse en 1, 2 o 3 dimensiones, y contrasta con la tipología en donde todos los elementos tienen el mismo comportamiento y rol (malla activa/activa). En cualquiera de los dos casos, tanto los materiales como sus geometrías organizativas pueden ser homogéneas o no. Estas variantes permiten una diversidad grande de resultados visuales y funcionales debido a las características de su estructura. Estas variables inciden y determinan la densidad, textura, flexibilidad y demás propiedades del producto.



Trenza: Un tejido de 1 dimensión es entendido como una relación sistemática y repetible entre dos o más elementos predominantemente uni-dimensionales, unidos entre sí por medio de su configuración espacial (sin elementos externos) a fines de lograr estabilidad y/o auto-portancia.

Ver sección **trenzas / 1D** para ampliar información



C. Mapas

1 Elementos

- 1a según grado de rigidez y dimensión
- 1b según grado de rigidez, sección y composición
- 1c según dimensión del Elemento / Cruce

2 Sistemas

Dimensión del Elemento / Espacio

- 2a Elemento según grado rigidez y dimensión Elemento / Espacio
- 2b Elemento no rígido
 - [hipervínculo a 2.1](#) Elemento 1D en espacio 1D según grado de rigidez y cantidad de elementos
- 2c Elemento semi-rígido
 - [hipervínculo a 2.1](#) Elemento 1D en espacio 1D según grado de rigidez y cantidad de elementos
- 2d Elemento rígido
 - [hipervínculo a 2.1](#) Elemento 1D en espacio 1D según grado de rigidez y cantidad de elementos
 - [hipervínculo a 2.2](#) Elemento rígido con variables de configuración, dimensión y espacio
- 2.1 Elemento 1D en espacio 1D según grado de rigidez y cantidad de elementos
- 2.2 Elemento rígido con variables de configuración, dimensión y espacio

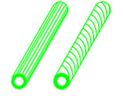
1 Elementos

1a Según grado de rigidez y dimensión

Grado de rigidez	Dimensión			
	0D	1D	2D	3D
no rígido				
semi rígido				
rígido				

1 Elementos

1b Según grado de rigidez, sección y composición

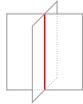
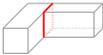
Sección \ Composición				...				...				...
mono-estructurado				—				—				—
multi-estructurado (continuo)				—				—				—
multi-estructurado (discontinuo)				—				—				—

Nota

Se presentan los elementos en un estado de tensión total.

1 Elementos

1c Dimensión: Elemento / Cruce

Cruce / Elemento	0D	1D	2D	3D
0D				
1D				
2D				
3D				n.b.

Nota

Solo se consideran los casos concretos, no los abstractos.

2 Sistemas

Dimensión del Elemento / Espacio

2a Elementos según grado de rigidez y dimensión del elemento / espacio

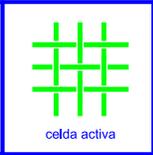
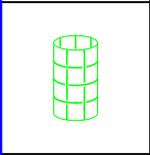
Espacio Elemento	0D	1D	2D	3D
punto				
línea		1/1/n	1/2/n	1/3/n
plano		2/1/n	2/2/n	2/3/n
volumen		3/1/n	3/2/n	3/3/n
punto				
línea		1/1/s	1/2/s	1/3/s
plano		2/1/s	2/2/s	2/3/s
volumen		3/1/s	3/2/s	3/3/s
punto				
línea		1/1/r	1/2/r	1/3/r
plano		2/1/r	2/2/r	2/3/r
volumen		3/1/r	3/2/r	3/3/r

2 Sistemas

Dimensión del Elemento / Espacio

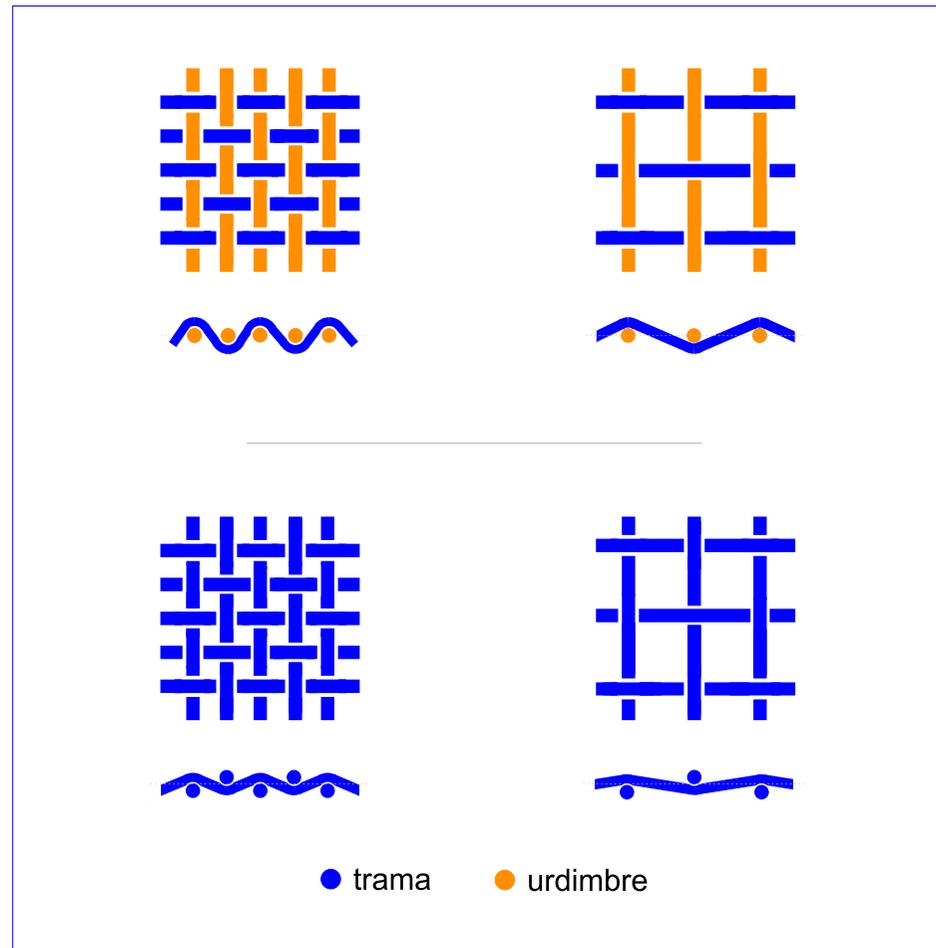
2b Elemento no rígido

[hipervinculo](#) 2.1 Elementos 1D en espacio 1D
con celda activa

Espacio / Elemento	0D	1D	2D	3D
punto				
línea				
plano				
volumen				

2 Sistemas

celda activa de 2b Elemento no rígido



2 Sistemas

Dimensión del Elemento / Espacio

2c Elemento semi-rígido

[hipervinculo](#) 2.1 Elementos 1D en espacio 1D

Espacio / Elemento	0D	1D	2D	3D
punto				
línea				
plano				
volumen				

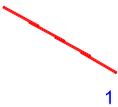
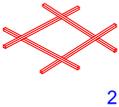
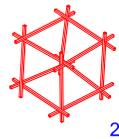
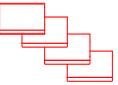
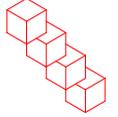
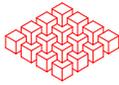
2 Sistemas

Dimensión del Elemento / Espacio

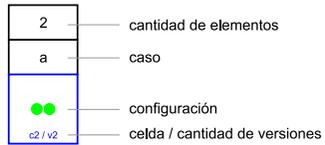
2d Elemento rígido

[hipervinculo 1](#) 2.1 Elemento 1D en el Espacio 1D

[hipervinculo 2](#) 2.2 Elemento rígido con variables de configuración, dimensión y espacio

Espacio \ Elemento	0D	1D	2D	3D
punto				
línea		 1	 2	 2
plano				
volumen				

2 Sistemas



Dimensión del Elemento / Espacio

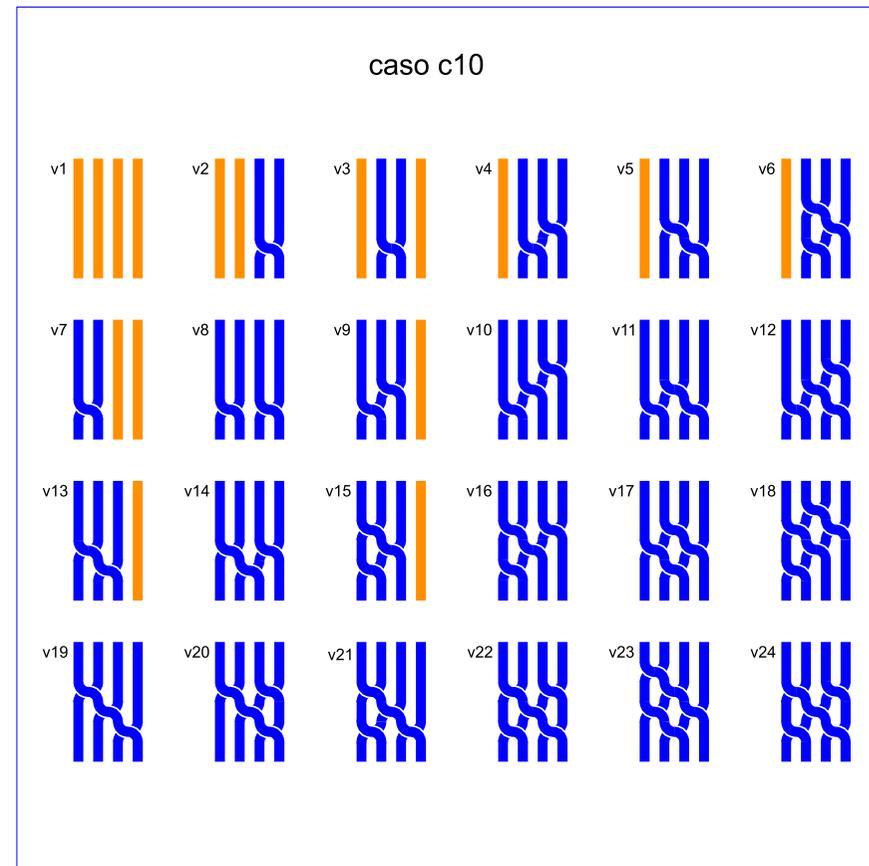
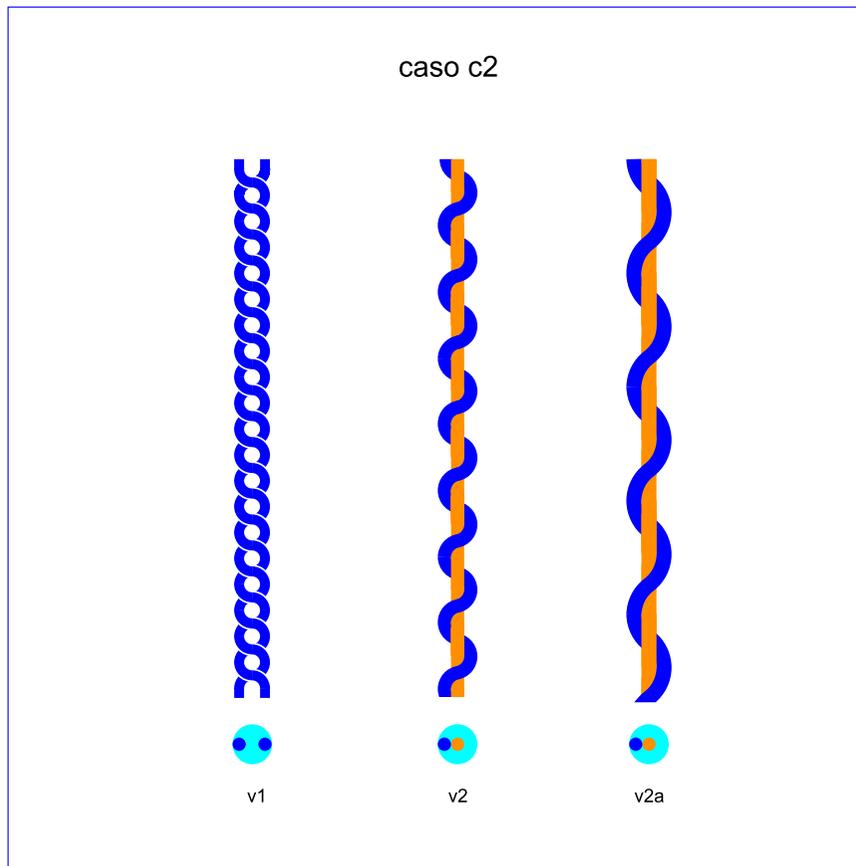
2.1 Elemento 1D en espacio 1D

con celdas activas

Configuración	Cantidad de elementos														
	1	2			3					4					n
		a	b	...	a	b	c	d	...	a	b	c	d	...	
	 c1	 c2	n.b. c3	—	 c4	 c5	n.b. c6	n.b. c7	—	 c8	 c9	 c10	n.b. c11	—	
	 c12	 c13	n.b. c14	—	 c15	 c16	n.b. c17	n.b. c18	—	 c19	 c20	 c21	n.b. c22	—	
	 c23	 c24	 c25	—	 c26	 c27	 c28	 c29	—	 c30	 c31	 c32	 c33	—	
	 c34	 c35	 c36	—	 c37	 c38	 c39	n.b. c40	—	 c41	 c42	 c43	 c44	—	
	 c45	 c46	n.b. c47	—	 c48	 c49	n.b. c50	n.b. c51	—	 c52	 c53	 c54	n.b. c55	—	
	 c56	 c57	n.b. c58	—	 c59	 c60	n.b. c61	n.b. c62	—	 c63	 c64	 c65	n.b. c66	—	

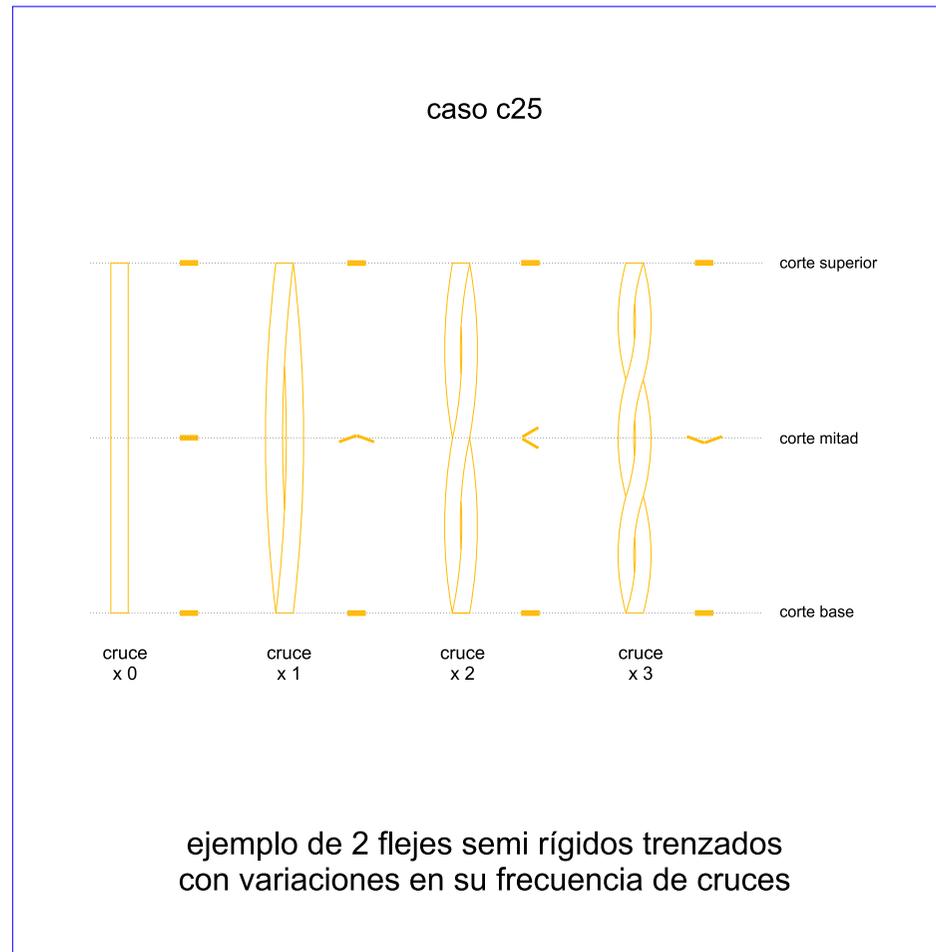
2 Sistemas

celdas activas de 2.1 Elemento 1D en el Espacio 1D



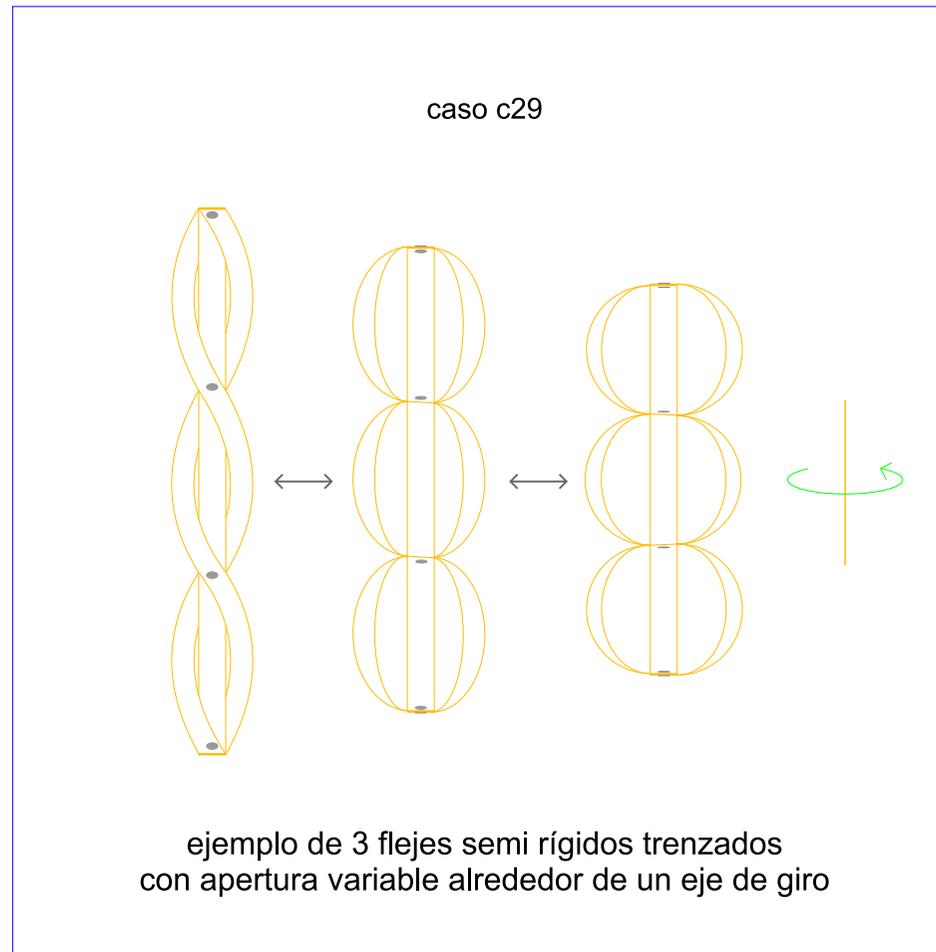
2 Sistemas

celda activa de 2.1 Elemento 1D en el Espacio 1D



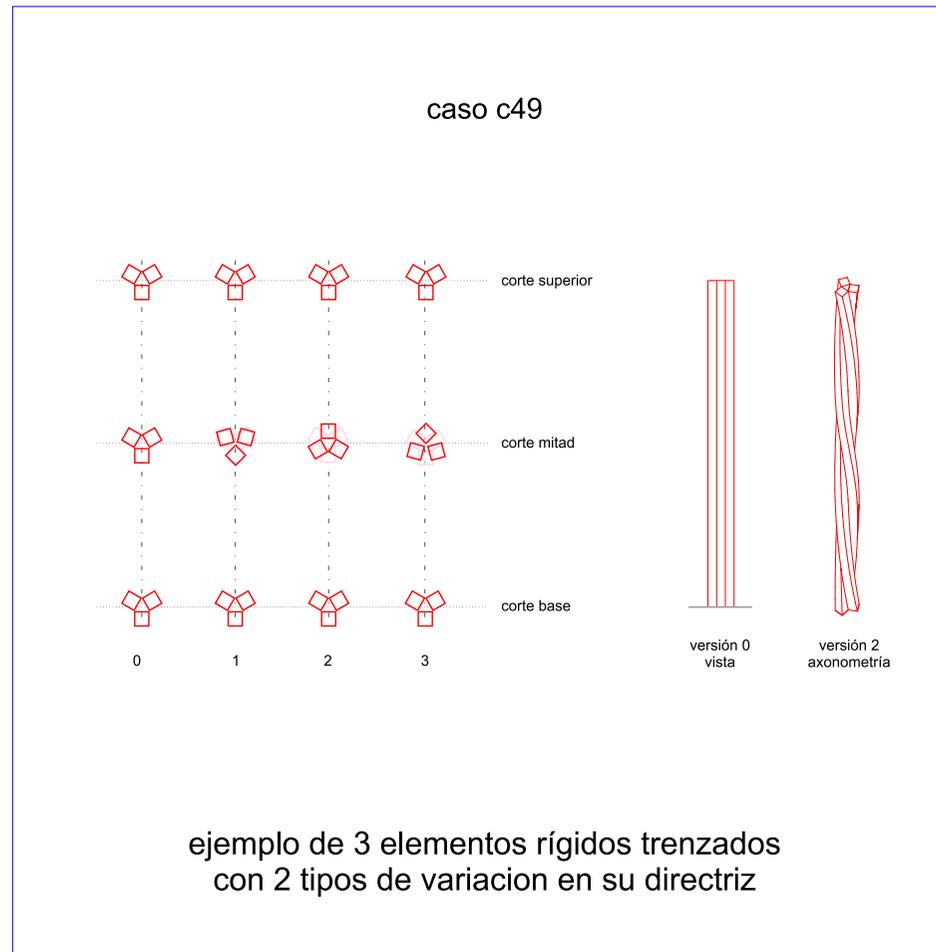
2 Sistemas

celda activa de 2.1 Elemento 1D en el Espacio 1D



2 Sistemas

celda activa de 2.1 Elemento 1D en el Espacio 1D



2 Sistemas

[hipervínculo de 2d Elemento rígido](#)

2.2 Elemento rígido con variables de configuración, dimensión y espacio con celdas activas

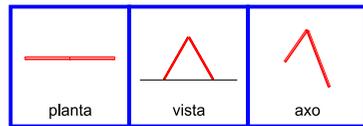
		eje de referencia		x, y										x, y, z	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	n	
Células	Configuración		└	└	2	Σ	C	2	Σ	Σ	...	U	Σ	...	
	Caso														
	1														
	2														
	3														
	4														
5	...														
Agrupaciones según su Dimensión	1D														
	2D														
	3D														
	10														
	11														

Nota

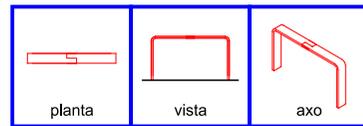
Los casos de las células en las columnas 1 y 2 se consideran abiertas con lo cual dependen de la gravedad para su estabilidad.

2 Sistemas

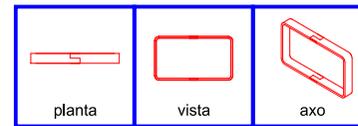
celdas activas de 2.2 Elemento rígido con variables de configuración, dimensión y espacio



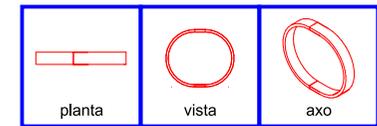
caso 2,1



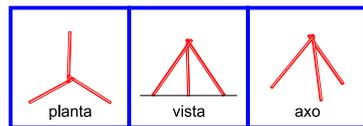
caso 2,2



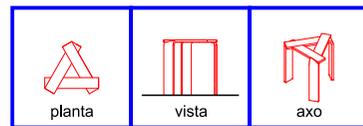
caso 2,3



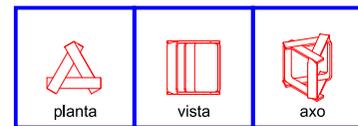
caso 2,4



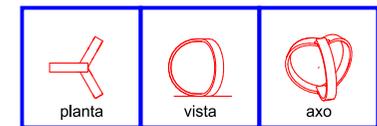
caso 3,1



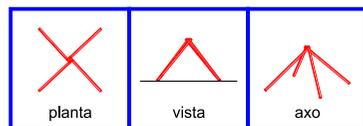
caso 3,2



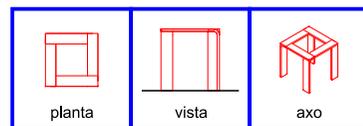
caso 3,3



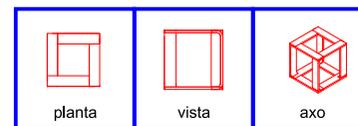
caso 3,4



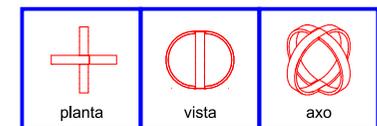
caso 4,1



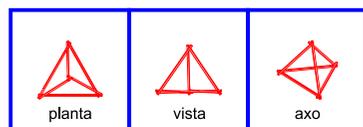
caso 4,2a*



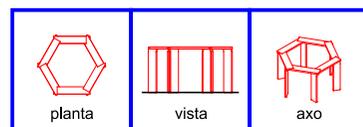
caso 4,3



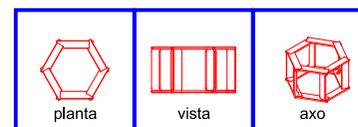
caso 4,4



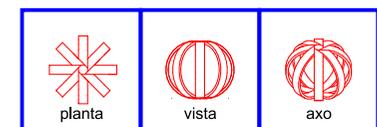
caso 5,1



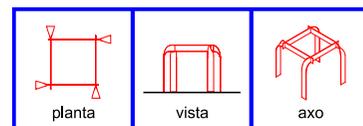
caso 5,2



caso 5,3



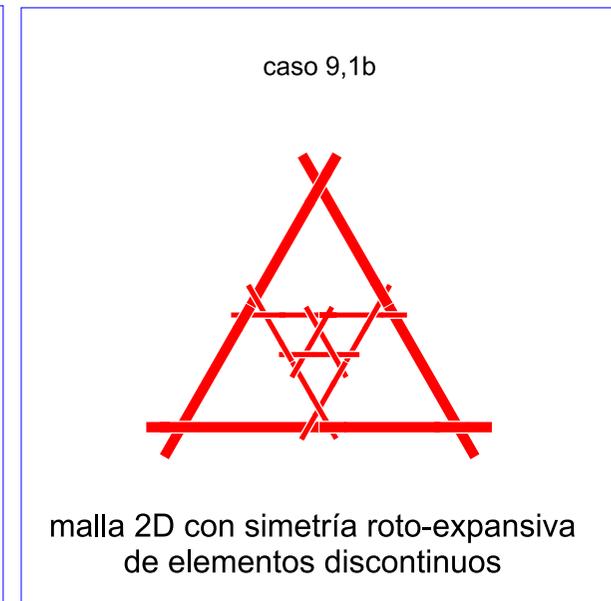
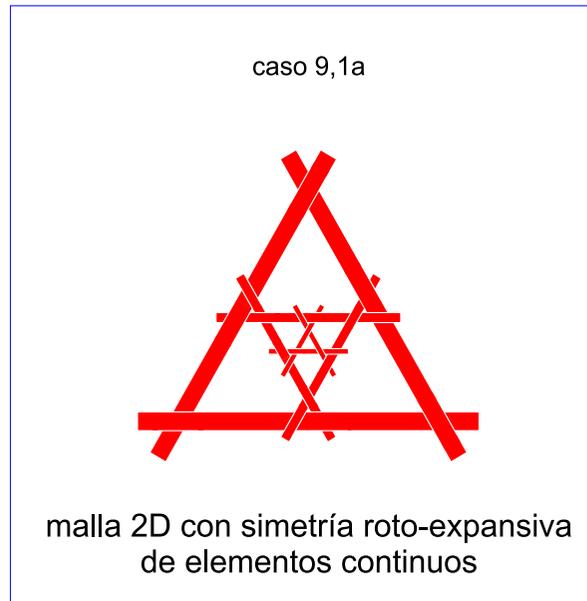
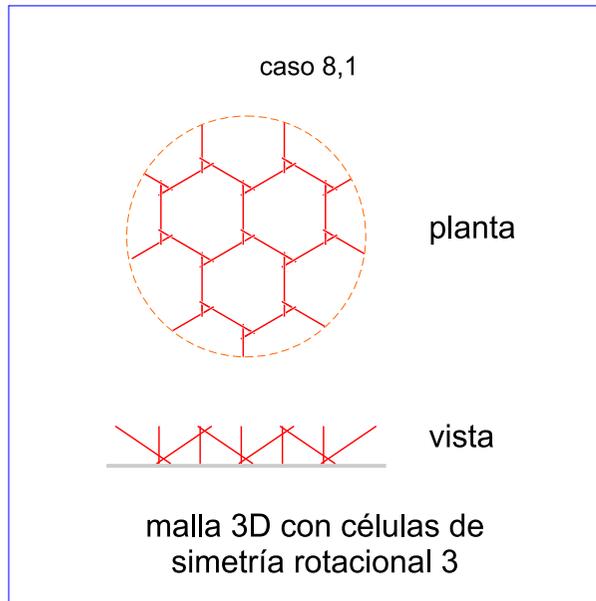
caso 5,4



* caso 4,2b (versión con directriz curvada)

2 Sistemas

celdas activas de 2.2 Elemento rígido con variables de configuración, dimensión y espacio



D. Nuevas Ideas

- Tejidos 3D
- Tejidos Torsionados

Tejidos 3D

Remite a la idea de una arquitectura tejida mas allá de su tamaño o escala. Es un término que hace referencia a la idea de estructuras tejidas de mayor tamaño y envergadura que las conocidas, tomando como referencia lógica la escalabilidad de técnicas comúnmente asociada a los tejidos textiles y de cestería. Si bien esto es un paso lógico y necesario, también nos podemos imaginar formas de tejer en 3 dimensiones que no necesariamente impliquen procesos parecidos a los que actualmente se usan como lo comentado anteriormente. Al explorar los límites de los formatos y técnicas existentes podemos pensar en nuevas estrategias Tecno-morfológicas.

Hasta ahora los ejemplos conocidos de arquitectura tejida incluyen paneles tejidos como cerramientos y una tipología muy interesante conocida como Estructuras Recíprocas, según muestran las imágenes. También existen ejemplos de construcciones tradicionales vernáculas que usan tejidos semi rígidos (ramas, ratán, mimbre, etc.) al igual que arquitectura animal como ocurre con nidos de pájaros, diques de castores o telas arañas.



tejidos naturales



teepee

wigwam

Andrea von chrismar / Caralina Pollak (2009)

vivendas tejidas



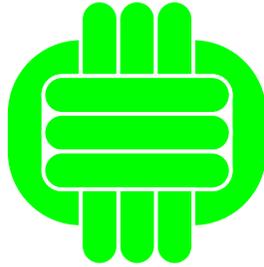
Udo Thönnisse (2010)



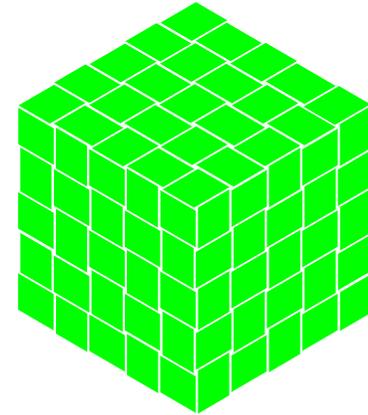
Miwa Oseki Robbins (2012)

Kazuhiro Ishii (1994)

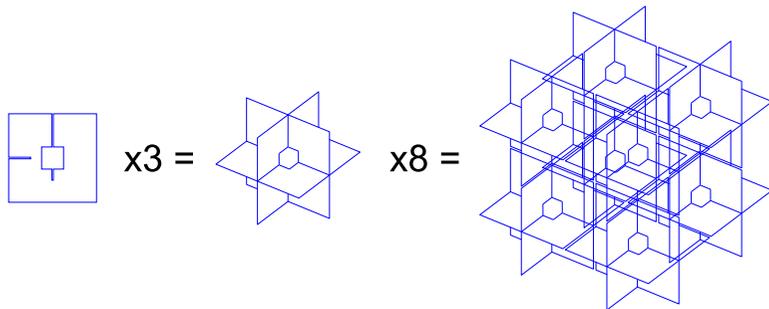
estructuras recíprocas



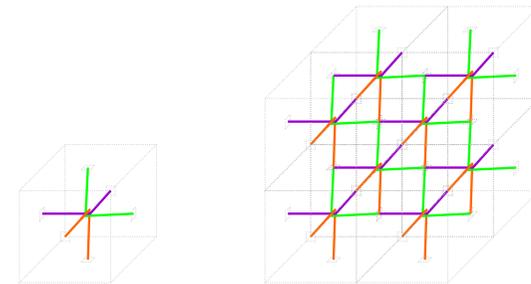
I. Este ejemplo muestra un tejido macizo, afín al ovillo, compuesto por un nudo concéntrico que crece sobre su propio centro según la cantidad de veces que se lo envuelve. El caso mostrado se organiza alrededor de los 3 ejes x, y, z. Esta técnica se emplea en algunos productos como pelotas deportivas tipo golf o beisbol.



II. Este ejemplo muestra un tejido continuo en 3 dimensiones, sugiriendo desplazamiento de su directriz sobre los ejes x, y, z, pero sin giros en cada modulo.



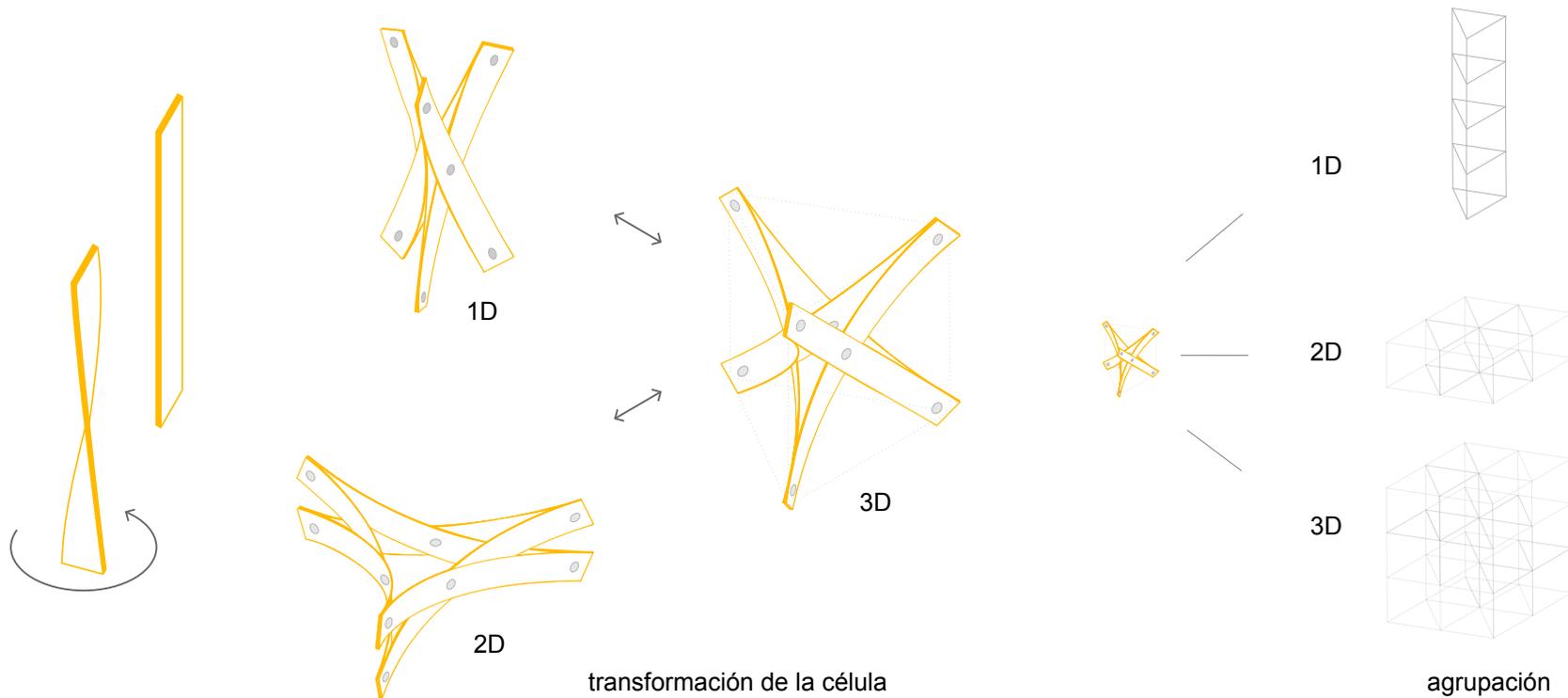
III. Este ejemplo muestra un esquema de tejer planos bidimensionales en 3 dimensiones, usando una pieza única encastrada de manera reciproca entre ellas. El caso muestra un módulo básico repetido sobre los ejes x, y, z. Se puede modificar el ángulo diédrico para crear tejidos de n dimensiones.



IV. Este ejemplo grafica la idea de un tejido de 3 dimensiones hecho con un elemento lineal continuo basado en una directriz que cambia de eje en cada cruce que realiza (x, y, z). Esto se diferencia de un tejido volumétrico compuesto por capas bidimensionales apiladas o compuestas una al lado de la otra.

