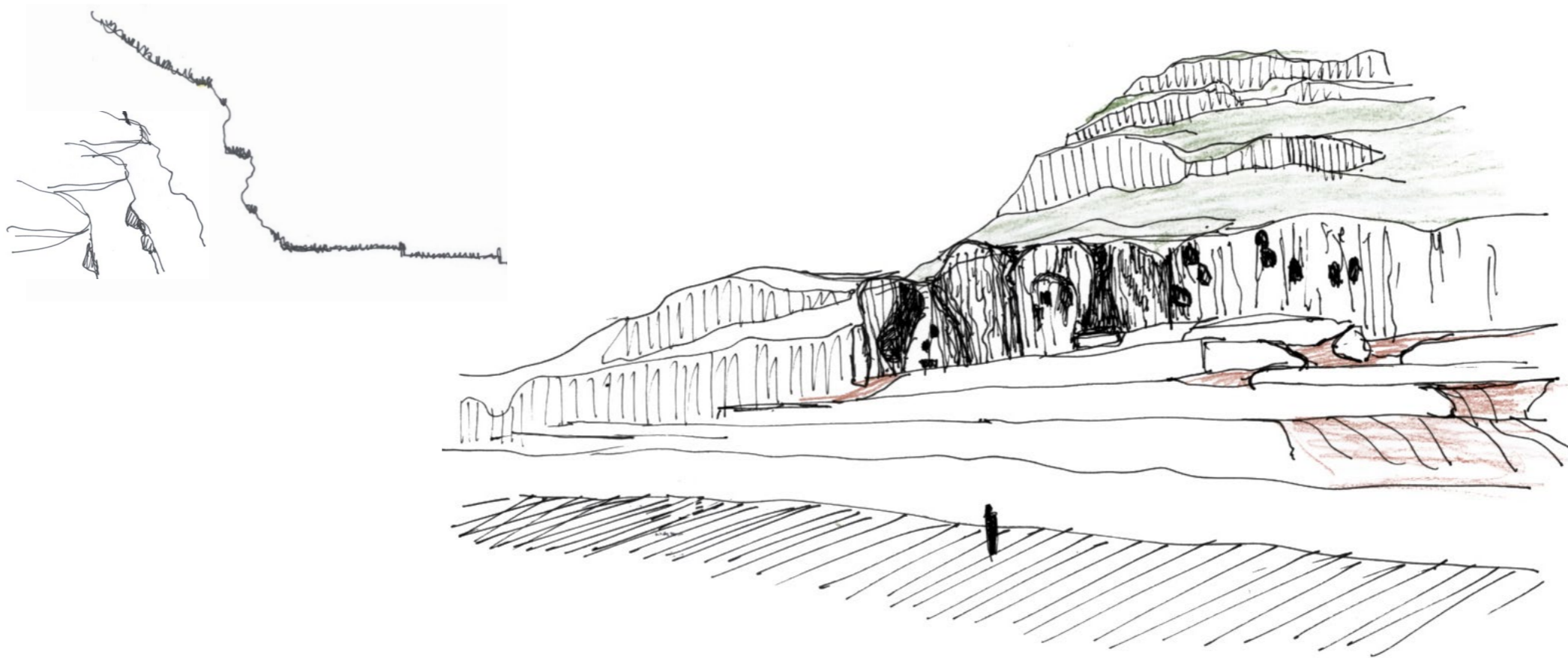


PAISAJES DEL AGUA
Arquitectura y Pensamiento Contemporáneos
Convocatoria Ordinaria: Marzo 2026

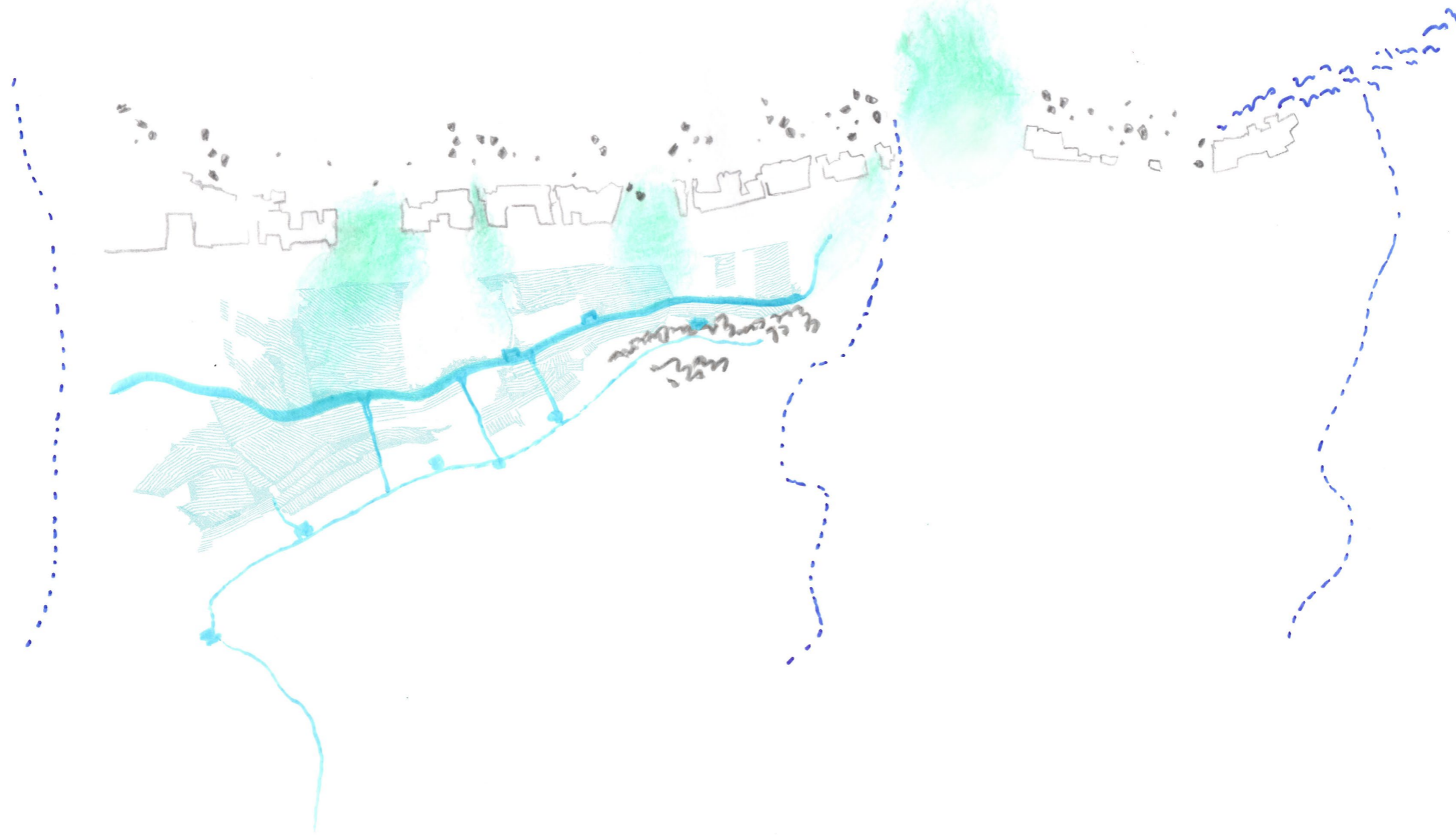
María Elena García Ochoa
Tutor módulo proyectual : Hector García Sánchez
Tutor módulo técnico : Manuel Montesdeoca Calderín

ESCALA COMO MÉTODO

el poro de lo micro a lo macro



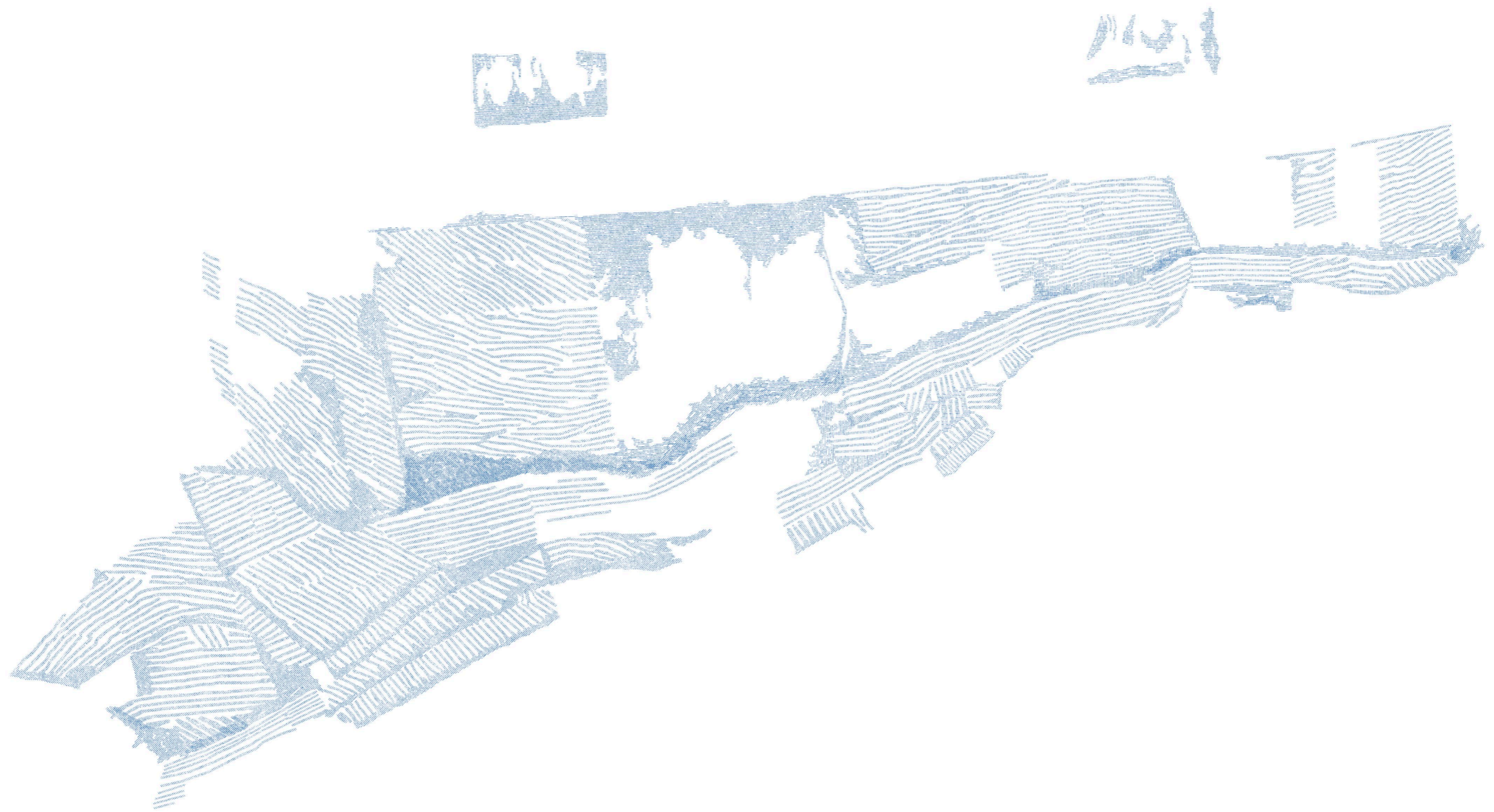
TALLER TRANSVERSAL
paisajes del agua



LA BARRILLA

un jardín de lluvia

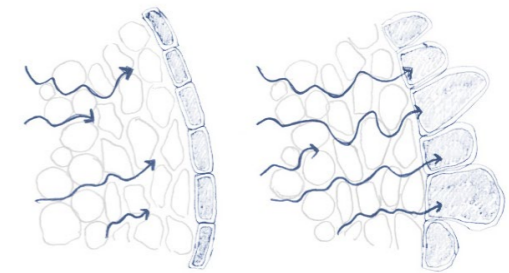
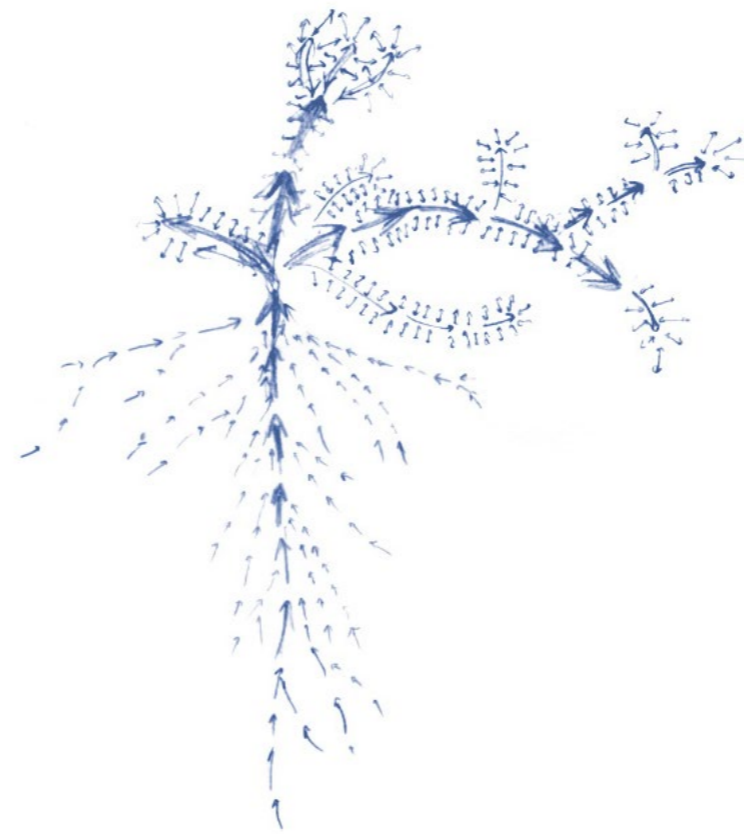




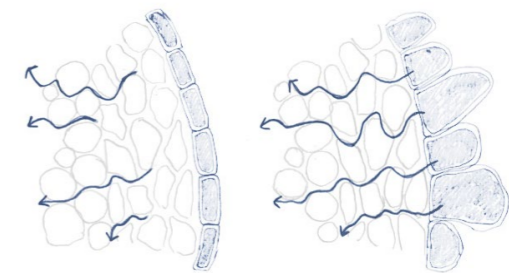
AGUA OCULTA

LA BARRILLA

estrategia de captación de agua



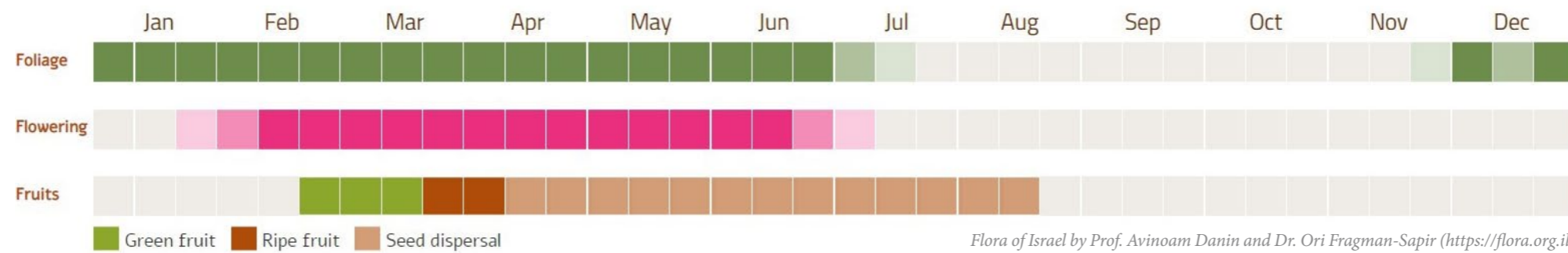
ALMACENAMIENTO DEL AGUA



UTILIZACIÓN DEL AGUA

LA BARRILLA

un jardín de lluvia



La barrilla es una planta rastrera que, tras las lluvias de otoño-invierno, crece sobre el terreno formando densas y mullidas *alfombras de extensión variable*, que llegan a ocupar grandes superficies de terreno. Tiene una *capacidad excepcional para absorber la humedad del suelo* y se puede encontrar en una amplia gama de tipos de suelo, desde suelos arenosos bien drenados (incluidas las dunas de arena) hasta suelos arcillosos. Puede tolerar suelos nutricionalmente pobres o salinos (halófilos) lo que hace que también pueda crecer en sitios alterados, como huertos abandonados, bordes de caminos, escombreras y por las costas rocosas cerca del mar.

Florece desde la primavera hasta principios del verano. Las flores se abren por la mañana y se cierran por la noche.

LA BARRILLA

potencial interés agrícola-comercial y científico



Restaurante Lotus The Galleries, Sydney.

Conocida con el nombre de *lechuga del desierto*, en la cocina moderna se utilizan sus hojas como guarnición de entrantes fríos y para hacer ensaladas. Sus semillas también son comestibles, de hecho fueron usadas por la población aborigen para elaborar “*gofio de vidrio*” y, en épocas más recientes, en años de sequía y escasez de cereales, tuvo el mismo uso.

También se puede emplear para obtener ingredientes en comerciales como humectantes y acondicionadores de la piel. Durante los siglos XVIII y XIX fue muy utilizada para la obtención de sosa cáustica, elemento necesario para la *fabricación artesanal de jabones* y cristal de calidad, llegando a cultivarse con tal fin en algunas zonas del archipiélago donde constituyó una importante actividad económica.

Debido a su resiliencia frente ambientes áridos y salinos la barrilla es una planta ampliamente estudiada y de gran *interés científico*.

LA BARRILLA

salinidad



Las células epidermicas acumulan pigmentos, volviendose de color rojizo cuando se exponen a altas concentraciones de sal durante períodos prolongados. Germina cuando llueve, cuando la concentración de sal se diluye.

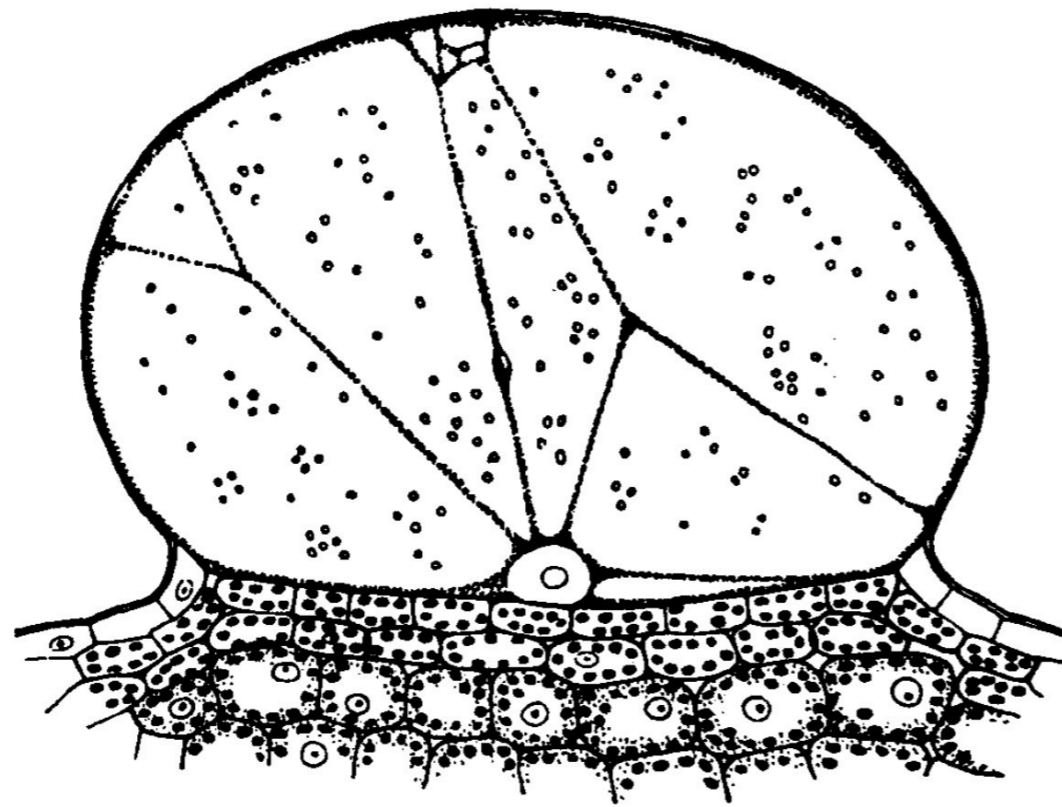


Flora of Israel by Prof. Avinoam Danin and Dr. Ori Fragman-Sapir (<https://flora.org.il>)

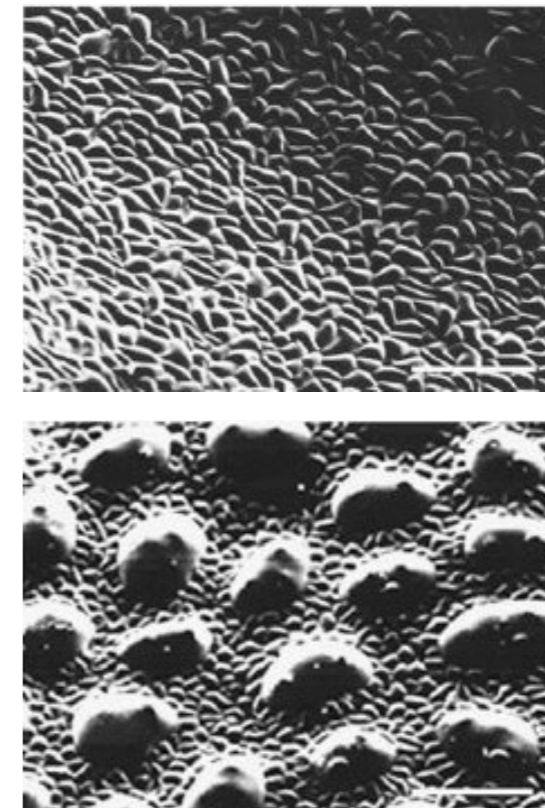
LA BARRILLA

células epidérmicas

La barrilla (*Mesembryanthemum Crystallinum*), también conocida como hierba de rocío, escarcha, hierba vidrio o planta de hielo, está revestida de papilas cristalinas de modo que parece estar permanentemente recubierta de escarcha. Estas papilas están constituidas por células epidérmicas transformadas cuya función *almacenar agua*.

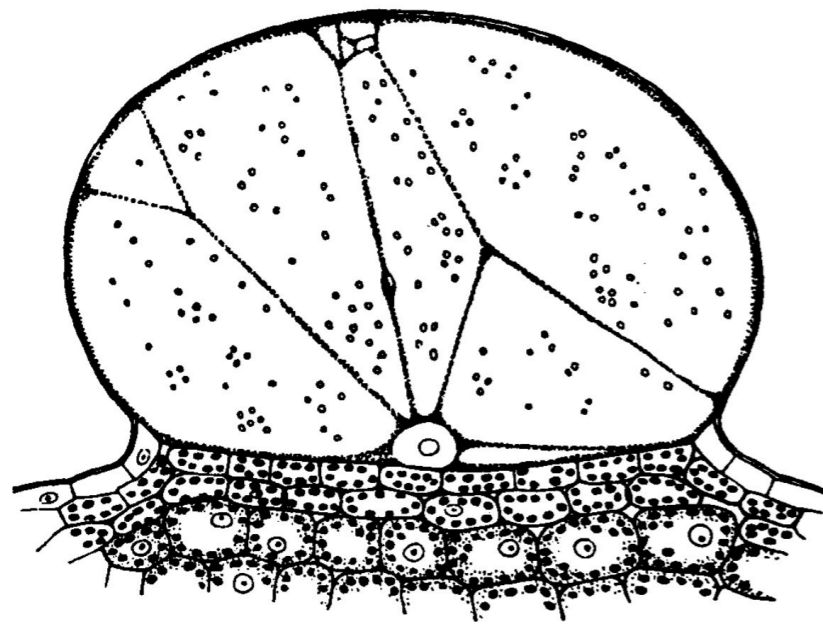


Epidermale Wasserblase des Stengels von Mesembryanthemum crystallinum
(*Physiologische Pflanzenanatomie* von Dr. G. Haberlandt)

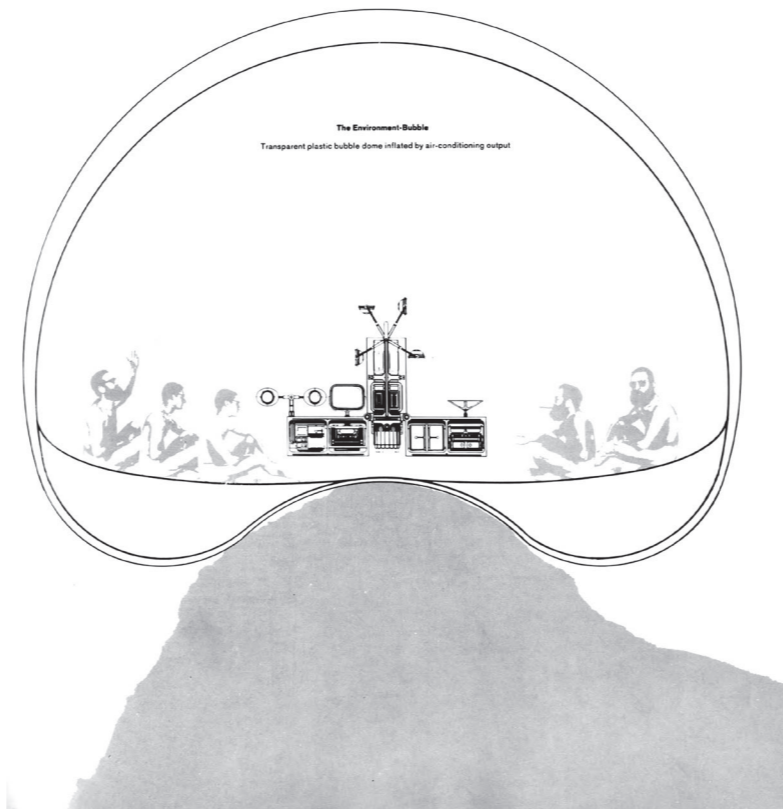


Scanning electron microscopy images for epidermal bladder cells of the Mesembryanthemum crystallinum (Journal of Experimental Botany, Vol. 58, No. 8, pp. 1957–1967, 2007)

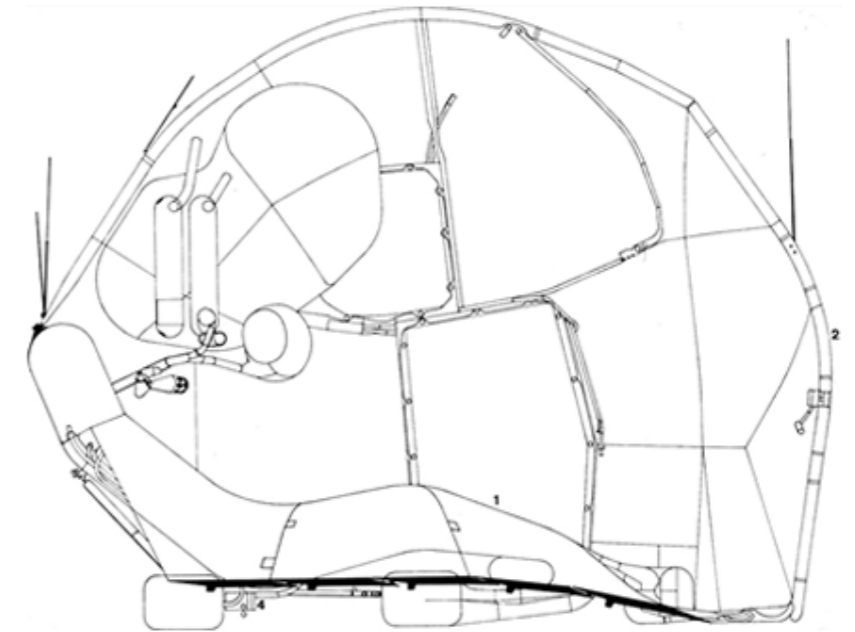
REFERENCIAS



Mesembryanthemum crystallinum,
Dr G. Haberlandt, 1904.