Tejidos Torsionados

Son sistemas que emplean elementos lineales, planares y semi rígidos (flejes) que se transforman hacia un elemento tridimensional al torsionarse a sí mismo en la medida que cambia de orientación, de eso modo adquiriendo mayor resistencia a la deformación, principalmente en relación a la flexión. Esto puede ocurrir en situaciones estáticas o en dinámicas, acercándose a la idea de estructuras desplegadas. Las estructuras desplegadas en si constituyen un caso especial de tejidos pero con elementos discontinuos y con vínculos externos. Lo que tienen en común las estructuras desplegadas con los tejidos es su carácter de repetición de elementos principalmente lineales organizados según patrones secuenciales, dependientes los unos con los otros actuando como un continuum. En estos ejemplos se extiende la idea de despleabilidad con elementos activos (transformables en la medida que se despliegan y por ende, torsionan) basados en agrupaciones celulares.



Anexo

Ejemplos de productos concretos

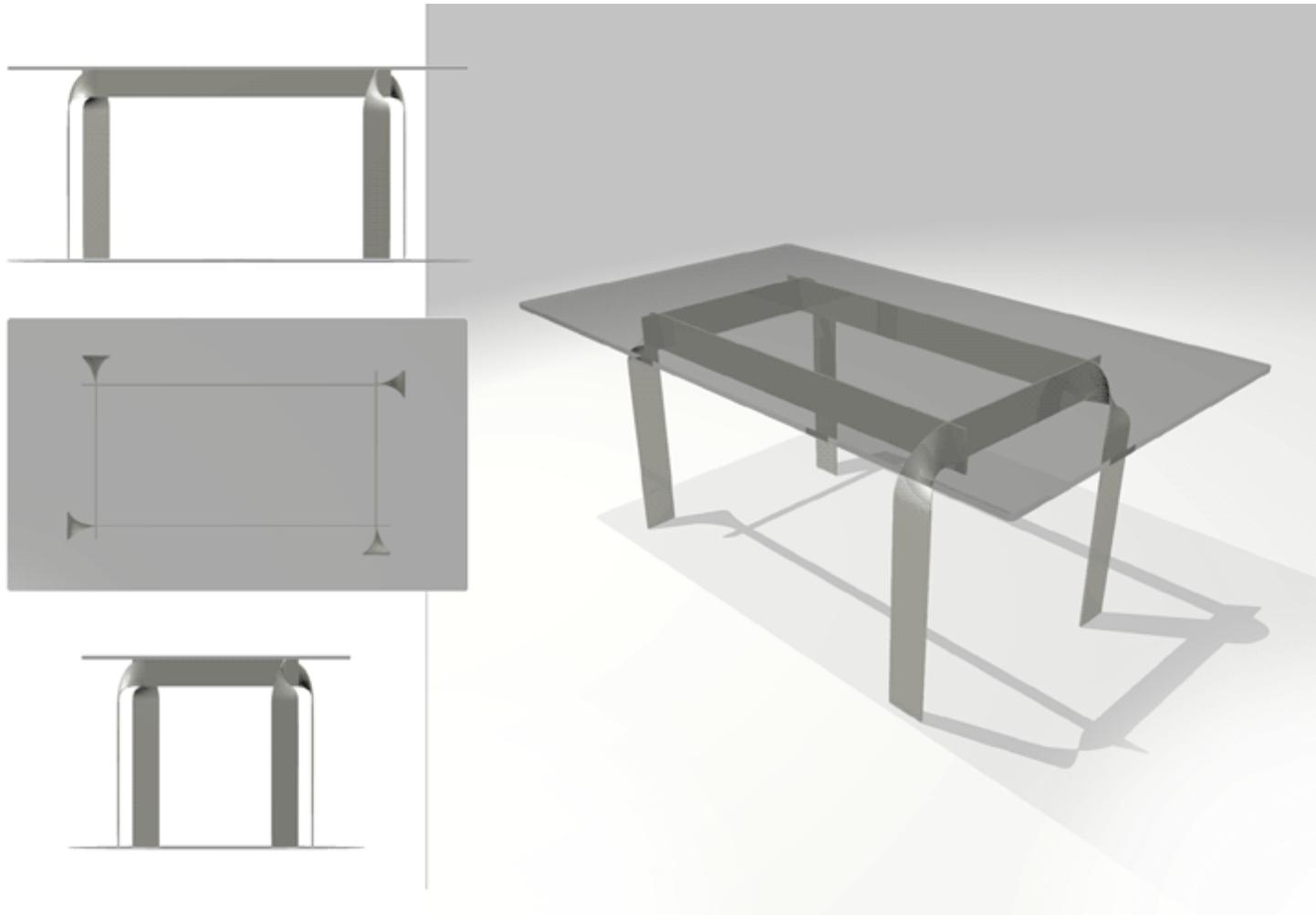
Anexo Ejemplos de productos concretos

Iris 3A1



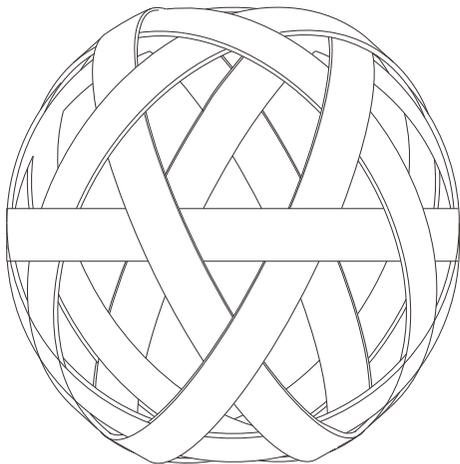
Anexo Ejemplos de productos concretos

Iris 4A1



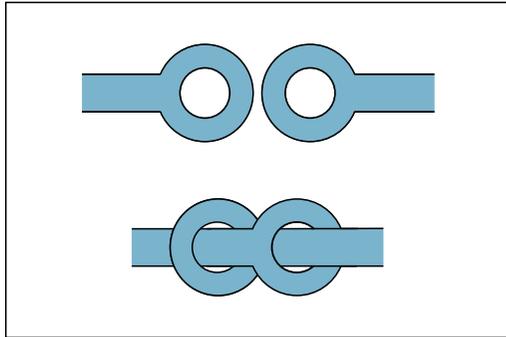
Anexo Ejemplos de productos concretos

Grassball



Anexo Ejemplos de productos concretos

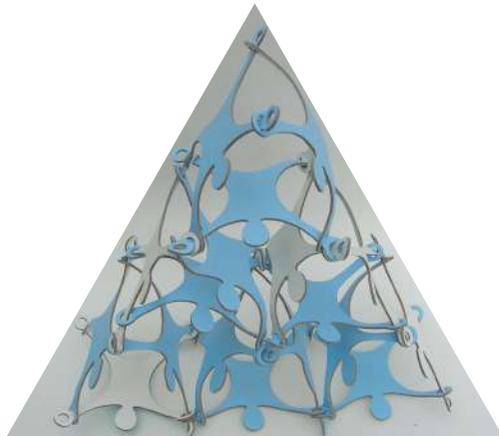
Equipo



detalle union recíproca (encastre hermafrodita)



tejido esférico



tejido triangular



tejido circular

... Atlas de Tejidos

3.4 Atlas de Origami Fluido

Este es el Atlas más distinto de los cuatro por tratarse de una idea muy experimental pero que se pudo bajar a la realidad. No pretende ser exhaustivo ni del todo sistemático, pero sí aspira a develar algo que siempre estuvo aunque no siempre reconocible: una manera tan sintética como bella, de relacionar un material con una tecnología. Así hace el origami tradicional al saber cómo plegar un papel para crear una escultura estructural.



Indice

1. Contexto

2. Glosario

3. Información de Referencia

- 3.1 Geometrías generativas y referencias
- 3.2 Geometrías ordenadoras
- 3.3 Atributos concretos

4. Programa Generativo de Formas (diagrama de flujo tipo UML y sus datos constitutivos)

- 4.1 Introducción
- 4.2 Representación operaciones
- 4.3 Ejemplo de conformación de Origami Fluido
- 4.4 Diagramas UML de funcionamiento de la aplicación
 - a. Diagramas de caso de uso
 - b. Diagramas de secuencia
- 4.5 Interfase gráfica de la aplicación

5. Catálogo de Formas

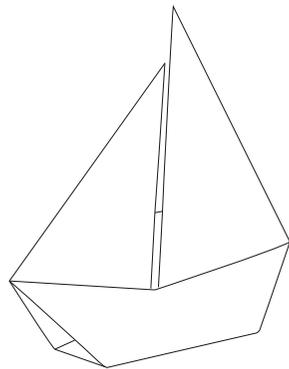
Anexo I - Registro fotográficos del proceso de investigación en maquetas

Anexo II - Productos del Mercado (Vacavaliente)

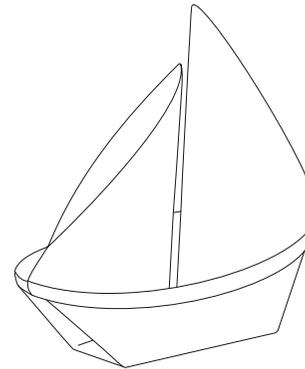
Anexo III - Trans-folding Design Puzzles

1. Contexto

El Origami Fluido está inspirado en el Origami tradicional japonés, conocido también como papiroflexia. En esta propuesta se modifica el material y el tipo de operación; en vez de papel (que es un material plástico) y pliegues rígidos se emplea un plano flexible (que es un material elástico) y se dobla el material sin necesariamente llegar a formar aristas estables y definidas. También a diferencia del origami tradicional, en este caso se permiten superficies con aberturas y texturas además del uso de uniones con agregados. En este sentido el Origami Fluido puede ser pensado también como un Origami Curvo, pero la palabra “Fluido” denota mejor su carácter de estar en continua transformación, en estados de ambiguas configuraciones como si estuviera preparándose para su próxima actuación. Esto se debe no solo al comportamiento del material que facilita las curvas continuas multidimensionales, sino también al tipo de operación que se ejerce sobre él, según se especifica y ejemplifica en los casos ilustrados dentro del Atlas



Barquito origami tradicional



Barquito origami fluido

La posibilidad de operar sobre una forma de manera interactiva con otras fuerzas (gravitacional, formuladas, etc.) se debe al hecho que las formas no son producto directo de operaciones controladas, sino el resultado de dos tipos de respuestas formales a la información que se aplica en el proceso generativo. En este sentido se distinguen las 2 operaciones de transformación básicas posibles en el Origami Fluido:

- Movimientos directos- son predeterminados y regulados (se sabe con exactitud cuál será la forma final obtenida)
- Movimientos indirectos- son consecuencia del movimiento anterior directo y de la respuesta específica del material (no se sabe exactamente como terminara la forma final)

Es así que se genera un repertorio infinito de formas semi predecibles, ya que el operario puede controlar un aspecto directo de las transformaciones pero no todos sus resultados. Esto empieza a notarse cuando el material es forzado de modo tal que tiene tracción en una de sus dos caras, creando tensiones en el material que lo moldean según la relación entre las fuerzas generadas y la resistencia a la deformación que este tiene.

Aclaraciones sobre el Atlas en si (manual de usuario)

El objetivo de este trabajo consiste en crear un programa (sistema) que permita generar un repertorio infinito de formas de Origami Fluido según se modifiquen los variables y/o sus valores. Esto puede entenderse como un tablero de control que determina algunas características de las potenciales formas físicas.

Para diseñar este sistema se abordan las siguientes etapas de investigación:

- Mapear la superficie de referencia para designar los elementos topológicamente relevantes para estos ejercicios. De lo anterior se desprende la necesidad de clasificar las variables a considerar como “puntos de control”, principalmente centros topológicos (Ej.: centro vértice, centro arista, centro cara).
- Desglosar los variables que van a considerarse en las operaciones, buscando generalizar aspectos básicos y regulares, editando aquellos que no suman valor o claridad en esta generación del trabajo de investigación.
- Desglosar las operaciones consideradas “fundamentales”, que son las que se repiten en distintas situaciones y contextos (Ej.: doblez simple, x2, x 3, etc.).
- Crear un código simbólico (pseudo código) que permita describir las operaciones realizadas sobre el material, paso a paso, para poder sistematizar, reproducir y controlar las operaciones. Este código se presenta en primera generación y fue pensado como marco de referencia hacia el desarrollo de un futuro programa informático en si (software).
- Se estudiaron alternativas para graficar este código por dos motivos: por un lado para hacerlo más compatible con el lenguaje general del Atlas y en segundo lugar para ver si la visualización gráfica de datos puede arrojar alguna pista que permita detectar patrones y sus consiguientes implicaciones de poder generar formas más básicas y potentes.

- Para entender mejor como parametrizar el código se hizo primero una cantidad determinada de maquetas (físicas) para poder buscar patrones. Lo fundamental en esta etapa fue determinar si habían o no pasos “básicos”, nomenclables en si, como ocurre con los pliegues de valle y montaña en el Origami Tradicional. Esto fue la clave total de esta primera parte.
- Diseñar los métodos de ilustración de los distintos casos seleccionados para mostrar en detalle. Nuevamente dado las limitaciones propias del trabajo planteado se seleccionaron algunos casos representativos en cada una de las Categorías de formas propuestas, a fines de ilustrar el vasto repertorio del universo completo.

Como investigación e inspiración previa a esta fase de la tesis se exploraron tipologías y modelos de clasificación de nudos para tener un posible punto de referencia al crear el sistema para planos flexibles. El resultado de la investigación topológica en nudología (Knotology) fue positivo en cuanto descubrimos algunas cuestiones de orden morfológico que nos permitió entender mejor las posibilidades de este nuevo universo. El punto más notable fue saber que existen siete tipos de nudos básicos y que todos los demás son combinaciones de estas configuraciones geométricas básicas. Por otro lado resultó poco útil encontrar un universo que no haya sido sistematizado como este catálogo pretende con las formas curvas planares. Esto también ocurrió en la investigación previa de origami tradicional, que si bien es un universo mucho más extenso y sistemático, no se han encontrado investigaciones que propongan categorías y parámetros para crear un mundo infinito de formas usando secuencias de operaciones formales sistematizados. Tampoco se conocen antecedentes de programas computacionales para la generación de formas tipo Origami Tradicional.

Una forma de sintetizar la visión que dio lugar a esta investigación con Origami Fluido es usando la analogía de un ballet, el cual está formado por un lenguaje físico natural con sentido lógico y estético (códigos, reglas paramétricas y contexto) que generan un repertorio de infinitas formas en continua transformación. Es como una coreografía de planos que van bailando, cobrando forma hasta convertirse en pájaros en vuelo... y que luego se transforman en otra forma cuando el vuelo haya concluido!



2. Glosario

Origami Fluido (OF): Tipología formal (inspirada en el Origami Tradicional- OT) caracterizada por la transformación de un material flexible y planar en formas espaciales de tres dimensiones. Las dos características determinantes de esta tipología para constituirlo como tal son:

- Las formas pueden estar en continua transformación al no existir límites precisos en cada paso dado que a diferencia del OT en donde los pliegues son permanentes y exactos, en el OF los límites son transitorios y borrosos otorgándole a la forma una cualidad de “indeterminación final”, por eso se emplea el término “fluido”.
- Las formas son constituidas por operaciones “generadoras”, no definitorias. Es decir, cada operación apunta hacia una meta aproximada, pero el material termina tomando la forma final según sus propiedades (físicas y formales) las cuales no son predecibles con exactitud para el “operario”. Esto lo definimos como “forma por fórmula seguida de forma por fuerza”.

Léxico general

Atributos: Características formales suficientemente específicas y diferenciales que permiten agrupar diversos Casos (formas) bajo una misma categoría.

En este Atlas se está trabajando con 4 atributos fundamentales, que según sus valores específicos pueden constituir nuevas categorías.

- Grado de Intervención- de más a menos, medido en porcentajes.
- Grado de multi-direccionalidad- de más a menos, medido en porcentajes.
- Grado de cantos-libres- de más a menos, medido en porcentajes.
- Simetrías- tipo de simetría presente (o no) y si es rotacional se especifica su número.

Características de extremo:

- Versión mínima de un movimiento- un vértice.
- Versión máxima de superficie intervenida- no hay un lugar plano, todo tiene curvatura

Caso: Conjunto de operaciones que se practican sobre el Elemento para transformarlo de un estado a otro. Cada Caso está compuesto por un número determinado de Pasos. Cada Caso en este Atlas tiene un código asignado para poder identificarlo.

Categoría de formas (clase, familia): Agrupación de formas que comparten uno o más atributos. En este Atlas nos limitamos a explorar una Categoría denominada “Flora” y se exponen otras posibles dentro del universo potencialmente infinito de Categorías.

Elemento: Objeto material con propiedades físicas y formales específicas que será sujeto de las operaciones.

- Propiedades físicas- se refiere al material en sí, sus cualidades de flexibilidad, densidad, elasticidad, etc.
- Propiedades Formales- incluye la configuración, textura, cortes y magnitud del Elemento.

Movimiento: Operación que cambia la forma del Elemento. (ver tabla para desglose de todos sus variables)

Operaciones: Conjunto de intervenciones planeadas y previamente establecidas que se ejecutan para generar una transformación del elemento.

Parámetros: Son los Datos y sus Valores necesarios para poder operar con el Programa. En este contexto es entendido como los límites asignados al Elemento como punto de partida para cada Caso.

Paso: Operación que transforma un Elemento de un estado a otro. Se detallan las operaciones potenciales en un mapa de referencia dentro del Programa.

Programa (sistema, aplicación): Lenguaje operativo que codifica las operaciones practicadas sobre el Elemento en secuencias específicas para generar un caso. En este contexto se entiende al Programa como un diagrama de flujo que puede convertirse eventualmente en un software real.

Referencias Topológicas: Información inherente al elemento, contemplado desde datos genéricos del punto, línea, plano y volumen.

Uniones: Operaciones realizadas para estabilizar cierta zona del elemento con respecto a otra. (ver tabla para desglose de todos sus variables)

Usuario (Operario): La persona hipotética al cual está dirigido el Programa de generación de formas de Origami Fluido.

Valores: Datos específicos asignados a un variable para poder emplear el variable de manera precisa.

Variables: Datos que se pueden modificar en el programa.

Léxico específico morfológico

Doblez: modificación de un plano de modo parecido a un pliegue, pero sin llegar a conformar una arista. El dobléz dentro del contexto del OF se mide según los siguientes variables:

- Directriz: según su configuración, locación, magnitud, dirección y orientación.
- Generatriz: según su configuración, locación, magnitud, dirección y orientación. (puede ser variable)

Grado de dobléz: Número de capas que se traslapan una sobre otra (un dobléz simple implica 2 capas)

Rebatimiento: Tipo de dobléz que genera una doble curvatura anti-clástica creando tensión superficial a tal punto que se estabiliza el dobléz por sí mismo.

Simetría Dual: Simetría rotacional tomando en cuenta ambos lados de un plano al mismo tiempo.

Léxico específico de lenguajes

Gramática: Son las reglas básicas y principios que ordenan un lenguaje, dando cuenta de la construcción de las palabras y todas sus variantes.

Idioma (lengua): Es un lenguaje específico, propio de una cultura o grupo, compuesto por su propio vocabulario, gramática y sintaxis.

Lenguaje: Es cualquier sistema (puede ser verbal o con otros medios) que permite la comunicación, existiendo muchísimos idiomas diferentes para hacerlo.

Sintaxis: Es la parte de la gramática que da cuenta de las reglas que regula la relación entre palabras.

Vocabulario: Es el conjunto de elementos (palabras) que componen un lenguaje determinado.

UML (unified modelling language)

Analista funcional: Una persona que releva y analiza las necesidades funcionales que luego son convertidos en un programa por un programador.

Aplicación (Programa): En sistema mediante el cual se enfrenta el usuario para interactuar con el y tener un dialogo constante de signos y ordenes que permiten elaboraciones a partir del lenguaje propuesto por este.

Comandos: Son las opciones ofrecidas por el programa (aplicación) para que el usuario comunique la operación que desea realizar.

Diagrama de caso de uso: Es uno de los diagramas de representación del funcionamiento de la aplicación. En este se hace un acercamiento esquemático general en el cual se muestran todos los elementos y comandos que influyen en el funcionamiento del programa y como se relacionan entre sí. Dentro de este se pueden lograr distintos niveles de abstracción según el nivel de detalle que se requiera. A partir de un diagrama de caso de uso general se pueden desplegar diferentes diagramas de caso de uso más detallados de los elementos que lo requieran.

Diagrama de flujo: Esquema por medio del cual se representa paso a paso la funcionalidad de la aplicación (programa) teniendo en cuenta la información introducida por el usuario, la respuestas del programa, la información adquirida de manera paralela y la información adquirida de manera secuencial.

Diagrama de secuencia: Es uno de los diagramas de representación del funcionamiento de la aplicación. Este se hace en base a un diagrama de caso de uso previamente elaborado para lograr una profundización de la información introducida por el usuario y la emitida por la aplicación como respuesta en base a cada uno de los elementos involucrados en el diagrama de caso de uso.

3. Información de Referencia

En este capítulo se ofrecen datos y disposiciones que sirvieron de base para la creación del programa de generación de formas. Cada factor está explicitado más abajo, y el conjunto conforman lo que podría llamarse el “idioma” o estilo de esta versión de Origami Fluido. En este sentido la elección de las categorías de análisis, como así sus ejemplos y definiciones no son objetivas ni excluyentes, son más bien selectivas, subjetivas y propositivas.

Se plantean 3 grupos claves a considerar:

- **3.1 Mapas de referencias topológicas** : Es la información proyectada sobre esa forma para crear lecturas (mapeo del plano) que ordenan y permiten parametrizar las transformaciones.
- **3.2 Geometrías Ordenadoras**: Son los datos gráficos que acompañan y predisponen a las operaciones particulares que se adoptan en este programa para poder crear las cuatro Categorías de Formas que se exponen en el capítulo 5.
- **3.3 Atributos Concretos**: Nos habla de la forma (material y morfológica) que se usa en esta investigación (principalmente el cuadrado de un material conocido como goma EVA).

3. Información de Referencia

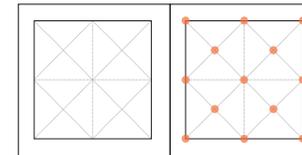
3.1 Mapas de referencias topológicas

- a. Combinaciones de puntos: Son todas las combinaciones posibles en grado de aumento de cantidad de puntos contemplados según leyenda selectiva.
- b. Combinaciones de líneas: Son todas las combinaciones posibles en grado de aumento de cantidad de líneas contempladas según leyenda selectiva.
- c. Combinaciones de áreas: Son todas las combinaciones posibles en grado de aumento de cantidad de áreas contempladas según leyenda selectiva.
- d. Combinaciones de puntos con líneas: Son todas las combinaciones posibles en grado de aumento de cantidad de puntos y líneas contempladas según leyenda selectiva.
- e. Combinaciones de puntos con áreas: Son todas las combinaciones posibles en grado de aumento de cantidad de puntos y áreas contempladas según leyenda selectiva.
- f. Combinaciones de líneas con áreas: Son todas las combinaciones posibles en grado de aumento de cantidad de líneas y áreas contempladas según leyenda selectiva.
- g. Combinaciones de puntos con líneas y áreas: Son todas las combinaciones posibles en grado de aumento de cantidad de puntos, líneas y áreas contempladas según leyenda selectiva.

3. Información de Referencia

3.1 Mapas de referencias topológicas

a. Combinaciones de puntos

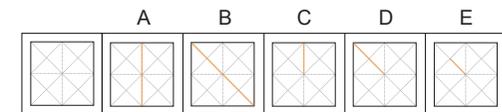


Coordenadas	1	2	3	4	5	6	7
# de puntos	1	4	5	8	9	12	13
Versión							
1							
2							
3							

3. Información de Referencia

3.1 Mapas de referencias topológicas

b. Combinaciones de líneas



Coordenadas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tipo	A	B	C	D	E	AB	AC	AD	AE	BC	BD	CD	CE	DE	ABC	ABD	ACD	ACE	ADE	ACED	ABCD
Versión																					
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					

3. Información de Referencia

3.1 Mapas de referencias topológicas

c. Combinaciones de áreas

	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1
Coordenadas	1	2	3	4
Subdivisión del plano	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1
Versión				
1				
2				

3. Información de Referencia

3.1 Mapas de referencias topológicas

e. Combinaciones de puntos y áreas

Subdivisión del plano		#Puntos	1				4				5				8				9				12		13	
		Coordenadas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
		Caso																								
1/4	1																									
	2																									
1/2	3																									
	4																									
3/4	5																									
	6																									
1	7																									

Salvedad: En este mapa se llenaron casillas aleatoriamente. Cualquier casilla podria ser llenada ya que todas las combinaciones son posibles

3. Información de Referencia

3.1 Mapas de referencias topológicas

f. Combinaciones de líneas y áreas

Tipo / Casilla		Coordenadas		A					B					C					D					E					AB					AC					AD					AE					BC					BD					CD					CE					DE					ABC					ABD					ACD					ACE					ADE					ACED					ABCD				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44																																																															
Subconjunto de líneas	Coordenadas	[Grid with orange X markers]																																																																																																										
	Caso	[Grid with orange X markers]																																																																																																										
	1	[Grid with orange X markers]																																																																																																										
	2	[Grid with orange X markers]																																																																																																										
	3	[Grid with orange X markers]																																																																																																										
	4	[Grid with orange X markers]																																																																																																										
	5	[Grid with orange X markers]																																																																																																										
6	[Grid with orange X markers]																																																																																																											
7	[Grid with orange X markers]																																																																																																											

Salvedad: En este mapa se llenaron casillas aleatoriamente. Cualquier casilla podría ser llenada ya que todas las combinaciones son posibles

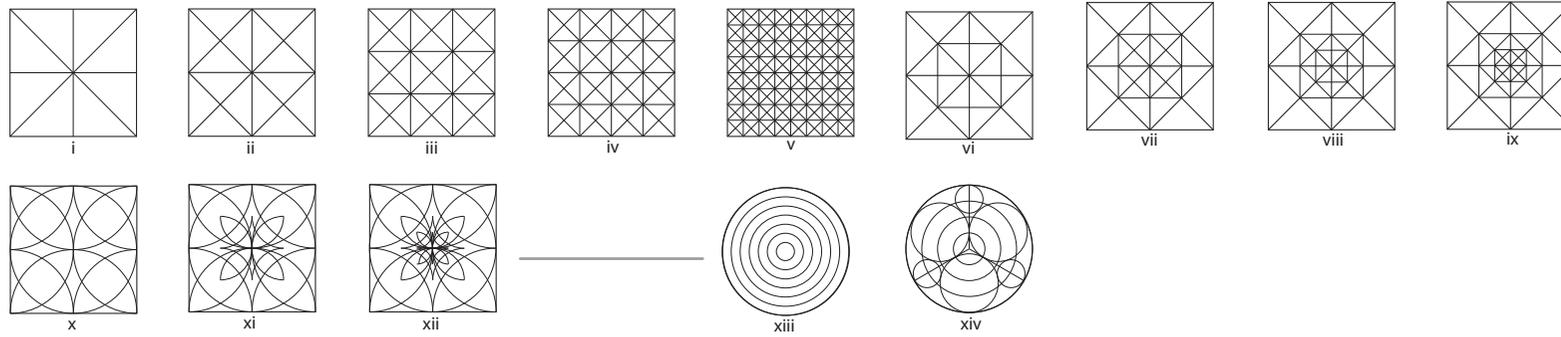
3.2 Geometrías Ordenadoras

Geometrías Ordenadoras para la generación de las formas espaciales

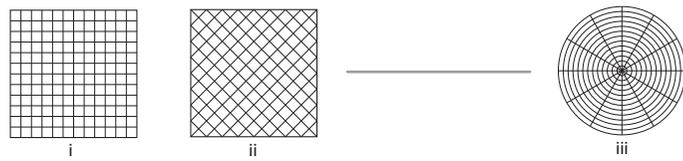
- a. Generadora: Son geometrías plasmadas sobre el plano con el fin de guiar y ordenar las deformaciones deseadas para la transformación de la forma hacia su estado final.
- b. Coordenadas: Son coordenadas plasmadas sobre el plano con el fin de visualizar, identificar y nomenciar los datos de referencia necesarios para las deformaciones deseadas para la transformación de la forma hacia su estado final.
- c. Sentido: Son los gestos visuales geométricos plasmados sobre el plano con el fin de sugerir y provocar las deformaciones deseadas para la transformación de la forma hacia su estado

3.2 Geometrías Ordenadoras

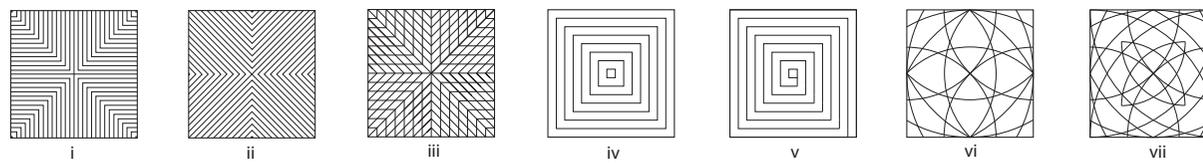
a. Generadoras



b. Coordenadas



c. Sentido



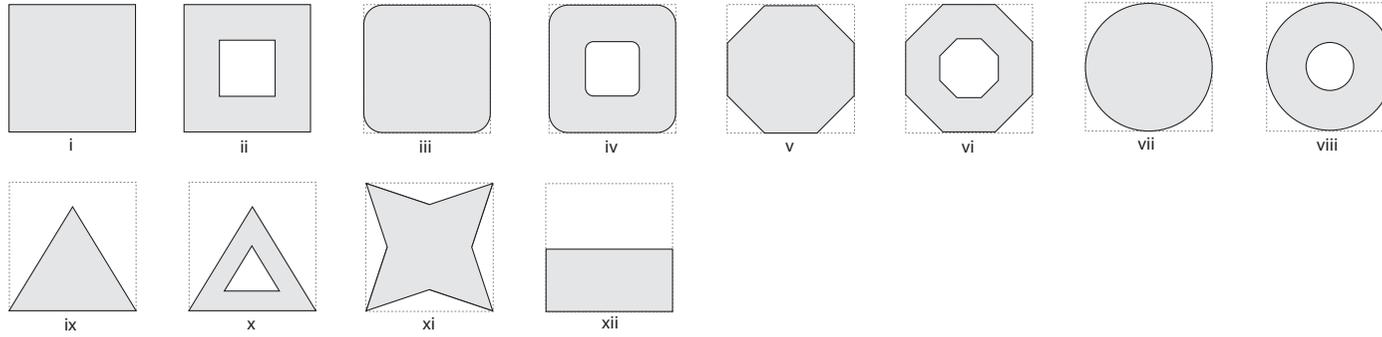
3.3 Atributos Concretos

Atributos Concretos para la generación de las formas espaciales

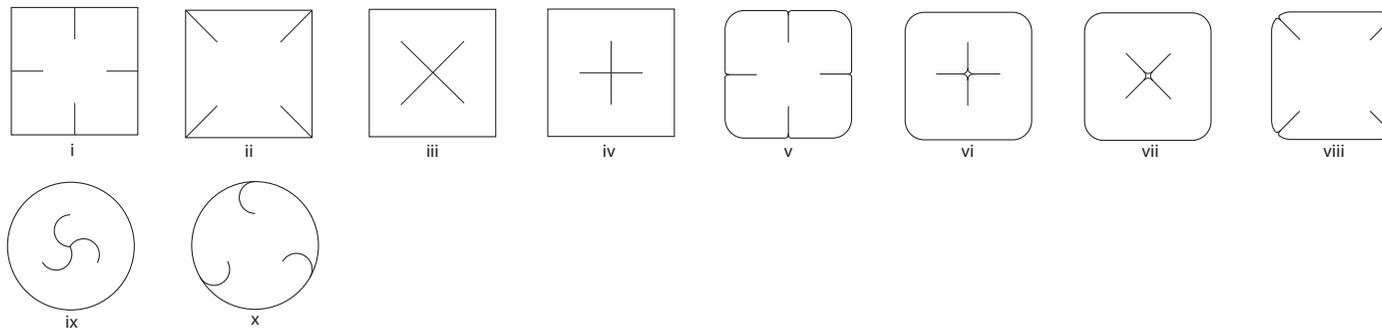
- a. Formas: Es el repertorio inicial de configuraciones de planos propuesto para usar como parámetro en esta investigación. Se toma el cuadrado principalmente por su simpleza, simetría rotacional y facilidad de ordenar, pero no es el único ni necesariamente el mejor en ningún sentido, se usa a modo de ejemplo.
- b. Cortes: Es el repertorio inicial de intervenciones (cortes totales o parciales) de planos propuesto para usar como parámetro en esta investigación. Se proponen cortes en sintonía con las geometrías ordenadoras (puntos g, h, i) para facilitar las lecturas, pero cualquier tipo de corte es posible.
- c. Texturas: Es el repertorio inicial de intervenciones (tajos y gajos) de planos propuesto para usar como parámetro en esta investigación. Se toman texturas con simetría rotacional para facilitar las lecturas, pero cualquier tipo de orientación es posible.

3.3 Atributos Concretos

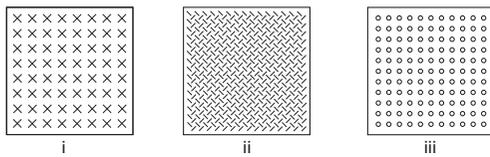
a. Formas



b. Cortes



c. Texturas



4. Programa Generativo de Formas

En este capítulo se utiliza el lenguaje de modelación unificado UML (Unified Modelling Language) para diseñar y establecer el funcionamiento en un primer acercamiento de una aplicación informática para generar formas de Origami Fluido basado en ciertos parámetros establecidos, operaciones básicas y atributos definidos para las formas que se pretenden generar por medio de este.

Para la representación del funcionamiento de esta aplicación se presentan una serie de diagramas que se utilizan generalmente en el UML para lograr un acercamiento de interacción Usuario- Aplicación gráfica y conceptualmente.

4.1 Introducción al UML

El Lenguaje Unificado de Modelado UML, es un lenguaje gráfico para visualizar y construir una aplicación sistemática informática. UML es un lenguaje estándar que permite lograr un plano o boceto de la aplicación que se pretende diseñar, enfocándose en describir aspectos básicos como todos los elementos que interceden en la aplicación, la secuencia de operaciones que debe ejecutar el usuario y las respuestas de la aplicación hacia el usuario en términos muy concretos y concisos para poder tener un panorama completo de primera generación sin detalles profundos de la aplicación diseñada.

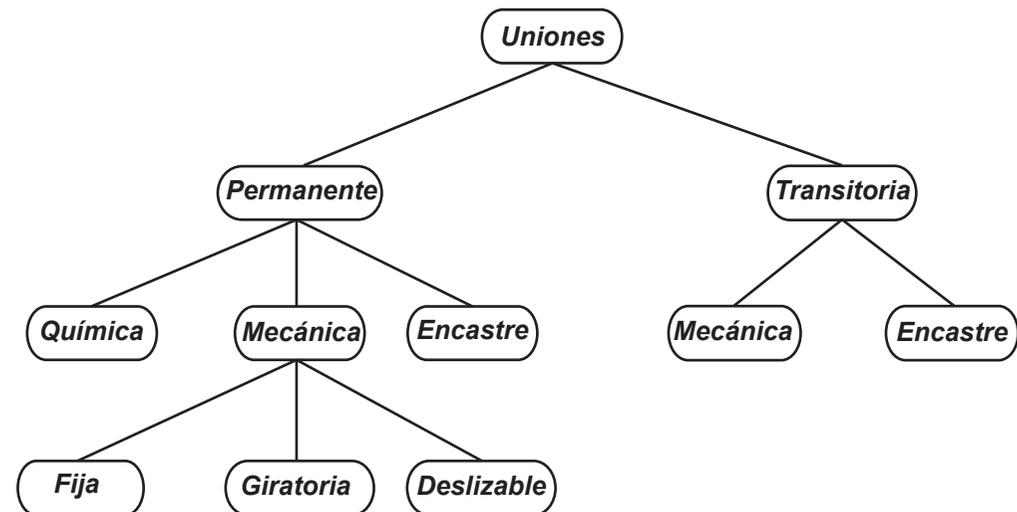
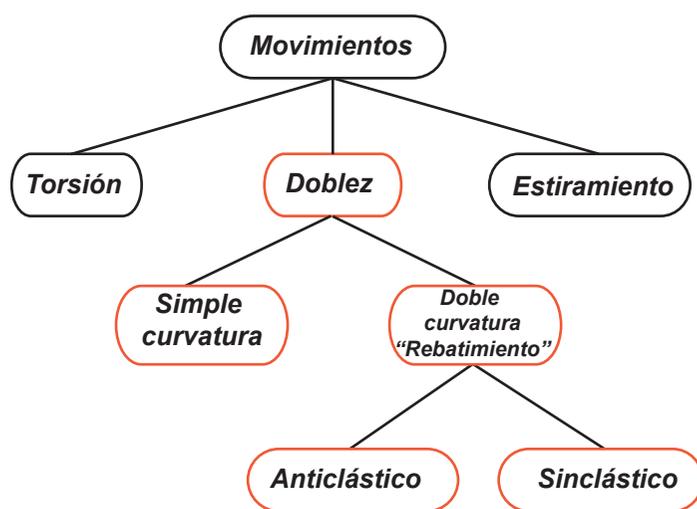
El UML no es un lenguaje de programación, es el lenguaje que se utiliza para describir qué hará la aplicación en terminología tan clara para que pueda ser entendida por una persona y posteriormente se pueda implementar esta información para iniciar un proceso de programación para materializar la aplicación como un software.