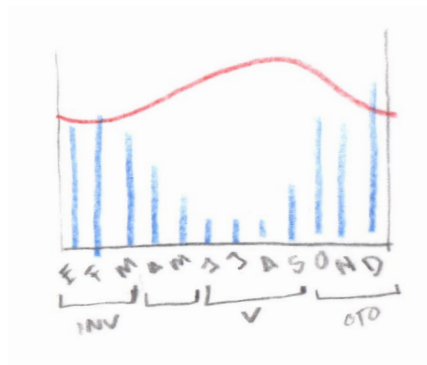
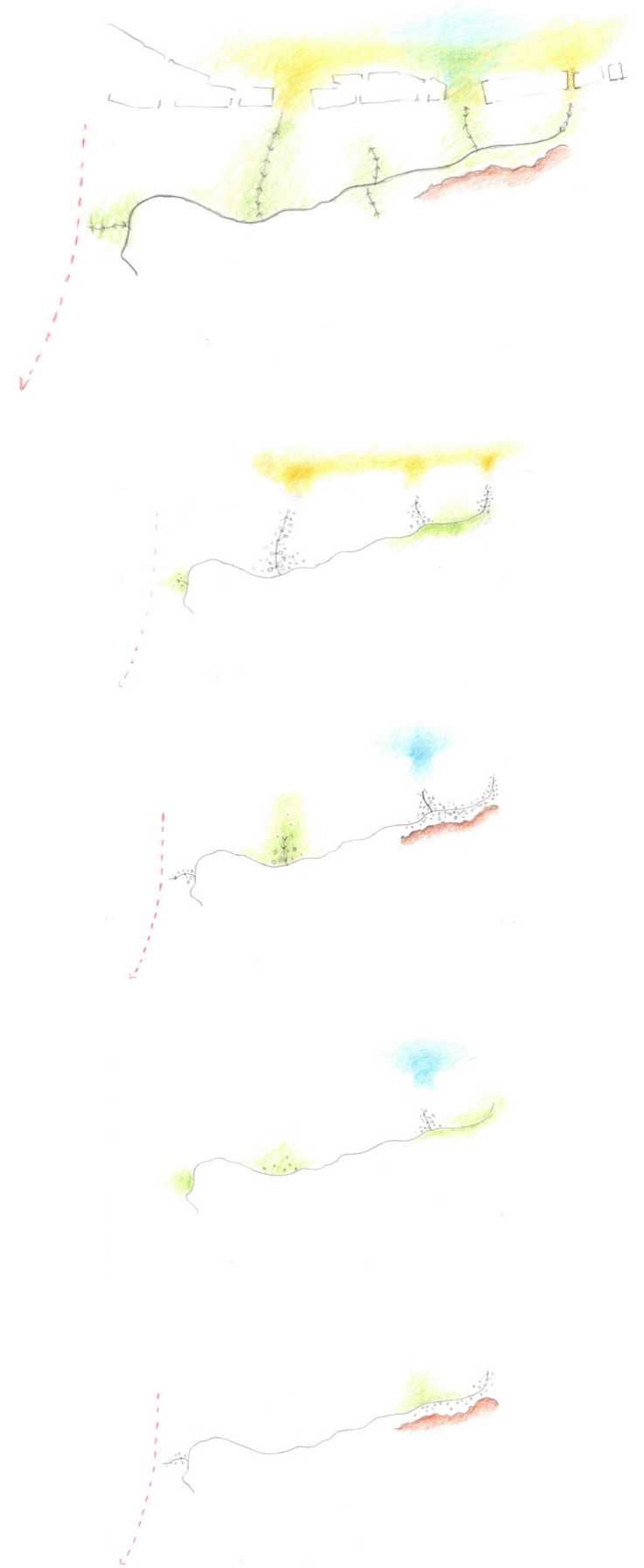
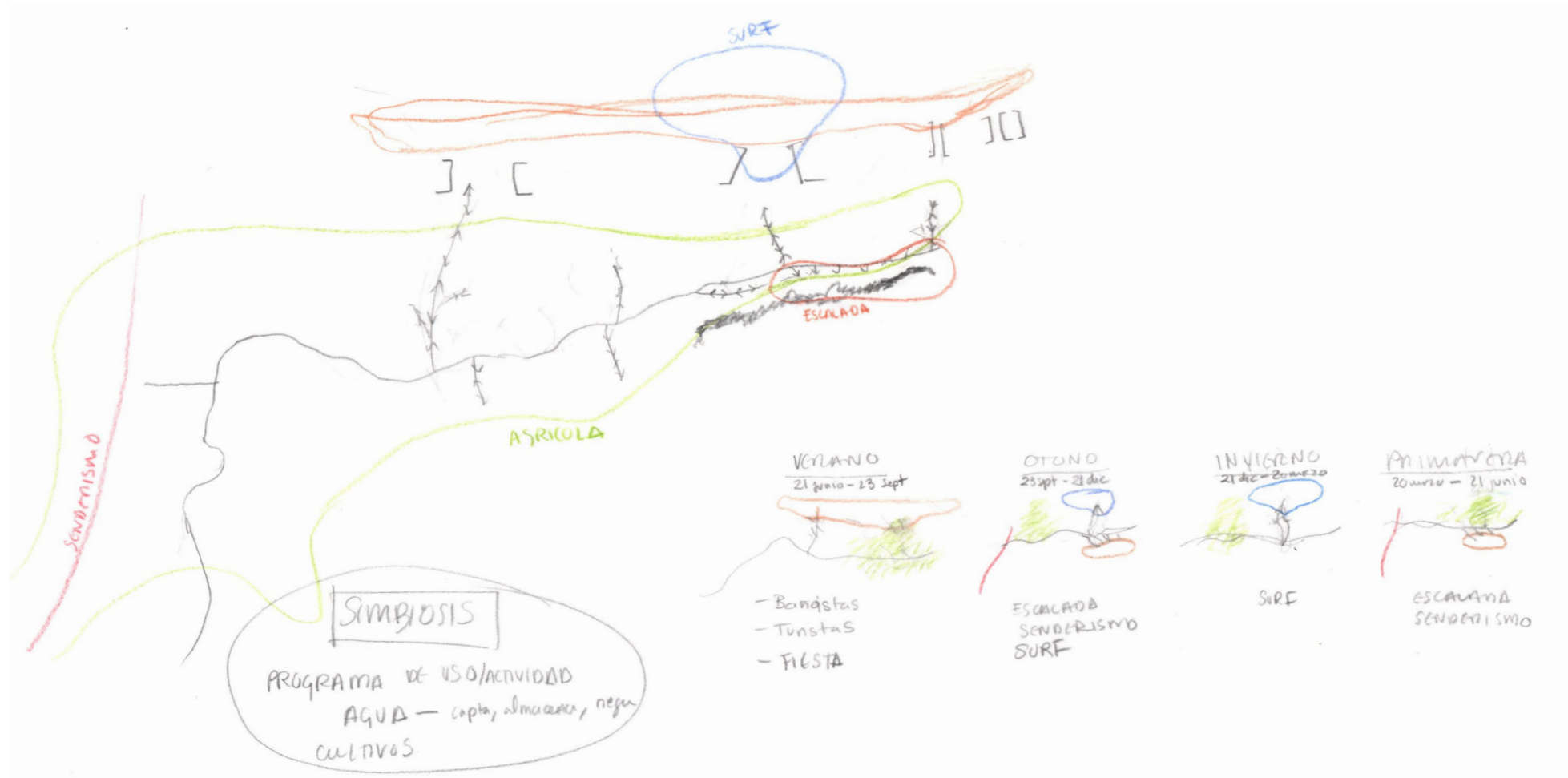
The Environment Bubble, Reyner Banham's
"A Home Is Not a House," 1965.



Cushicle, Archigram, 1964.

SISTEMA DE COLONIZACIÓN

sistema complejo 'reconfigurable'



CULTIVOS - según lo que se cultiva
 SIEMBRA (x meses)
 RECOLECCIÓN (x meses)

GASTRONOMÍA

- TURISMO
 - ¿cuando es temporada alta?
- FESTIVIDADES
 - San Andrés
 - Banaderos
 - San Felipe

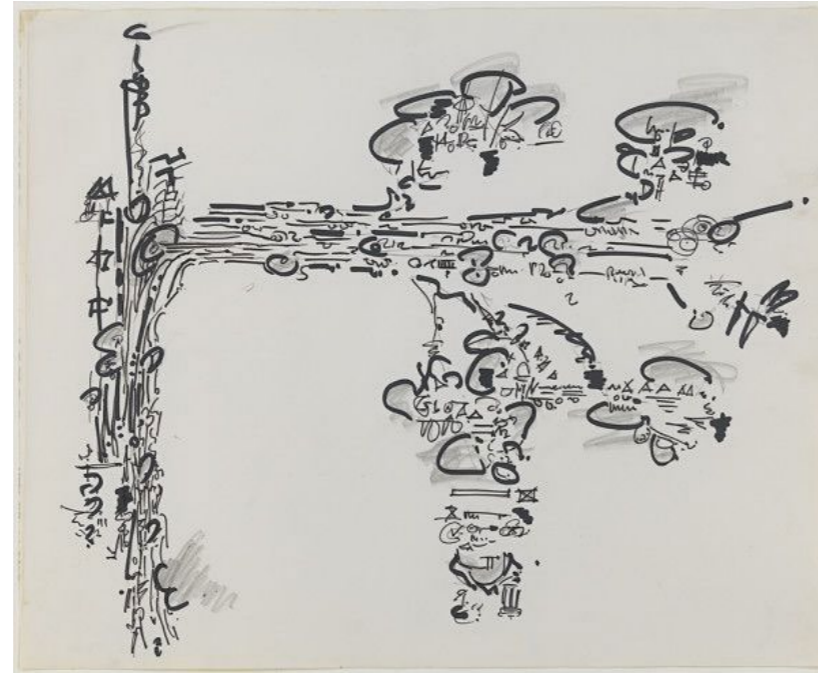
INVESTIGACIÓN - AGRICOLA

DEPORTE - ESCALADA
 SURF (sept - abril mejor oleaje)
 SENDERISMO

PAISAJE - PLAYA ARENA (verano)
 (4 meses oleaje)