En este capítulo se llega a un nivel de detalle superficial de la aplicación, pero estableciendo bases claras de su funcionamiento. Para esto se emplean 3 tipos de diagramas que permiten lograr 3 niveles distintos de abstracción del funcionamiento. Estos diagramas son tomados del UML y son los siguientes:

- Diagrama de casos de uso: Muestra los componentes involucrados en la aplicación, tales como operaciones a ejecutar y su relación con el usuario según jerarquías en las que se encuentran estas operaciones. Se pueden hacer diagramas de casos de uso del sistema en general y también de suboperaciones en las cuales se quiera especificar el detalle de su uso.
- Diagrama de secuencia: Plasma la secuencia de operaciones que debe realizar el usuario en su interacción con la aplicación, detallando la información que entra el usuario y la que este recibe de la aplicación.
- Diagrama de estado: Muestra el estado interno en el que está la aplicación en el momento en que se ejecuta determinada operación.

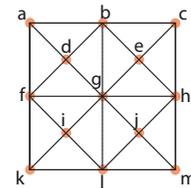
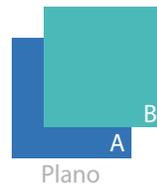
4.2 Representación de operaciones

Inicialmente se realiza una representación por medio de diagramas, de las operaciones básicas por medio de las cuales se puede intervenir el material de características flexibles (Elemento) para generar formas de origami fluido OF. Dentro de los Movimientos se resalta el doblez con un color diferente ya que es el movimiento al que se le ha dado todo el protagonismo para las intervenciones del elemento para generar formas de OF.



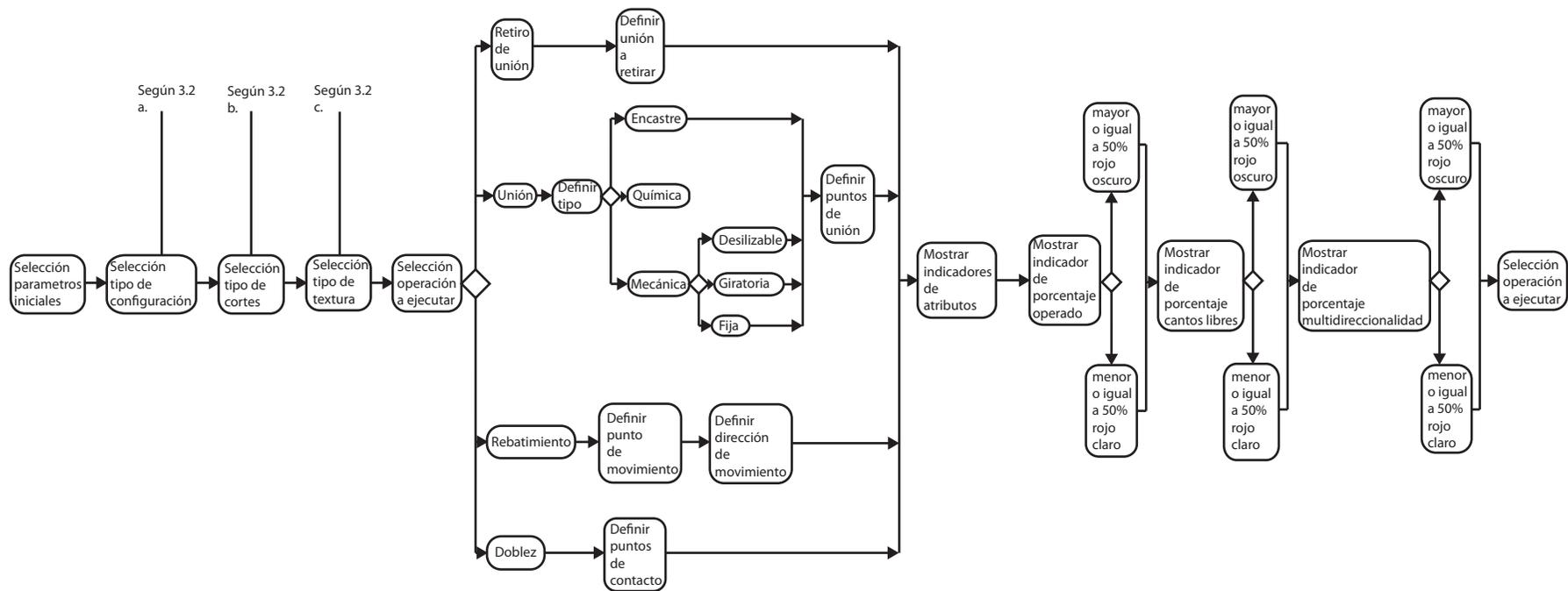
4.3 Ejemplo de conformación por origami fluido

Se plantea la elaboración de una figura paso a paso por medio de las operaciones establecidas previamente para tener un mejor entendimiento de lo que deberá hacer la aplicación generativa de formas de OF.



Paso 1		Paso 2		Paso 3	
Descripción	Representación	Descripción	Representación	Descripción	Representación
Se llevan los puntos a,c,k,m del lado A del elemento a juntarse, se realiza una unión mecánica entre ellos (mediante elemento externo)		Se rebaten los puntos a,c,k,m del lado b del plano en dirección del punto g del lado b del elemento hasta que se establezca la forma.		Se rebaten los puntos f,b,h,l del lado b del elemento en dirección del punto g del lado b hasta que se establezca la forma	

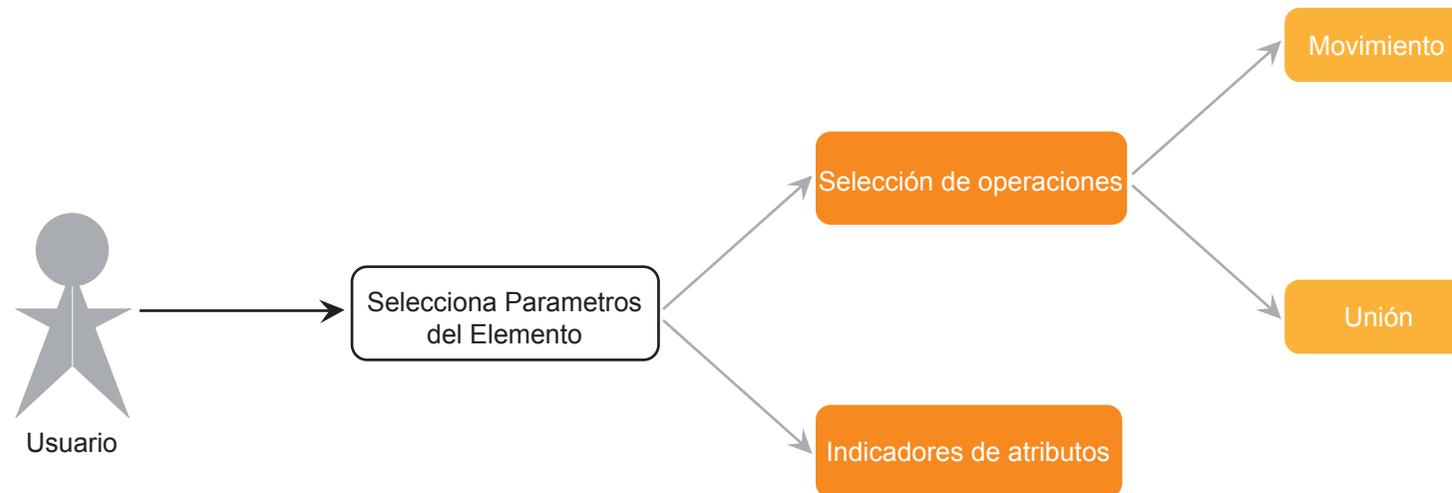
4.4 Diagramas de funcionamiento de la aplicación



4.4 Diagramas de funcionamiento de la aplicación

a. Diagramas caso de uso.

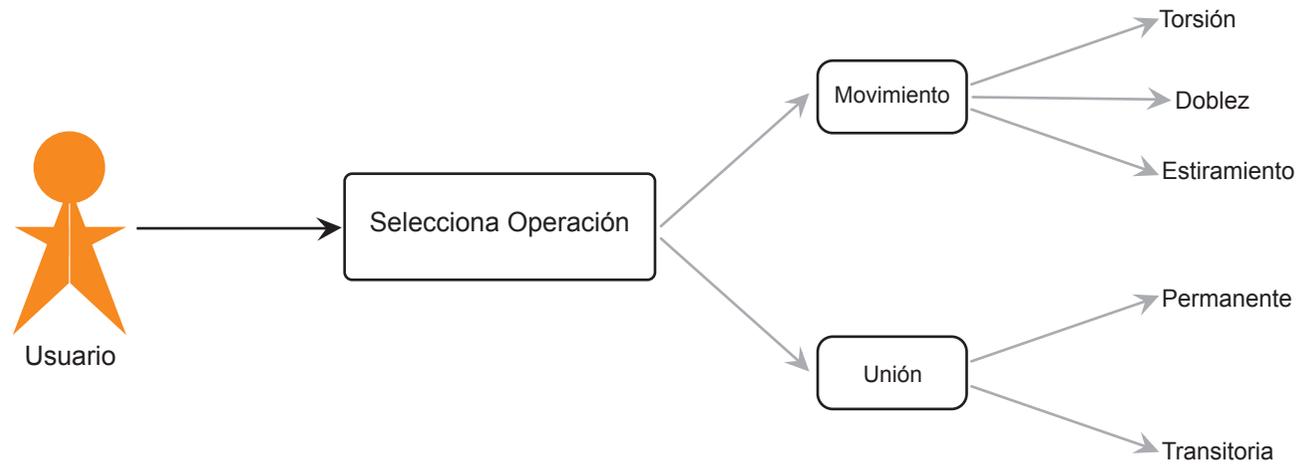
Aplicación



4.4 Diagramas de funcionamiento de la aplicación

a. Diagramas caso de uso.

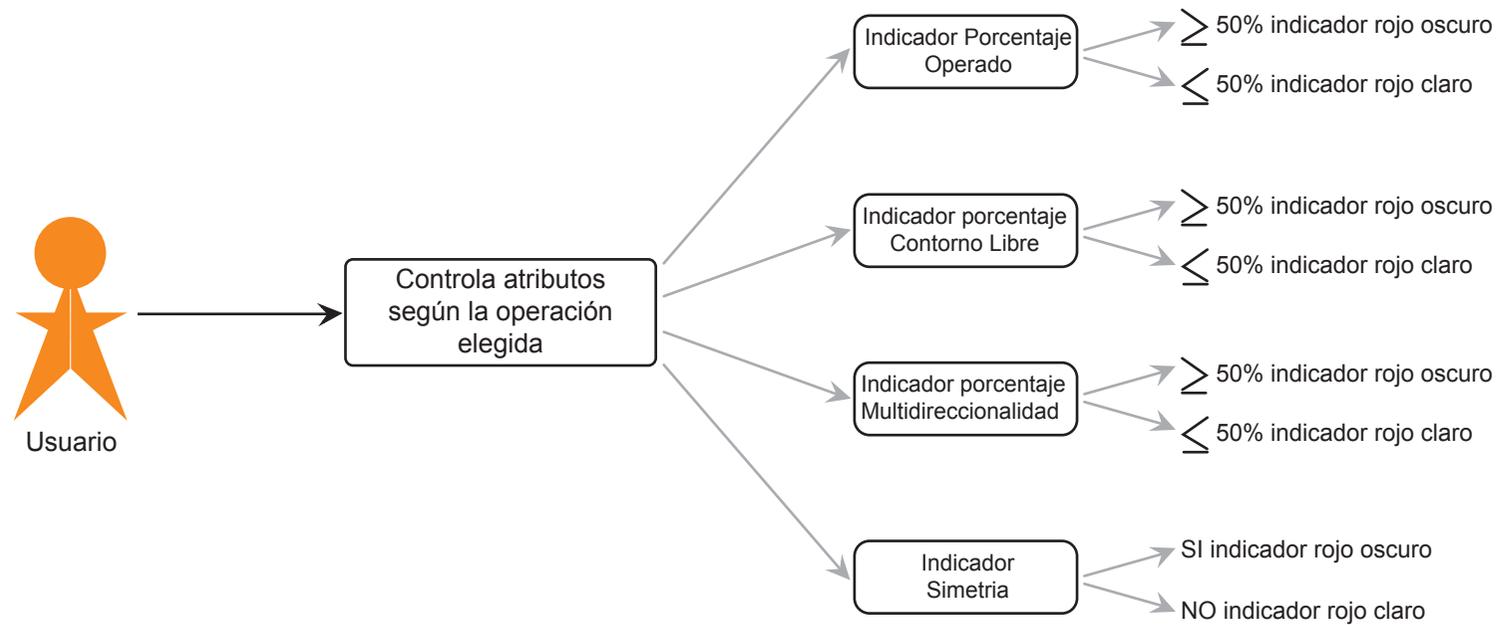
Selección de operación



4.4 Diagramas de funcionamiento de la aplicación

a. Diagramas caso de uso.

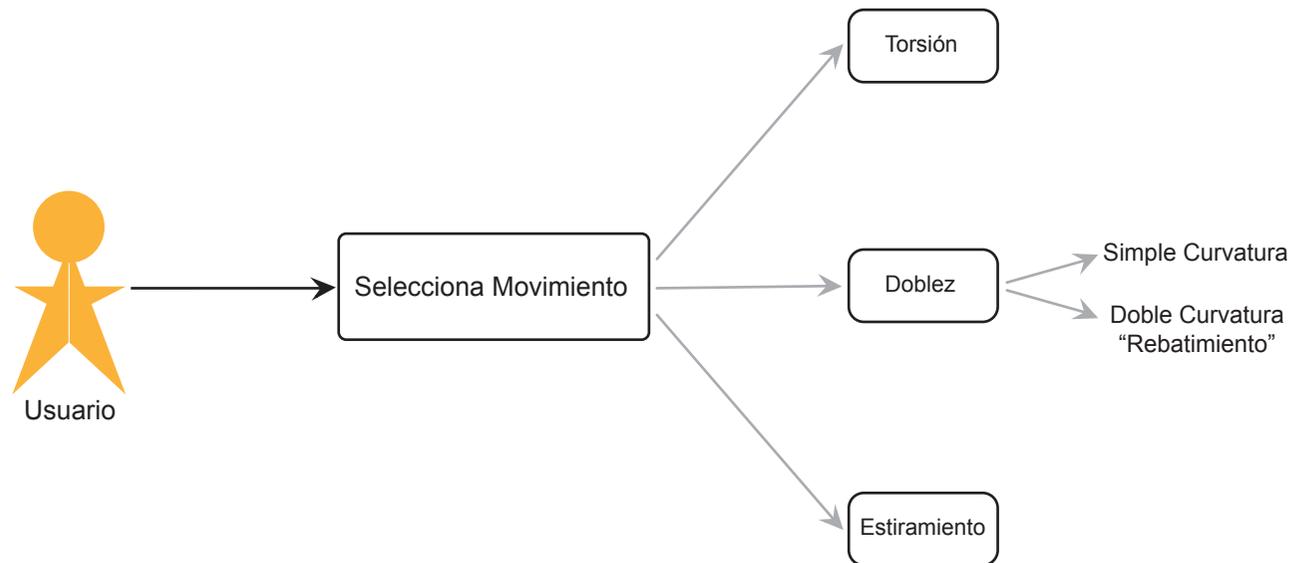
Control de atributos



4.4 Diagramas de funcionamiento de la aplicación

a. Diagramas caso de uso.

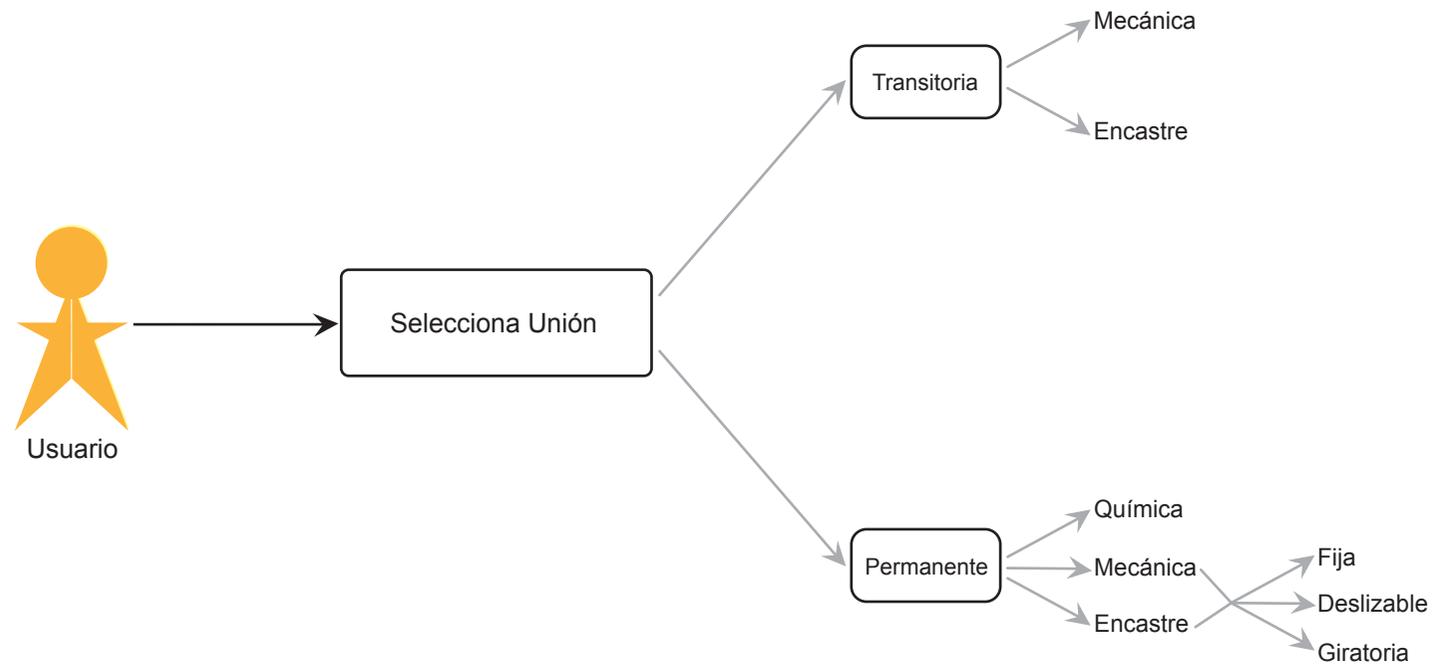
Selección de movimiento



4.4 Diagramas de funcionamiento de la aplicación

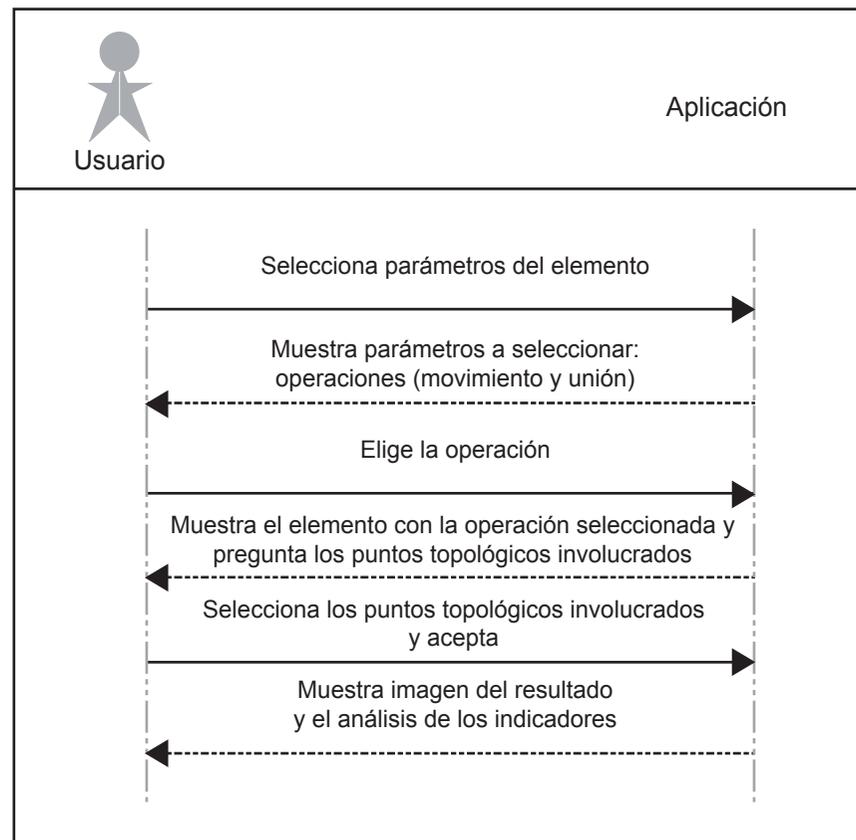
a. Diagramas caso de uso.

Selección de uniones



4.4 Diagramas de funcionamiento de la aplicación

b. Diagramas secuencia



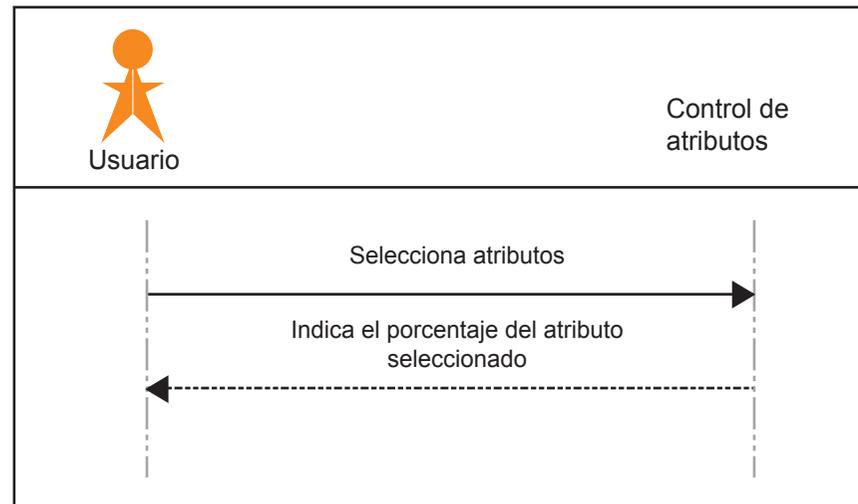
4.4 Diagramas de funcionamiento de la aplicación

b. Diagramas secuencia



4.4 Diagramas de funcionamiento de la aplicación

b. Diagramas secuencia



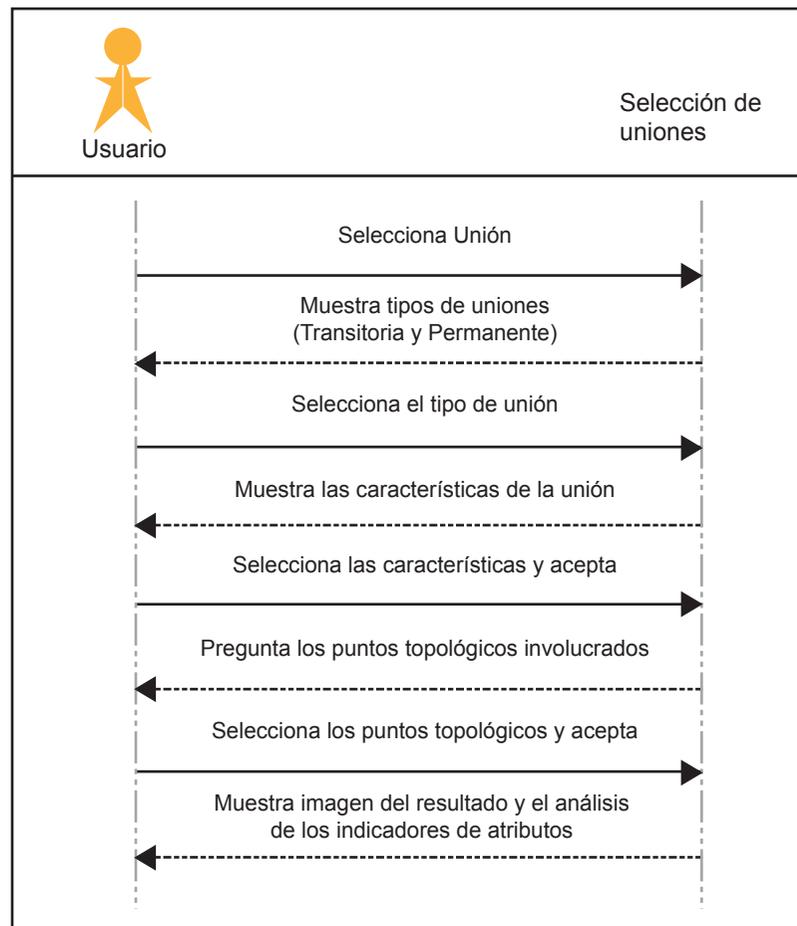
4.4 Diagramas de funcionamiento de la aplicación

b. Diagramas secuencia



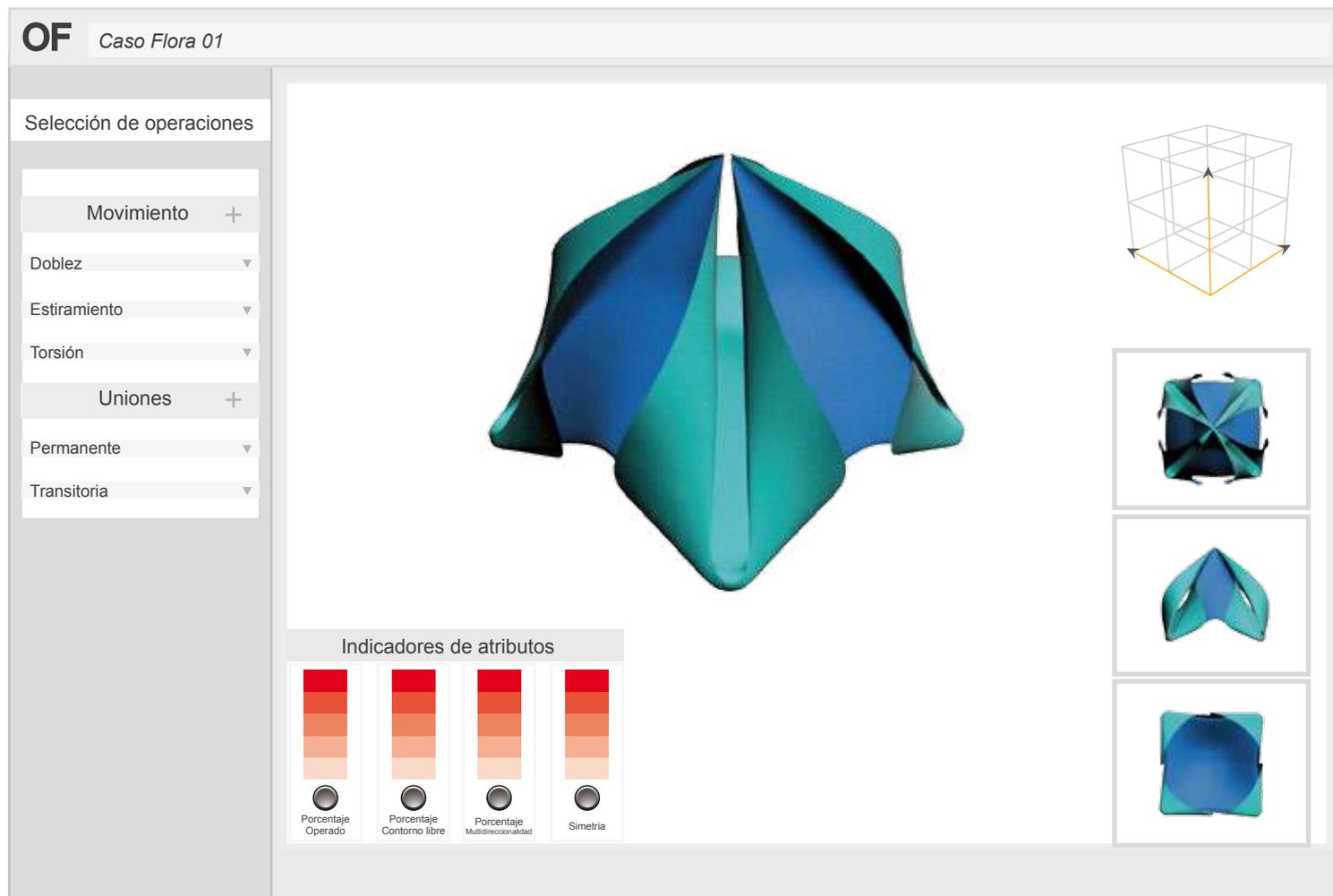
4.4 Diagramas de funcionamiento de la aplicación

b. Diagramas secuencia



4.5 Interfaz gráfica de la aplicación

A continuación se presenta un acercamiento gráfico a la interface de la aplicación a la que estaría enfrentado el usuario en el momento de utilizarla para la generación de formas. Esta interfaz refleja el funcionamiento representado anteriormente en los diagramas de UML



5. Catálogo de Formas Generales

En este capítulo se presentan las cuatro categorías de formas seleccionadas de los resultados de esta etapa de investigación. Cada categoría es definida de acuerdo a ciertas características y atributos específicos que la diferencian de las demás. En cada categoría se presenta una cantidad suficiente de ejemplos (casos) para corroborar que los atributos son suficientemente claros y reproducibles como para definir un recorte dentro del universo potencial (e infinito) de formas espaciales generadas por las operaciones descritas en el capítulo 4.

La manera elegida para ilustrar los casos potenciales que se pueden generar está organizada con esta metodología:

- Se señala la forma de partida (un círculo o cuadrado, con y sin cortes, consignado en gris).
- Se muestra una secuencia de casos posibles elegidos con el criterio de mostrar los casos más emblemáticos según los atributos deseados, y generados con la menor cantidad de operaciones posibles “más con menos”.
- Cada caso se muestra dentro de una casilla con el nombre/código asignado como referencia y tres vistas distintas (axonometría, superior y lateral).
- Cuando un caso está basado en el agregado de uno o más pasos a un caso existente, este se muestra con la consigna de la sub-letra al lado del número de caso y se adosan las casillas correspondientes para resaltar la relación de uno con el otro.
- Se ha tomado un caso específico y se ha realizado un desglose paso a paso de cada secuencia.

5. Catálogo de Formas Generales

Las Categorías

Formas Básicas

Esta categoría es definida por los siguientes atributos:

- Son las formas primarias posibles según el sistema de OF que responden a superficies desarrollables.
- Son las formas primarias posibles según el sistema de OF que responden a formas genéricas, incluyendo polígonos, prismas y poliedros.

Flora

Esta categoría es definida por los siguientes atributos:

- Presenta simetría rotacional.
- Presenta porcentaje alto de material operado o intervenido (generalmente bastante mayor a 50% de la superficie original). Esto se nota al no dejar áreas del plano sin curvar.
- Presenta porcentaje alto de multidireccionalidad (generalmente bastante mayor a 50% de la superficie original). Esto significa que los planos están orientados en distintas direcciones (tendiente a simetría esférica), mientras mayor cantidad de direcciones, mayor el porcentaje atribuido.
- Presenta buen porcentaje de cantos libres (generalmente cercado al 50% del perímetro), definido por zonas perimetrales que exponen superficie adyacente al canto en ambos lados.

5. Catálogo de Formas Generales

Formas Modulares

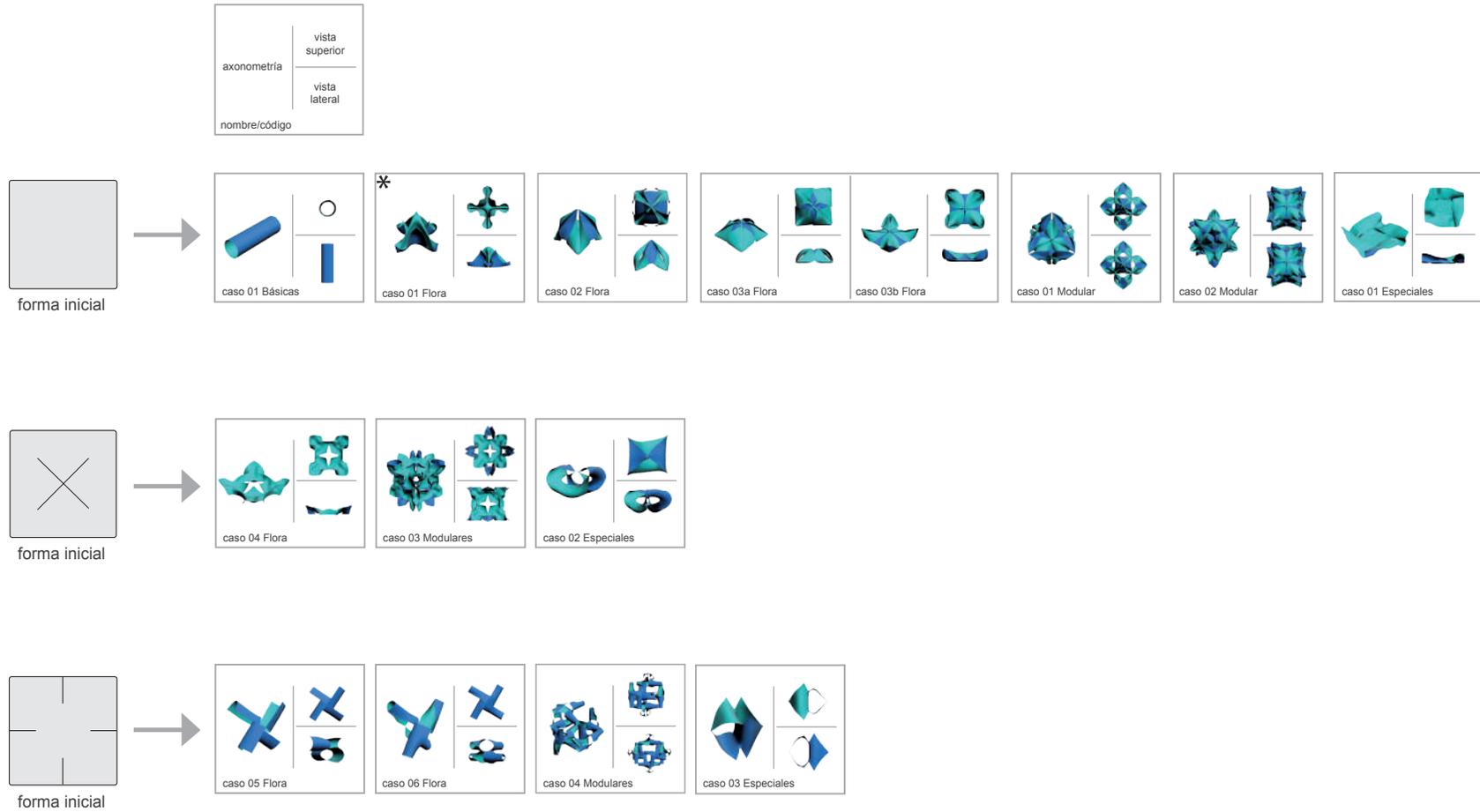
Esta categoría es definida por los siguientes atributos:

- La forma es un módulo replicable que según su estructura organizativa (generalmente un poliedro) es repetida n veces alrededor un punto u otro elemento topológico, hasta completar el conjunto.
- Presenta simetría rotacional o no, este punto no es determinante.
- Presenta tendencia de transformación gradual desde un extremo a otro, en donde una parte quedara oculta al terminar de completar el conjunto, mientras que la otra parte quedara totalmente expuesta y multiplicada.

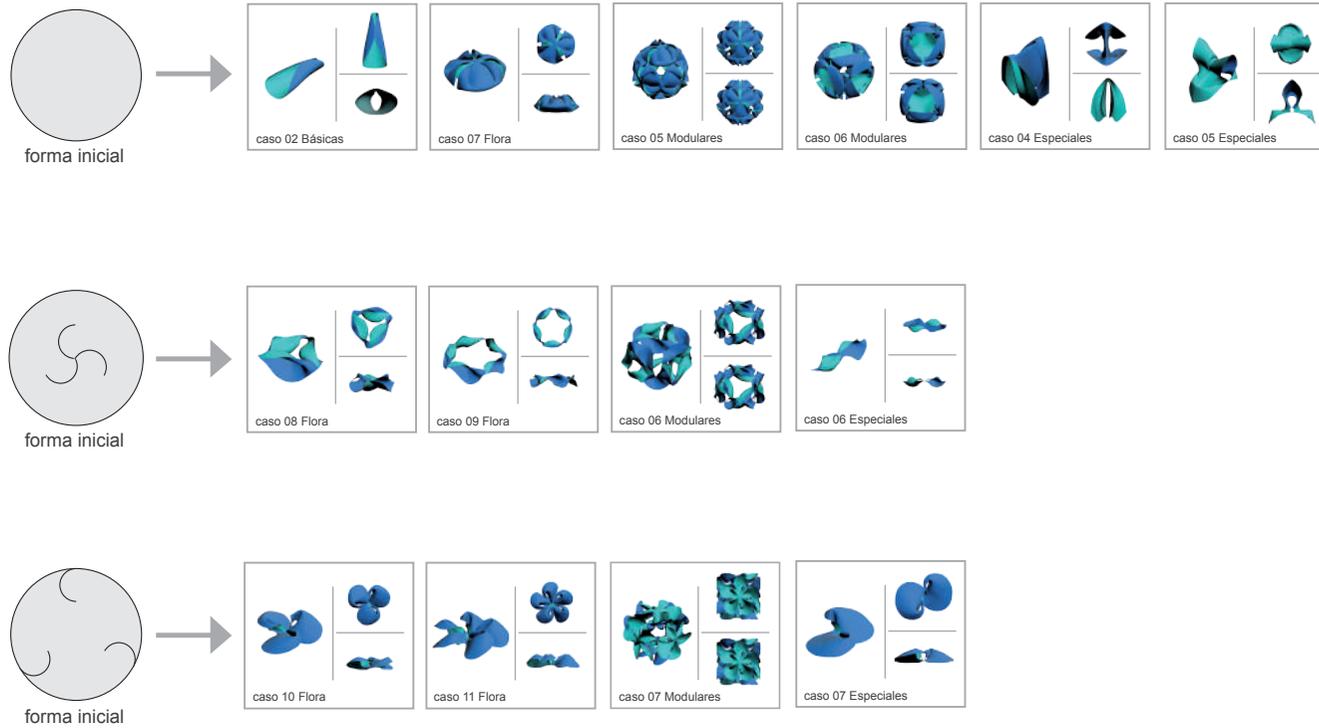
Casos Especiales

Esta categoría no es definida por ningún atributo en si (o combinación), más bien incluye cualquier forma especial que presenta algún rasgo destacable que se considera de interés general para el Atlas, quizás porque señala algún atributo emergente aun no bien identificado o por algún otro motivo que dispara o sugiere algún aspecto a seguir investigando y potencialmente poder convertir en una nueva categoría de análisis si se demuestra extensible y generalizable.