cuando no llueve y no hace demasiado calor

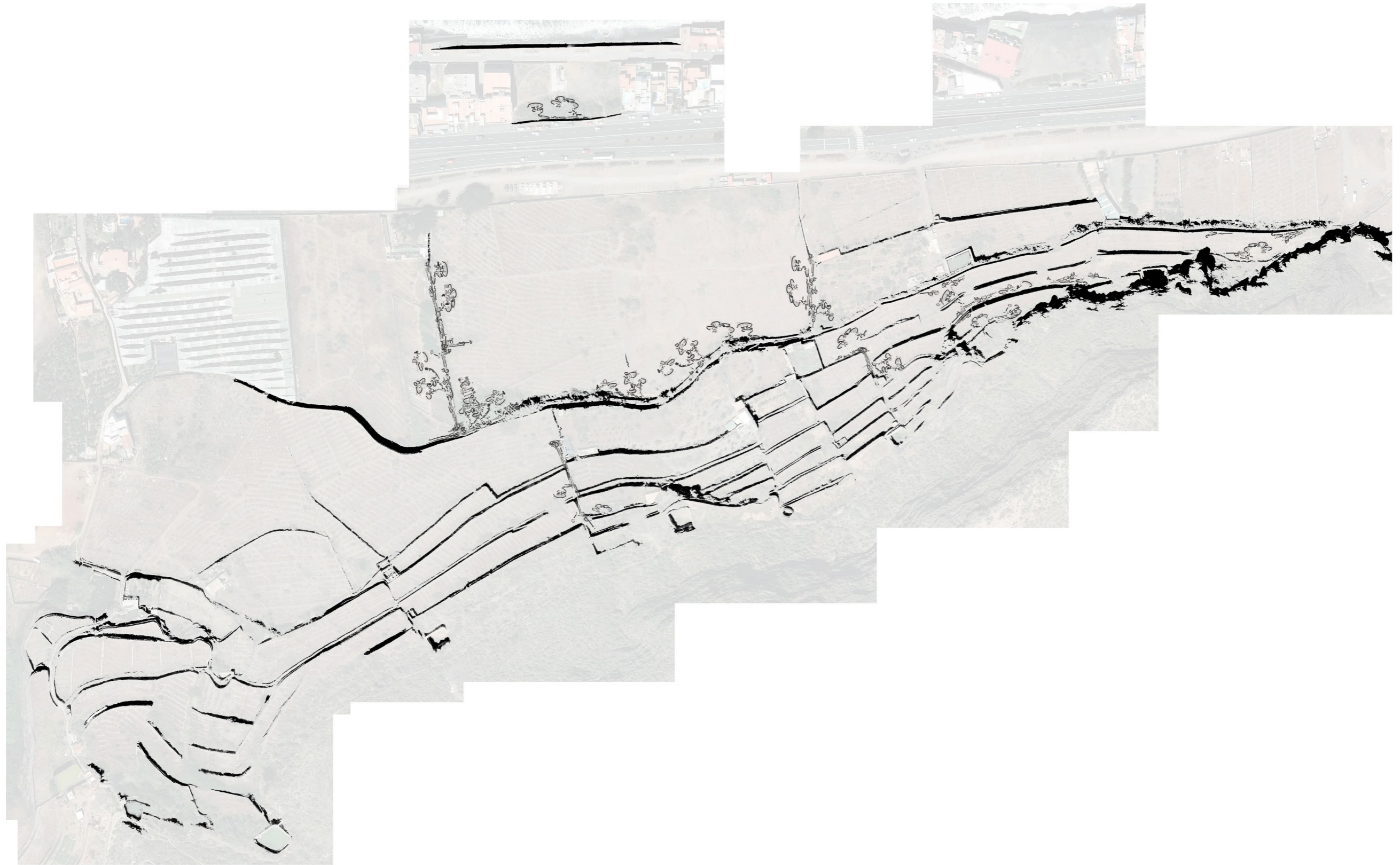
REFERENCIAS

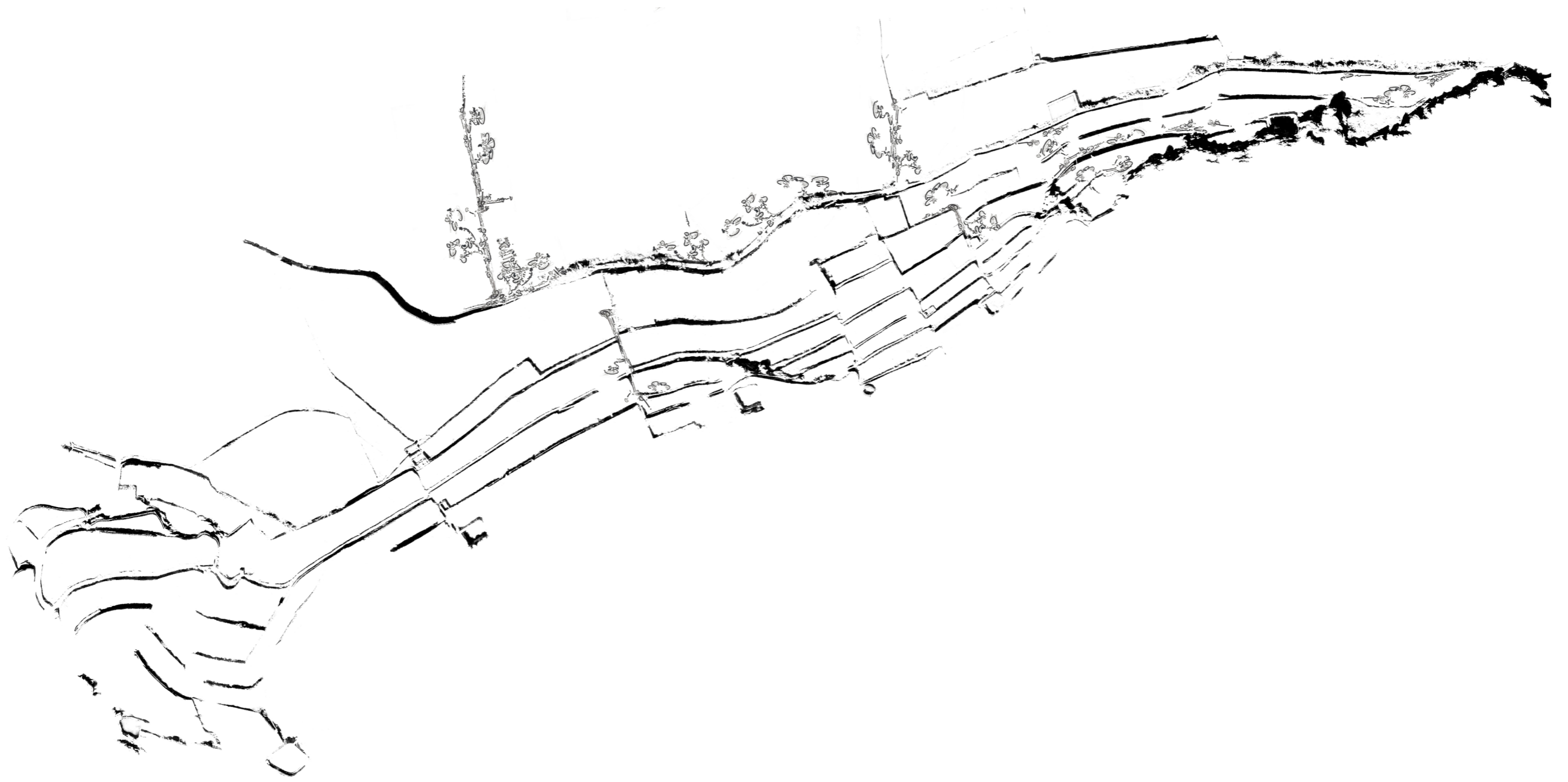


Energy tree, Gordon Matta-Clark, 1971-74.

“It embodies the artist’s idea that everyone could create their own protected place with the simplest of means. It has been realized several times in exhibitions around the world since 1970. *The Notion of Mutable Space* is both a fundamental element and a postulation in Gordon Matta-Clark’s thinking.” -

Galerie Thomas Schulte





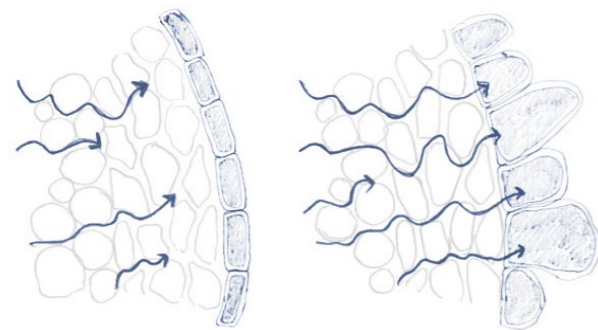
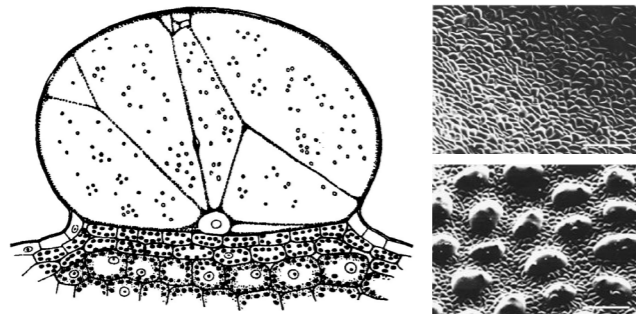




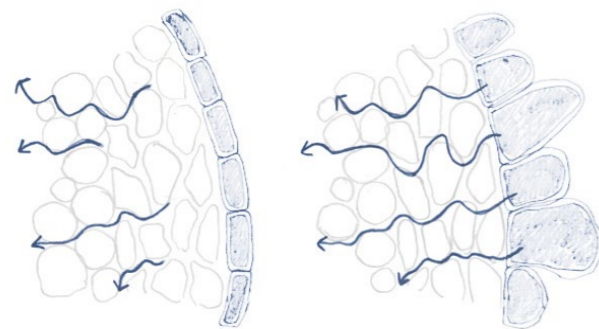
SISTEMA
paisajes del agua



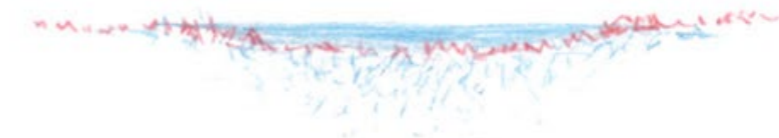
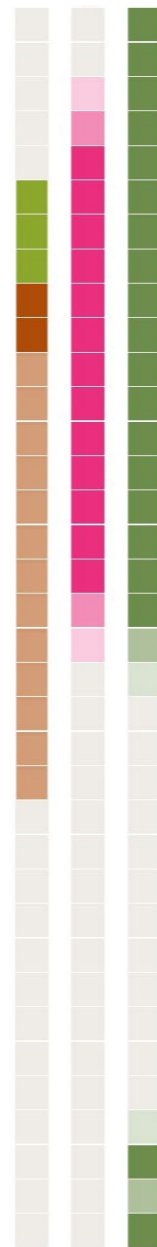
SISTEMA *espacio mutable*