5. Catálogo de Formas Generales



5. Catálogo de Formas Generales



Modelación caso 01 Flora *

Caso 01 Flora *					
					
	Pasos	1	2	3	4
Vistas					
1					
2					
3					
4					

Anexo I - Registro fotográfico de maquetas

En este anexo se presenta un registro fotográfico del repertorio de maquetas de Origami Fluido realizadas durante la investigación. Las maquetas están realizadas en base a láminas de goma EVA (etileno vinilico acetato) de 3mm espesor en baja densidad. Este material resulto óptimo para lograr el comportamiento deseado en la escala elegida para poder hacer modelos 1:1, en donde el tamaño tenía que estar en proporción al espesor y propiedades del material.

Las maquetas presentadas se consideran parte del universo exitoso, aunque no necesariamente estén modeladas en el Catálogo de Formas. Hubo otra cantidad de maquetas que no lograron cumplir con los atributos formulados para conformar parte de las categorías presentadas.

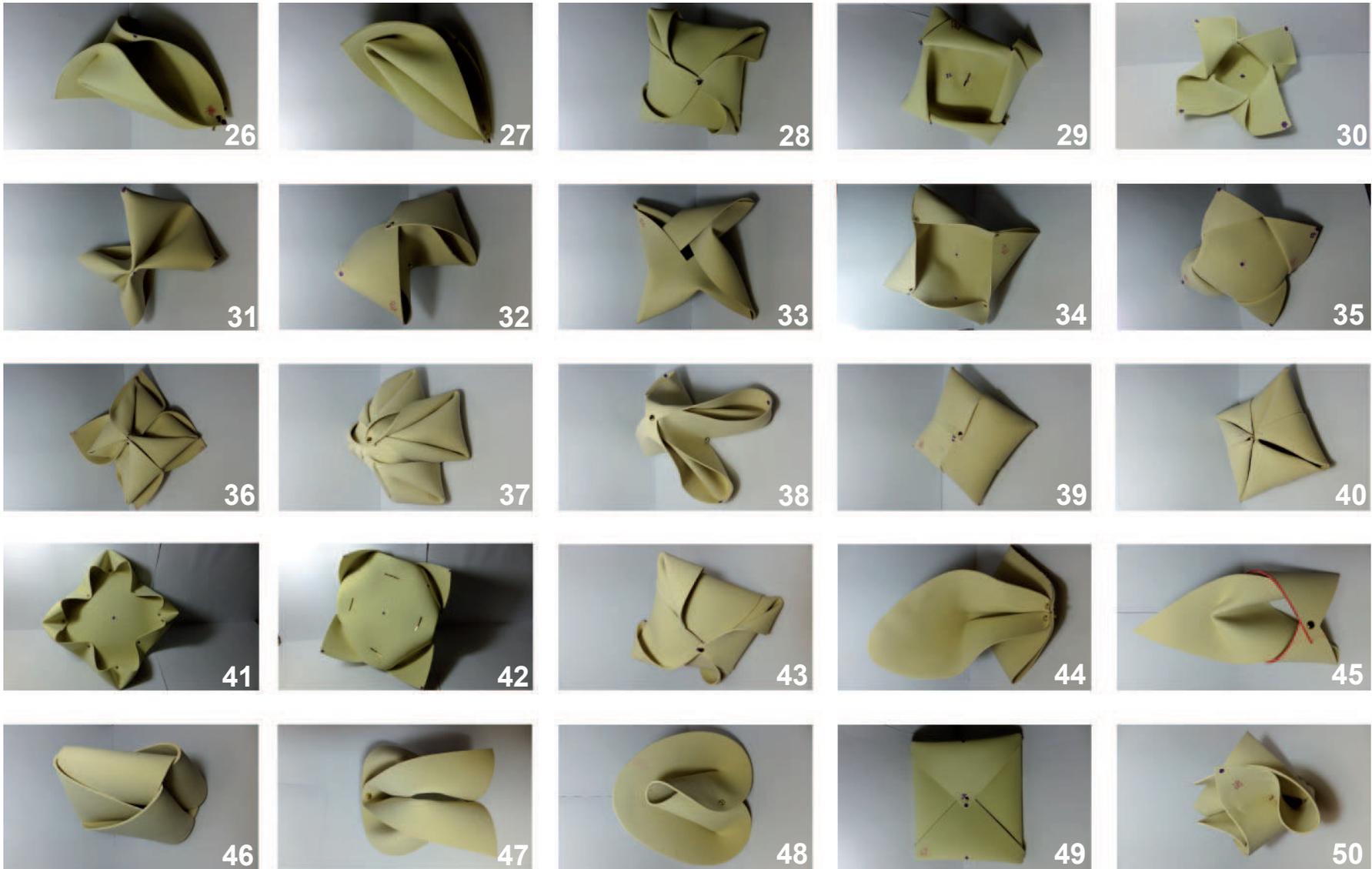
En algunos casos las maquetas fueron demostraciones y verificaciones de lo que ya se sabía podría conformarse, pero en otros tantos casos las maquetas sirvieron de técnica de “form-finding / form generation” en sí y luego fueron digitalizadas. Es decir, hubo una ida y vuelta entre predicción y comprobación, entre imaginación y concreción, hasta que se logró crear un universo suficientemente amplio y demostrativo de los atributos que permitieron crear las categorías de análisis propuestas.

El orden de las maquetas presentadas en el registro fotográfico no corresponde a ningún orden en especial, ni implica jerarquía alguna.

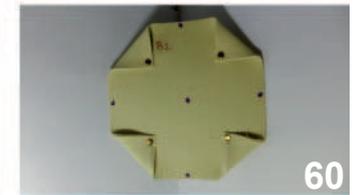
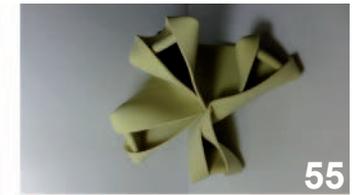
Anexo I - Registro fotográfico de maquetas



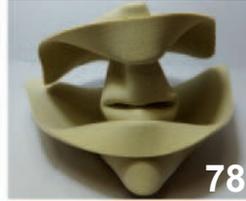
Anexo I - Registro fotográfico de maquetas



Anexo I - Registro fotográfico de maquetas



Anexo I - Registro fotográfico de maquetas



Anexo II - Productos concretos basados en el sistema de Origami Fluido (Vacavaliente)

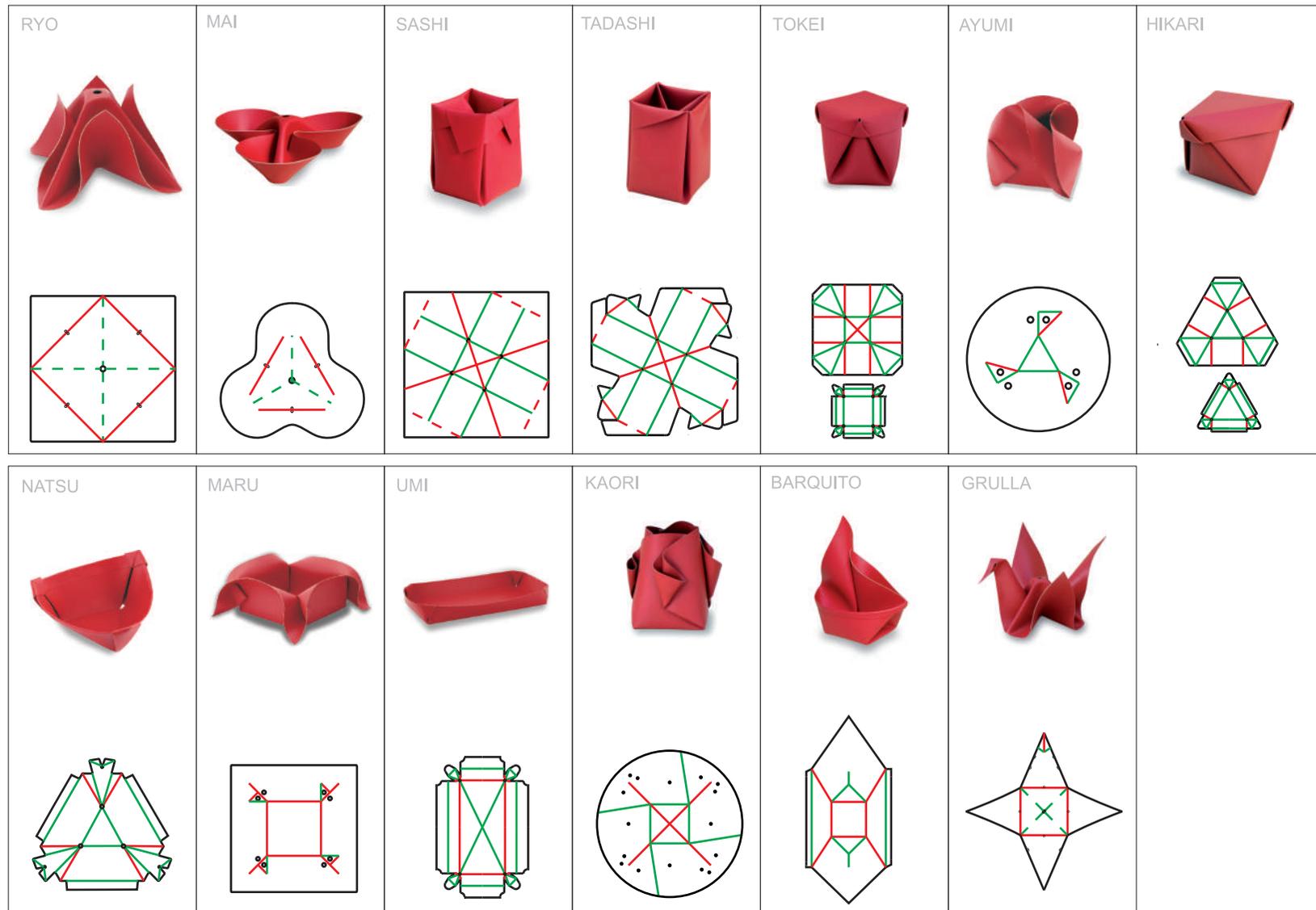
En este anexo se presenta un catálogo de productos efectivamente diseñados como accesorios de escritorio dentro de un emprendimiento comercial denominado Vacavaliente.

Los productos ejemplificados fueron diseñados en equipo, dirigido por el autor. En cada cuadro se presenta una imagen del producto terminado junto al molde real de producción. En algunos casos (línea Origami) los moldes consignan con líneas verdes lo que se llama “pliegues montaña”, es decir que se doblan con la arista hacia arriba, mientras que la líneas rojas denotan los “pliegues valle”, es decir que se doblan con la arista hacia abajo.

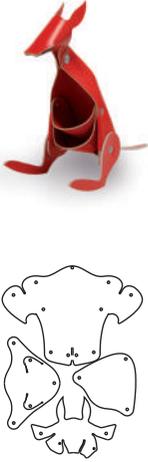
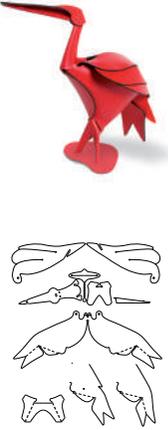
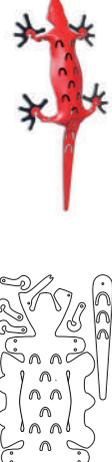
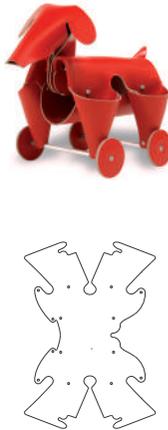
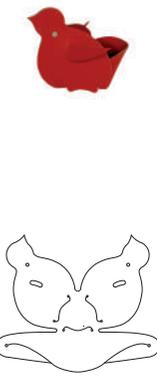
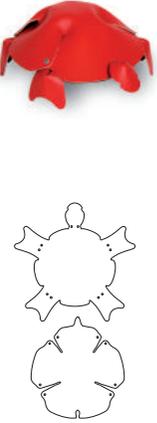
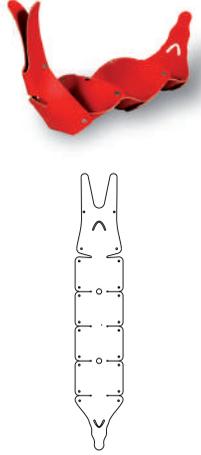
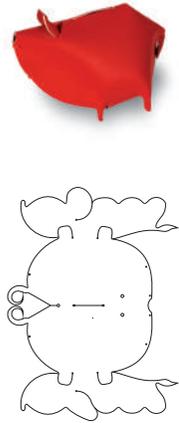
El proceso de diseño detrás de cada ejemplo fue siguiendo lo descrito en el capítulo 4 del Atlas, planteando los atributos deseados de la forma, pero a la cual se le suma en estos casos dos consideraciones adicionales que la investigación presentada excluye explícitamente: función y significado. Esto tampoco implica que los modelos expuestos como ejemplos (Casos) en el Atlas carezcan de ambas cosas, sobre todo significado, pero fueron abordadas en términos genéricos y exploratorios, sin fines utilitarios en sí.

Los productos mostrados en este Anexo fueron producidos con un material conocido como cuero reconstituido, variando su espesor según el ejemplo desde 0,5mm espesor hasta 1,8 mm espesor. La densidad y elasticidad de este material se define bajo las especificaciones comerciales del fabricante, consignadas como “Cueroflex™ tipo 2000”. El proceso de fabricación incluye el marcado previo por prensado en cada “arista” según su dirección, y luego aplicación de calor focalizado seguido del moldeado final por aplicación de un rodillo giratorio. En casi todos los casos los pliegues no son definidos por aristas reales, sino más bien por superficies curvadas guiadas por aristas virtuales, sin llegar a ser un pliegue firme. He aquí una demostración fiel de los resultados que se pueden obtener según el material real, exaltando la cualidad de fluidez que propone este sistema tecno-morfológico.

Anexo II - Productos concretos basados en el sistema de Origami Fluido (Vacavaliente)



Anexo II - Productos concretos basados en el sistema de Origami Fluido (Vacavaliente)

<p>CANGURO</p> 	<p>CONEJO</p> 	<p>CIGÜEÑA</p> 	<p>LAGARTO</p> 	<p>MONO</p> 	<p>PERRO</p> 	<p>GATO</p> 
<p>GALLINA</p> 	<p>POLLITO</p> 	<p>TORTUGA</p> 	<p>ORUGA</p> 	<p>CHANCHO</p> 	<p>CHANCHITO</p> 	

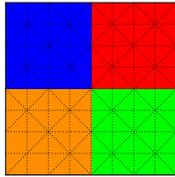
Anexo III - Trans-folding Design Puzzles (1PP)

Trans-Pliegues: transformación simultánea y perpetua de forma e imagen basada en estrategias de tipo origami.

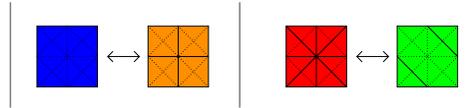
Estos diseños muestran 3 ejemplos dentro de un amplio universo posible para los puzzles Trans-pliegues. El primer ejemplo (1PPa) plantea un problema concreto a solucionar con 3 variantes de combinación de colores, afín al famoso Cubo Mágico (Rubiks™) pero llevado a dos dimensiones. El segundo (1PPb) se basa en las continuas transformaciones secuenciales en donde cambia tamaño. El tercero (1PPc) se basa en las continuas transformaciones secuenciales en donde cambia la forma y tamaño.

Anexo III - Trans-folding Design Puzzles

1PPa



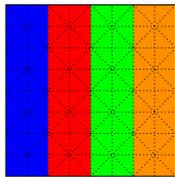
módulo 4



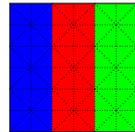
solución A: 1/4

solución B: 1/4

1PPb



frecuencia 8



frecuencia 6

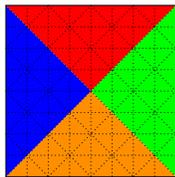


frecuencia 4

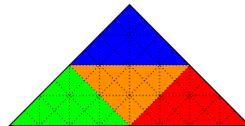


frecuencia 2

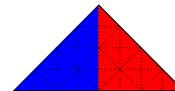
1PPc



1
proporción



1/2
proporción



1/4
proporción

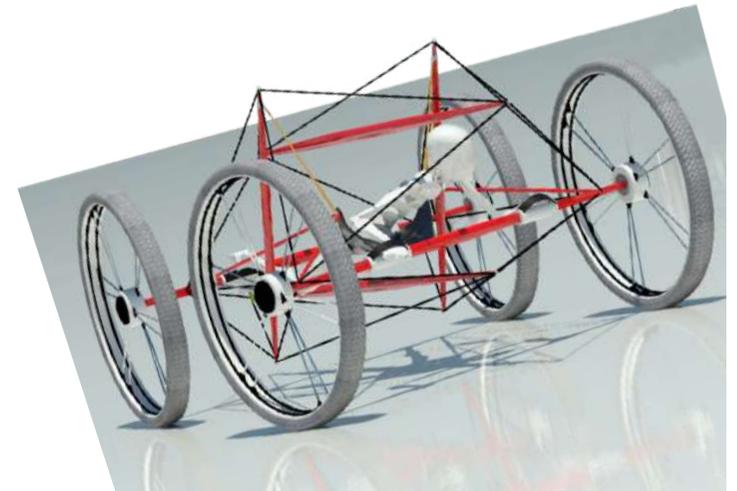


1/8
proporción

... Atlas de Origami Fluido

3.5 Atlas de Tensegridad

La Tensegridad es un sistema donde la tracción trabaja en una red continua mientras la compresión trabaja en forma discontinua, cada una reducida a su mínima expresión y máxima eficacia, en búsqueda de la economía estructural. Este es el Atlas más extenso y completo de los cuatro y muestra como atravesando a fondo el terreno se puede empezar a mirar los mismos lugares pero con otra óptica, ejemplificada en la sección Nuevas Ideas.



Índice

- A. Contexto
- B. Glosario
- C. Mapas
- D. Nuevas Ideas

Anexo I Registro de análisis con maquetas físicas

Anexo II Ejemplos de productos concretos (Rolling, Arches, Pogo, Varios)

A. Contexto

Tensegridad es la contracción de las palabras Tensión e Integridad y fue acuñada por R. Buckminster Fuller en 1955. La Tensegridad es un concepto estructural que ha sido estudiado con cierto rigor desde la década del 50, ha tenido su nacimiento en el arte y ha llegado a aplicarse en arquitectura, ingeniería, diseño industrial, medicina y ciencia, campos en los que se ha hecho uso de sus particularidades morfológicas, constructivas, estructurales y estéticas.

El descubrimiento de la tensegridad tiene una historia polémica debido a que varios autores reclaman su autoría, aunque en orden cronológico el artista constructivista ruso Karl loganson en 1921 expuso una estructura que ha sido considerada un precursor de la tensegridad, producto de sus trabajos con “formas espaciales” (Gough, M., 1998), luego en 1948 el artista Kenneth Snelson crea el “X-module”, en 1963 el arquitecto Buckminster Fuller patenta su primer sistema de tensegridad y en 1964 David Georges Emmerich obtiene su propia patente (Gomez-Jáuregui, 2007).

Generalmente se reconoce que la tensegridad fue propulsada al ámbito público gracias a los esfuerzos conjuntos de Fuller y Snelson. Fuller por su parte explotó al máximo el potencial constructivo que el pudo imaginar, proponiendo diversas obras en distintas escalas y aplicaciones, generalmente con intereses industriales y patentables. Snelson por su parte exploró más acerca de cómo lograr un resultado estético, creando obras de gran ligereza visual y física conocidas a través de sus celebres esculturas aéreas instaladas en varios de los museos más importantes del mundo. Snelson llama a estos modelos “sistemas

de compresión flotante” y consideró que este sistema no podría ser utilizado en obras civiles limitando su uso al campo artístico (Gomez-Jáuregui, op cit).

Las principales características de la tensegridad son:

- **Elementos dedicados:** Cada uno de los elementos que compone el sistema de tensegridad trabaja exclusivamente frente a un tipo de fuerza pura (tracción o compresión) permitiendo el uso óptimo de los materiales que los conforman.
- **Elementos continuos a tracción:** El sistema está conformado por elementos que trabajando a tracción crean una continuidad y transmiten sus fuerzas a través de los nudos que están ubicados generalmente en los extremos de los elementos a compresión que contienen a éstos últimos. Un módulo de tensegridad puede tener uno o más elementos a tracción.
- **Elementos aislados a compresión:** Unidades que resisten esfuerzos de compresión y se encuentran suspendidas dentro de la red tensionada. Estos elementos no se tocan entre si y están conectados solo a los elementos traccionados.
- **Equilibrio auto-estable:** Tiene la propiedad de recuperar su forma inicial después de haber sido deformado por alguna fuerza externa manteniendo el equilibrio de sus fuerzas internas y además no requiere elementos externos para mantener su estabilidad. Esta propiedad depende de la capacidad elástica de sus componentes traccionados y la magnitud de la deformación. Existe un tipo de tensegridad que se ancla a elementos externos como anillos perimetrales o al terreno, llamada “tensegridad abierta”.

En la actualidad la tensegridad es utilizada en varios campos debido a sus propiedades básicas: en el diseño se aprovecha por su óptima relación peso/resistencia, su inherente flexibilidad y resiliencia, sumado a su mínima diversidad de componentes mientras que en el arte ha sido usada por su levedad visual (compresión flotante). Se ha abierto un campo de exploración con fines médicos llamado Bio-tensegridad el cual se basa en la analogía del sistema tensegridad con el sistema músculo-esquelético humano y también se ha propuesto en el campo de la biología celular la existencia de la tensegridad como estructura del citoesqueleto.

En esta investigación se plantean diferentes ideas para generar nuevas morfologías, configuraciones y abordajes que permitan ampliar el universo de aplicaciones al que se ha restringido el uso de los sistemas de tensegridad y se proponen algunos caminos posibles para su uso y futuras investigaciones que aumenten sus posibilidades de uso y disfrute.

DEFINICIONES

Varios autores han aportado definiciones del sistema de tensegridad según sus particulares intereses y enfoques, algunos más abarcativos, otros más limitados. El propósito de mostrar las distintas definiciones es dar cuenta de la amplitud de ideas que rodean este concepto y sus diversos contextos.

Definición Personal

En términos generales la tensegridad es una expresión del concepto tecno-morfológico por excelencia ya que su forma no puede independizarse de su comportamiento estructural, el cual es determinado por los materiales que la componen dado que estos son usados de manera altamente performativo. Es un sistema que celebra la claridad expresiva de sus fuerzas y exhibe su virtuosismo estructural como un atleta. En términos técnicos funcionales la tensegridad es un sistema estructural basado en el equilibrio de fuerzas de tracción y compresión. Estas fuerzas son soportadas y transmitidas por dos tipos de elementos, cada uno trabajando exclusivamente y óptimamente ante cada una de estas fuerzas. Los elementos a tracción generan una red continua que unifica el conjunto y estabiliza a los elementos comprimidos que generalmente no se tocan entre sí, y si lo hicieran, en principio no importaría con tal que sigan trabajando óptimamente en relación a su capacidad de resistir deformaciones.

Definiciones según autores (por orden alfabético)

R. B. Fuller

“Una pluralidad de columnas comprimidas discontinuas dispuestas en grupos de tres columnas *no-conjuntivas* conectadas por elementos tensados triangulados.” (Fuller, 1962). “La Tensegridad define un principio de relación estructural en el cuál la forma de la estructura está garantizada por el continuo y finitamente cerrado comportamiento de los elementos traccionados del sistema y no por el discontinuo y localizado comportamiento de sus elementos comprimidos.” (Fuller, Applewhite, 1975)

V. Gomez-Jáuregui

“La Tenseguridad es un principio estructural basado en el empleo de componentes aislados comprimidos que se encuentran dentro de una red tensada continua, de tal modo que los miembros comprimidos (generalmente barras) no se tocan entre sí y están unidos únicamente por medio de componentes traccionados (habitualmente cables) que son los que delimitan espacialmente dicho sistema.” (Gomez-Jáuregui, 2007)

R. Motro

“Los sistemas de tenseguridad son sistemas espaciales reticulados en un estado de auto-tensión. Todos sus elementos constan de una fibra neutra recta y son de tamaños análogos. Los elementos en tracción no tienen rigidez a compresión y constituyen un conjunto continuo. Los elementos en compresión constituyen un conjunto discontinuo. Cada nudo o vértice recibe uno y sólo un elemento comprimido.” ... “Un sistema de tenseguridad es un sistema que está en equilibrio, es estable por sí mismo y comprende un conjunto discontinuo de componentes comprimidos dentro de un conjunto continuo de componentes atirantados.” (Motro citado por Gomez-Jáuregui, 2007)

A. Pugh

“Un sistema de tenseguridad se establece cuando un conjunto discontinuo de componentes sometidos a compresión interactúa con un conjunto continuo de elementos sometidos a tracción definiendo un volumen estable en el espacio.” (Pugh, 1976)

K. Snelson

“La presente invención se refiere a una forma estructural y, más concretamente, a una novedosa y mejorada estructura de miembros longitudinales que son separadamente puestos bajo tensión o compresión para así formar un entramado, estando los elementos comprimidos aislados los unos de los otros, mientras que los elementos traccionados están conectados entre sí para formar una red atirantada continua.” (Snelson citado por Gomez-Jáuregui, V. 2007).

ANTECEDENTES

Diseño en diversas escalas

La tensegridad ha sido usada ampliamente en el campo de la construcción desde mediados del siglo pasado. La separación entre arquitectura e ingeniería se hace difícil en este caso dado que para el desarrollo de estos sistemas intervienen equipos de diseñadores, calculistas y otros profesionales. Es en cubiertas livianas en donde más ha sido aplicado este sistema dado que permite cubrir grandes luces con poco peso y gran resistencia. También se emplean dado su rápido, aunque no siempre fácil, montaje. También se han usado para construir puentes, torres y cúpulas geodésicas. A escala de producto (diseño industrial) la tensegridad ha sido explorada a nivel conceptual y poco aplicada aunque su flexibilidad inherente es un atributo de interés para algunos productos. Es notable la ausencia de productos en el mercado basado en estos principios, motivo de reflexión y oportunidad crítica!

Á

En los siguientes campos científicos se cita directamente a los protagonistas:

Biomecánica

“El principio de Tensegridad describe con precisión la relación entre los tejidos conectivos, los músculos y el esqueleto. No hay una sola superficie horizontal en cualquier parte del esqueleto que proporcione una base estable para cualquier cosa que se apile sobre él. Igual que las vigas en una estructura de tensegridad simple, los huesos actúan más como separadores que como miembros de compresión. Más peso es efectivamente soportado por el sistema conectivo de los cables que por las vigas óseas. El sistema de soporte de la columna vertebral y de hecho el resto del cuerpo es una función de la tensión continua y la compresión discontinua, de modo que el esqueleto en lugar de ser un marco de apoyo al que músculos, ligamentos y tendones se unen, ha de ser considerado como componente de compresión suspendido dentro de una red de tensión continua.” (Sommer, 2010)

Robótica

“Tibert ha desarrollado estudios de diseño de barras y cables así como de toda la estructura y ha propuesto el diseño de antenas espaciales desplegadas basadas en el concepto de tensegrity. La idea inicial de esta aplicación surge del proyecto *Space Technology Research Vehicles (STRV)*, como parte del programa *Defense Evaluation and Research Agency (DERA)* bajo la dirección de Sergio Pellegrino director del laboratorio de estructuras desplegadas de la Universidad de Cambridge, cuyo objetivo consiste en el desarrollo de satélites de bajo costo para actividades civiles, industriales, académicas y de soporte para actividades militares.” (Tibert y Pellegrino [2000], citado por Correa y Vásquez, 2005)

Biología celular

“En las células mecano sensibles no especializadas, el citoesqueleto es el protagonista de la mecano transducción. En respuesta a la carga mecánica se produce una remodelación de los elementos del cito esqueleto; ello, siguiendo un patrón de deformabilidad consistente con predicciones matemáticas basadas en modelos de la arquitectura celular, y en los que el pre estrés tensional juega un papel estabilizador esencial. Ello es, en esencia, un sistema de tenseguridad; aquel formado por «islas de compresión en un océano de tensión.” (García, 2006)

“Una impresionante variedad de sistemas naturales, desde moléculas de carbono (C60), proteínas, ácidos nucleicos, virus, células, tejidos y las diferentes criaturas vivas, se construyen utilizando un principio arquitectónico denominado tenseguridad. El termino se refiere a un sistema que se auto-estabiliza mecánicamente merced a que las fuerzas compresivas y tensionales se distribuyen y se compensan a través de toda la estructura.” (García, 2009)

Química inorgánica

Es interesante resaltar cómo nuevos hallazgos han evidenciado que incluso las sustancias inorgánicas son susceptibles de ser interpretadas como sistemas de compresión flotante. Algunos autores (Tsu et al., 2003) han propuesto un nuevo modelo de tenseguridad para un tipo de silicón amorfo (α -Si:H) consistente en agentes comprimidos y tensados que actúan de tal manera que distribuyen globalmente las deformaciones debidas a defectos locales. Éstas conllevan una variación volumétrica que parece haber sido corroborada por recientes experimentos empíricos.”(Gomez-Jáuregui, 2007)

Métodos computacionales conocidos para generación de tensegridades

Existen actualmente siete métodos de búsqueda de forma para las estructuras de tenseguridad, tres cinemáticos (aproximación analítica, programación no lineal y relajación dinámica) y cuatro estáticos (soluciones analíticas, método de fuerza-densidad, método de minimización de energía y método de coordenadas reducidas). En los métodos cinemáticos se determina la geometría de la estructura mediante la variación en las longitudes de los elementos a compresión hasta llegar a la máxima posible manteniendo constante la longitud de los cables, en los estáticos se busca mediante operaciones matemáticas la posible configuración de equilibrio en un sistema de tenseguridad con cierta cantidad de nodos y elementos conectivos entre ellos. (Tibert, Pellegrino. 2003).

B. Glosario

CONCEPTOS GENERALES

- **Auto-estable (auto-portante):** una estructura que no necesita de agentes externos para lograr su estabilidad. En caso de requerir apoyo externo se considera una estructura abierta.
- **Caso:** un ejemplo particular tomado como referencia dentro del universo potencial de tipo de componente aplicado a un modelo geométrico (todos los casos están denominados según su número de tabla y coordenadas).
- **Células:** es primera instancia de un sistema de tenseguridad. Hasta el momento identificamos 4 clases (unidad abierta, unidad cerrada, modulo abierto, modulo cerrado).
- **Carácter del componente:** se refiere a los atributos de regularidad y composición (simple / compuesto) de un compresor o tensor.
- **Componente:** Cada uno de los elementos que hacen parte de un sistema de tenseguridad y trabajan exclusivamente frente a un esfuerzo.
- **Comportamiento:** reacciones del material y del sistema ante cargas. Depende del material en caso de componentes y en caso de sistemas depende a veces del material y a veces de las uniones entre componentes. Cuando el sistema contiene componentes compuestos el comportamiento depende también de la relación entre el material y las uniones (inter e intra).
- **Compresor compuesto:** un componente que trabaja a la compresión, compuesto por dos o más vectores (lineal, planar o volumétrico).
- **Compresor simple:** un componente que trabaja a la compresión, compuesto por un solo segmento (lineal, planar o volumétrico).

- **Deformación:** cuando la estructura cambia de manera no deseada.
- **Flexibilidad:** es la capacidad de un material o sistema de cambiar su configuración sin romperse, generalmente volviendo a su forma inicial, pero no necesariamente.
- **Forma:** las características espaciales de un objeto en base a su configuración, tamaño, color, orientación y dirección.
- **Modelo:** configuración geométrica de un polítopo, generalmente usado como punto de referencia de un caso específico (Ej.: cuadrado, cubo, etc.).
- **Morfología:** las características espaciales de un objeto o espacio en base a su geometría, simetría y topología.
- **Politopo:** cualquier forma geométrica con lados planos (polígono, poliedro, etc.). Es regular cuando posee parámetros de regularidad y simetría.
- **Simplex:** sistema de tensegridad compuesto por la mínima cantidad de componentes según categoría de análisis: polígono, prisma, poliedro, etc. (Ej. prisma $P3 = c3 / t9$).
- **Sistema:** denominación cuando componentes de compresión y tensión actúan en relación el uno con el otro (cantidad mínima es $ct/1$). El sistema puede consistir en células simples (unidad abierta, unidad cerrada, módulo abierto, módulo cerrado) o puede ser una agrupación u otra espacialidad aun no detectada.
- **Tensor compuesto:** un componente que trabaja a la tracción, compuesto por dos o más vectores (lineal, planar o volumétrico).
- **Tensor simple:** un componente que trabaja a la tracción, compuesto por un solo vector (lineal, planar o volumétrico).
- **Tipo:** una combinación determinada de componentes aplicados en un sistema (denominación empleada para poder generar distintos casos basados en distintas versiones).

- **Unión:** se distinguen distintas situaciones de uniones, por un lado están las uniones que conforman los componentes cuando son compuestos (llamadas intra-unión) y también están las uniones entre los componentes, es decir entre compresores y tensores (llamadas inter-unión). Los dos casos más generalizables en las uniones son los fijos y móviles. Los casos móviles se definen según sus grados de libertad en relación a la dimensión espacial en que se pueden desplazar (1D, 2D, 3D).
 - o **Intra** (para crear un componente): fija es cuando las partes del componente (vectores) están fijados entre sí (aplicable a compresores y tensores). Móvil que es cuando las partes del componente (vectores) giran entre sí (aplicable a compresores y tensores), requiriendo un elemento externo como interface (disco, cilindro o esfera) por lo que dependen del conjunto de tensores del sistema para estabilizarse. Se considera encastre cuando se apoyan directamente entre sí (aplicable a compresores) por lo que se sueltan si no está trabajando el sistema completo.
 - o **Inter** (como se relacionan los compresores con los tensores): Se considera fija cuando los componentes están fijados de manera inmóvil entre sí. Se considera móvil cuando se deslizan entre si, por lo que se sueltan si no está trabajando el sistema completo.

- **Versión:** se denominan así las diferentes maneras de conformar un mismo politopo (Ej.: un tetraedro puede conformarse por compresores dispuestos como vectores internos o por sus aristas).

VARIABLES POTENCIALES

- **Dimensión:** espacio predominante que ocupa un componente o sistema. Puede ser 0, 1, 2 o 3D. El caso de 0 dimensión es relativo ya que se lo toma como una dimensión volumétrica, pero en este contexto en proporción a 3D se lee como un punto o vértice.
- **Configuración:** característica formal de un objeto o sistema definida por una generatriz y una directriz.
- **Cantidad:** número de componentes en un sistema o cantidad de módulos en una agrupación.
- **Tamaño:** medible en unidades o en proporciones, depende del contexto.
- **Posición:** ubicación espacial respecto a ejes de referencia.
- **Orientación:** dirección de un componente con relación a ejes de referencia.
- **Unión:** las uniones tanto inter como intra componentes pueden ser fijas o móviles.

- Estado de **apertura**: puede ser abierto o cerrado (aplicable a unidades, células y agrupaciones). Cuando un sistema es abierto requiere de otros elementos para estabilizarlo (Ej.: otras células o elementos externos al sistema en sí). Cuando un sistema es cerrado es auto-estable.
- Estado de **flexibilidad**: un componente y/o sistema en general puede ser flexible o rígido. En el caso del compresor, depende del material con el que está compuesto. Cuando el variable de flexibilidad se aplica al sistema depende de si el tensor es elástico o no, como se describe a continuación.
- Estado de **elasticidad**: un tensor y/o sistema en general puede ser elástico o plástico. En el caso del tensor depende del material con el que está compuesto, cuando se aplica al sistema depende de si el tensor es elástico o no.
- Estado **cinético**: un componente o sistema en general puede ser cinético (dinámico) dependiendo de si el componente (compresor y/o tensor) es regulable en uno o más de los siguientes factures: su tamaño, forma, orientación y dirección. También puede ser cinético si sus componentes varían de dimensión (Ej. pasan de 1D a 2D o 3D, y a la inversa).

CALIFICATIVOS APLICADOS A VARIABLES (denominaciones bajo estudio dado que hay áreas grises entre lo que usualmente se emplean como sinónimos)

- Regular vs irregular, simple vs compuesto- se llama así cuando todos los elementos (o características) en cuestión son lo más básico y simple posible.
- Uniforme vs no-uniforme, homogéneo vs heterogéneo, puro vs híbrido o mixto- se llama así cuando todos los elementos (o características) en cuestión son iguales o no entre sí.

Ejemplos de los calificativos:

acción pura: cuando un componente trabaja exclusivamente a la tracción o compresión.

acción híbrida: cuando un componente trabaja simultáneamente a la tracción y compresión.

componente simple: compuesto por un solo vector (generatriz constante).

componente compuesto: compuesta por dos o más vectores (generatriz no-constante).

componente regular: compuesto por segmentos iguales (lados, ángulos, radios, etc.).

componente irregular: compuesto por segmentos distintos (lados, ángulos, radios, etc.).

sistema uniforme: compuesto por un mismo tipo de componente (de compresión por un lado y de tracción por otro).

sistema no-uniforme: compuesto por más de un tipo de componente (de compresión por un lado y/o de tracción por otro).

agrupación uniforme: compuesta por un mismo tipo de célula.

agrupación no-uniforme: compuesta por dos o más tipos de células.

INSTANCIAS SUCESIVAS DE LA TENSEGRIDAD

1. Componente de tensegridad- cualquier elemento que puede actuar potencialmente en tensegridad.
2. Acción tensegritana- cuando un componente (compresor o tensor) está trabajando resistiendo una carga pura e interactuando con otros componente(s).
3. Sistema de tensegridad- cuando existen componentes de tensegridad en acción. El caso mínimo de un sistema es $ct = 1$ (*monopieza cilíndrica*) y también $c1/t1$ (globo). Los sistemas se clasifican en células o agrupaciones. Se llama Simplex una célula compuesta por la mínima cantidad de componentes posible (Ej.: prisma P3 = $c3 / t9$, etc.).
4. Células de tensegridad - existen 4 clases: célula única que no es agrupable y puede ser abierta o cerrada y célula modular la cual es agrupable y puede ser abierta o cerrada.
5. Agrupación de tensegridad- un conjunto de células modulares (abiertas o cerradas).

C. Mapas

1. Mapas de Referencias

Las siguientes tablas muestran distintas variables y sus posibles combinaciones aplicables a componentes, células y agrupaciones. Son los puntos de partida para las matrices que generan los casos concretos.

1a Dimensión General: elemento/espacio **por extensión**

1b Dimensión General: elemento/espacio **por agregación**

2. Mapas de Componentes

Las siguientes tablas muestran variables y combinaciones específicas de componentes.

Dimensiones de Componentes

2a compresor/espacio- **por extensión (con aristas)**

2b compresor/espacio- **por extensión (con caras)**

2c compresor/espacio- **por agregación**

2d tensor/espacio- **por extensión**

2e tensor/espacio- **por agregación**

2f Combinaciones potenciales entre Compresor y Tensor según Dimensión

Configuraciones de Componentes

2g Variables de Configuración del Compresor

2h Variables de Configuración del Tensor

2i Combinaciones potenciales entre Compresor y Tensor según Configuración de los Componentes
con hipervínculo a mapas 3g / 3h / 4d

Uniones

- 2j Uniones intra-compresores
- 2k Uniones intra-tensores
- 2l Uniones inter-componentes **fijas según Dimensión**
- 2m Uniones inter-componentes **móviles según Dimensión**

3. Mapas de Células

Las siguientes tablas muestran casos específicos según variables y valores tomados de tablas anteriores. Se ven ejemplos aplicables a politopos en general, organizado según su dimensión espacial predominante.

3a Múltiples versiones para Politopos Genéricos

Morfologías de Politopos (polígonos)

3b Combinaciones de tipos de Componentes para Polígonos cuadrado por aristas

Capa 1: inter-uniones **fijas**

Capa 2: inter-uniones **móviles**

3c Combinaciones de tipos de Componentes para Polígonos cuadrado por vectores **internos**

Capa 1: inter-uniones **fijas**

Capa 2: inter-uniones **móviles**

Morfologías de Politopos (prismas)

3d Prismas: Versión por diagonal cara

Capa 1: **planta**

Capa 2: **vista**

Capa 3: **axonometría**

3e Prismas: Versión por arista

3f Prismas: Proporción variable de inclinación compresor/altura

Morfologías de Politopos (poliedros)

3g Poliedros según cantidad de caras

Capa 1: poliedros de referencia

Capa 2: modelos y versiones (basado en casos genéricos: Tipo Compresor recto y simple)

3h Poliedros según cantidad de compresores [con hipervínculo a mapa 4d](#)

4. Mapas de Agrupaciones

Las siguientes tablas muestran posibles combinaciones entre distintas células y sus respectivas agrupaciones.

Dimensión del componente (C y T), de la célula (C + T) y de la agrupación

4a Referencias

4b Biblioteca de células organizada por Dimensión de los Componentes y Dimensión de las Células

[con hipervínculo a mapas 3g / 3h](#)

4c Dimensión de la célula y la agrupación

Capa 1: componentes 1D [con hipervínculo a mapas 3g / 3h](#)

Capa 2: componentes 2D

Capa 3: componentes 3D

4d Configuración de agrupaciones (según componentes seleccionados que vienen del mapa 2i)

4e Configuración de agrupaciones (según prismas seleccionados que vienen de mapas 3d / 3e)

4f Configuración de agrupaciones (según poliedros seleccionados que vienen del mapa 3h)

Observaciones y Referencias Gráficas del Atlas

Se consideran los Mapas **2i / 3g / 3h / 4b** como mapas claves en cuanto cumplen el rol de puertas de entrada a la generación de nuevos modelos de tenseguridad. Aun falta entender mejor como unificar estas herramientas y métodos consideradas de primera generación, pero funciona bien como plataforma generadora en sí. Falta refinar y completar muchos de los Mapas, pero el sistema funciona bien ya que nos ha servido para crear un repertorio extenso de Casos, a partir del cual se ha podido tomar un salto más cualitativo en relación a imaginar nuevas oportunidades e ideas para la tenseguridad, más allá de crear nuevos modelos y variantes sobre ideas ya conocidas. Esta discusión se ofrece en el capítulo de Nuevas Ideas.

Notas

- Cuando un Mapa se repite exactamente en su diseño pero lo que cambia es el contenido en cada celda, se lo nombra como “**Capa**” y no se le asigna un nuevo número de tabla en esta instancia.
- Cuando se quiere mostrar distintas opciones de Casos pero no hay suficientes ejemplos para justificar una nueva **Capa** de un mapa se recurre a **celdas activas** como mecanismo para ampliar datos relativos al Caso en cuestión.
- Los Mapas se limitan a mostrar casos combinatoriales homogéneos. Solo en el Mapa 3b se muestran algunos ejemplos aislados heterogéneos, mezclando tipos de Componentes, pero en politopos de poca riqueza visual y espacial dado que son de 2D.
- Se emplea la categoría 0D (cero dimensión) para poder ordenar y hacer fluir mejor el continuum de transformaciones presente en muchos de los mapas, y a veces se le asigna un valor real a dicha dimensión, como cuando nos referimos a elementos topológicos (vértice) o elementos físicos (nodo o nudo).

Códigos Visuales

Leyenda

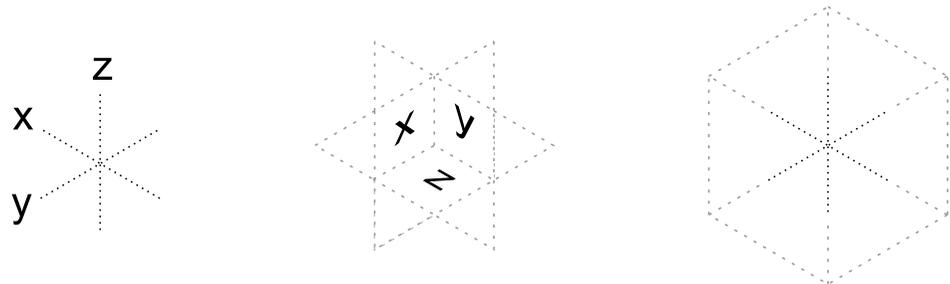
- = n.a. = no aplicable
- = n.b. = no abordado
- = no corresponde completar celda
- ? = no se sabe (aún)
- ... = serie infinita
- n = número finito indeterminado
- 1 = coordenadas
- = celdas activas (se agregan datos)

4

p3 x 4, p4 x 4, p4-1 x 10

c4 / t14

- cantidad de caras totales
- pn = cantidad de lados del polígono usado en el politopo (ej. p3)
- x n = cantidad de polígonos usados en el politopo (ej. x10)
- modelo o poliedro de referencia
- c = cantidad de compresores
- t = cantidad de tensores



Ejes, planos y volúmenes genéricos de referencia

1. Mapas de Referencias

Las siguientes tablas muestran distintas variables y sus posibles combinaciones aplicables a componentes, células y agrupaciones. Son los puntos de partida para las matrices que generan los casos concretos.

1. Referencias

Dimensión general: elemento / espacio

1a por extensión

espacio / elemento	0D	1D	2D	3D
punto				
línea				
plano				
volumen				

1b por agregación

espacio / elemento	0D	1D	2D	3D
punto				
línea				
plano				
volumen				

2. Mapas de Componentes

Las siguientes tablas muestran variables y combinaciones específicas de componentes.

2. Componentes

Dimensiones de componentes

2a compresor / espacio
por extensión (con aristas)

espacio \ forma	0D	1D	2D	3D
punto				
línea				
plano				
volumen				

2b compresor / espacio
por extensión (con caras)

espacio \ forma	0D	1D	2D	3D
punto		n.a	n.a	n.a
línea		n.a	n.a	n.a
plano				
volumen				

2c compresor / espacio
por agregación

espacio \ forma	0D	1D	2D	3D
punto		n.a	n.a	n.a
línea				
plano				
volumen				

2. Componentes

Dimensiones de componentes

2d tensor / espacio
por extensión

espacio / forma	0D	1D	2D	3D
punto				
línea				
plano				
volumen				

2e tensor / espacio
por agregación

espacio / forma	0D	1D	2D	3D
punto				
línea				
plano				
volumen				

2. Componentes

Configuraciones de componentes

2g Variables de Configuración del Compresor

Nota
No es exhaustivo pero da buena cuenta del universo infinito de posibilidades.

dimensión \ caracter	punto				línea				plano				volumen			
	0D	1D	2D	3D	0D	1D	2D	3D	0D	1D	2D	3D	0D	1D	2D	3D
simple uniforme											□	◻				⊠
						⤿					◡	◩				
											●					
														
simple no uniforme																
compuesto uniforme						∧	∨	⋈				◻				⊠
						~	+	×				◻				
						~	∩	∪								
													
compuesto no uniforme																

2. Componentes

Configuraciones de componentes

2h Variables de Configuración del Tensor

Nota
No es exhaustivo pero da buena cuenta del universo infinito de posibilidades.

dimensión \ caracter	punto				línea				plano				volumen			
	0D	1D	2D	3D	0D	1D	2D	3D	0D	1D	2D	3D	0D	1D	2D	3D
simple uniforme											◇					●
simple no uniforme																
compuesto uniforme						^	∧					⊠				⊠
						+	×					⊠				
						*										
						...										
compuesto no uniforme																

2. Componentes

Configuraciones de componentes

2i Combinaciones potenciales entre Compresor y Tensor según configuración de los componentes
 con hipervínculo a 3g / 3h / 4d

dimensión espacio	punto				línea				plano				volumen						
0D																			
1D																			
						1	2	3	4		17	18	19	20		33	34	35	36
						5	6	7	8		21	22	23	24		37	38	39	40
						9	10	11	12		25	26	27	28		41	42	43	44
2D									...										
						49	50	51	52		65	66	67	68		81	82	83	84
						53	54	55	56		69	70	71	72		85	86	87	88
						57	58	59	60		73	74	75	76		89	90	91	92
3D									...										
						97	98	99	100		113	114	115	116		129	130	131	132
						101	102	103	104		117	118	119	120		133	134	135	136
						105	106	107	108		121	122	123	124		137	138	139	140
				...	109	110	111	112	...	125	126	127	128		141	142	143	144	

2. Componentes

Uniones

2j Uniones intra-compresores

espacio	2D			3D								
dimensión y cant. de vectores tipo	2 vectores lineales	3 vectores lineales	n vectores lineales	3 vectores lineales	4 vectores lineales	n vectores lineales	2 vectores planares	3 vectores planares	n vectores planares	2 vectores volum.	3 vectores volum.	n vectores volum.
fijo			—			—			—	?	?	—
encastre			—			—			—	?	?	—
móvil 2d			—	n. a.	n. a.	—			—	n. a.	n. a.	—
móvil 3d			—			—	n. a.	n. a.	—	n. a.	n. a.	—

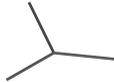
Nota

Las tablas referidas a las Uniones (2j, 2k, 2l, 2m) están a modo de biblioteca potencial para definir los componentes y sistemas. Aun no está relacionada de manera sistemática con la generación de nuevas tensegridades.

2. Componentes

Uniones

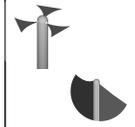
2k Uniones intra-tensores

		2D			3D		
tipo \ #	#	3 tensores	4 tensores	n tensores	3 tensores	4 tensores	n tensores
fijo				—	n. a.		—
móvil a		n. a.		—	n. a.		—
móvil b				—	n. a.		—

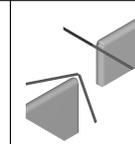
2. Componentes

Uniones

2I Uniones inter-componentes fijas según dimensión

compresor	tensor			
	0D	1D	2D	3D
0D	n. a.	n. a.	n. a.	?
1D	n. a.			?
2D				?
3D	n. a.	?	?	?

2m Uniones inter-componentes móviles según dimensión

compresor	tensor			
	0D	1D	2D	3D
0D	n. a.	n. a.	n. a.	?
1D	n. a.			?
2D	n. a.			?
3D	n. a.	?	?	?

3. Mapas de células

Las siguientes tablas muestran casos específicos según variables y valores tomados de tablas anteriores. Se ven ejemplos aplicables a polítopos en general, organizado según su dimensión espacial predominante.

3. Células

Morfologías de Politopos

3a Múltiples versiones para Politopos Genéricos con celdas activas

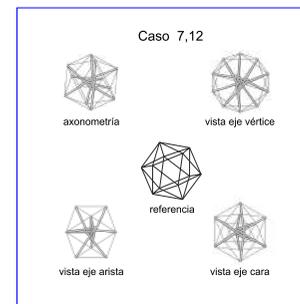
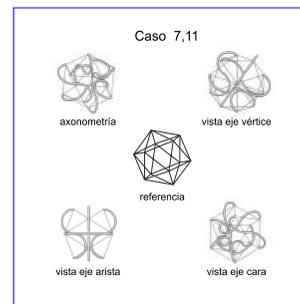
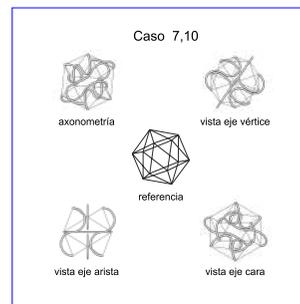
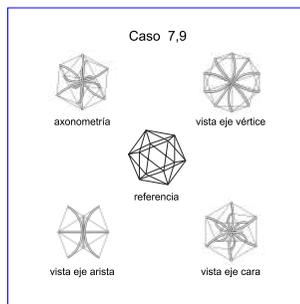
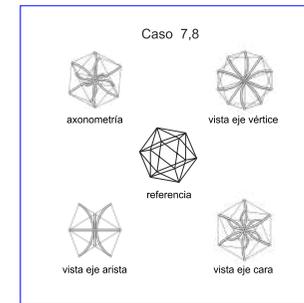
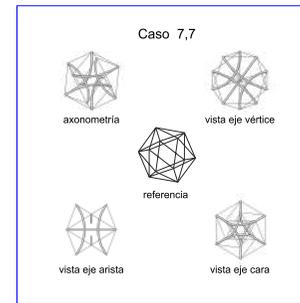
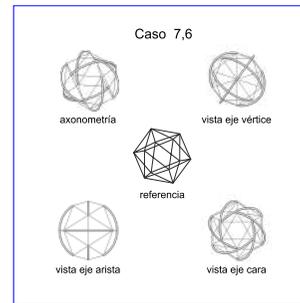
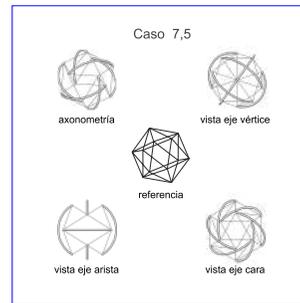
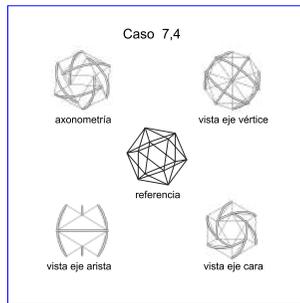
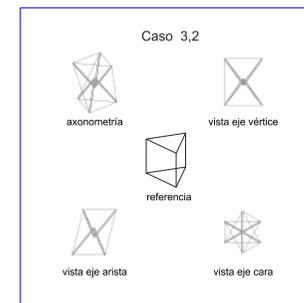
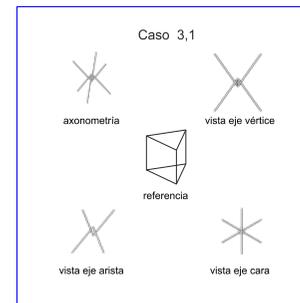
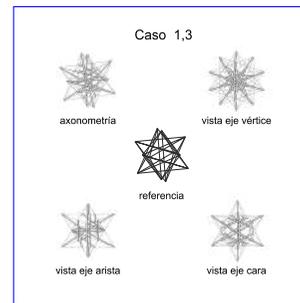
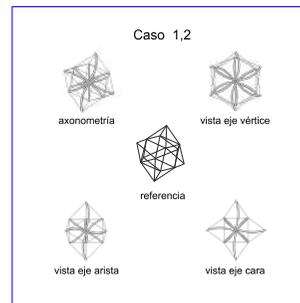
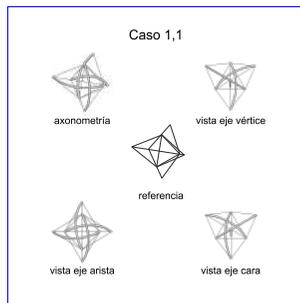
Coordenadas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Estelados casos especiales												
2													
3	 2,2,3												
4	 2,3,3												
5	 4,3,2												
6	 4,3,2												
7	 5,3,2												

Nota

Estos casos fueron seleccionados para ilustrar la amplitud de posibilidades, sin sistematizar. Cada uno de estos modelos podría estructurarse según el Mapa 3b, pero es un trabajo infinito que no suma valor en esta etapa de la investigación. Los números que figuran al pie de las celdas de referencia significan la clase de simetría rotacional. Ej: 4,3,2 = centro de cara tiene simetría rotacional 4, centro de vértice tiene simetría rotacional 3, ...

3. Células

celdas activas de 3a Múltiples versiones para Politopos Genéricos



3. Células

Morfologías de Politopos (polígonos)

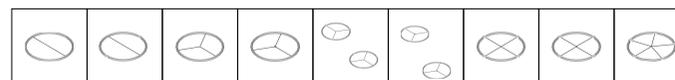
3b Combinaciones de tipos de Componentes para Polígonos cuadrado por aristas

Capa 1: Unión inter-componente fija
con celdas activas

Nota

Esta tabla desarrolla ejemplos del cuadrado exhaustivamente y muestra algunos ejemplos del círculo*. Este sistema se puede aplicar con cualquier polígono regular.

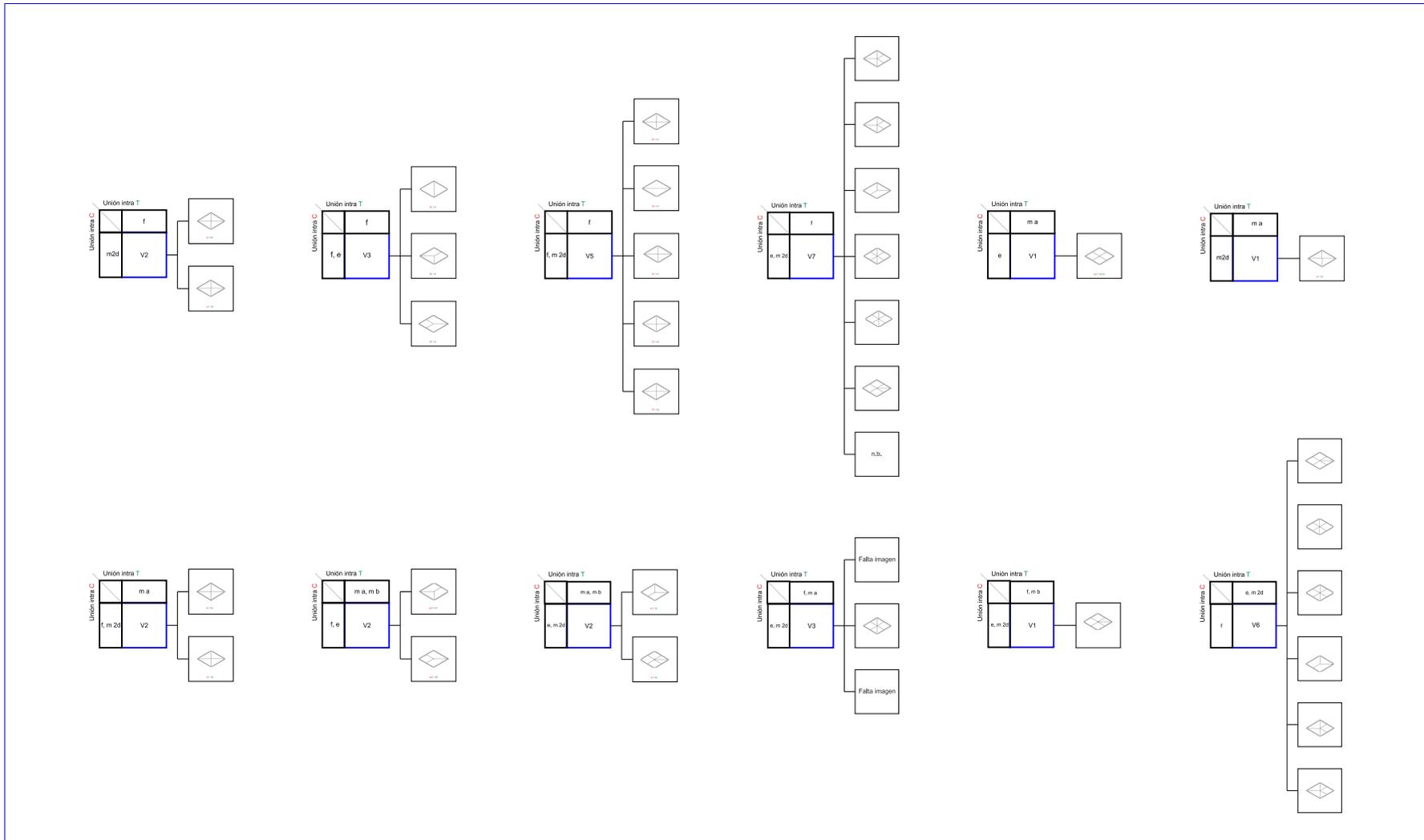
Unión intra C		Unión intra T						
		f	ma	mb	ma, mb	f, ma	f, mb	f, ma, mb
f								
e	V2	V1		V1				
m2d	V2	V1						
f, e	V3			V2				
f, m2d	V5	V2		V1				
e, m2d	V7			V2	V3	V1	V2	
f, e, m2d	V12				V5		V4	



* Estos casos del círculo no se muestran desglosados como con los cuadrados y van a modo ilustrativo.

3. Células

celdas activas de **3b** Combinaciones de tipos de Componentes para Polígonos, Capa 1



3. Células

Morfologías de Politopos (polígonos)

3b Combinaciones de tipos de Componentes para Polígonos cuadrado por aristas

Capa 2: Unión inter-componente móvil

Nota

No existen combinaciones posibles en esta tabla debido a la configuración propuesta.

		Unión intra T						
		f	ma	mb	ma, mb	f, ma	f, mb	f, ma, mb
Unión intra C	f							
	e							
	m2d							
	f, e							
	f, m2d							
	e, m2d							
	f, e, m2d							

3. Células

Morfologías de Politopos (polígonos)

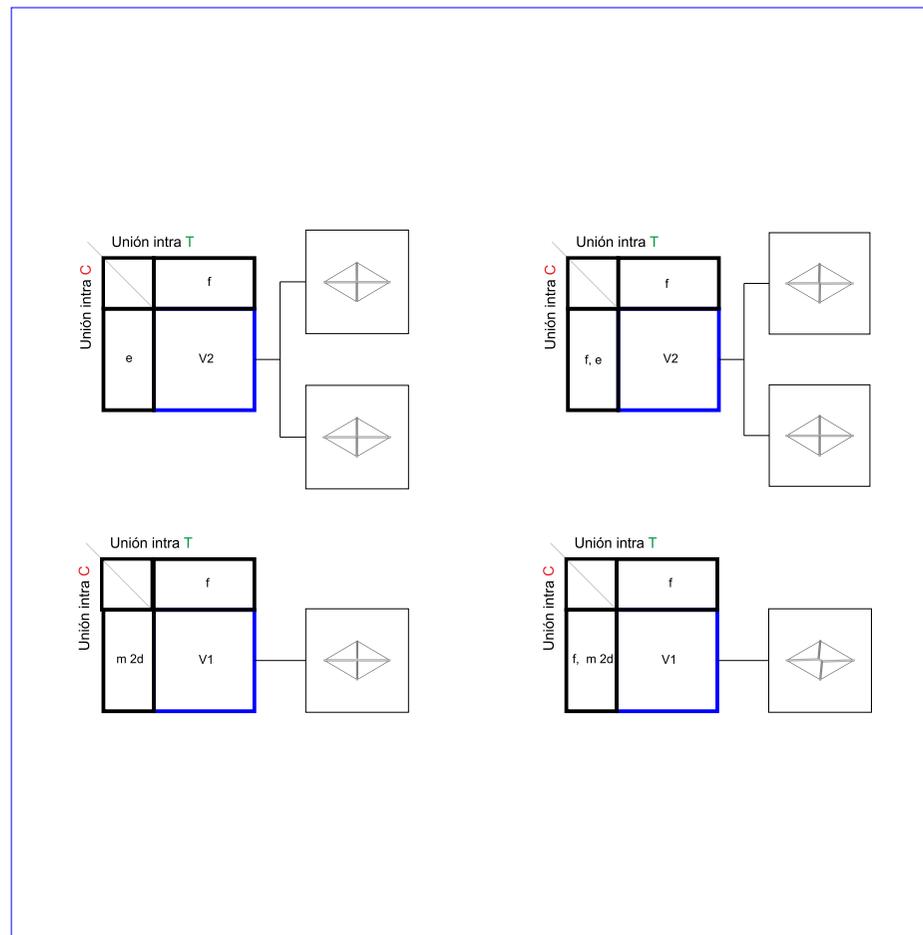
3c Combinaciones de tipos de Componentes para Polígonos cuadrado por vector interno

Capa 1: Unión inter-componente fija
con celdas activas

		Unión intra T						
		f	ma	mb	ma, mb	f, ma	f, mb	f, ma, mb
Unión intra C	f							
	e	V2						
	m2d	V1						
	f, e	V2						
	f, m2d	V1						
	e, m2d							
	f, e, m2d							
	f, e, m2d							

3. Células

celdas activas de 3c Combinaciones de tipos de Componentes para Polígonos, Capa 1



3. Células

Morfologías de Politopos (polígonos)

3c Combinaciones de tipos de Componentes para Polígonos cuadrado por vector interno

Capa 2: Unión inter-componente móvil
con celdas activas

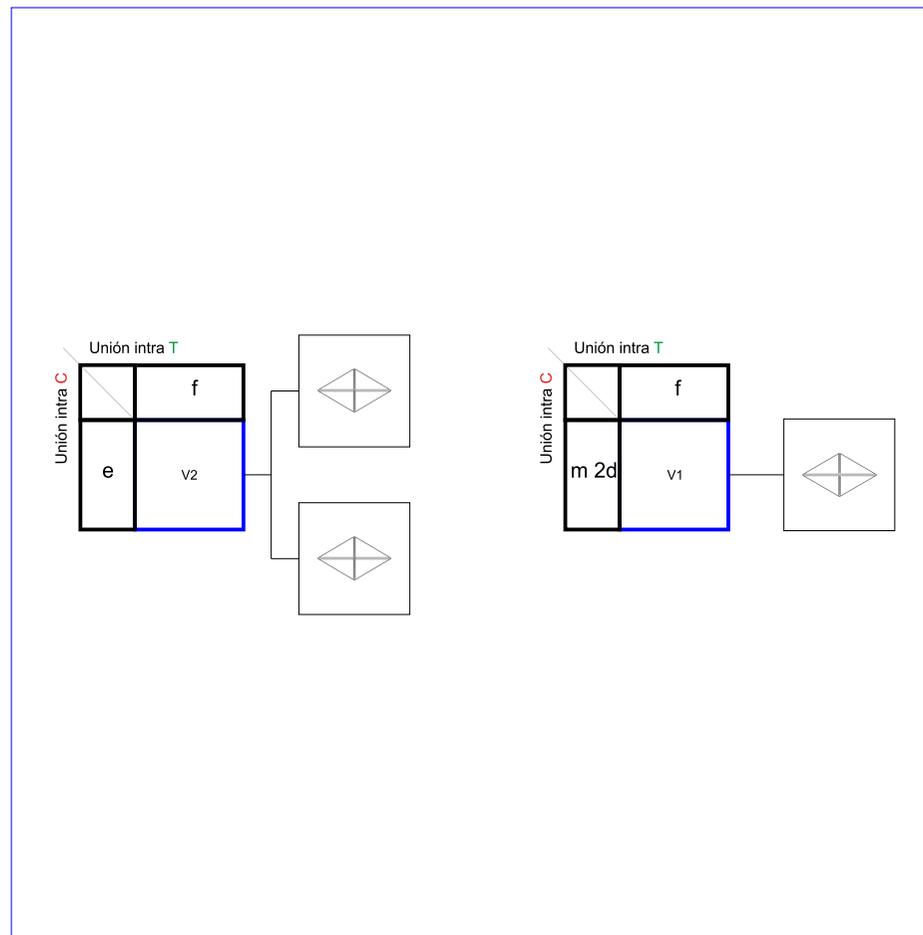
Nota

Se consideran No Aplicables a todos los casos que tienen tensores compuestos debido a las configuraciones propuestas.

Unión intra C		Unión intra T						
		f	ma	mb	ma, mb	f, ma	f, mb	f, ma, mb
f								
e	V2							
m2d	V1							
f, e	V2							
f, m2d	V1							
e, m2d								
f, e, m2d								

3. Células

celdas activas de **3c** Combinaciones de tipos de Componentes para Polígonos, Capa 2



3. Células

Morfologías de Politopos (prismas)

4	—	cantidad de caras totales
p_n	—	cantidad de lados del polígono usado en el politopo (ej. p3)
$x \cdot n$	—	cantidad de polígonos usados en el politopo (ej. x10)
	—	modelo o poliedro de referencia
c	—	cantidad de compresores
t	—	cantidad de tensores

3d Prismas: Versión por diagonal cara

Capa 1: **planta**

con [hipervínculo a 4e](#) Configuración de agrupaciones

datos	—	—	—	$p_3 \times 2, p_4 \times 3$ c3 / t9	$p_4 \times 2, p_4 \times 4$ c4 / t12	$p_5 \times 2, p_4 \times 5$ c5 / t15	$p_6 \times 2, p_4 \times 6$ c6 / t18	$p_7 \times 2, p_4 \times 7$ c7 / t21	$p_8 \times 2, p_4 \times 8$ c8 / t24	$p_9 \times 2, p_4 \times 9$ c9 / t27	$p_{10} \times 2, p_4 \times 10$ c10 / t30	—
lados giro	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	n
0												—
1												—
2												—
3												—
4												—

3. Células

Morfologías de Politopos (prismas)

3d Prismas: Versión por diagonal cara

Capa 2: **vista**

con hipervínculo a **4e** Configuración de agrupaciones

4	cantidad de caras totales
p_n	cantidad de lados del polígono usado en el politopo (ej, p3)
$x \cdot n$	cantidad de polígonos usados en el politopo (ej, x10)
	modelo o poliedro de referencia
c	cantidad de compresores
t	cantidad de tensores

datos	—	—	—	 c3 / t9	 c4 / t12	 c5 / t15	 c6 / t18	 c7 / t21	 c8 / t24	 c9 / t27	 c10 / t30	—
lados giro	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	n
0												—
1												—
2												—
3												—
4												—

3. Células

Morfologías de Politopos (prismas)

3d Prismas: Versión por diagonal cara

Capa 3: axonometría

con hipervínculo a 4e Configuración de agrupaciones

4	cantidad de caras totales
p_n	cantidad de lados del polígono usado en el politopo (ej. p3)
$x \cdot n$	cantidad de polígonos usados en el politopo (ej. x10)
	modelo o poliedro de referencia
c	cantidad de compresores
t	cantidad de tensores

datos	—	—	—	 c3 / t9	 c4 / t12	 c5 / t15	 c6 / t18	 c7 / t21	 c8 / t24	 c9 / t27	 c10 / t30	—
lados giro	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	n
0												—
1												—
2												—
3												—
4												—

3. Células

Morfologías de Politopos (prismas)

3e Prismas: Versión por arista

con hipervínculo a 4e Configuración de agrupaciones

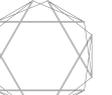
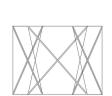
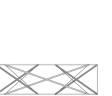


datos	—	—	—	$p3 \times 2, p4 \times 3$ c9 / t27	$p4 \times 2, p4 \times 4$ c12 / t36	$p5 \times 2, p4 \times 5$ c15 / t45	$p6 \times 2, p4 \times 6$ c18 / t54	$p7 \times 2, p4 \times 7$ c21 / t63	$p8 \times 2, p4 \times 8$ c24 / t72	$p9 \times 2, p4 \times 9$ c27 / t81	$p10 \times 2, p4 \times 10$ c30 / t90	—
lados vista	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	n
planta												—
axonometría												—

3. Células

Morfologías de Polítopos (prismas)

3f Prismas: proporción variable de inclinación compresor / altura

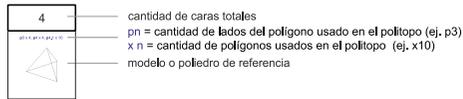
giro	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°
planta							
vista							
axonometria							

3. Células

Morfologías de Politopos (poliedros)

3g Poliedros según cantidad de caras

Capa 1: poliedros de referencia

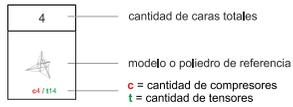


Cantidad de caras		Cantidad de caras																												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	n	
cantidad	1																													—
	2																													—
	3																													—
	4																													—
	5																													—
	6																													—
	7																													—
n	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

3. Células

Morfologías de Politopos (poliedros)

3g Poliedros según cantidad de caras
 Capa 2: **modelos y versiones**
 (basado en casos genéricos: Tipo compresor recto y simple)

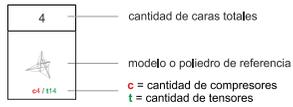


Cantidad de caras		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	n		
cantidad	1					 <small>c4/t14</small>	 <small>c5/t12</small>	 <small>c6/t10</small>		 <small>c8/t8</small>	 <small>c9/t7</small>						 <small>c15/t5</small>					 <small>c20/t4</small>							—		
	2					 <small>c4/t14</small>	 <small>c5/t12</small>		 <small>c7/t9</small>		 <small>c9/t7</small>																				—
	3									 <small>c8/t8</small>					 <small>c12/t6</small>								 <small>c20/t4</small>							—	
	4								 <small>c6/t10</small>						 <small>c12/t6</small>																—
	5																														—
	6								 <small>c6/t10</small>																						—
	7														 <small>c12/t6</small>															—	
	n	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

3. Células

Morfologías de Politopos (poliedros)

3h Poliedros según cantidad de compresores con hipervínculo a 4f Configuración de agrupaciones



Cantidad de caras		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	n	
conciencia	1					 4f/114		 4f/118																						
	2					 4f/112		 4f/120																						
	3					 4f/116		 4f/122																						
	4																													
	5																													
	6																													
	7																													
	n	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

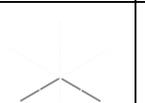
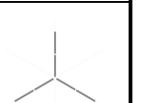
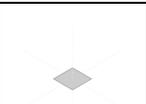
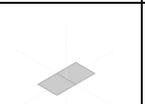
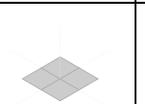
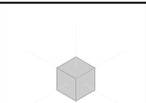
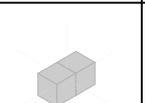
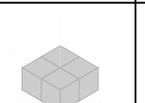
4. Mapas de agrupaciones

Las siguientes tablas muestran posibles combinaciones entre distintas células y sus respectivas agrupaciones.