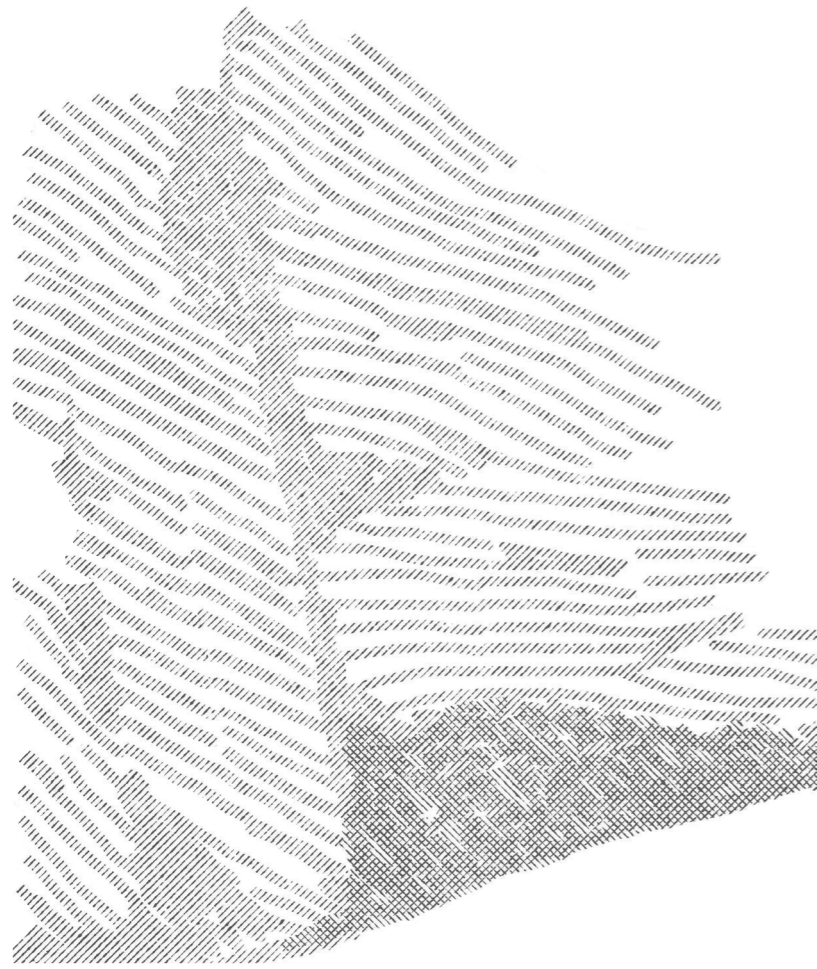
ALMACENAMIENTO DEL AGUA



UTILIZACIÓN DEL AGUA



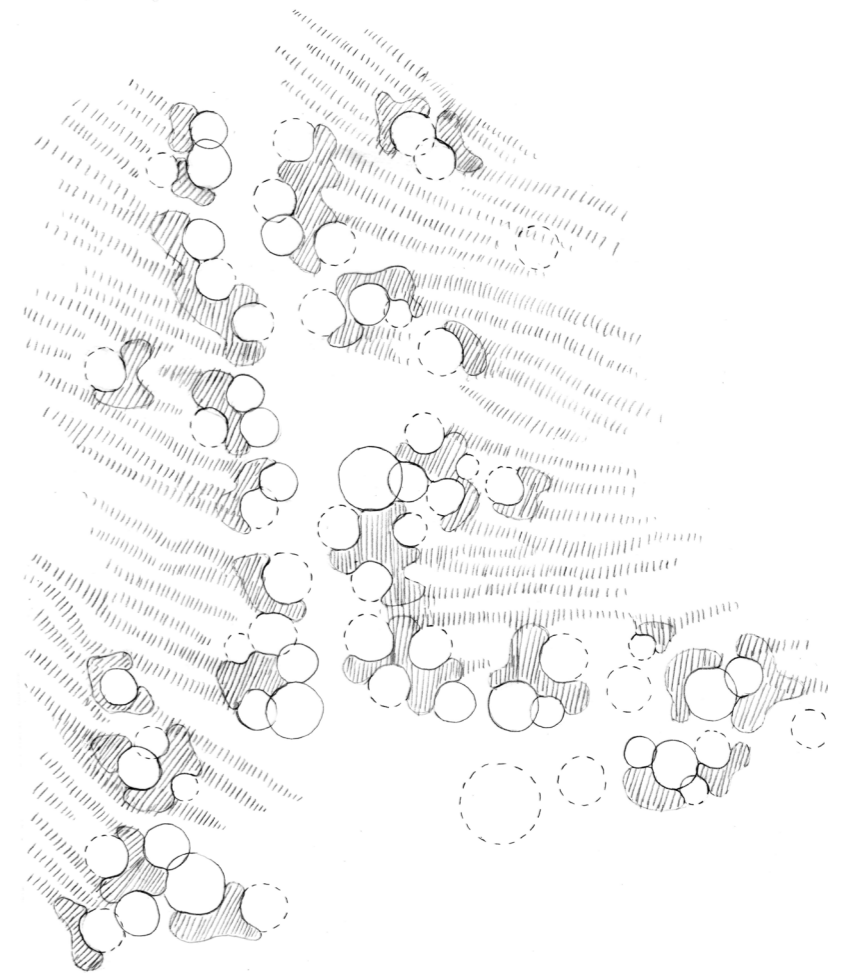
SISTEMA *agrupaciones*



ESTADO ACTUAL



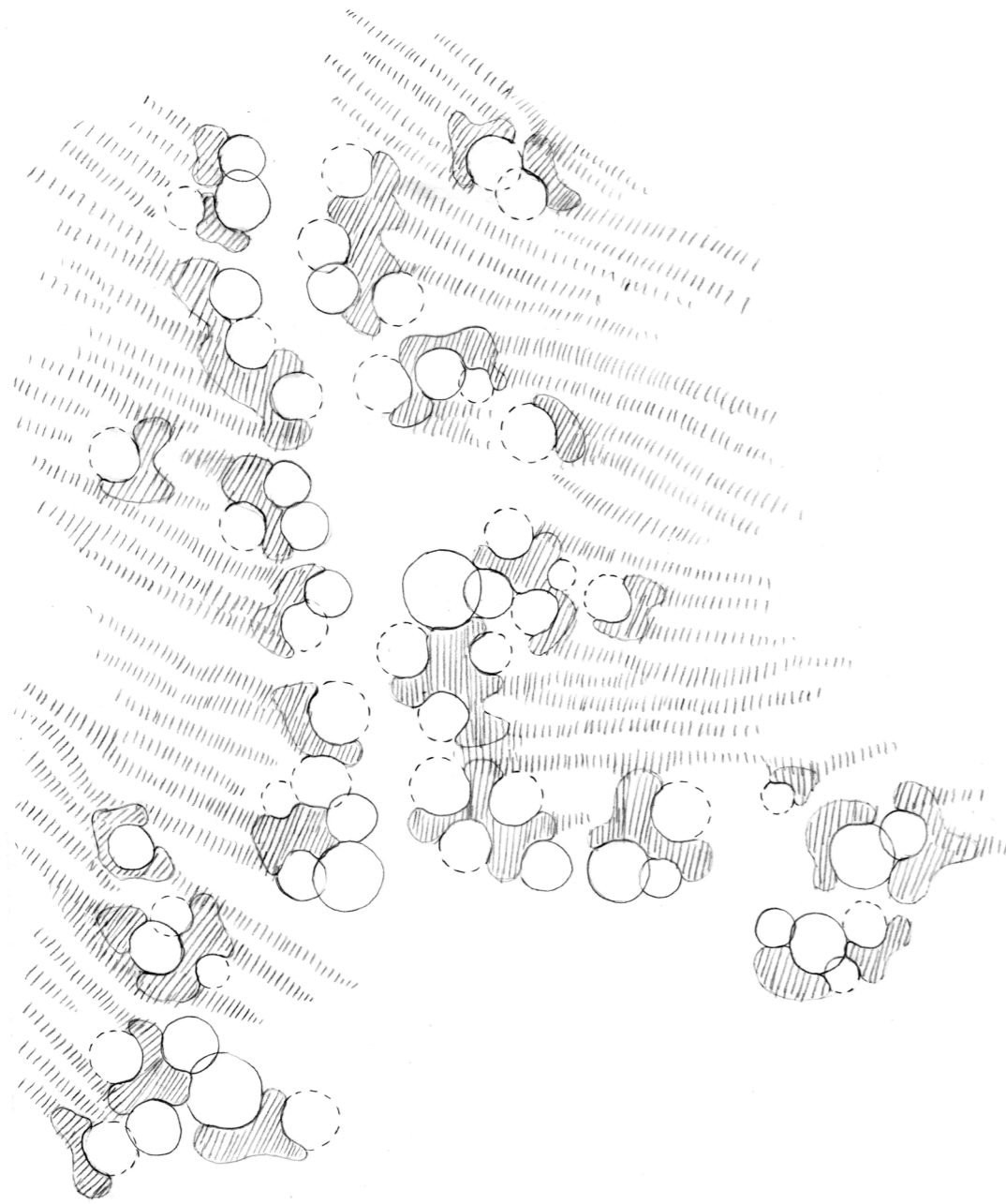
JARDÍN DE LLUVIA



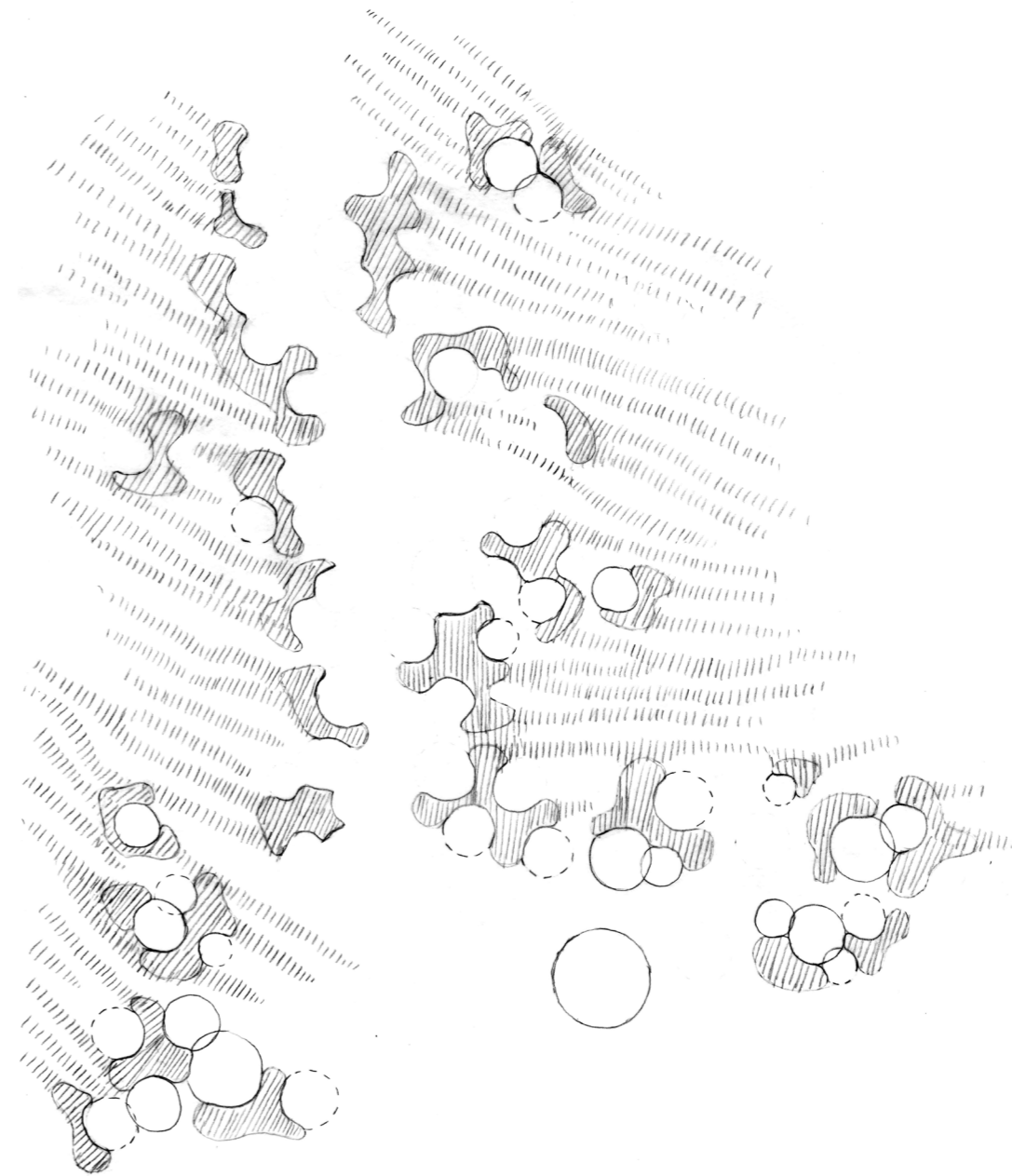
ALOJAMIENTO TEMPORAL



SISTEMA *agrupaciones*



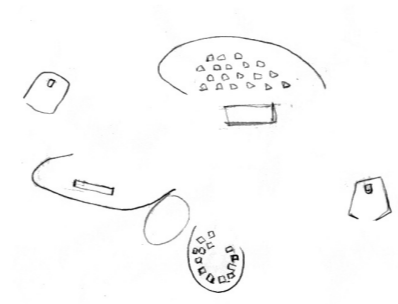
VERANO
alojamiento temporal/vacacional



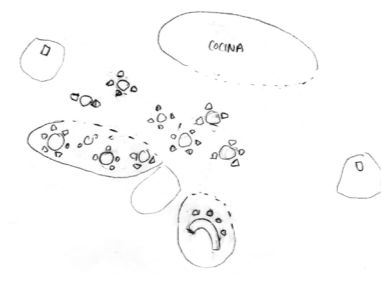
INVIERNO
agricultura/investigación



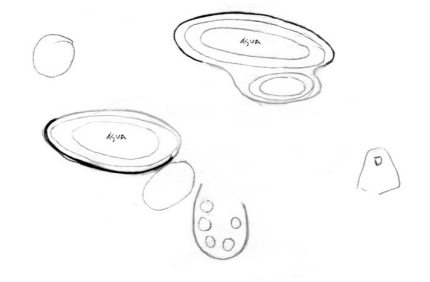
ALOJAMIENTO



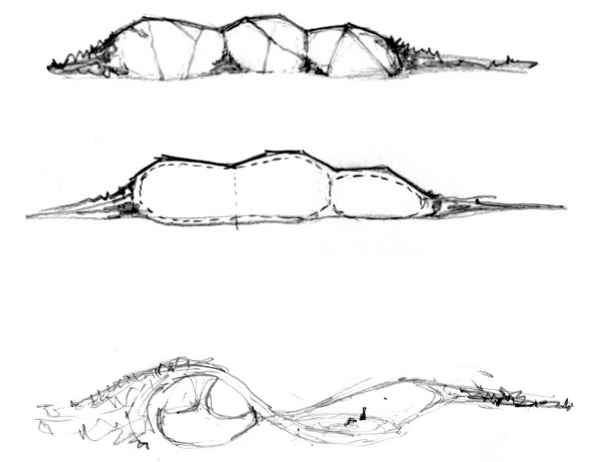
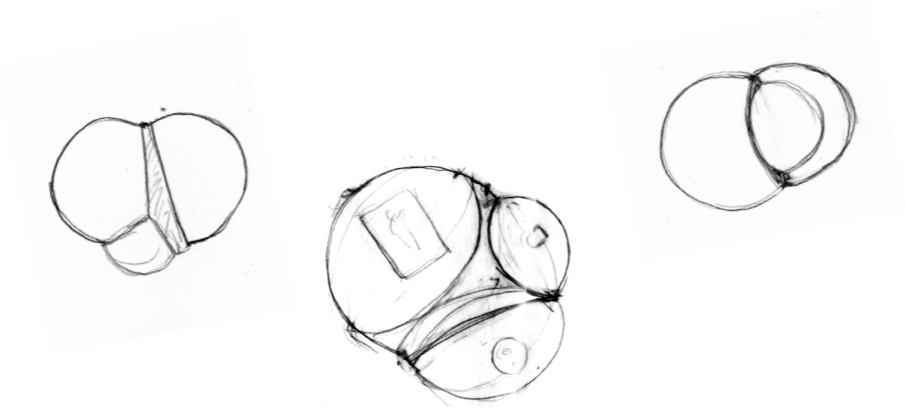
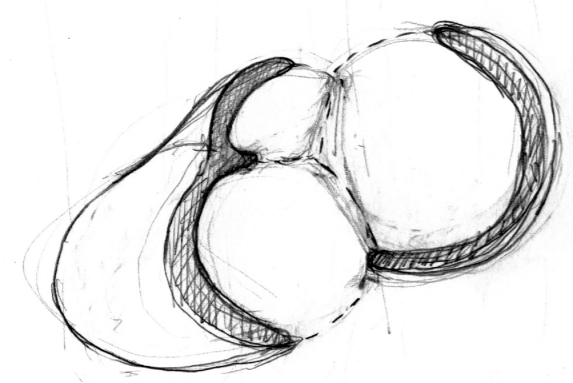
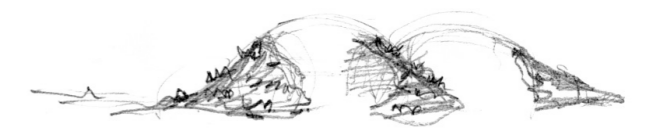
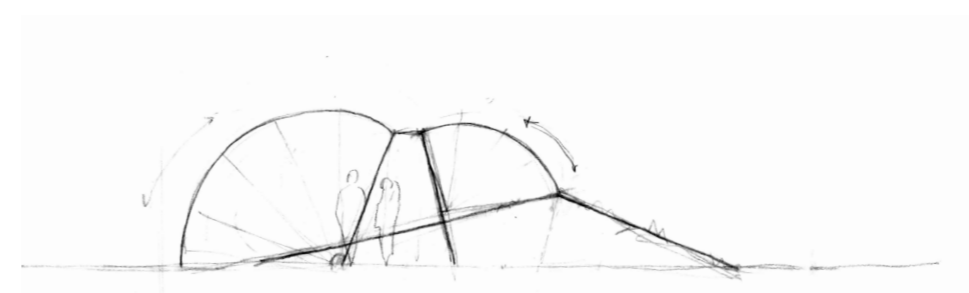
EVENTOS