4. Agrupaciones

Dimensión del Componente (C y T), de la Célula (C + T) y de la Agrupación

4a Referencias

espacio forma	0D	1D	2D	3D
punto				
línea				
plano				
volumen				

4. Agrupaciones

Dimensión del Componente (C y T), de la Célula (C + T) y de la Agrupación

4b Biblioteca de células

(organizada por Dimensión de los Componentes y Dimensión de las Células)

con [hipervínculo a 3g](#) / [3h](#) Poliedros según cantidad de caras / compresores

		célula			
		0D	1D	2D	3D
componentes	0D	n.a	n.a	n.a	n.a
	1D	n.a			
	2D	n.a			
	3D	n.a	?	?	?



zoom del caso especial

4. Agrupaciones

Dimensión del Componente (C y T), de la Célula (C + T) y de la Agrupación

4c Dimensión de la célula y la agrupación

Capa 1: componentes 1D

con hipervínculo a 3g / 3h Poliedros según cantidad de caras / compresores



		agrupación			
		0D	1D	2D	3D
dimensión célula	0D	0,0 n.a	0,1 n.a	0,2 n.a	0,3 n.a
	1D		1,1 n.a	1,2 n.a	1,3 n.a
	2D		2,1	2,2	2,3
	3D		3,1	3,2	3,3
			4,1	4,2	4,3

4. Agrupaciones

Dimensión del Componente (C y T), de la Célula (C + T) y de la Agrupación

4c Dimensión de la célula y la agrupación

Capa 3: componentes 3D

		agrupación			
		0D	1D	2D	3D
dimensión célula	0D				
	1D				
	2D				
	3D				
					

4. Agrupaciones

Dimensión del Componente (C y T), de la Célula (C + T) y de la Agrupación

4c Dimensión de la célula y la agrupación

Capa 2: componentes 2D

		agrupación			
		0D	1D	2D	3D
dimensión célula	0D				
	1D				
	2D				
					
	3D				

4. Agrupaciones

Dimensión del Componente (C y T), de la Célula (C + T) y de la Agrupación

4d Configuración de agrupaciones (según componentes seleccionados en mapa 2i)
con celdas activas

Coordenada	Configuración Célula básica													...
1a		—	—	—	—	—	—	—			—		—	—
1b		—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—	—
130a			—	—		—	—	—	—	—	—	—		—
130b			—	—		—	—	—	—	—	—	—		—

4. Agrupaciones

Dimensión del Componente (C y T), de la Célula (C + T) y de la Agrupación

4e Configuración de agrupaciones (según prismas seleccionados en mapas 3d / 3e)
con celdas activas

Coordenada	Configuración Célula básica													...
(3d) 0,3			—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—
(3e) 3/4		—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—

4. Agrupaciones

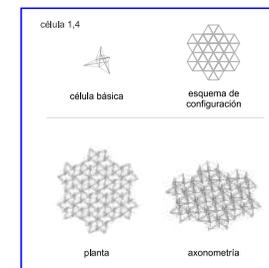
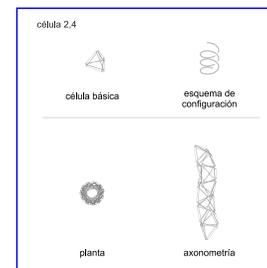
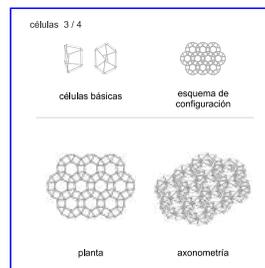
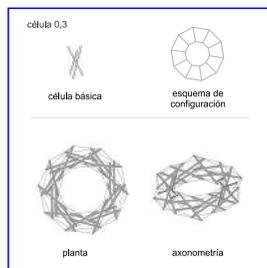
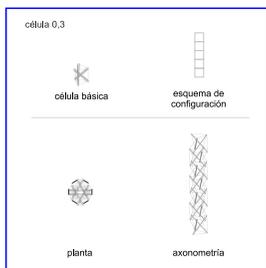
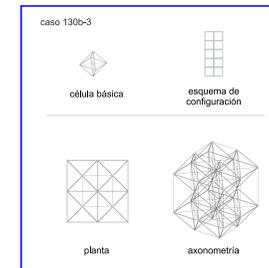
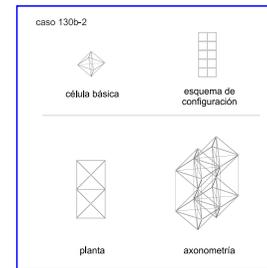
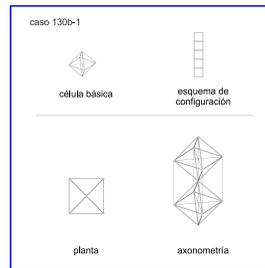
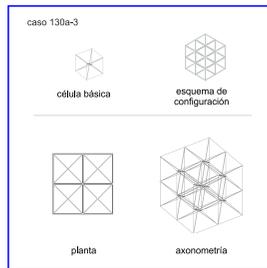
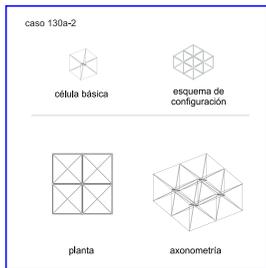
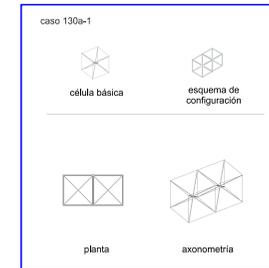
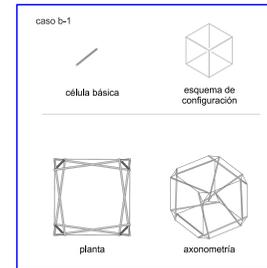
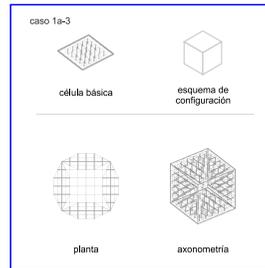
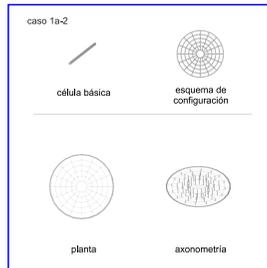
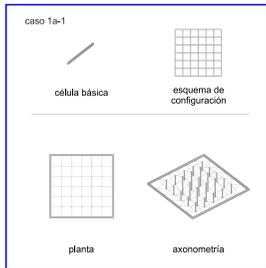
Dimensión del Componente (C y T), de la Célula (C + T) y de la Agrupación

4f Configuración de agrupaciones (según poliedros seleccionados en mapa 3h)
con celdas activas

Coordenada	Configuración																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
------------	---------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

4. Agrupaciones

celdas activas de 4d / 4e / 4f Configuración de agrupaciones



D. Nuevas Ideas

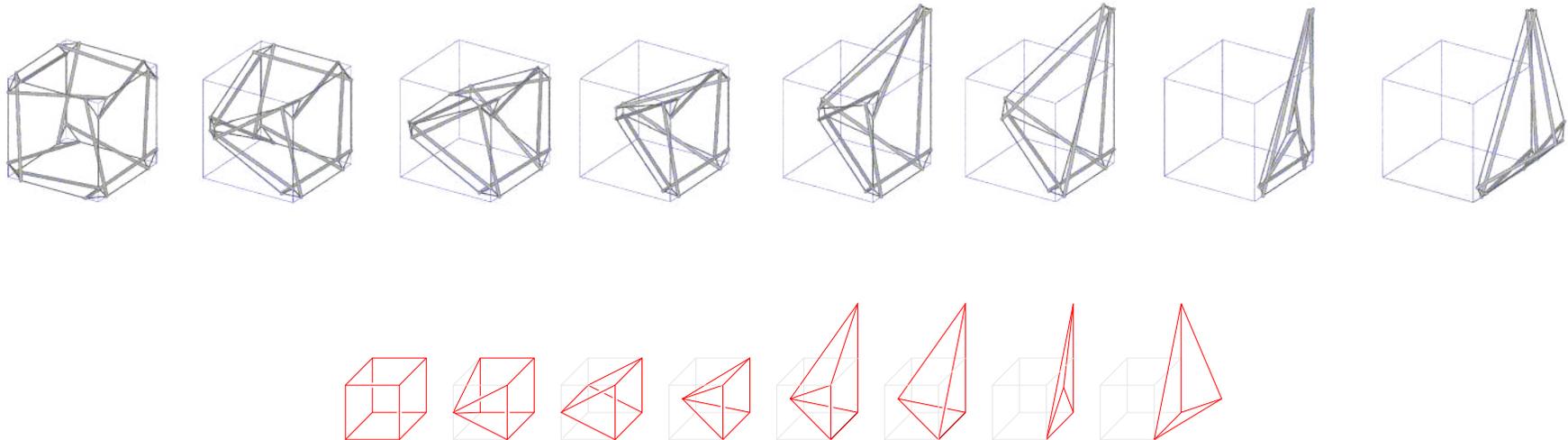
- Cinéticos
- Concéntricas
- Endo-tensados
- Transformativos
- Explo-tópico
- Tenso-activo
- Tenso-tejidos
- Nuevas Lecturas

Cinéticos

La idea de lo cinético en el contexto de tensegridades se focaliza en pensar componentes, tanto compresores como tensores, con capacidad de transformación de alguna de sus atributos variables (dimensión, magnitud, rigidez, posición, etc.) por uno de dos caminos:

Por un lado podría modificarse cualquier de estos variables por regulación directa cambiando el valor según necesidad. Al cambiar un valor de magnitud de un compresor se cambia necesariamente el mismo valor en los tensores asociados, mientras que si se cambia un valor de magnitud de un tensor, este cambiaría el valor de posición de los compresores asociados. Estos cambios descritos son locales no generales.

Por otro lado la modificación podría ser resultado de una reacción mediante sensores de algún cambio o estímulo externo a la estructura. Desde tensegridades oscilantes y basculantes, o en expansión y contracción rítmico (respirando digamos), se abre un abanico de posibilidades en base a esta condición indeterminada.

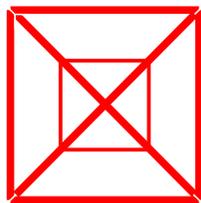


Aquí se ven imágenes de una célula en distintos estados de transformación según la variación del largo de sus diversos compresores, y por ende, la tracción en sus respectivos tensores.

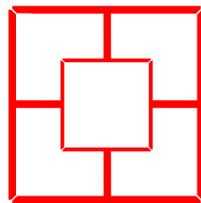
Concéntricos

Esta es una clase de tensegridad en donde se generan células que se repiten concéntricamente en distintas dimensiones y modalidades. Esto puede ocurrir en el plano (2D) como en el volumen (3D) en donde cada célula consiguiente (envolvente) puede ser del mismo modelo (versión geométrica) pero de magnitud mayor, o también puede variarse su modelo geométrico con tal que conserve sus mismos ejes de simetría rotacional como en el caso de los duales (ej.: 5,3,2 caso icosaedro, 4,3,2 caso cubo, etc.). La magnitud necesariamente mayor de cada envolvente superior puede lograrse por ampliar los componentes de manera proporcional o reconfigurando el sistema para mantener fijo la magnitud del componente y entonces necesariamente aumenta su cantidad. Otro variable a tener en cuenta es que estas estructuras pueden generarse con continuidad tanto del compresor como del tensor desde un modulo concéntrico a otro. Esto se considera concentricidad continua en comparación a casos donde cada sistema consecutivamente concéntrico se relaciona al siguiente por medio de tensores y/o compresores dispuestos de manera independientes pero alineados a sus ejes de simetría rotacional para estabilizar el sistema interior.

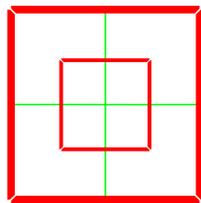
Esquemas 2D de compresión concéntrica



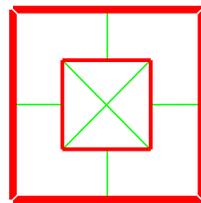
compresión
continua



compresión
discontinua

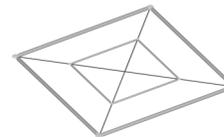


tensión
continua

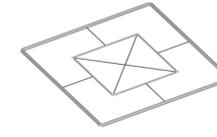


tensión
discontinua

Modelos 2D de compresión concéntrica



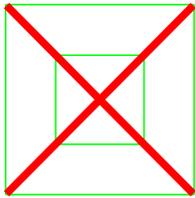
tensión continua



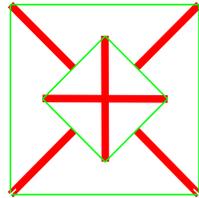
tensión discontinua

Concéntricos

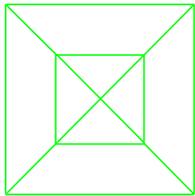
Esquemas 2D de tensión concéntrica



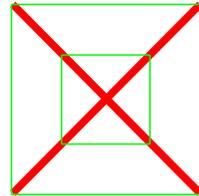
compresión
continua



compresión
discontinua

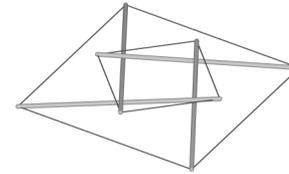


tensión
continua



tensión
discontinua

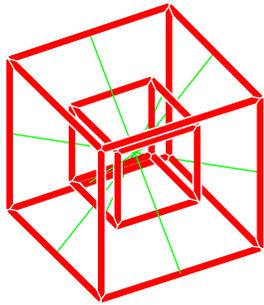
Modelo 2D de tensión concéntrica



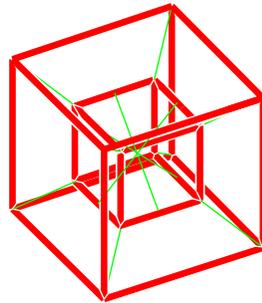
compresión continua

Concéntricos

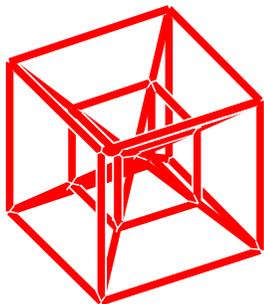
Esquemas 3D de compresión concéntrica



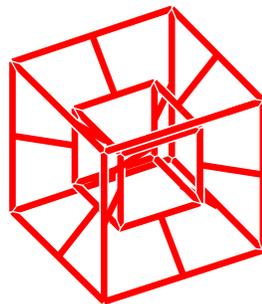
tensión continua



tensión discontinua

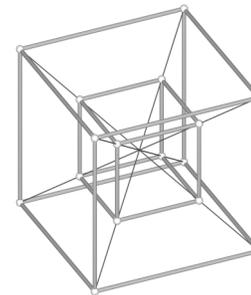


compresión continua



compresión discontinua

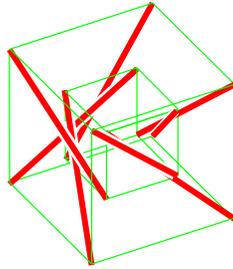
Modelo 3D de compresión concéntrica



tensión continua

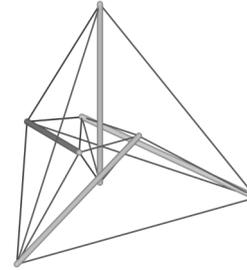
Concéntricos

Esquema 3D de tensión concéntrica



compresión continua

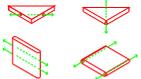
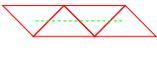
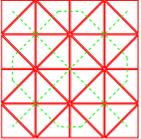
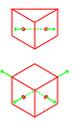
Modelo 3D de tensión concéntrica



compresión continua

Endo-tensados

Este modelo nace de una familia de estructuras conocidas (sobre todo en modelos y juegos geométricos) en donde los tensores se configuran por dentro de los compresores en vez de por fuera, la cual apodamos tensegridades inversas. Es un concepto sugestivo que puede disparar una nueva clase de estructuras fundadas en principios de la tensegridad clásica, pero como punto de partida, no llegada.

dimensión de la configuración		dimensión de la configuración			
		0D	1D	2D	3D
dimensión del elemento	0D	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	1D				
	2D				
	3D				

Los ejemplos ilustran casos que se transforman de 1d a 2d y luego a 3d, en una versión básica (cartesiana) y luego imágenes sugestivas de nuevas configuraciones abiertas, donde la estabilidad no es considerada a nivel global ni local.

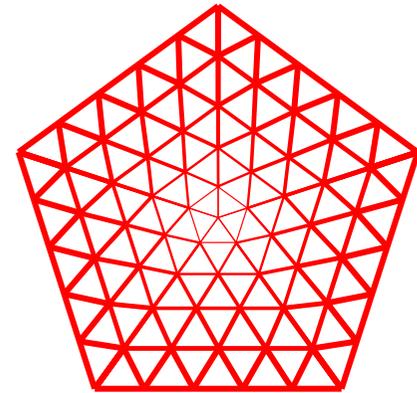
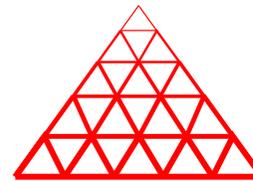
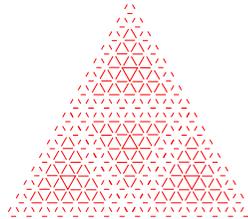
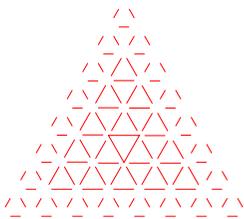
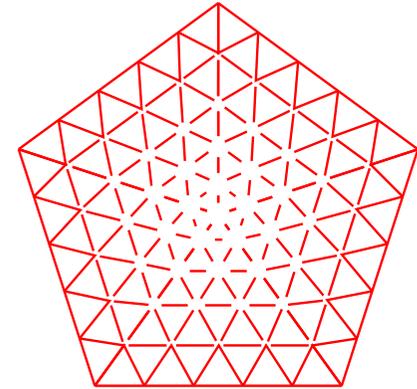
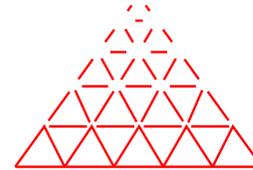
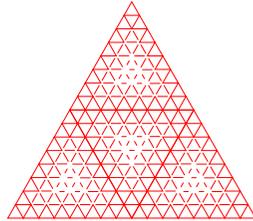
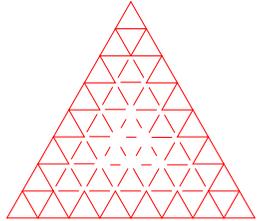
Transformativos 1D - lineal

Esta clase de tensegridad se basa en la transformación continua de un variable elegido (de los muchos potenciales) a partir del cual se va regulando la velocidad de la transformación en relación proporcional a la cantidad de instancias (frecuencias) y la magnitud del sistema. Mientras más grande el sistema y más cantidad de componentes, mayor frecuencia puede existir en la modulación de los mismos y por ende, más lento (menor valor) puede tener la transformación de un componente en relación al otro.



Aquí se muestran algunos esquemas abstractos geométricos en donde se ve la relación de estos valores (giros, distancias y magnitudes) de modo proporcional.

Transformativos 1D - superficie



Un ejemplo sugestivo de lo que puede leerse como una estructura concreta (espacio contenedor), organizada concéntricamente de modo tal que cada anillo subsiguiente tiene un largo de componente inferior al anterior hasta casi desmaterializarse en el eje (centro). Esto también puede invertirse e ir de mayor a menor densidad partiendo desde el eje central.

Explo-tópicos

Sistema en el que hay una fuerza central que expulsa a los compresores hacia afuera unidireccionalmente. Habla de una condición de compresión activa (expansiva) parecido al comportamiento del tensor cuando es elástico.

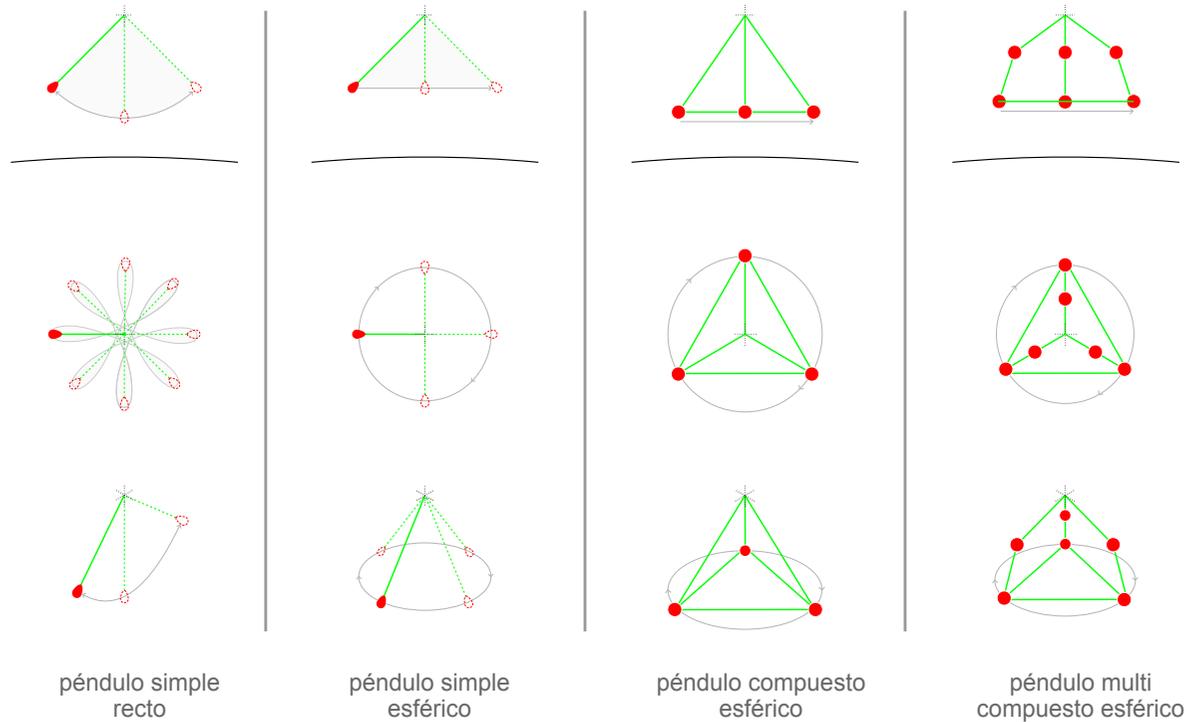


Aquí se ven imágenes esquemáticas de distintas configuraciones sin necesariamente dar cuenta del tipo de fuerza actuante, aunque podemos imaginar el modelo en base a la fuerza magnética (repulsión por polos iguales).

Tenso-activos

Estos son sistemas basados en tensores activados por la fuerza gravitacional y/o centrífuga actuando sobre una masa. Este campo de conocimiento ha sido ampliamente explorada desde tiempos históricos y propone para nosotros una versión de tensegridad parcial (no convencional) de modo dinámico y semi perpetuo ya que depende de fuerzas constantes de escala planetaria (o del universo) como la rotación de la tierra y la gravedad. Hay dos versiones bajo estudio:

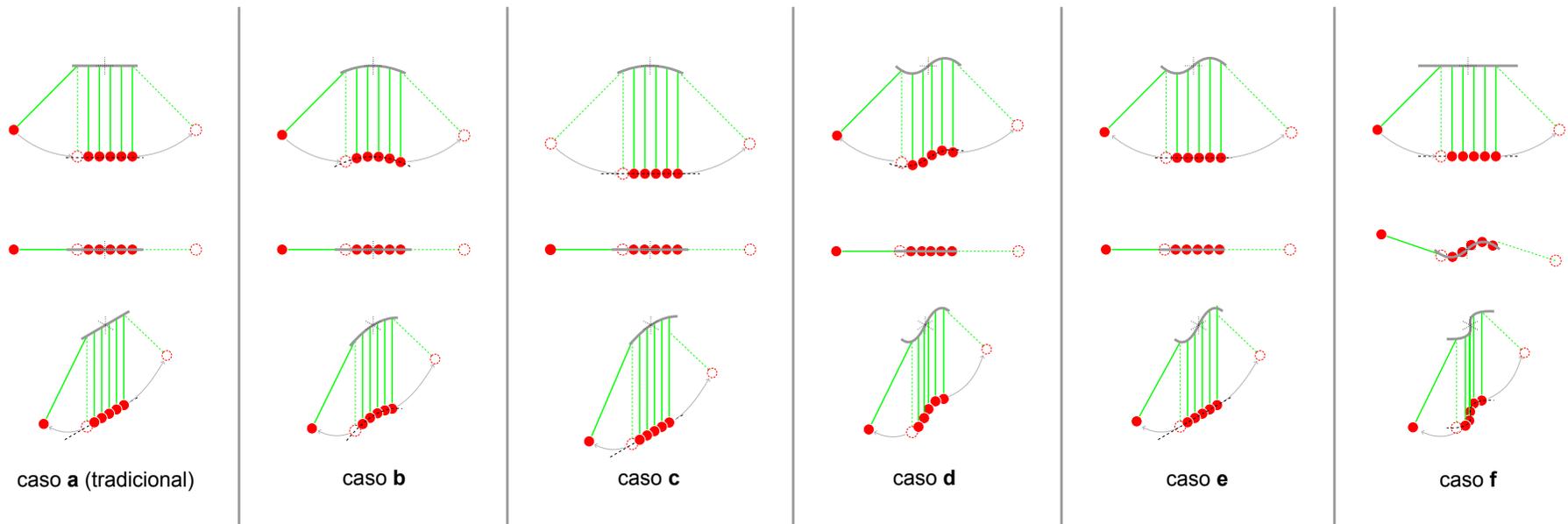
El primer caso apodamos "tenso-centrífugo" y trabaja con las orbitas espaciales creadas por la fuerza centrífuga que pone en tracción a los tensores del sistema.



Tenso-centrífugos

Tenso-activos

El segundo caso trabaja con lo llamado “cuna de Newton”, explorado en base a distintas configuraciones tanto del elemento agrupador como así los componentes del sistema (principalmente magnitud de los tensores)

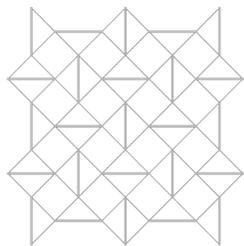


Cuna de Newton 1D
(2D y 3D en investigación)

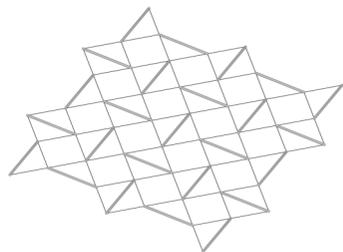
Tenso-tejidos

Son sistemas basados en tejidos de 2 tipos:

El primer caso usa elementos discontinuos de 1D y 2D y se basa en teselados con diversas geometrías y patrones periódicos o no periódicos (tipo Penrose).

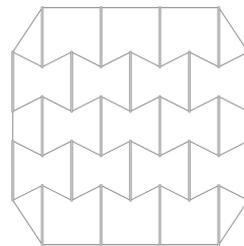


planta

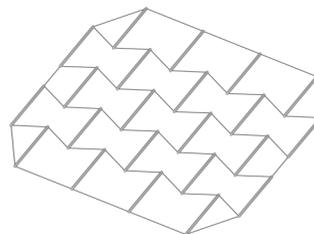


axonometría

teselado discontinuo 1

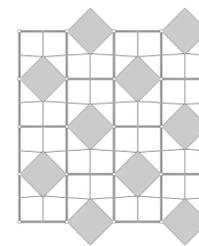


planta

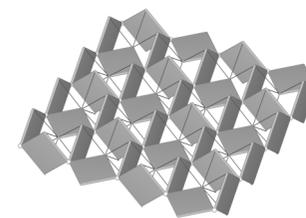


axonometría

teselado discontinuo 2



planta



axonometría

teselado discontinuo 3

Tenso-tejidos

El segundo caso trabaja elementos continuos tratados como mallas.

malla continua
(célula)

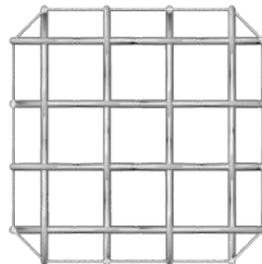


planta

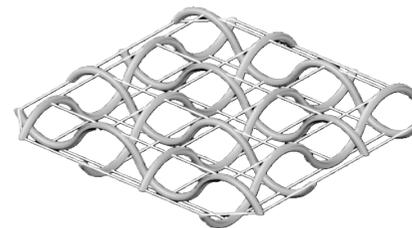


axonometría

malla continua
(repetición de célula)



planta



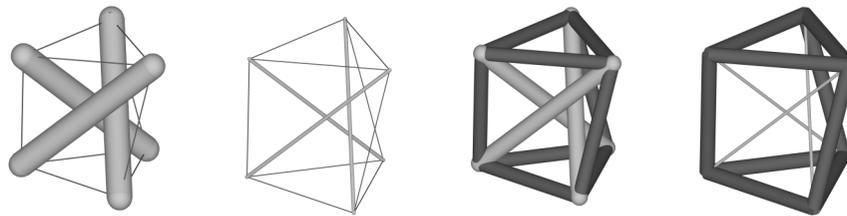
axonometría

Nuevas Lecturas

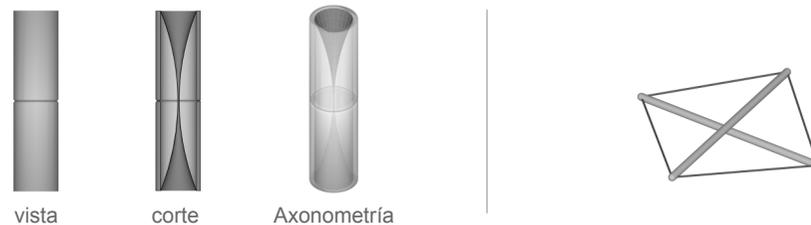
Tan importante para abrir el espectro de nuevas posibilidades en este campo es la imaginación como lo es la investigación. En este sentido se reconoce que un mismo hecho puede ser interpretado y leído de diversas perspectivas, con sus consiguientes conclusiones. Basado en esta realidad es que se ofrece un repertorio de imágenes inesperadas de tensegridades en donde se juega con la lectura de la imagen sin necesariamente modificar variables como se ha demostrado anteriormente en los respectivos mapas.

Los casos incluyen tensegridades en donde los espesores de los componentes corresponden al uso de nuevos materiales, distintos a los habitualmente asociados a tales uso, por donde los compresores hechos con aleaciones de altísima resistencia se reducen a su mínima expresión (sección) y por el lado opuesto los tensores son compuestos por fibras elásticas de polímeros ordinarias que requieren una sección superior al de los aceros de alto rendimiento, resultando así en una inversión de espesores, inesperados.

Otro ejemplo de lecturas alternativas de tensegridades puede ser casos extremos de variables, sobre todo llevados a sus valores mínimos, por lo que se expresa un muestrario de lo que podría leerse como casos mínimos, casi inexistentes.



Las imágenes muestran un prisma de base 3 en distintas instancias de proporciones extremas.



También se ven ilustraciones de los casos mínimos imaginables según sus dimensiones espaciales.

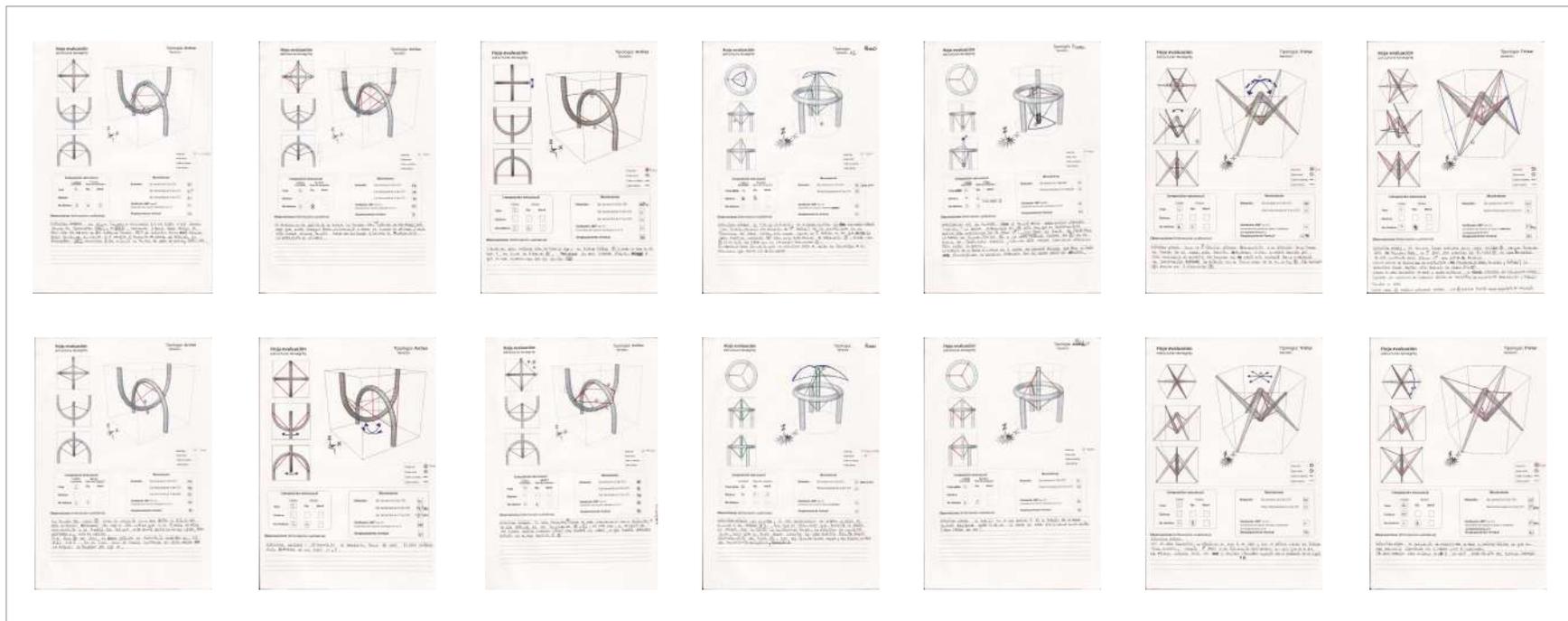
Anexos

Anexo I Registro de análisis con maquetas físicas

Anexo II Ejemplos de productos concretos

Anexo I Registro de análisis con maquetas físicas

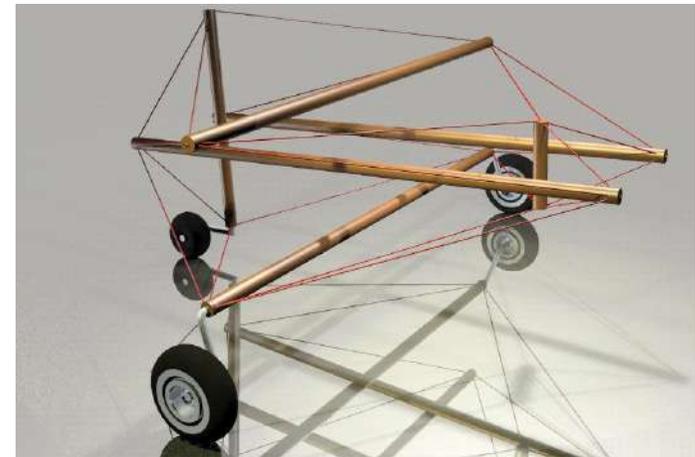
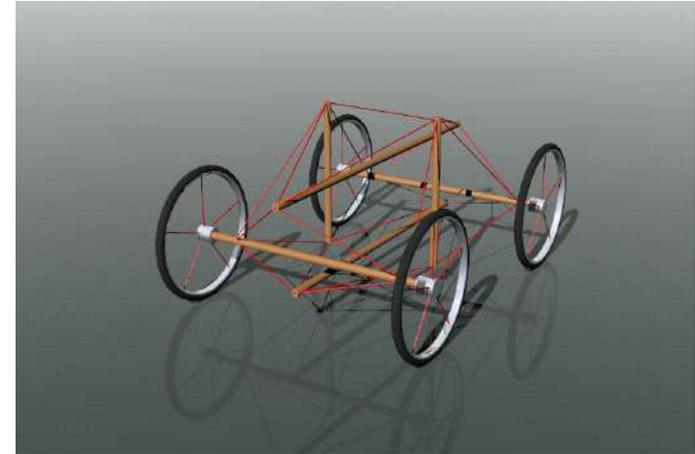
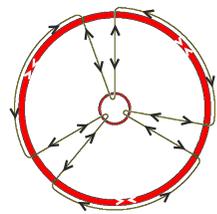
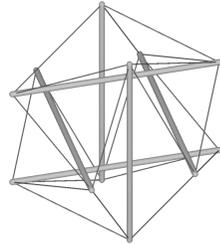
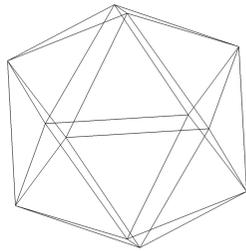
Esto es una compilación de los registros analíticos que se emplearon en una etapa de investigación basado en distintos modelos físicos que luego se convirtieron en prototipos reales (funcionales en escala 1:1), varios de ellos ejemplificados en el Anexo II. El método de evaluación fue empírico y manual, no contando con laboratorio e instrumentos de medición precisa. No obstante los resultados de esta etapa experimental resultaron altamente útiles al darnos un sentido palpable (corporal) de las fuerzas actuantes y capacidades de resistencia física y mecánica de sistemas que no estaban dentro de nuestra experiencia previa, ni mental ni corporal. Esta aproximación abrió el camino para imaginar nuevos modelos de tensegridad que luego se desarrollaron de manera sistemática en algunas de las tablas en el Atlas.



Anexo II Ejemplos de productos concretos

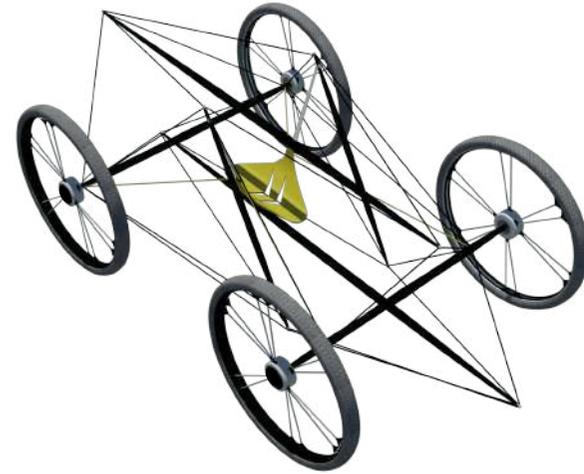
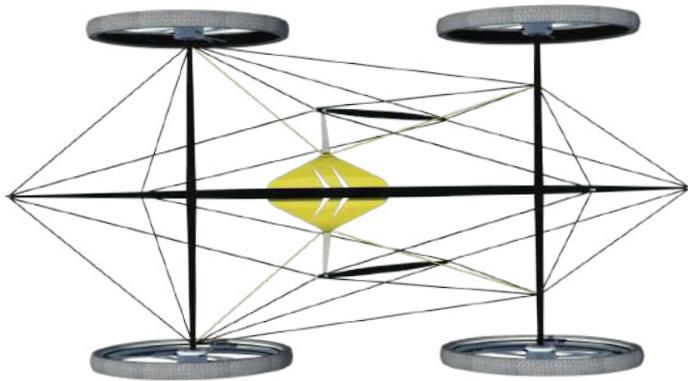
Rolling

Nuevo concepto para un deporte (o medio de transporte según el contexto) entendido como una mezcla de ala delta y skate. Es un rodado conformado por un modelo de tensegridad (icosaedro deformado) mediante el cual una persona es suspendida en un arnés colocado en medio de la estructura, y según movimientos de su cuerpo entero se desplaza el rodado en relación a los movimientos aplicados, tal cual ocurre en los casos citados (ala-delta y skate) entre otros conceptos parecidos.



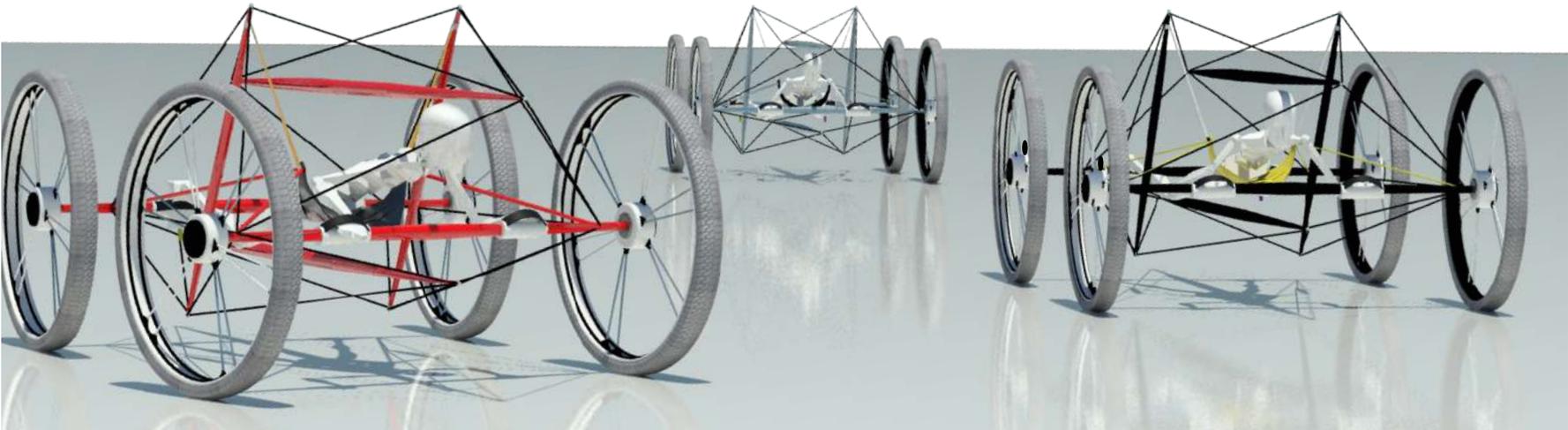
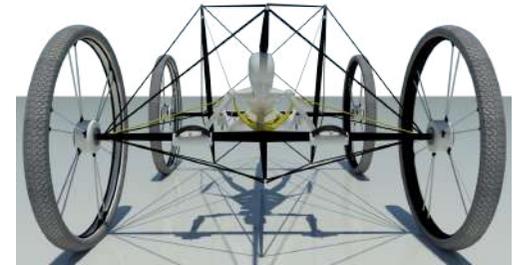
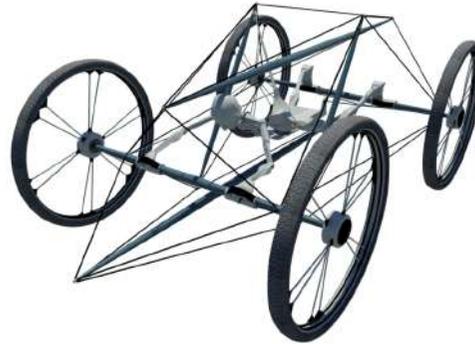
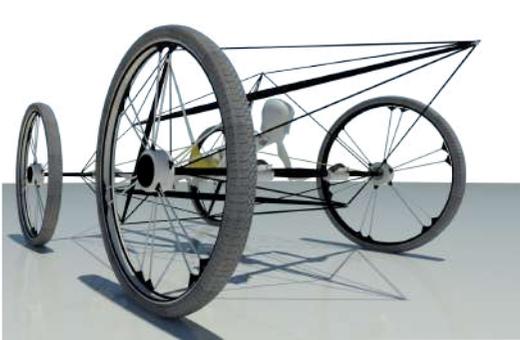
Anexo II Ejemplos de productos concretos

Rolling



Anexo II Ejemplos de productos concretos

Rolling

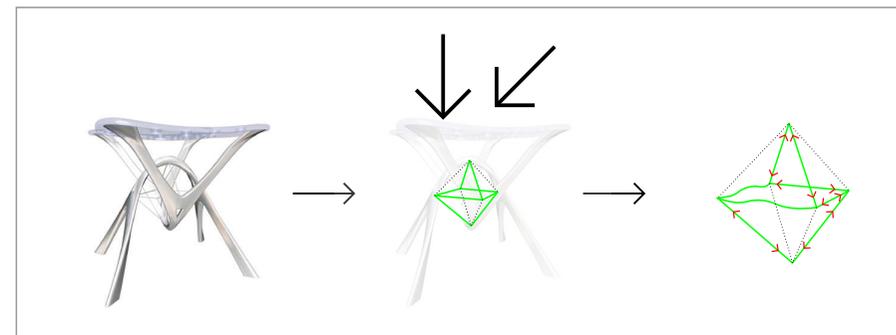


Anexo II Ejemplos de productos concretos

Arches Familia



Es un modelo de tensegridad basado en un doble arco bifurcado, cuyo resultado es un sistema de asientos que se puede adaptar a ciertos movimientos del cuerpo ya que la relación entre la parte superior del asiento (donde se apoya el cuerpo) y la parte inferior (como llega al piso) es mediada por los tensores, que según su grado de elasticidad pueden absorber deformaciones y luego auto estabilizarse cuando las cargas del cuerpo se modifican. Esto no funciona del todo así, ni demasiado bien en los prototipos ensayados dado que requiere de tecnología muy precisa visto que los tensores son muy cortos y las cargas dinámicas son importantes, por lo que cualquier desajuste o deformación no contemplada vuelve inestable el sistema. El ejemplo de la mesa es más bien decorativo dado que va en contra los atributos de auto-regulación y flexibilidad inherentes al sistema de tensegridad. De todos modos dado la poca exigencia estructural en una mesa, se consideró deseable ver el resultado por su belleza visual y sugestiva.



Anexo II Ejemplos de productos concretos

Arches

Banqueta baja



Anexo II Ejemplos de productos concretos

Arches

Banqueta alta



Anexo II Ejemplos de productos concretos

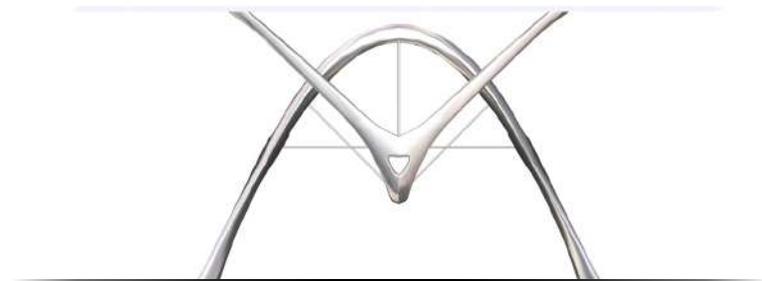
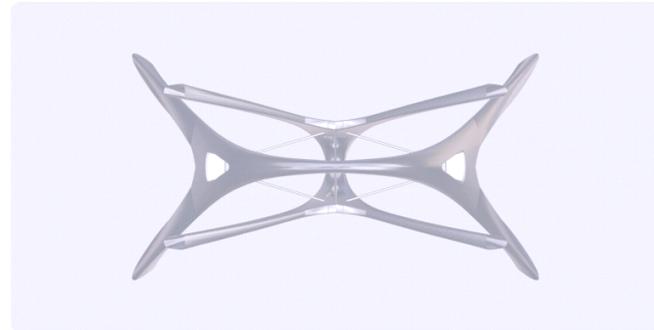
Arches
Silla



Anexo II Ejemplos de productos concretos

Arches

Mesa



Anexo II Ejemplos de productos concretos

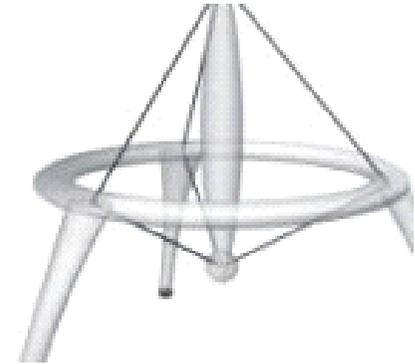
Pogo Familia

Siguiendo el mismo camino que el ejemplo anterior pero en este caso el modelo de tensegridad está basado en un eje vertical central equilibrado por tensores superiores y resistido por los inferiores, pudiendo variar la cantidad de simetría rotacional a utilizar. El resultado es un sistema de asientos que se puede adaptar a ciertos movimientos del cuerpo ya que la relación entre la parte superior del asiento (donde se apoya el cuerpo) y la parte inferior (como llega al piso) es mediada por los tensores, que según su grado de elasticidad pueden absorber deformaciones y luego auto estabilizarse cuando las cargas del cuerpo se modifican.



Anexo II Ejemplos de productos concretos

Pogo
Banqueta baja



Anexo II Ejemplos de productos concretos

Pogo
Banqueta alta



Anexo II Ejemplos de productos concretos

Pogo
Silla



Anexo II Ejemplos de productos concretos

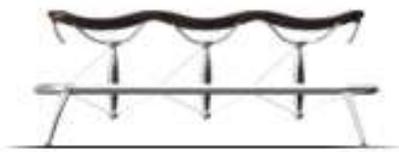
Pogo

Silla de escritorio



Anexo II Ejemplos de productos concretos

Pogo
Banco Viga



Anexo II Ejemplos de productos concretos

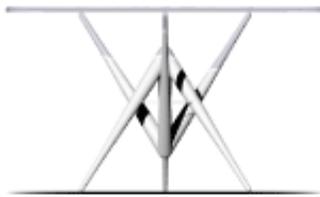
Tristar

Banqueta alta



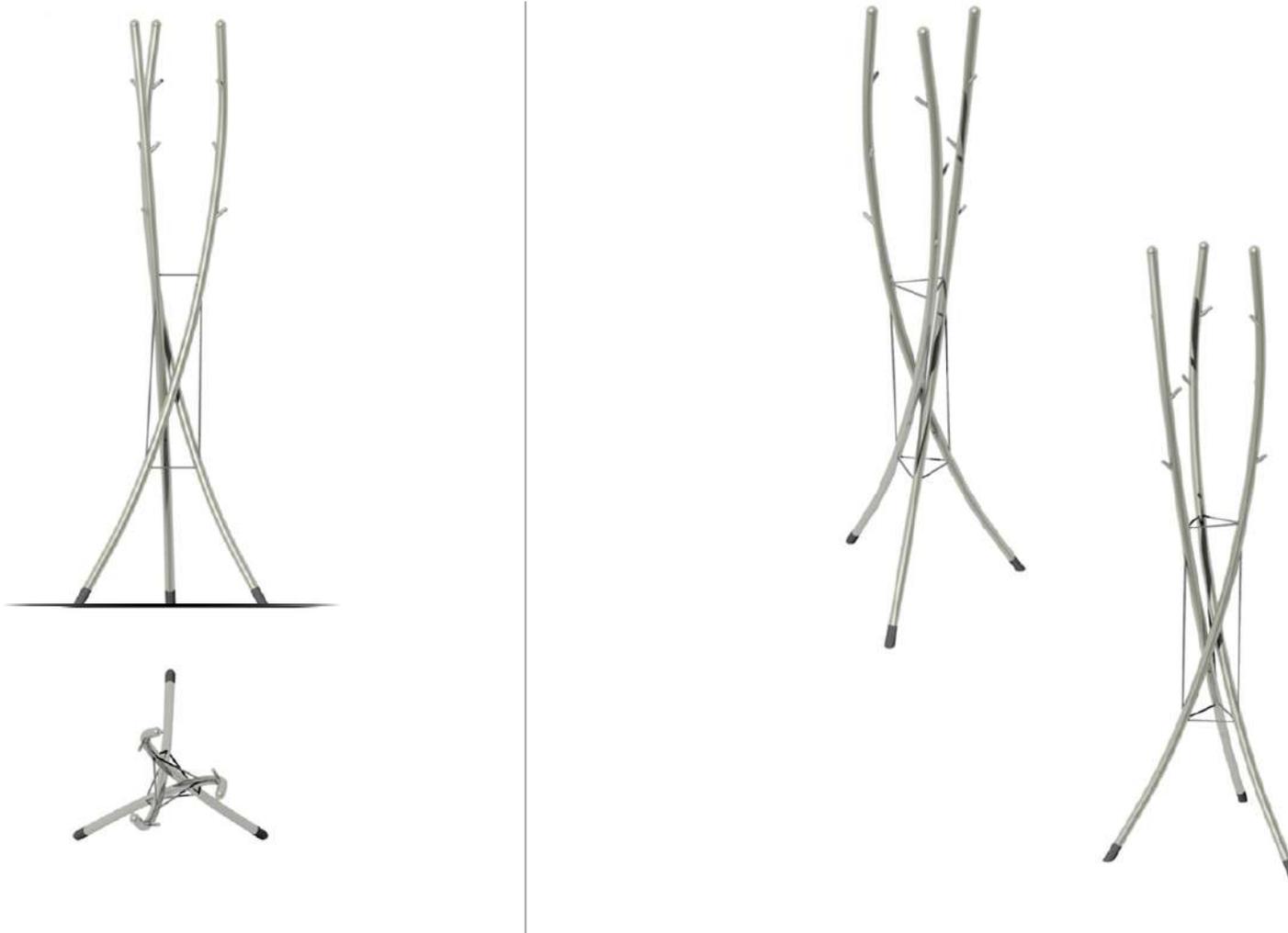
Anexo II Ejemplos de productos concretos

Tristar
Mesa



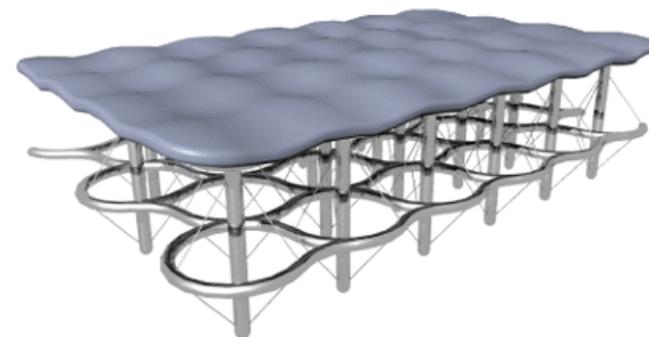
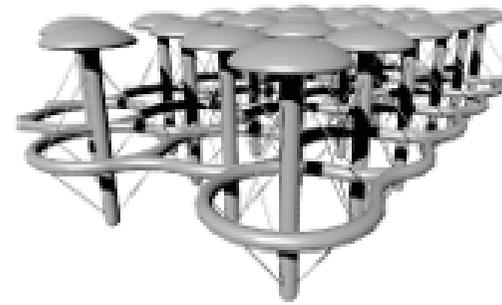
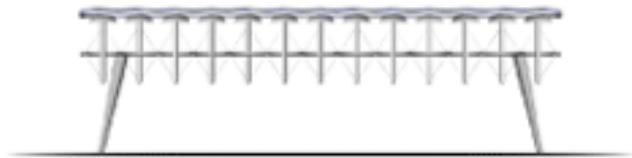
Anexo II Ejemplos de productos concretos

Perchero



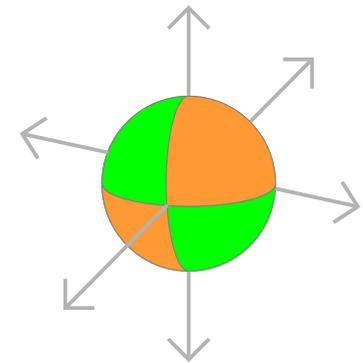
Anexo II Ejemplos de productos concretos

Sofá Malla



... Atlas de Tensegridad

4. Conclusiones



4.1 Reflexión y futuro

La tesis presenta los productos de una búsqueda larga, desarrollada en distintas etapas y ambientes muy diferentes, propios del objeto de vincular 4 disciplinas relacionadas al diseño. La vinculación se concreta en dos tipos de herramientas, los Dispositivos Didácticos y los Atlas destinados para la educación de los diseñadores y para la práctica del proyecto.

En cuanto a la idea general de vincular los saberes de las áreas de referencia (tecnología, morfología, estructuras y materiales), es una apuesta que va en una dirección lógica si se la ve como un modo de compensar la fragmentación resultante de la sobre especialización. Esta es una condición presente en muchas áreas disciplinares, no solo el diseño, y es producto directo del creciente aumento tanto en la cantidad de información que se va generando, así como el acceso que tenemos a ella. Este aumento de conocimiento también implica un aumento de complejidad a todo nivel. Para ejemplificar esta condición basta mirar el espectro de algunos de los proyectos arquitectónicos cada vez más ambiciosos en varios aspectos, desde lo interno (performativo) hasta lo externo (contextual). En cuanto a lo performativo los objetivos son cada vez mayores, como ser la altura, resistencia, durabilidad, economía, eficiencia, ergonomía y demás factores de una larga lista de criterios que debe cumplir un proyecto de alto rendimiento. Desde lo contextual se considera el impacto ambiental directo e indirecto, contemplando tanto aspectos visibles como no visibles. Estos van desde las normas LEED® (como paradigma de la sustentabilidad ambiental ya en aplicación, muy incipiente en Argentina) e ISO, hasta el concepto de trabajo justo (seguridad, decencia y dignidad) en su producción. La cuestión es que las crecientes demandas en relación a un proyecto arquitectónico, urbanístico o producto industrial llevan implícito un aumento de información y conocimiento, haciendo de la especialización una necesidad. Para compensar esta atomización en un proyecto hacen falta integradores, tanto en recursos humanos, como en áreas disciplinares. La Tecno-morfología atiende esta cuestión en algo puntual como lo explicitado a lo largo de la tesis. En este sentido las relaciones con otras áreas del diseño (Función / Significación) son una consecuencia lógica y un gran campo a desarrollar.

En perspectiva lo que propone la tesis es un boceto para asociar distintos saberes por medio de un modelo semi abierto ya que define las áreas a integrar, pero no mediante una fórmula sino por medio de una plataforma transdisciplinar. No ofrece una receta sino un proyecto bien definido que se encuentra en primera generación bajo la versión del autor. Es una propuesta para seguir pensando en esta dirección, pretendiendo ser suficientemente abierta para que otras personas puedan tomar el modelo y adaptarlo a su contexto, necesidades y preferencias.

En cuanto a los Dispositivos Didácticos, estos también son ejemplos posibles para concretar situaciones de aprendizaje, adaptables a distintos temas, entornos y proyectos. Los cinco casos concretos de ejercicios pedagógicos mostrados en la tesis son versiones que se fueron construyendo en base a la experiencia personal del autor, pero no suponen ningún orden ni jerarquía en el potencial universo de Dispositivos Didácticos para la Tecno-morfología. Pueden variar bastante los contenidos concretos que se ven involucrados en un determinado “seminario de Tecno-morfología” según la cultura, nivel de los participantes y área de formación (arquitectura, diseño, ingeniería, etc.). Los ejemplos mostrados en el segundo capítulo de la tesis representan una variedad suficientemente amplia en términos de tiempo y contextos como para comprobar su aceptación y utilidad, pero no son más que eso, casos que funcionan en este momento.

De los Atlas se puede decir algo parecido a los Dispositivos Didácticos, que son casos posibles de un vasto repertorio potencial, expuestos para que otras personas los tomen, los adapten y los mejoren. También queda abierta la búsqueda para que se propongan nuevos temas y métodos para la generación de otros modelos de Atlas. Estos cuatro mostrados en la tesis tienen el fin concreto de ofrecer materia prima presentados como pre-diseños, embestidos de lógicas físicas y formales para ser convertidos en productos útiles y deseados dentro del proceso cíclico y completo del diseño.

Mirando hacia adelante queda mucho por hacer específicamente en relación a los dos ejes que expone la tesis, sobre todo como recién se planteó acerca de su carácter de primera generación. Esto implica que cada uno de los Dispositivos Didácticos y Atlas están a disposición para su continua evolución, por lo menos mientras nuestra cultura siga cambiando y evolucionando. No obstante el espíritu de apertura y flexibilidad expresado en relación a los ejes de la tesis, se considera que la propuesta de integrar las cuatro áreas es suficientemente sólida para ameritar un grado de firmeza ya que tienen un carácter intrínseco de universalidad y atemporalidad. En todo objeto físico producido por el ser humano convergen las cuatro áreas en cuestión, indudable e indefectiblemente. También es obvio que el diseño trabaja en aras de cumplir una función, y que toda producción implica significados, aunque estos aspectos del diseño no son estudiados desde la Tecno-morfología de manera directa, trabajan para que ello pueda cumplirse mejor.

La propuesta para Tecno-morfología se arriesga a crecer y extenderse como pensamiento estratégico en relación al diseño del ambiente construido en cualquier escala y dimensión. Quizás los términos cambien y desde ya las modalidades de transferencia y formación cambian cada día, pero la convicción de que esta plataforma sea útil para hacer mejor nuestro oficio de diseño está definida. Los contenidos cada vez más demandantes para esta nueva área requieren de nuevos aportes desde cada uno de sus saberes constitutivos, probablemente liderados por la tecnología ya que es donde mayor atención se está poniendo hoy dado que es un espacio tan abierto y enriquecido por la investigación, desarrollo y diseño.

Uno de los posibles pasos próximos para el trabajo expuesto en la tesis es la conformación de un programa académico institucional, sea este a nivel grado o posgrado, abarcativo de los saberes integrados y potenciados por la Tecno-morfología en donde los Dispositivos Didácticos son los contenidos curriculares y los Atlas son modelos de tesis (o proyecto) a producir, cada una distinta e informada por los parámetros nacidos de la fase de investigación que atraviesa cada cursante, acorde a su nivel y dedicación. Pero todo apunta a la creación de una nueva masa crítica con espíritu propio de un nuevo y sensato camino que trabaja con ideas básicas y esenciales, dándole versatilidad y pertenencia adaptables a distintas necesidades y usos.

La agenda futura es un desafío para seguir acercándonos a una meta que R. B. Fuller describió en uno de sus últimos proyectos cuando hablaba de que ya no alcanza con que un edificio no se caiga, sino que tenía que ser productivo en un sentido muy concreto en relación al consumo energético (el viejo problema de la construcción ahora es reemplazado por el de la economía de energía y la sustentabilidad ambiental). No solo que él pretendía que un edificio no consumiera energía, sino que puso el umbral más alto todavía y planteo (hace 50 años) que un edificio debería generar energía. Su proyecto se basaba en la energía eólica, planteando que los edificios interrumpían el flujo del viento y por eso debían ser aerodinámicos y aprovechar la fuerza del viento para producir energía. Esta idea se puede extender en varias dimensiones, siempre buscando que la producción de nuestro hábitat en cualquier escala sea no solo útil en su función directa, sino también que sume en otros sentidos como el que plantea Fuller. Esto es un salto cualitativo en nuestros objetivos, dejamos de diseñar en contra y empezamos a diseñar a favor. Cómo se puede traducir esta meta en otros sentidos, ámbitos y funciones es lo que nos invita a pensar y diseñar el futuro, y lo que la Tecno-morfología ofrece para acompañarnos.

4.2 Referencias: Fuentes, Bibliografía, Publicaciones, Propiedad Intelectual y Créditos

En esta sección se registran distintos tipos de referencias en relación a la tesis.

- Se consignan las fuentes citadas en los distintos capítulos de este trabajo y la autoría de imágenes no propias.
- Se ofrece al lector una bibliografía de referencia extensa que ha formado parte de esta investigación a lo largo de los últimos 20 años, aunque no estén citados de manera puntual en el trabajo.
- Se citan las publicaciones realizadas por el autor (algunas en co-autoría) que se relacionan con la tesis.
- Se enumeran las patentes, modelos industriales y registros de derecho de autor de diseños que se relacionan la tesis.
- Por último, se acredita y agradece a las personas que han aportado de una u otra forma a la construcción final de esta tesis, principalmente los que trabajaron en su digitalización y registros.

FUENTES CITADAS

ALEXANDER, C. (1977). *A Pattern Language*. UK, Oxford University Press.

ALEXANDER, C. (1967). *The Atoms of Environmental Structure*. UK, Oxford University Press.

BEHROOZI, F., MOHAZZABI, P. and MCCRICKARD, J. P. (1994). *Remarkable shapes of a catenary under the effect of gravity and surface tension*, American Journal of Physics, Volume 62, Issue 12, pp. 1121-1128,

BENYUS, J. (2002). *Biomimicry*. New York, Harper Perennial.

BRUCZ, J. (2008). *Elastic catenaries: Systems of hybridity*, State University of New York at Buffalo

- CABRERA, J. (2005). *Estudio aplicado de los costes de la prevención de riesgos laborales en la construcción de puentes de hormigón*, Tesis de grado. Departamento de Ingeniería de la construcción, Universidad Politécnica de Cataluña.
- SULTAN, C., STAMENOVIC, D. and INGBER, D. E. (2004). *A Computational Tensegrity Model Predicts Dynamic Rheological Behaviors in Living Cells*. Annals of Biomedical Engineering, Vol. 32, No. 4.
- CORNING, P. (2003). *Nature is magic*. Cambridge University Press.
- CORREA, J. and VÁSQUEZ, R. (2004). Sistemas tenségricos: nuevas alternativas para la robótica. Ingeniería y Universidad, vol. 9, No. 002. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- CRITCHLOW, K. (1969). *Order in Space: a design source handbook*: USA. Thames and Hudson Inc.
- DOBERTI, R. (2008). *Espacialidades*. Buenos Aires. Ediciones Infinito.
- DELARUE, J. M. (1992). *Morphogenese*. Paris: Ecole D'Architecture Villemin.
- ENGEL, H. (1970). *Structure Systems*. Stuttgart: Anstalt GmbH.
- FERNANDEZ, C. and CASAÑAS, V. (2012). Cables y arcos <http://es.scribd.com/doc/50791899/cables-y-arcos>
- FERNÁNDEZ, L. (2003). *Bridge Engineering: A global perspective*, Thomas Telford.
- FULLER, R. B. (1975). *Synergetics 1: Explorations in the Geometry of Thinking*. New York: Macmillan.
- FULLER, R. B. (1979). *Synergetics 2*. New York: Macmillan.
- FULLER, R. B. and APPLEWHITE E, J. (1975, 1979). *Synergetics: Explorations in the geometry of thinking*, N.Y. Macmillan Publishing Co. Inc.
- GARCÍA, P. (2009). *De pícaras y chips. La evolución de la medicina*. Espasa-Calpe, S.A.
- GARCÍA, P. (2002). *Mecanotransducción: una aproximación tensegridal*. Monografías de la Real Academia Nacional de Farmacia; Monografía XXIV. Redes de señalización y estrategias terapéuticas.
- GOMEZ-JÁUREGUI, V. (2007). *Tensegridad: Estructuras Tensegríticas en Ciencia y Arte*, Santander. Servicio de Publicaciones de la Univ. de Cantabria.

- GORDON, J. E. (2003). *Structures: Or Why Things Don't Fall Down*, Da Capo Press, Boston.
- GOUGH, M. (1998). *In the Laboratory of Constructivism: Karl Loganson's Cold Structures*, MIT Press Journal, v.84.
- HUERTA, S. (2003). *El cálculo de estructuras en la obra de Gaudí*, Ingeniería Civil, v. 129.
- LALVANI, H. (1982). *Structures on Hyper-Structures*. New York.
- LAWSON, B. (1980). *How Designers Think: the design process demystified*. U.K.: Architectural Press.
- LI S., NGUYEN, C. (2010). *Uniform-stress catenary simulated by unstable truss structure*, 2H Offshore.
- MARENO, A. and ENGLISH, L. Q. (2009). *The stability of the catenary shapes for a hanging cable of unspecified length*, European Journal of Physics, v.30, pp. 97–108.
- MASS, A. J. and ADEL, J.M., (2005). *Eladio Dieste y la cerámica estructural en Uruguay*, Informes de la Construcción, Vol. 56, nº 496.
- MEGRET, J. (2004). *La Tensegridad, modelo biomecánico para la Osteopatía*. Artículo publicado en la revista APOSTILL, No. 14.
- MOTRO, R. (2009). *Structural Morphology of Tensegrity Systems*. Asian Journal Of Civil Engineering (Building & Housing) Vol. 10, No. 1.
- NOOSHIN, H. (1991). *Studies in Space Structures*. U.K.: Multi-Science Publishing Company Ltd.
- PANOFSKY, E. (1955). *Meaning in the Visual Arts*. Madrid, USA: Doubleday & Company, Inc.
- PEARCE, P. (1978). *Structure in Nature is a Strategy for Design*. U.S.A.: M.I.T. Press.
- PECK, C. (1995). *A Taxonomy of Fundamental Polyhedra and Tessellations*. USA, Printed by Winkworks.
- PUGH, A. (1976). *An Introduction to Tensegrity*. University of California Press, USA.
- SOMMER, K. (2010). *Rehabilitación Biomecánica Avanzada*. Tesis de grado, Programa Internacional de Psicoterapia, Hanzehogeschool Groningen, Groningen, Holanda.
- TAMURA, T. and NISHIBAYASHI, K. (2008). *Uniform-stress catenary simulated by unstable truss structure*, 8thWorld Congress on Computational Mechanics (WCCM8).

THOMPSON, D. (1917). *On Growth and Form*. (Edited by John Tyler Bonner. UK, Cambridge Univ. Press. 1961).

TIBERT, A. G. and PELLEGRINO, S. (2003). *Review of Form-Finding Methods for Tensegrity Structures*. IJSS, No. 4, 2003.

Libros consultados (no citados)

“El Error de Descartes: La Emoción, la Razón y el Cerebro Humano”, Antonio Damasio. Editorial Crítica, 2006.

“Flatland”, Edwin A. Abbott. Harper Collins Publishers Inc, New York 1994. Published originally in 1963.

“Galileo: diálogos acerca de dos nuevas ciencias”, Edición Losada 2003. Published originally in 1638.

“Gödel, Escher, Bach”, Douglas R. Hofstadter. Basic Books Inc. New York, 1979.

“Las Ciudades Invisibles”, Italo Calvino. Ediciones Minotauro. Barcelona, 1978.

“Plastics: Materials for Inspirational Design”. Chris Lefteri. Rotovision SA, Switzerland, 2001.

“The Shape of Things: a philosophy of design”, Vilem Flusser. UK, Reaktion Books, 1999.

“Theory and Design in the First Machine Age”, Reyner. Banham. The Architectural Press London, 1960.

“Ultra Materials: How Materials Innovation is Changing the World”. George M. Beylerian & Andrew H. Dent, Thames & Hudson, 2007.

Artículos relacionados a la tesis (no citados)

- “Form as a Bridge between Architectural, Structural and Industrial Design”. Mick Eekhout. Published in: 4th International Colloquium on Structural Morphology. IASS – SMG 2000. Delft University of Technology. 2000.
- “Shell Structures in Furniture Design”. M. Gudiksen. Published in: 4th International Colloquium on Structural Morphology. IASS – SMG 2000. Delft University of Technology. 2000.
- “Thrown Shells: The Potter’s Wheel as a Form Generator”. John C. Chilton. Published in: 4th International Colloquium on Structural Morphology. IASS – SMG 2000. Delft University of Technology. 2000.

REFERENCIAS IMAGENES

página 31: 1- <http://vanclaren.blogspot.com.ar/>
página 32: 1-<http://www.scienceweek.ie/>, 2- <http://www.atzsystems.es>
página 33: 1- <http://nativeamericans.mrdonn.org/>, 2- Bernadette Dean, 3- <http://www.unifi.it/>, 4- <http://www.canadianarchitect.com/>
página 34: 1- PH- Carol M. Highsmith, 2- Snohetta, 3- PH-Enrique Carrazoni, 4- PH- Seth White, 5- PH-Juergen Schmidt, 6- Cox Rayner Architects
página 35: 1- Marco Verde, 2- www.yamasa.org
página 36: 1- PH- James Estrin/The New York Times
página 38: 1- <http://www.3dscience.com/>, 2- <http://commons.wikimedia.org/>, 3- <http://earth-touch.com/>, 4- PH- jsmoral / Flickr 5- Kevin Raskoff
página 39: 3- Department Ecoinformatics, Biometrics and Forest Growth, Georg-August University of Göttingen 4- Institute of Physics
página 40: 1- PH-John Schneider, 2- PH-David Green.
página 41: 1-Dennis Kunkel Microscopy, Inc., 2- <http://the-honeybees.blogspot.com.ar/>, 3-<http://www.ecobuiltsystems.com/>, 4- <http://www.SnowCrystals.com>, 5- PH-paulkurlak/ Flickr 6- <http://www.boliviaweb.com/>
página 42: 1- Eshel Ben-Jacob, 2- <http://cherokeechix.com/>, 3- USGS EROS Data Center Satellite Systems Branch.
página 43: 1-*Ron Sturm, Construction Technology Laboratories, Inc.* 2- *PH-Africa/ Flickr* 3- <http://www.astroyciencia.com/>
página 44: 1- <http://www.esacademic.com/>, 2 y 3- <http://www.nano-enhanced-wholesale-technologies.com/>, 4- <http://www.xunature.com/>, 5-<http://scienceintranslation.wordpress.com/> 6- <http://www.nano.org.uk/>
página 47: 1, 2 y 3- Sobre el crecimiento y la forma- D'Arcy Thompson
página 48: 1- Thomas Bleick, 2- <http://www.ibercivis.es/>, 3- <http://www.absoluteastronomy.com/>, 4- Jeff Schmaltz, NASA/MODIS.
página 49: 1 y 2 -A. Lederman et al., 3- Marc Audier, Ecole Nationale Superieure d'Electrochimie et d'Electrametallurgie de Grenoble
páginas 51 y 52: Antoni Gaudí
página 53: Robert Maillart
páginas 54 y 55: Eugene Freyssinet
página 56: 1- <http://www.chw.net/>, 2- <http://www.tressugar.com/>
página 57: 1- Buckminster Fuller Institute
página 58: 1- ibidem 2,3 y 4-Kennet Snelson
página 59: 1 y 2- Buckminster Fuller Institute
página 60: 1, 2 y 3- Buckminster Fuller Institute
páginas 61, 62 y 63-1: Pier Luigi Nervi
página 63: 2- Sobre el crecimiento y la forma- D'Arcy Thompson
página 64: Robert Lericolais
página 65: Eduardo Torroja
página 66: Konrad Wachsmann
páginas 67 y 68: William Katavolos
página 69: 1 y 2- IL (Institute for Lightweight Structures), Stuttgart
página 70: 1, 2, 3 y 4- Frei Otto
páginas 71 y 72: Vittorio Giorgini
página 73: Heinz Isler
páginas 74 y 75: David H. Geiger
páginas 76-79: Peter Jon Pearce
páginas 80-87: Haresh Lalvani
páginas 89 y 89: Santiago Calatrava
páginas 90 y 91: IwamotoScott Architecture + Buro Happold
página 92: PTW Architects
página 93: Roberto Ferreira-Gustavo Martínez
páginas 94 y 95: Hugh Dutton Associés HDA

página 97: 1- <http://www.treadwaygallery.com/> , 2- <http://www.puredesign.cl/>, 3- <http://www.solostocks.com/>, 4- <http://hamaki.com.pl/>
página 98: 1,2 y 3- Freedom of Creation FOC
página 99: 1,2,3 y 4- David Trubridge
página 100: 1-6- Konstantin Archov
página 101: 1-6- ArchxX
página 224: 1- www.eartharchitecture.org/, 2- www.mathsinthecity.com/
página 225: 1 y 2- Antoni Gaudi, 3 y 4- Eero Saarinen
página 226: 1- www.blogs.taz.de/, 2- www.tectonicablog.com/, 3 y 4- Eladio Dieste
página 227: 1 y 2- Iwamoto Scott Architecture + Buro Happold, 3 y 4- Marco Vanucci
página 228: 1 y 2- James Brucz, 3 y 4- Hector Zamora
página 229: 1- www.reportajes-jmserrano.com/, 2- www.teachersdomain.org/
página 230: 1 y 2- www.sertecna.com/, 3- israeleandrobotobarcelona.blogspot.com.ar/
página 231: 1- www.llansadwrn-wx.info/, 2- www.extramarks.com/, 3- livingsta.hubpages.com/, 4- www.teachconstruction.org/, 5 y 6- www.cnbridge.cn/
página 232: 1- www.civil.eng.osaka-u.ac.jp/, 2- www.rta.nsw.gov.au/
página 233: 1- www.hammocks.com/, 2- Bonet, Kurchan, Ferrari-Hardoy, 3- William Katavolos, 4- George Nelson 5- Studio Geneen, 6- Foster & Partners

BIBLIOGRAFIA DE REFERENCIA

SERIES Y ANALES

"Evolution of Natural Structures", Proceedings from the 1st.(1988), 2nd.(1991) and 3rd.(1994), International Symposium of the Sonderforschungsbereich 230, Volumes 1-9. Universitat Stuttgart.