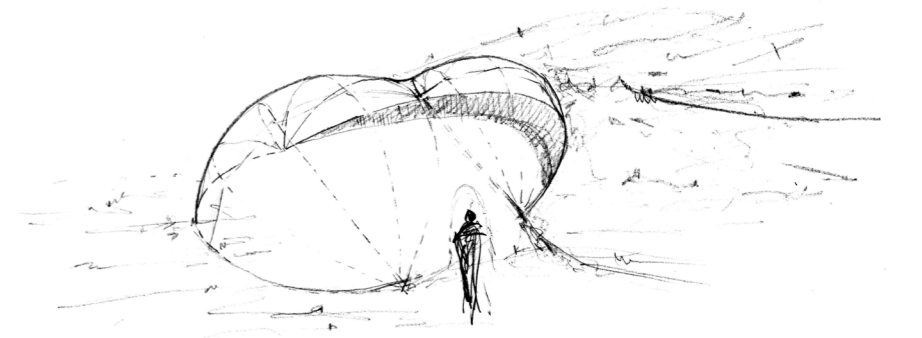
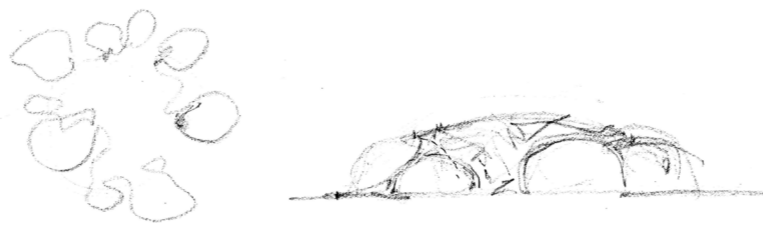
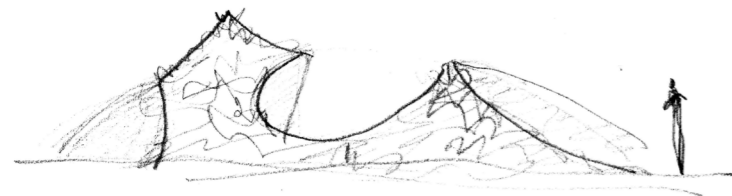
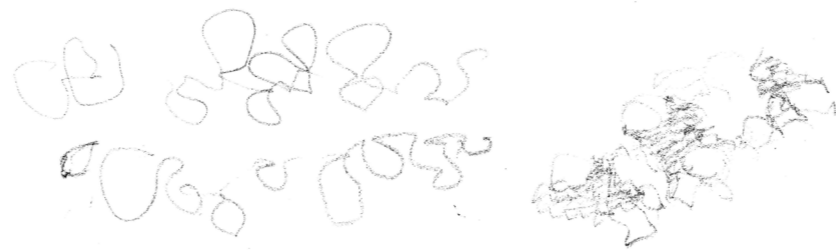
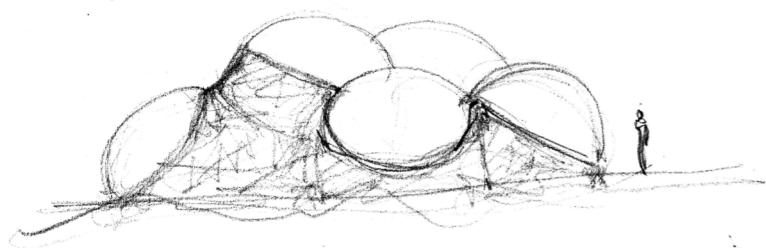
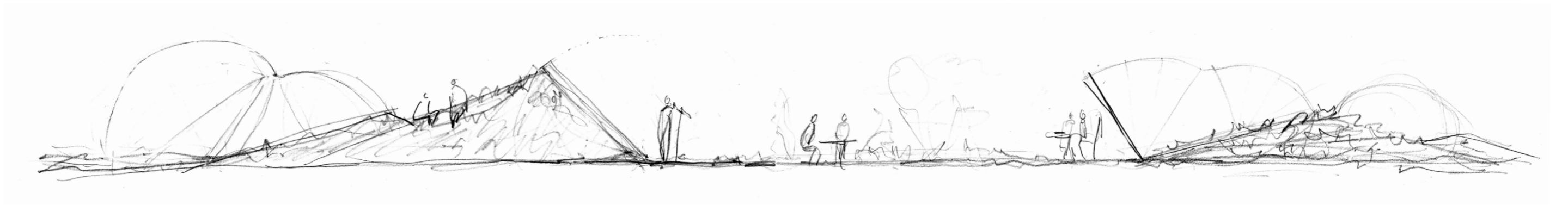


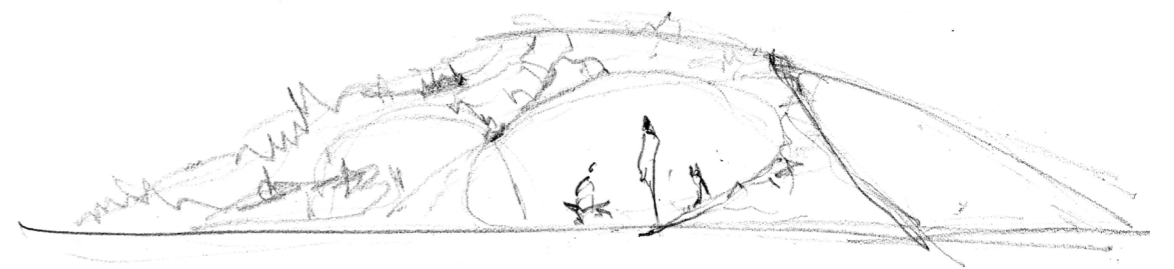
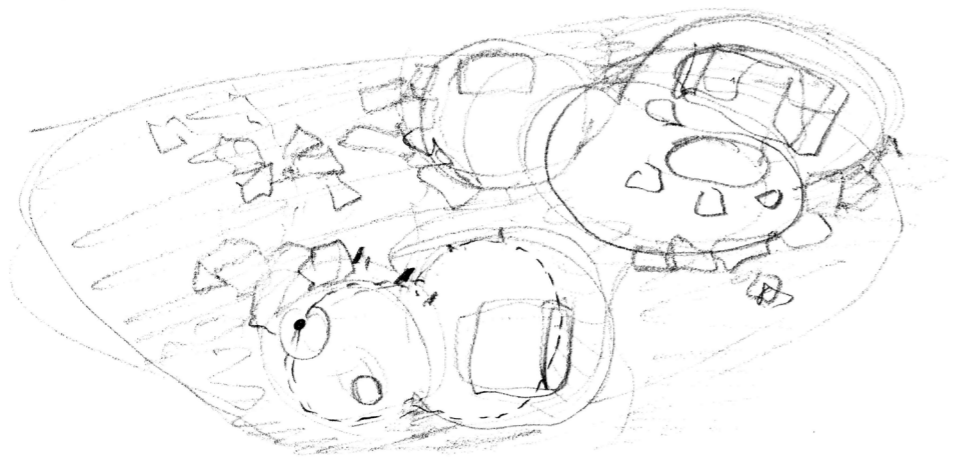
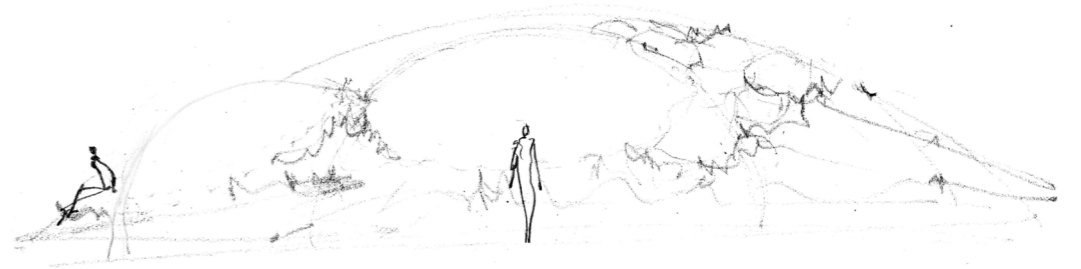
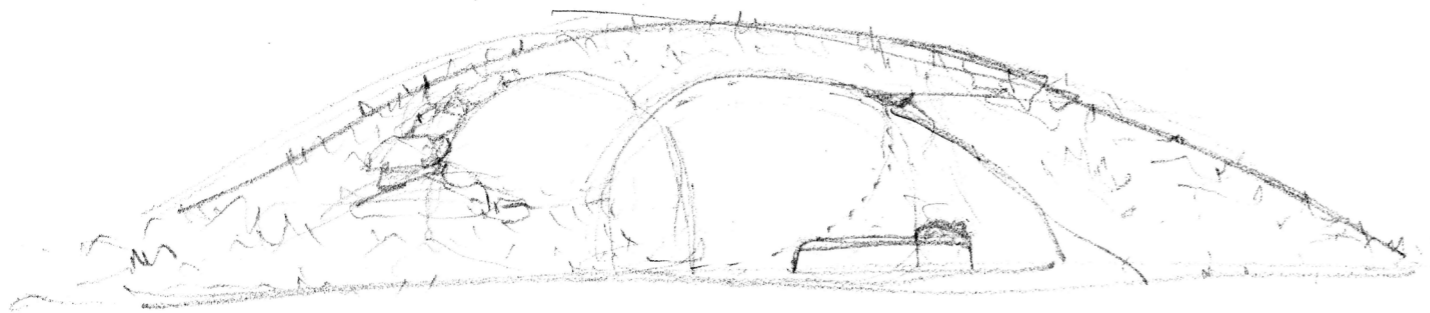
GASTRONOMÍA



OCIO







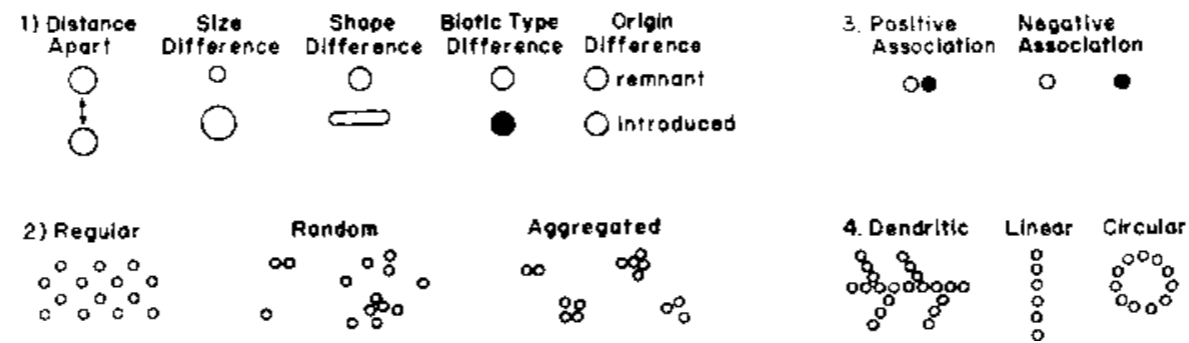
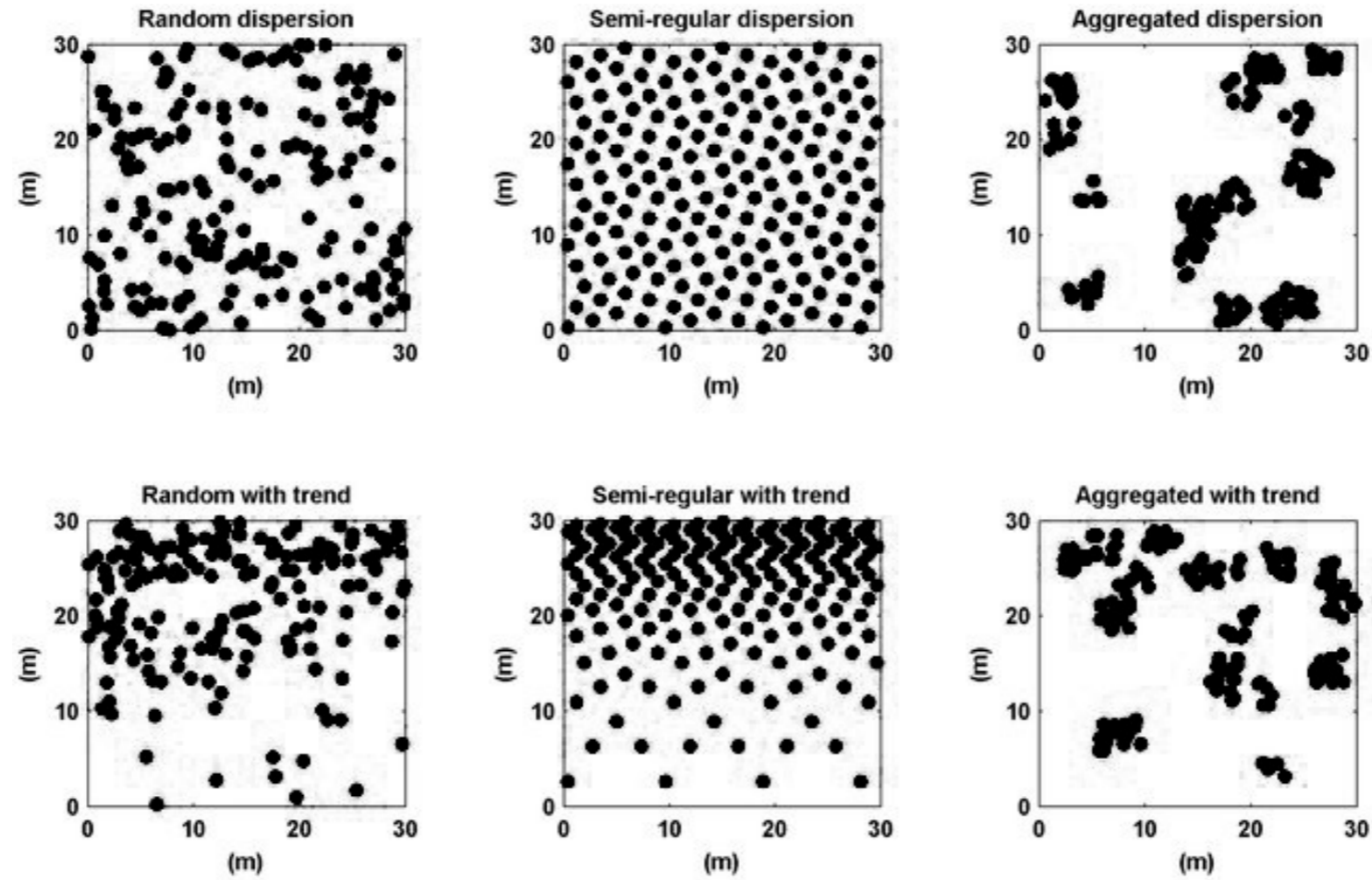
ESTUDIO DE CAMPO

la barrilla



PATRONES DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

de comunidades ecológicas



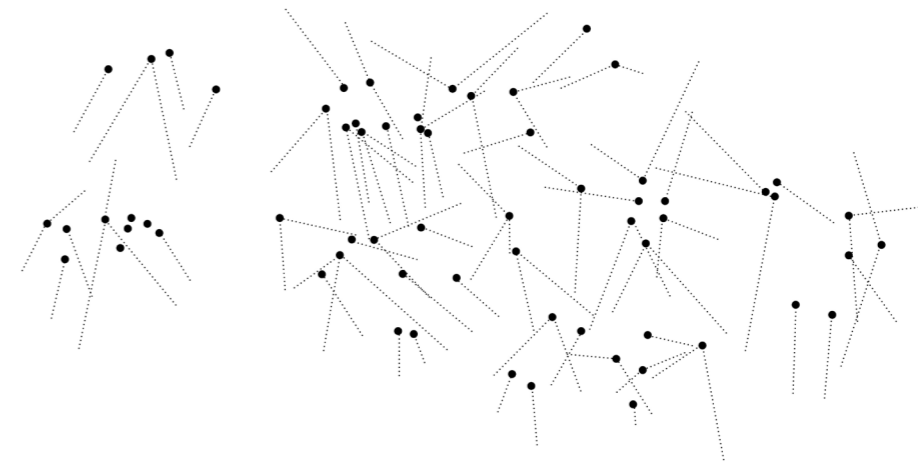
(a) Patrones espaciales que representan seis posibles distribuciones de vegetación: aleatoria, semirregular, agrupada, sin y con con gradiente. Hijbeek, R., Koedam, N., Khan, M.N.I., Kairo, J.G., Schoukens, J. & Dahdouh-Guebas, F. (2013) An evaluation of plotless sampling using vegetation simulations and field data from a mangrove forest. PLOS ONE, 8(6), e67201. DOI: 10.1371/journal.pone.0067201