International Association of Shell and Spatial Structures- IASS, SMG (1992): Proceedings from the: 1st International seminar on structural morphology. Universite Montpellier & grrSLA Ecole d'Architecture Languedoc Roussillon:

International Association of Shell and Spatial Structures- IASS, SMG (1994): Proceedings from the: 2nd International seminar on structural morphology. University of Stuttgart:

International Association of Shell and Spatial Structures- IASS, SMG (1997): Proceedings from the: 3rd International Colloquium: Structural Morphology Towards the New Millennium. The University of Nottingham.

International Association of Shell and Spatial Structures- IASS, SMG (2000): Proceedings from the: 4th International Colloquium on Structural Morphology. Delft University of Technology.

Journal of Mathematics and Design- Published regularly by the Centro de Matemática y Diseño desde (2000). Universidad de Buenos Aires.

IL 1-39 Institute for Lightweight Structures. University of Stuttgart, desde 1969. incluyendo:

IL 1- Minimal Nets.

IL 2- City in the Artic.

IL 3- Biology and Building 1.

IL 4- Biology and Building 2.

IL 5- Convertible Roofs.

IL 6- Biology and Building 3.

IL 7- Shadow in the Desert.

IL 8- Nets in Nature and Technics.

IL 9- Pneus in Nature and Technics.

IL 10- Grid Shells.

IL 11- Lightweight Energy Technics.

IL 12- Convertible Pneus.

IL 13- Multihall Mannheim.

IL 14- Adaptable Architecture.
 IL 15- Air Hall Handbook.
 IL 16- Tents 1.
 IL 17- The Work of Frei Otto and his Teams (1955-1976).
 IL 18- Forming Bubbles.
 IL 19- Growing and Dividing Pneus.
 IL 20- Tasks.
 IL 21- Form, Force, Mass "Basics".
 IL 22- Form, Force, Mass 2 "Form".
 IL 23- Form, Force, Mass 3 "Structure".
 IL 25- Form, Force, Mass 5 "Experiments".
 IL 26- Youth Competition "Nature and Architecture"
 IL 27- Natural Building.
 IL 28- Diatoms 1- Shells in Nature and Technics.
 IL 29- The Tent Cities of the Hajj.
 IL 30- Sun and Shade.
 IL 31- Bamboo- Building with Vegetable Rods.
 IL 32- Exhibition Catalog "Natural Structures".
 IL 33- Radolaria- Shells in Nature and Technics 2.
 IL 34- The Model.
 IL 36- Subjective Standpoints.
 IL 39- Non-Planned Settlements.
 ...

Anales de Simposios Anuales, International Association for Shell and Spatial Structures, desde 1959. Secretariat-I.A.S.S.,Madrid. incluyendo:

Colloquium of Madrid, "Non-traditional Construction Processes of Shell Structures" 1959.
 Colloquium of Dresden, "On Precast Shells" 1961.
 Symposium of Delft, "Shell Research" 1961.
 Colloquium of Brussels, "Simplified Calculation Methods" 1961
 Colloquium of Paris, "Hanging, Mettalic Shell and Superficial Lattice Roofs" 1962.
 World Conference of San Fransisco, "Shell Structures in General" 1962.
 Symposium of Warsaw, "Non-classical Shell Problems" 1963.
 Symposium of Southampton, "The Theory of arch Dams" 1964.
 Symposium of Budapest, "Shell Structures in Engineering Practice" 1965.
 Symposium of Bratislava, "Tower Shaped Steel and Reinforced Concrete" 1966.
 Symposium of Leningrad, "Problems of Interdependence of Design and Construction of Large-span Shells for Industrial and Civic Buildings" 1966.
 Colloquium of Stuttgart, "On Pneumatic Structures" 1967.

Congress of Mexico, "The Application of Shell Structures" 1967.
 Symposium of Weimar, "Pipes and Tanks" 1968.
 Conference of the Hague, "Tower Shaped Structures" 1969.
 Colloquium of Madrid, "Progress of Shell Structures in the last 10 years and its future developments" 1969.
 Symposium of Vienna, "Folded Plates and Prismatic Structures" 1970.
 Symposium of Beirut, "Future Development in Spatial Structures; Applications of shells to low-cost housing" 1971.
 Symposium of Honolulu, "Hydromechanically Loaded Shells" 1971.
 Symposium of Tokyo and Kyoto, "Tension Structures and Spaceframes" 1971.
 Conference of Calgary, "Shell Structures and Climatic Influence" 1972.
 Symposium of Delft, "International Symposium of Pneumatic Structures" 1972.
 Conference of Southampton, "Variational Methods in Engineering" 1972.
 Symposium of Kielce, "Industrialized Spatial and Shell Structures" 1973.
 Symposium of Haifa, "Prefabricated Shells" 1973.
 Symposium of Udine, "Folded Plates and Spatial Panel Structures" 1974.
 Symposium of Bratislava, "Cable Structures" 1975.
 World Congress of Montreal, "Space Enclosures" 1976.
 International Conference of Alma-ata, "Lightweight Shell and Spatial Structures for Normal and Seismic Zones" 1977.
 Symposium of Darmstadt, "Non-linear Behaviour of Reinforced Concrete Spatial Structures" 1978.
 Symposium of Morgantown, "Shell and Spatial Structures, The development of form" 1978.
 World Congress of Madrid, "20 Years of the I.A.S.S." 1979.
 Symposium of Oulu, "Wood, Ferrocement and Plastics in Shells and Spatial Structures" 1980.
 Congress of Buenos Aires "Non-typical Structures" Cancelado- 1982.
 Conference of Thessaloniki, "Energy Efficient Enclosures for Buildings" 1983.
 Symposium of Rio de Janeiro, "Construction & Stability Problems of Spatial Structures" 1983.
 Symposium of Dortmund, "Spatial Roof Structures" 1984.
 Congress of Moscow, "Theory and Experimental Investigation of Spatial Structures" 1985.
 Symposium of Osaka, "Membrane Structures and Spaceframes" 1986.
 Colloquium of Beijing, "Space Structures for Sport Buildings" 1987.
 Symposium of Istanbul, "Domes from Antiquity to the Present" 1988. Symposium of Bangalore, "Innovative Applications of Shells and Spatial Structures" 1988.
 Congress of Madrid, "10 Years of Progress in Shell and Spatial Structures" 1989.
 Congress of Dresden-Cottbus, "Spatial Structures: Quality control, rehabilitation and new construction methods" 1990.
 Symposium of Copenhagen, "Spatial Structures at the Turn of the Millenium" 1991.
 International Congress of Toronto, "Innovative Large-span Structures: Concept, design, construction" 1992.
 Symposium of Istanbul, "Public Assembly Structures from Antiquity to the Present" 1993.
 International Symposium of Atlanta, "Spatial, Lattice and Tension Structures" 1994.
 International Symposium of Milan, "Spatial Structures: Heritage, present and future" 1995.

Asia Pacific Conference on Shell and Spatial Structures, Beijing 1996.
International Symposium of Stuttgart, "Conceptual Design of Structures" 1996.

...

"1st International Conference on Space Structures", Davies, R. M. ed., . University of Surrey. Blackwell Scientific Publications, 1966.

"2nd International Conference on Space Structures". Department of Civil Engineering, University of Surrey. Billing and Sons Limited, 1975.

"3rd International Conference on Space Structures", H. Nooshin, ed., Elsevier Applied Science Publishers, 1984.

"4th International Conference on Space Structures". G. A. R. Parke and C. M. Howard, eds., Thomas Telford, 1993.

"Lightweight Structures in Architecture 86", Proceedings from the First International Conference on Lightweight Structures in Architecture. V. Sedlak, ed., Unisearch Ltd., University of New South Wales, 1986.

"LSA '98- Lightweight Structures in Architecture, Engineering and Construction", Proceedings from the Second International Conference on Lightweight Structures in Architecture. V. Sedlak, Sidney, Australia 1998.

"MARAS '91", Proceedings of the 1st. International Conference on Mobile and Rapidly Assembled Structures, Southampton, 1991.

"MARAS '96", Proceedings of the 2nd. International Conference on Mobile and Rapidly Assembled Structures, Seville, 1996

"MARAS 2000", Proceedings of the 3rd. International Conference on Mobile and Rapidly Assembled Structures, Madrid, 2000

"1st International Seminar on Structural Morphology", International Association of Shell and Spatial Structures, Working Group #15. Eds. R. Motro and T. Wester. LMGC (Universite MontpellierII) & grSLA (Ecole d'Architecture Languedoc Roussillon) 1992.

"Application of Structural Morphology to Architecture", International Association of Shell and Spatial Structures, Working Group 15. Eds. R. Holler, J. Hennie, F. Klenk. Proceedings of the 2nd International Seminar on Structural Morphology. University Stuttgart, 1994.

"Structural Morphology: Towards the New Millennium". International Association of Shell and Spatial Structures, Working Group #15. Proceedings of the 3rd International Colloquium on Structural Morphology. The University of Nottingham, August 1997.

"Bridge Between Civil Engineering and Architecture" ", International Association of Shell and Spatial Structures, Working Group #15. Proceedings of the 4th International Colloquium on Structural Morphology. Delft University of Technology. 2000.

"Symmetry of Structure", First Interdisciplinary Symmetry Congress and Exhibition. The International Society for the Interdisciplinary Study of Symmetry, ISIS-Symmetry. Budapest, 1989.

"Symmetry of Patterns", Second Interdisciplinary Symmetry Congress and Exhibition. The International Society for the Interdisciplinary Study of Symmetry, ISIS-Symmetry. Hiroshima, 1992.

"Symmetry: Natural and Artificial", Third Interdisciplinary Symmetry Congress and Exhibition. The International Society for the Interdisciplinary Study of Symmetry, ISIS-Symmetry. Edited By G. Darvas and D. Nagy. Washington DC. 1995.

"1st International Symposium on Science of Form", Society for Science of Form at Tsukuba, Japan. KTK Scientific Publishers. 1986.

"Katachi U Symmetry", The Symposium of Katachi and Symmetry. Edited by T. Ogawa, K. Miura, T Masunari and D. Nagy. Univ. of Tsukuba, 1994.

"Jornadas 1997", Cuadernos de la Forma 1. Sociedad de Estudios Morfológicos de la Argentina. Buenos Aires, 1997.

"Teoría: Cosmogonías y Territorios", Cuadernos de la Forma 2. Sociedad de Estudios Morfológicos de la Argentina. Buenos Aires, 1999.

"Modelos: enseñanza y transferencia", Cuadernos de la Forma 3. Sociedad de Estudios Morfológicos de la Argentina. Buenos Aires, 1999.

"Nociones de la Forma: aproximaciones", Cuadernos de la Forma 4. Sociedad de Estudios Morfológicos de la Argentina. Buenos Aires, 2001.

"Trabajos originados en el Primer Congreso Internacional y Tercer Congreso Nacional de Sema, realizado en la Universidad Nacional de Santa Fe", Cuadernos de la Forma 5. Sociedad de Estudios Morfológicos de la Argentina. Buenos Aires, 2007.

"Trabajos originados en el Primer Congreso Internacional y Tercer Congreso Nacional de Sema, realizado en la Universidad Nacional de Santa Fe", Cuadernos de la Forma 6. Sociedad de Estudios Morfológicos de la Argentina. Buenos Aires, 2007.

"Número especial Symmetry 2-3", Cuadernos de la Forma 7. Sociedad de Estudios Morfológicos de la Argentina. Buenos Aires, 2007.

"Libro de Abstracts extendido del Congreso Forma y Simetría desarrollado conjuntamente con ISIS Symmetry, en Buenos Aires,", Cuadernos de la Forma 8. Sociedad de Estudios Morfológicos de la Argentina. Buenos Aires, 2007.

"Primer Congreso Internacional de Matemáticas y Diseño '95" - Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Universidad de Buenos Aires. 1995.

"Segundo Congreso Internacional de Matemáticas y Diseño '98". Universidad de Sevilla. 1998.

"ISAMA 99", First Interdisciplinary Conference of The International Society of the Arts, Mathematics and Architecture. Univ. del Pais Vasco, 1999.

"Non-Conventional Structures", Proceedings of the International Conference on the Design and Construction of Non-Conventional Structures. Ed. Dr. B.H.V. Topping. University of Edinburg. 1987.

"Engineering a New Architecture", International Conference at the Aarhus School of Architecture, Denmark, 1998.

International Journal of Space Structures. H. Nooshin and Z. S. Makowski, eds., Multi-Science Publishing Co. Ltd. UK. desde 1985.

Structural Topology, Boletín publicado por el Structural Topology Research Group, University of Montreal. Canadá. desde 1979.

"Weitgespannte Flächentragwerke", Sonderforschungsbereich 64, number 2 1979. and number 3, Stuttgart. 1985.

REVISTAS y BOLETINES

DOME, Hoflin Publishing Inc. Volumes 1-7, desde 1988. Colorado, EE.UU.

Fabrics & Architecture, Revista bi-mensual del Industrial Fabrics Association International. Volumes 1-7. St. Paul, Minnesota. (desde 1990)

I.L. Info. Circulares publicados por el Institute for Lightweight Structures, Univ. of Stuttgart, Números 1-33, Alemania.

Le Carre Bleu, Revue Internationale d'Architecture, [Nos.1-1987, 2-'90, 1-'92, 2-'94, etc.] Paris.

Mero-Vision, Trade Publication of Mero Raumstruktur, GmbH, Würzburg. Alemania.

Structural Morphology Group Newsletter, Boletín publicado por el Structural Morphology Working Group # 15 del I.A.S.S. desde 1992. Holanda.

Tents, Revista del Industrial Fabrics Association International. St. Paul, Minnesota.

The Arup Journal, Published by the Ove Arup Partnership, London.

Trimtab, Boletín publicado por el Buckminster Fuller Institute, Volumes 1-8, Santa Barbara, California.

Synergetica y Synergetica Journal, desde 1985 (sin continuidad). Publicado por el Buckminster Fuller Institute, Santa Barbara, California.

Zodiac, Rivista Semestrale, Olivetti & Co. [Nos. 19, 21, 22. etc.] 1969-1973. Italia. (descontinuado).

LIBROS MORFOLOGÍA GENERAL Y APLICADA

- "Aesthetics and Technology in Building", Pier Luigi Nervi. Harvard University Press, 1967.
- "Architecture in Space Structures", Mick Eekhout. Uitgeverij 010 Publishers, Rotterdam, 1989.
- "Beyond the Cube: the architecture of space frames and polyhedra", J. Francois Gabriel. John Wiley & Sons, 1997.
- "Beyond the Third Dimension", Thomas Banchoff. Scientific American Books. 1990.
- "Connections: The Geometric Bridge Between Art and Science", Jay Kappraff. McGraw-Hill Inc. 1991.
- "Construcciones Neumaticas", Thomas Herzog. Gustavo Gili, Barcelona, 1977, (versión original "Pneumatische Konstruktionen" Stuttgart 1976)
- "Engineering a New Architecture", Tony Robbin, Yale University Press, 1996.
- "Developments in Structural Form", Rowland J. Mainstone. M.I.T. Press, 1975.
- "Dome Book 1" Ed. Lloyd Kahn. Shelter Publications, Los Gatos, California. 1970.
- "Dome Book 2" Ed. Lloyd Kahn. Shelter Publications, Bolinas, California. 1971.
- "Dome Builder's Handbook No. 2", William Yarnall, Running Press, Penn. 1978.
- "Dome Builder's Handbook", John Prenis, ed. Running Press, Penn., 1973.
- "Dymaxion World of Buckminster Fuller", R. Fuller and Robert Marks, Southern Illinois Univ. Press, 1960.
- "Eisarchitektur und andere Projekte"(Arquitectura de Hielo y Otros Proyectos), Jürgen Spelda, Pfalzgalerie Kaiserslautern, 1987.
- "En Defensa del Formalismo y Otros Escritos", Felix Candela. Xarait Ediciones, Bilbao, 1985.
- "Estructuras Espaciales de Acero", Z. S. Makowski. Gustavo Gili. Barcelona, 1972. (versión original "Steel Space Structures". Dusseldorf, 1965)
- "Estructuras Urbanas para el Futuro", Justus Dahinden. Gustavo Gili, Barcelona, 1972. (versión original "Tragsysteme" Anstalt GmbH. Stuttgart)
- "From Control to Design: Parametric/Algorithmic Architecture", Editors: Michael Meredith, Aranda-Iasch Mutsuro Sasaki. Ingoprint SL, Europe, 2007

"Geometry, Relativity and the Fourth Dimension", Rudolf v.B. Rucker. Dover Publications Inc. New York, 1977.

"Kinetic Architecture", William Zuk and Roger H. Clark. Van Nostrand Reinhold, 1970.

"Komposition im Raum". Max Mengerlinghausen, Bertelsmann Fachzeitschriften GmbH. 1983.

"La Metamorfosis de las Plantas", Johann Wolfgang von Goethe. (Versuch die Metamorphose der Pflanzen zu erklären), publicación original de 1790.

"La Rebelión de las Formas", Jorge Wagensberg. Tusquets Editores, Barcelona. 2004.

"Las Mallas Espaciales en Arquitectura", J. Margarit y C. Buxade, Gustavo Gili, Barcelona, 1972.

"M. C. Escher: Art and Science", H. S. M. Coxeter, et al. (eds.) Elsevier Science Pub. B.B. 1986.

"Maisons en Carton", D. G. Emmerich, Realisations Experimentales en Cooperation. Paris, 1983.

"Megastructures", Reyner Banham, Thames and Hudson, London, 1976.

"Membrane Design in Japan", Shinken-chiku-SHA Co. Ltd, Tokyo, 1990.

"Morphogenese", Jean Marie Delarue. Service de Documentation, Ecole D'Architecture, Paris Villemin, 1992.

"On Growth and Form", D'Arcy Thompson, Abridged Edition Edited by John Tyler Bonner. Cambridge University Press, 1961.

"Order In Space", Keith Critchlow. Thames and Hudson, New York, 1969.

"Organics" (Chemical Architecture), William Katavalos. Standerukrie De Jong, Holland 1960.

"Paper Houses", Roger Sheppard, Richard Threadgill and John Holmes, Caerfyrddin, Cymru. N. Y., 1974.

"Patterns in Hyper-Space", Haresh Lalvani. Thesis Univ. Penn. 1982.

"Patterns in Nature", Peter Stevens. Little Brown, Boston. 1974.

"Periodic Table of the Polyhedra Universe". Michael Burt. Technion Publications, Israel, 1996.

"Plastics and Architecture", Arthur Quarmby. Praeger Publishers Inc., N.Y. 1974.

"Plis, Regles Geometriques et Principes Structurants", Jean Marie Delarue. Ecole D'Architecture, Paris Villemin, 1992.

"Polyhedra and Architecture", Koji Miyazaki. Shokokusha, Japan. 1979.

"Polyhedra Primer", Peter and Susan Pearce. Dale Seymour Publications, 1978.

"Possibilites D'Application des Structures Autotendentes", D. G. Emmerich, Informe Final de Investigación Contrat #8401374, Ministere de L'Urbanisme, du Logement et des Transports, Direction de l'Architecture.

"Razón y Ser de los Tipos Estructurales", Eduardo Torroja. Ed. Instituto E. Torroja de la Construcción y Cemento, Madrid, 3er. Ed. 1960.

"Robert Maillart", Max Bill, Girsberger, Zurich, 2da. Ed. 1955.

"Sacred Geometry", Robert Lawlor. Thames and Hudson, London, 1982.

"Shelter", Lloyd Kahn, ed. Recorder Sunset Press, Ca. 1973.

"Sistemas de Estructuras", Heinrich Engel, H. Blume Ediciones, Madrid, 1979.

"Space Grid Structures", John Borrego, M.I.T. Press, 1968.

"Space Structures: Their Harmony and Counter Point", Arthur L. Loeb. Reading: Addison Wesley, 1976.

"Spatial Arrangements and Polyhedra With Curved Surfaces and Their Architectural Applications", Michael Burt, Technion, I.I.T. Israel. 1966.

"Spaziolgia", Vittorio Giorgini. Pratt Institute, (new edition available) NY, 1985.

"Stabilité Structurelle et Morphogénèse", René Thom, Interédition, París, 1977.

"Structuralisme", Jean Piaget. Presses Universitaires de France. 1968.

"Structural Order in Space", Ture Wester. Royal Danish Academy of Fine Arts, School of Architecture, Copenhagen, 1984.

"Structure and Expression", Santiago Calatrava. The Museum of Modern Art, New York, 1993.

"Structure in Architecture", Mario Salvadori & Robert Heller. Prentice-Hall, New Jersey, 1963.

"Structure in Art and Science", Edited by Gyorgy Kepes. George Braziller, New York, 1965.

"Structure in Nature Is a Strategy for Design", Peter Pearce. M.I.T. Press, 1978.

"Structures Implicit and Explicit", Robert Le Ricolais. Graduate School of Fine Arts, University of Pennsylvania, 1973.

"Structures on Hyper-Structures: Multi-dimension Periodic Arrangements of Transforming Space Structures", Haresh Lalvani. New York, 1982.

"Studies in Space Structures", Ed. H. Nooshin, MultiScience Publishing Co Ltd. 1991.

"Symmetry: a Unifying Concept", István and Magdolna Hargittai. Shelter Publications Inc. California, 1994.

"Synergetics 1: Explorations in the Geometry of Thinking", R. Buckminster Fuller. Macmillan, New York, 1975.

"Synergetics 2", R. Buckminster Fuller. Macmillan, New York, 1979.

"Tensile Architecture", Philip Drew. Granada Publishing Ltd. 1979.

"Tensile Structures, 1 & 2", Frei Otto, M.I.T. Press, 5th Ed. 1982. ("Zugbeanspruchte Konstruktionen" Ullstein Verlage GmbH. Vol. 1- 1962, Vol. 2- 1966)

"The Dome Cookbook", Steve Baer, Lama Foundation, N.M. 1968.

"The Geometry of Art and Life", Matila Ghyka. Dover Publications, New York, 1977. Published originally in 1946.

"The New Ambidextrous Universe: Symmetry and Asymmetry from Mirror Reflections to Superstrings", Martin Gardner. W. H. Freeman & Co. NY, 1990.

"Trans-Space Structures", Ole Vanggaard and Einar Thorsteinn. Sponsored by: Nordic Council, 1995.

"Turning Point of Building", Konrad Wachsmann, Reinhold Publishing, N.Y. 1961.

"Zome Primer", Steve Baer, Zomeworks Corporation, New Mexico, 1970.

PUBLICACIONES (seleccionadas del autor)

- 2012 “STRUCTURAL FOOD: RESEARCH AND DESIGN IN THE CLASSROOM ENVIRONMENT”. International Conference on Designing Food and Designing for Food. London Metropolitan University, UK
- 2012 “PUTTING THE PIECES TOGETHER: Design Puzzles as learning tools”. International Conference, Nexus 2012: Relationships between Architecture and Mathematics. (INDACO) at the Politecnico di Milano, Italia
- 2011 “SYMMETRIX: ASOCIANDO FORMA Y COLOR CON SIMETRÍA”. Formas y Lenguajes. VIII Congreso Nacional y V Congreso Internacional de SEMA. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina
- 2010 “BASES TECNO-MORFOLÓGICAS PARA EL DISEÑO OBJETUAL”. VI Conferencia Internacional de Matemática y Diseño, Sociedad Central de Arquitectos, Buenos Aires
- 2010 “TECNO-MORFOLOGIA COMO INVESTIGACIÓN PROYECTUAL”. Congreso de Enseñanza del Diseño, Facultad de Diseño y Comunicación, Universidad de Palermo, Buenos Aires
- 2008 “INVESTIGACIÓN PROYECTUAL PARA INNOVACIÓN DE NUEVOS PRODUCTOS”. XVI Jornadas de Reflexión Académica de la Universidad de Palermo, Facultad de Diseño y Comunicación, Buenos Aires
- 2007 “ORIGAMI CURVO, EL CUERO COMO MATERIAL ESTRUCTURAL”. Symmetry: Art and Science. 7th Interdisciplinary Symmetry Congress and Exhibition of ISIS-Symmetry – SEMA. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Universidad de Buenos Aires
- 2007 “DESIGN INNOVATION”. Experiencias y Propuestas en la Construcción del Estilo Pedagógico en Diseño y Comunicación. XV Jornadas de Reflexión Académica de la Universidad de Palermo, Facultad de Diseño y Comunicación, Buenos Aires
- 2006 “INNOVACION EN CUERO COMO OPORTUNIDAD PARA EL DISEÑO”. Revista “iF- Interfase”, Número 2. Centro Metropolitano de Diseño. Buenos Aires
- 2006 “PERDIDOS EN LA LUNA”. Experimentación, Innovación, Creación. Aportes en la enseñanza del Diseño y la Comunicación. XIV Jornadas de Reflexión Académica de la Universidad de Palermo, Facultad de Diseño y Comunicación, Buenos Aires
- 2005 “CUADERNO DE CROQUIS: EL DIBUJO COMO HERRAMIENTA PROYECTUAL”. Formación de Profesionales Reflexivos en Diseño y Comunicación. XIII Jornadas Académicas de la Univ. de Palermo, Facultad de Diseño y Comunicación, Buenos Aires [coautora Keila Hötzel]
- 2004 “RECIPROCAL STRUCTURES: A CASE OF TECHNO-MORPHOLOGY IN DESIGN”. 4th International Conference of the Association of Mathematics and Design (MyD). Universidad Tecnológica Nacional, Mar del Plata, Argentina [coautor Laurencena]

- 2004 "TECHNO-MORPHOLOGY IN PRODUCT DESIGN". Poster en Symposium- Shell and Spatial Structures: from models to realization. International Association of Shell & Spatial Structures. Univ. of Montpellier II & the School of Architecture of the Languedoc Roussillon, France
- 2004 "EL DESIGN PUZZLE COMO HERRAMIENTA PARA EL APRENDIZAJE DEL DISEÑO". Procesos y Productos, Jornadas Académicas de la Universidad de Palermo, Facultad de Diseño y Comunicación, Buenos Aires
- 2003 "HACIA UNA DEFINICIÓN DE LA TECNO-MORFOLOGÍA". Transforma, SEMA- Sociedad de Estudios Morfológicos de Argentina. 2º Congreso Internacional, Universidad Nacional de Córdoba
- 2002 "HOMENAJE BKF". Catálogo de muestra y concurso en el Centro Cultural Recoleta, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. [coautores Ricardo Blanco y Osvaldo Giesso]. Editorial Página 12
- 2000 "HARD MODELS OF MANUAL AND VISUAL OPERATION FOR THE GENERATION AND READING OF SPATIAL FORMS". 4th International Colloquium on Structural Morphology. IASS – SMG 2000. Delft University of Technology [coautor Cattan]
- 1998 "TOWARDS A PRAXIS OF STRUCTURAL MORPHOLOGY IN DESIGN". International Conference at the Aarhus School of Architecture: Engineering a New Architecture. Denmark
- 1998 "EXPLORATIONS IN DESIGN PUZZLES AS A WAY OF OPERATING SPACE". Poster para el 4th International Symposium of The International Society for the Interdisciplinary Study of Symmetry, ISIS-Symmetry. Haifa [coautor Cattan]
- 1997 "DIMENSIONES MORFOLÓGICAS PARA EL ESTUDIO DE POLIEDROS". Para libro: Investigaciones de Becarios en la FADU. Secretaría de Ciencia y Técnica, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. UBA [coautores Cattan y D'Angeli]
- 1997 "MORPHOLOGICAL APPLICATIONS IN SPATIAL MODELS FOR VISUAL AND MANUAL OPERATION". International Colloquium: Structural Morphology: Towards the New Millennium. The University of Nottingham [coautor Cattan]
- 1996 "LIGHTWEIGHT STRUCTURES IN ARCHITECTURE". En: Conceptual Design of Structures, International Symposium, University of Stuttgart, Sponsored By: International Association of Shell and Spatial Structures. Institut für Konstruktion und Entwurf II, Universität Stuttgart
- 1996 "CREATING A RESEARCH CULTURE AT THE SCHOOL OF ARCHITECTURE, DESIGN AND URBANISM AT THE UNIVERSITY OF BUENOS AIRES". En: Applied Research in Architecture and Planning, ARCC, Architectural Research Centers Consortium. Spring Research Conference. Arizona State University.
- 1996 "LIGHTWEIGHT STRUCTURES TOWARDS THE END OF THE MILLENNIUM, AN ARCHITECTURAL VIEWPOINT". En: Constructions of Tectonics for the Postindustrial World. Association of Collegiate Schools of Architecture- European Conference, Copenhagen

- 1996 "ARCHITECTURAL INNOVATIONS IN MACRO SPACE FRAME BUILDING SYSTEMS". En: Asia Pacific Conference on Shell and Spatial Structures- International Association of Shell and Spatial Structures. China Civil Engineering Society, CCES, Beijing
- 1996 "DESIGN OF MODELS FOR GEOMETRIC-MORPHOLOGICAL COMPREHENSION". Topic Group 21 (ICME 8) Mathematics Instruction Based on Manipulative Material. Sevilla [coautores Cattán y D'Angeli]
- 1995 "DISEÑO DE MODELOS PARA COMPRENSIONES GEOMÉTRICAS: LECTURAS MORFOLÓGICAS DE PROPIEDADES POLIEDRICAS". En: Congreso Internacional de Matemática y Diseño, MyD-95, FADU. Univ. de Buenos Aires [coautores Cattán y D'Angeli]
- 1995 "ESTRUCTURAS LIVIANAS HACIA EL FIN DEL MILENIO, UNA MIRADA DESDE LA ARQUITECTURA". En: XXVII Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural, Asociación Sudamericana de Ingenieros Estructurales (ASAIE.) Tucumán, Argentina
- 1995 "STRUCTURAL MORPHOLOGY IN PLAY-LEARNING MODEL SYSTEMS". En: International Symposium: Spatial Structures- Heritage, Present and Future. International Association of Shell and Spatial Structures, International Symposium Milan '95. Edited by Gian Carlo Giuliani. SG Editoriali, Padova [coautor Cattán]
- 1995 "APPLICATIONS OF MACRO-SPACE FRAME SYSTEMS TO HOUSING". En: International Conference on Lightweight Structures in Civil Engineering. Warsaw University of Technology, Edited by Jan B. Obreski, Warsaw
- 1994 "APLICACIONES DE ESTRUCTURAS LIVIANAS A LA VIVIENDA". En Libro: Investigaciones de Becarios Universidad de Buenos Aires en la FADU. Editor: JL Caivano. Publicación: Secretaría en Ciencia y Técnica- Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Univ. de Buenos Aires
- 1994 "STRUCTURAL MORPHOLOGY AS A SPATIAL EXPERIENCE". En: 2nd International Seminar on Application of Structural Morphology To Architecture. Institut für Leichte Flächentragwerke (IL) International Association of Shell and Spatial Structures, University of Stuttgart
- 1993 "LIGHTWEIGHT STRUCTURES IN ARGENTINA". En: Proceedings From the 4th International Conference on Space Structures, "Space Structures 4", Edited By Parke and Howard. Thomas Telford, London

PROPIEDAD INTELECTUAL

Copyright en EE.UU.

- “Evolution of Leather = Opportunity for Design”- #VAU 578-007- April 11, 2003
- “Book of Furniture Drawings”- #VAU 558-895- June 24, 2002

Patentamiento en EE.UU.

- Reciprocal Structures Applied to Furniture- Application # 60/612,400 Filing Date: 09/24/04 (vencido)
- Tensegrity Furniture Design (Pole)- Application # 60/404,313 Filing Date: 08/19/02 (vencido)
- Tensegrity Furniture Design- Application # 60/391,494 Filing Date: 06/26/02 (vencido)

Patentamiento en Uruguay

- Cuero Reconstituido con alma incorporada. DNPI, N° 33995 29/03/12

Derecho de Autor

- Diseños Varios (obra artística) No. 901404 – 30 dic 2010
- Encasa (obra artística) No. 829434 – 19 marzo 2010
- Desde el Jardín (obra artística) No. 829435 – 19 marzo 2010
- Bicentenario Unidos (obra artística) No. 829436 – 19 marzo 2010
- Design Napkins #354295- 30 setiembre 2004
- Diseño en Madera Multi-laminada #345282- 19 agosto 2004
- Butterfly Furniture #151266- 3 setiembre 2001, renovación 19 agosto 2004
- Tensegrity Furniture #154703- 20 setiembre 2001
- Geometrika Designs (incluye: Aquatiles: Cubix: Design Puzzles: [Tantiles-Poligrams- Quatro]: Dot By Dot: Dpi: Flatland: Golden Blocks: Learning Curves: Line By Line: Mosaico: Polyplanes: Polypuzzles: Puzzlehedra: Slip-N-Slide: Symmetrix: Transpuzzle: Tryangles: Vertical Jigsaw # 38013- 30 diciembre 1999
- Impuzzleable # 894801- 12 febrero 1998
- Geometric Design Puzzles # 893279- 5 febrero 1998
- Tan3- # 893280- 5 febrero 1998
- Aquatiles (y otros) # 893281- 5 febrero 1998
- Magnamatics # 893282- 5 febrero 1998

- Logograma YPF # 868478- 4 setiembre 1997
- Spiraled Polygonal Boxes # 868477- 4 setiembre 1997
- Architector Planes # 847826- 15 mayo 1997
- Architector Lines # 847828- 15 mayo 1997
- Trigram # 847827- 15 mayo 1997
- Pentagram # 847830- 15 mayo 1997
- Tetragram # 847831- 15 mayo 1997
- Pared Participativa y Teselados No-periódicos # 697031- 23 agosto 1996
- Caleidoscopios, Simetrías y Poliedros # 681654- 24 mayo 1996
- Transpoligonos # 698206- 29 agosto 1996
- Trigram # 676892- 25 abril 1996

Modelos de Utilidad

- Bombilla Ergonométrica # M970103857- otorgado en 1997

Modelos Industriales

- Juego de porta objetos (Hoja, Caracol, Vaquita SanAn) No. 79775 – otorgado 16 septiembre 2009
- Porta Retrato (Hormigas) No. 79774 – otorgado 16 septiembre 2009
- Porta Retrato (Enredadera) No. 79776 – otorgado 16 septiembre 2009
- Juego de construcción (Mariposas) No. 077954 – otorgado 16 mayo 2008
- Porta objetos de escritorio (Caballo) No. 077955 – otorgado 16 mayo 2008
- Porta objetos de escritorio (Mano) No. 078103 – otorgado 20 junio 2008
- Juego de porta objetos (Origami) No. 078102 – otorgado 20 junio 2008
- Una Pelota (J Pelota) No. 076711– otorgado 8 junio 2007
- Un Muñeco (J Rolo) No. 076712– otorgado 8 junio 2007
- Conjuntos de Muñecos (J Yogy, etc) No. 076713– otorgado 8 junio 2007
- Organizador de Elementos de Escritorio (H Rulos) No. 076716– otorgado 8 junio 2007
- Juego de Porta Objetos (H Leather Origami) No. 076715– otorgado 8 junio 2007
- Juego de Posa Objetos (H Pads) No. 076714- otorgado 8 de junio de 2007
- Porta retrato (M Cigüeña) No. 075260- otorgado 15 junio 2006
- Buzón Colgante (M Mono) No. 075261– otorgado 15 junio 2006

- Caja para Alhajas (M Conejo) No. 075262 – otorgado 15 junio 2006
- Porta-Objetos de Escritorio (M Gato) No. 075263 – otorgado 15 junio 2006
- Organizador de Papeles (M Lagarto) No. 075264– otorgado 15 junio 2006
- Alcancía (M Chanchito) No. 074483 otorgado 12 diciembre 2005
- Juego de Porta Objetos de Escritorio No. 074484 otorgado 12 diciembre 2005
- Asiento “Iris” No. 71570 registrado 4/10/03
- Asiento “Ella” No. 71571 registrado 4/10/03
- Banco “Kito” No. 71572 registrado 4/10/03
- Line by Line # 067520- fecha de depósito: 11/01/00
- Polypuzzle/ Puzzlehedra # 067521- fecha de depósito: 11/01/00
- Golden Cube/ Cubix # 067522- fecha de depósito: 11/01/00
- TryAngles/ Symmetrix # 067523- fecha de depósito: 11/01/00
- Learning Curves # 067241- fecha de depósito: 13/10/99

4.3 Créditos

- A las personas que generosamente prestaron su tiempo y experiencia en revisar distintas partes de la tesis aportando sus sugerencias y correcciones, incluyendo a Liliana D'Angeli, Matías Fernandez Moores, Eva Maldonado, Javier Nuñez y Carlos Olmo.
 - Al equipo de diseño de Vacavaliente que bajo mi dirección fue escenario de las primeras pruebas del Origami Fluido, luego sistematizado en una serie de productos que vio la luz pública en 2004 y que a partir de ahí siguió creciendo.
 - Alfredo Cattan por la co-autoría en partes de Design Puzzles y por haber sugerido el término “tecno-morfología” en 1995.
 - Anabella Gatto por la colaboración en los esquemas de Antro-portancia y su ayuda en la Cátedra de la Universidad Di Tella.
 - Cristhian Castro Arenas por la digitalización de los Atlas (Tenseguridad, Catenarias y Tejidos), por sugerir el término “Antro-portancia”, por el armado de los Anexos Design Puzzles y Exposición Visual de TM y por ayudar a darle sentido a estos.
 - Daniel Calegari y German Sbracini por la digitalización de Butterfly y haber sugerido el modelo Astor de la misma colección.
 - Diana Alejandra Urdinola y Santiago Mejia por la digitalización de Origami Fluido, además de las maquetas de tercera generación.
 - Eduardo Rivero por las fotografías de productos Nudo Design.
 - Javier Baños Serena por las fotografías de productos Vacavaliente.
 - Leandro Laurencena por su colaboración en recíprocos y design napkins.
 - Lucia Reissig por las fotografías de Food Morphology.
 - Rodrigo Pereira por su trabajo de digitalización en partes del Atlas Tenseguridad y Catenarias.
 - Rodrigo Valdivielso por su colaboración en el análisis de datos con las maquetas de Tenseguridad y algunos de sus renders.
-