(b) Características de la unidad espacial en el paisaje Pickett, S.T.A. & White, P.S. (1981) The ecology of natural disturbance and patch dynamics. BioScience, 31(10), 733-740.

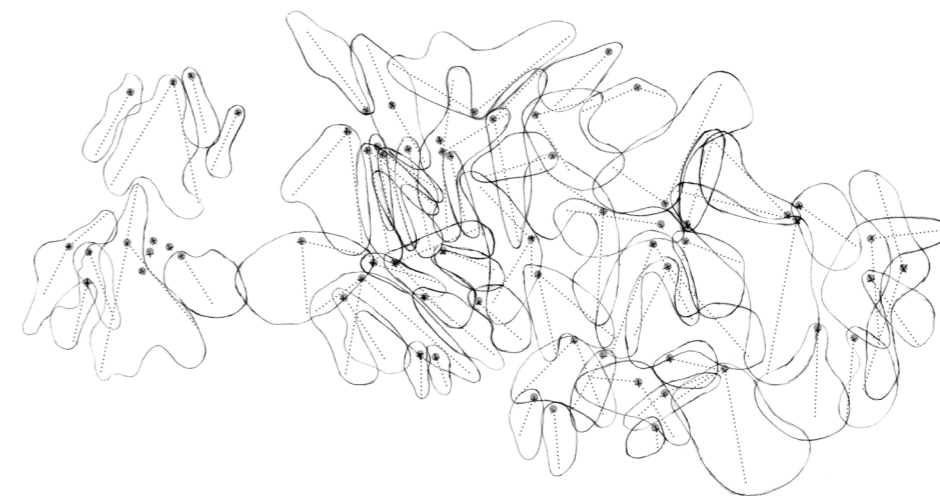
PATRÓN DE CRECIMIENTO *de la barrilla*



Origen

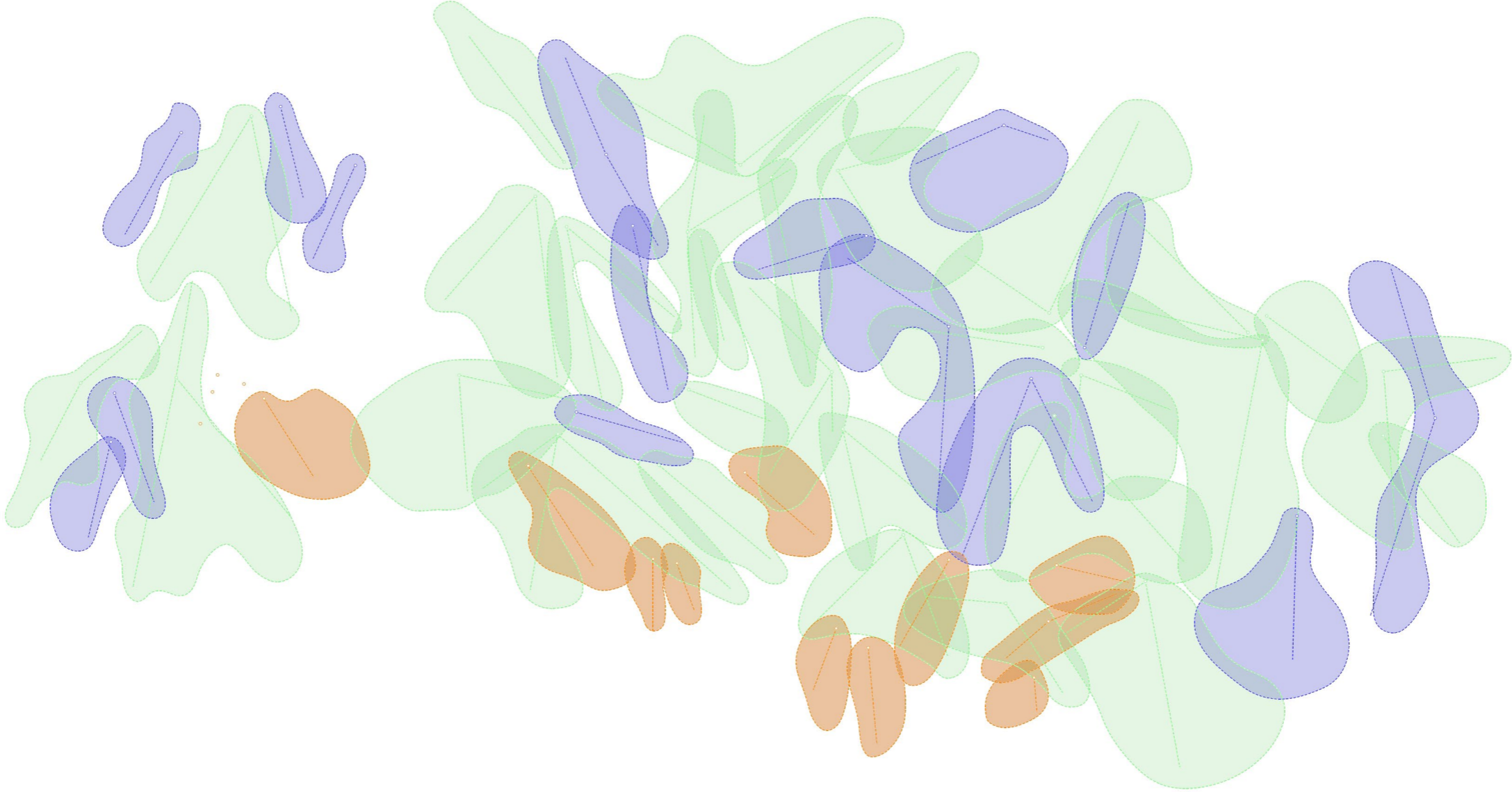


Vector

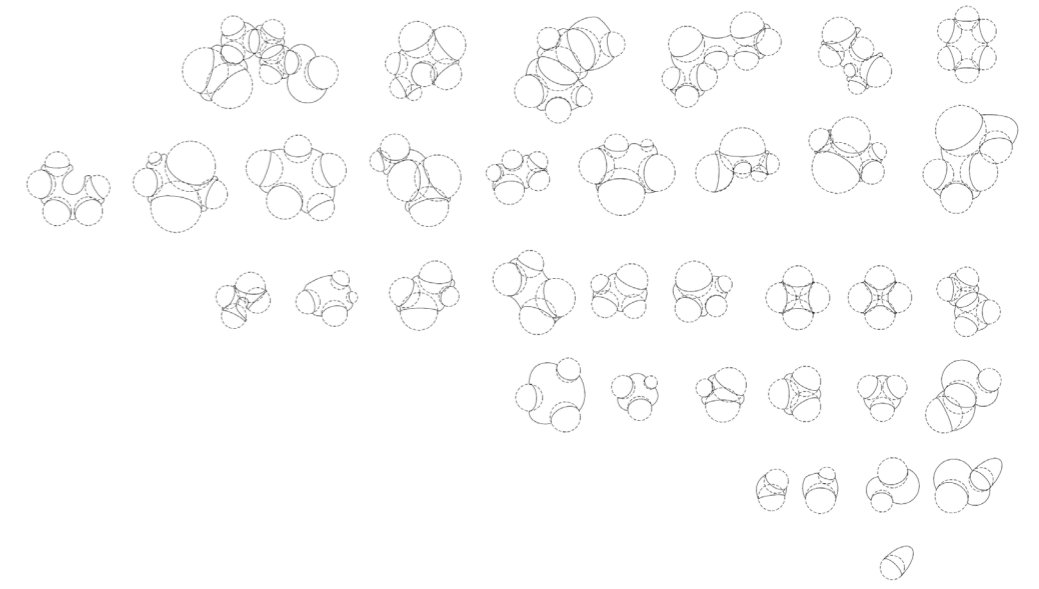


Masa

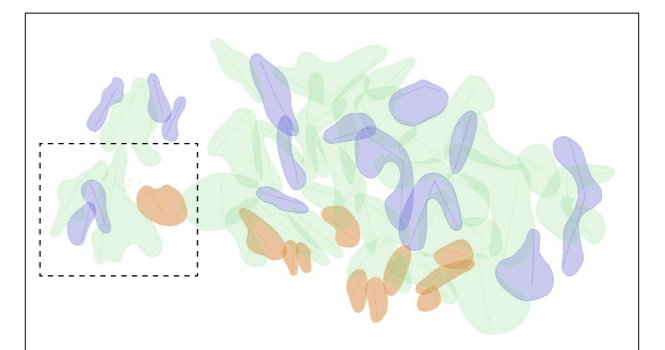
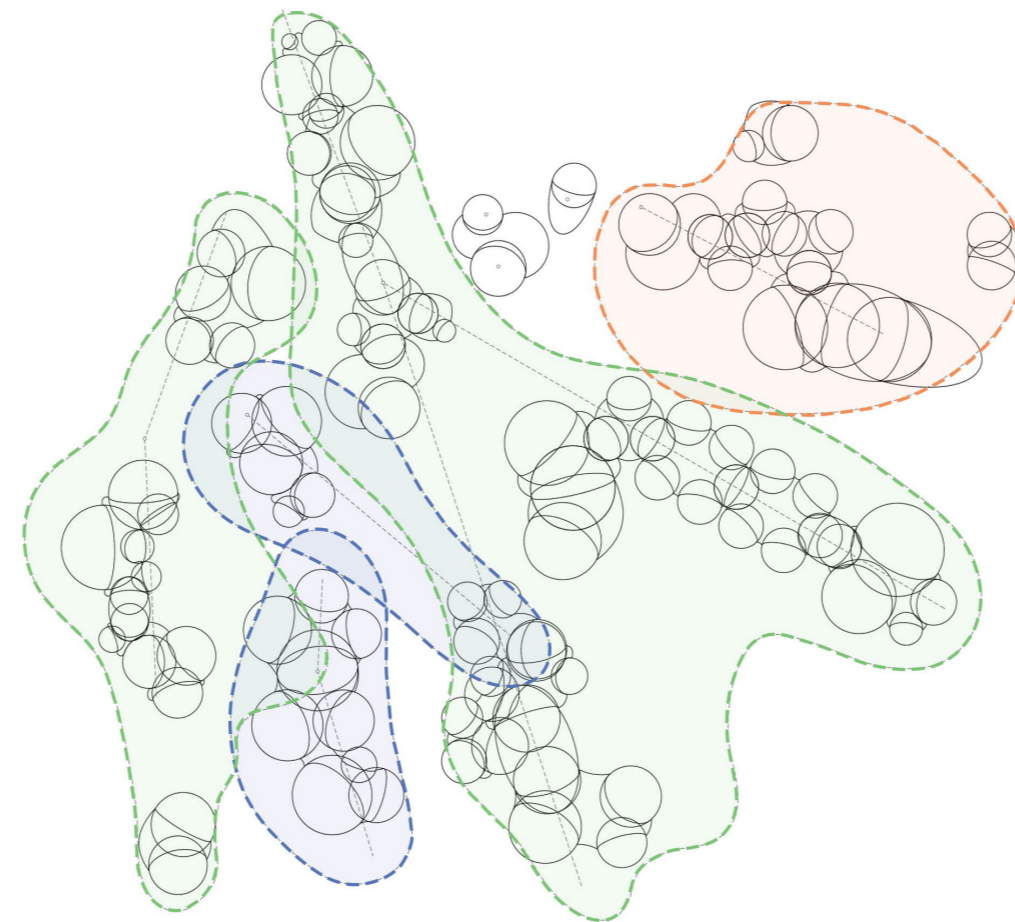
PATRÓN DE CRECIMIENTO
programa de usos

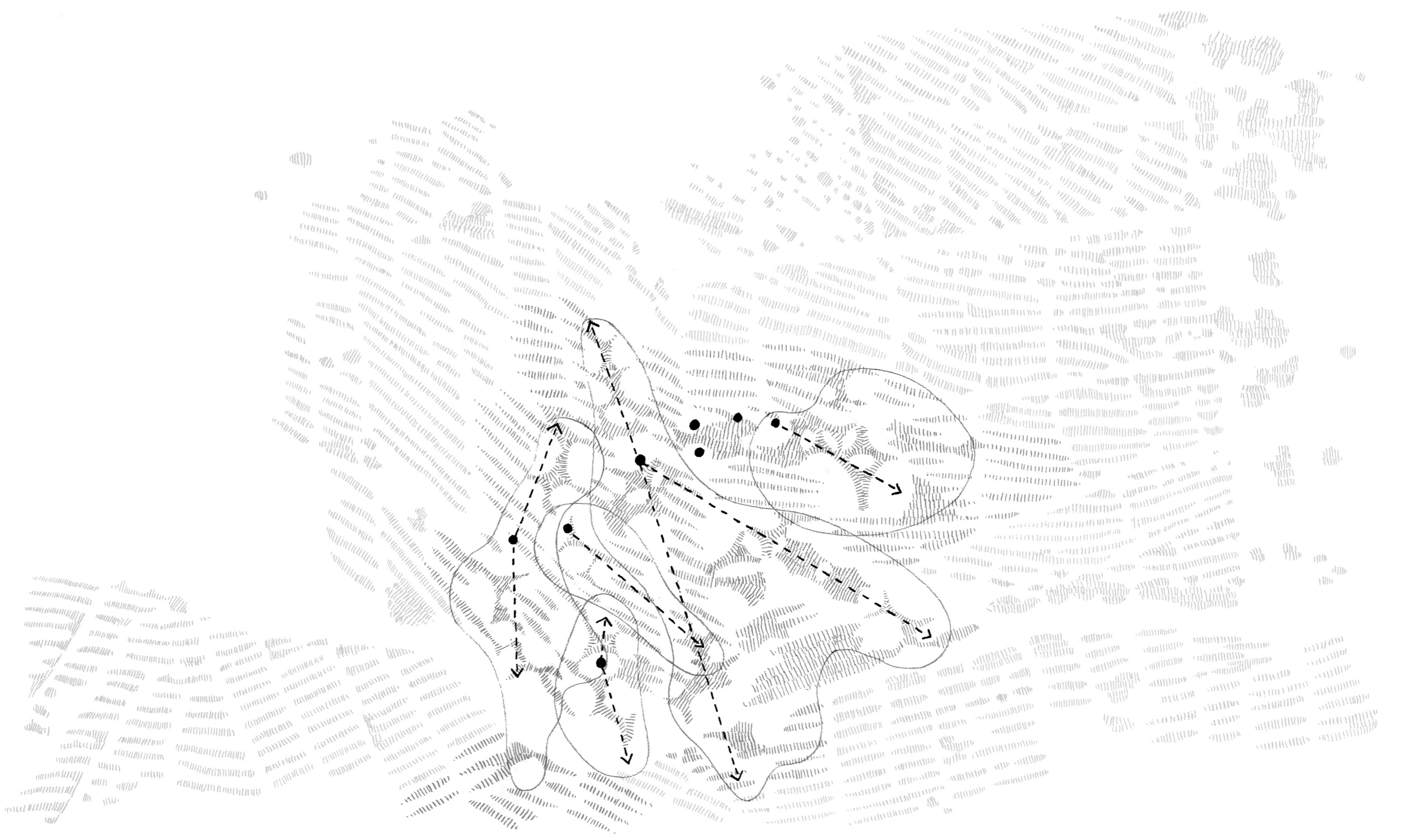


- Zona de cultivo
- Laboratorios de investigación
- Módulos habitacionales



Ud. / n.º CÉLULAS









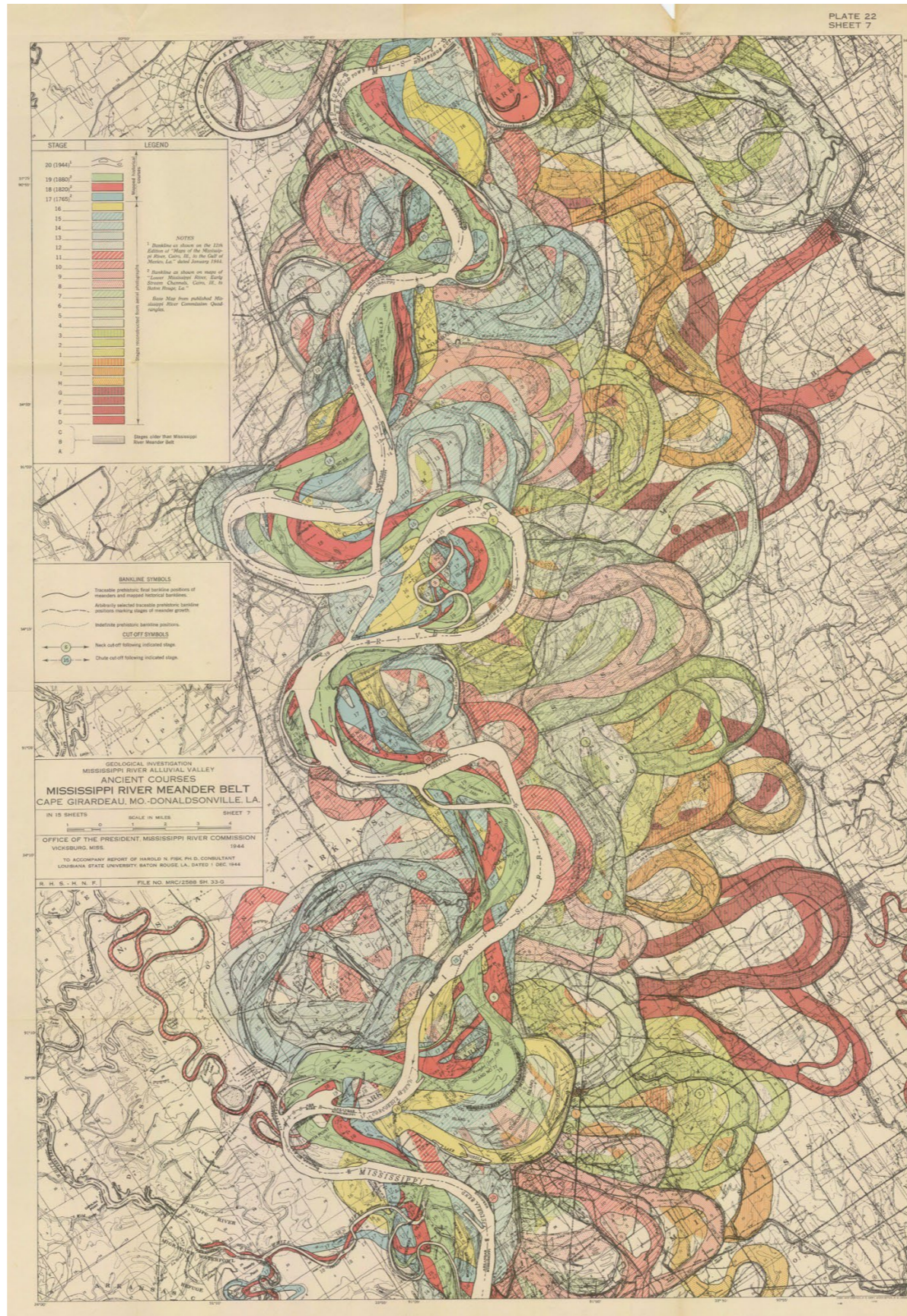








GIF_1



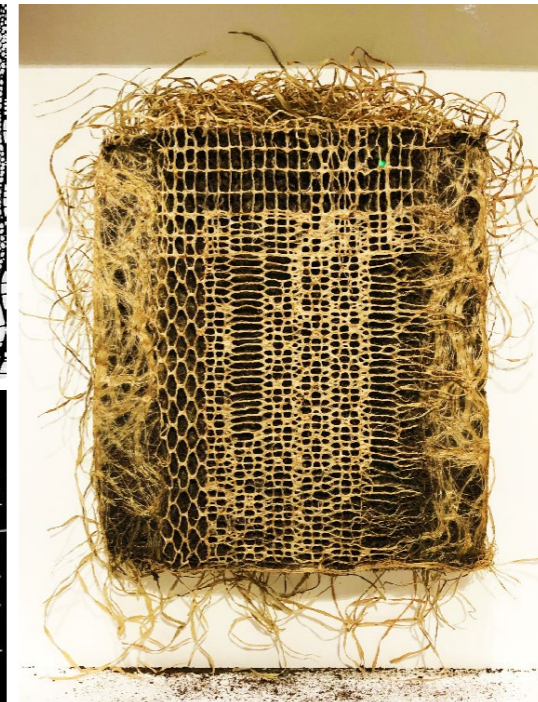
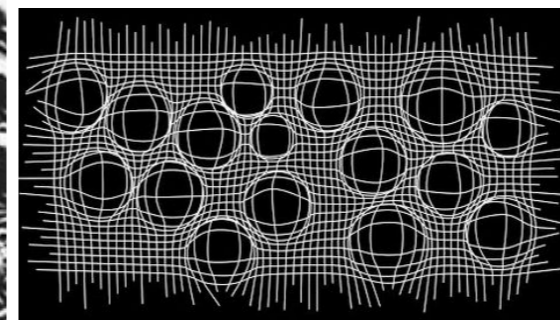
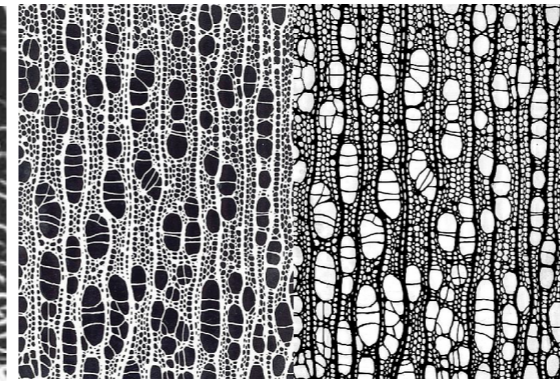
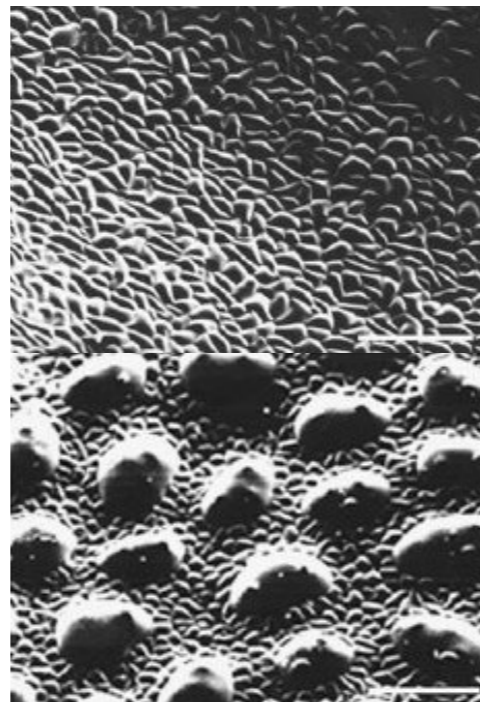
Mapa elaborado por el cartógrafo y geólogo Harold Fisk.
 "Ancient Courses Mississippi River Meander Belt", 1944.

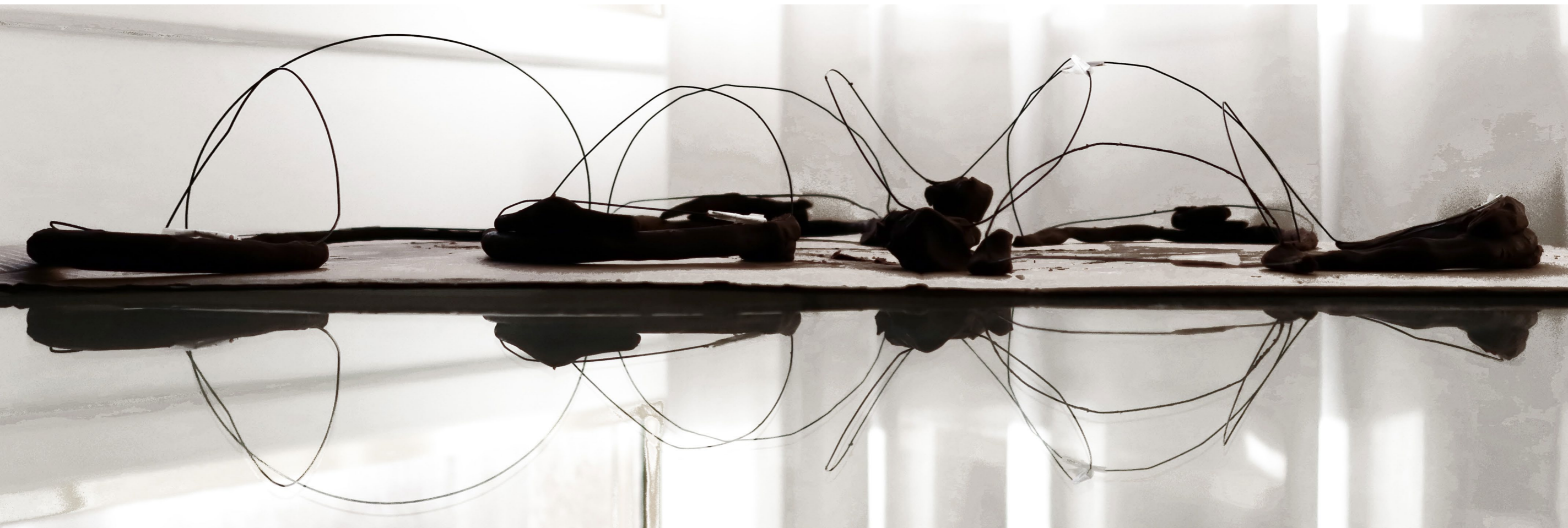
DISTORSIÓN DE LA RETÍCULA

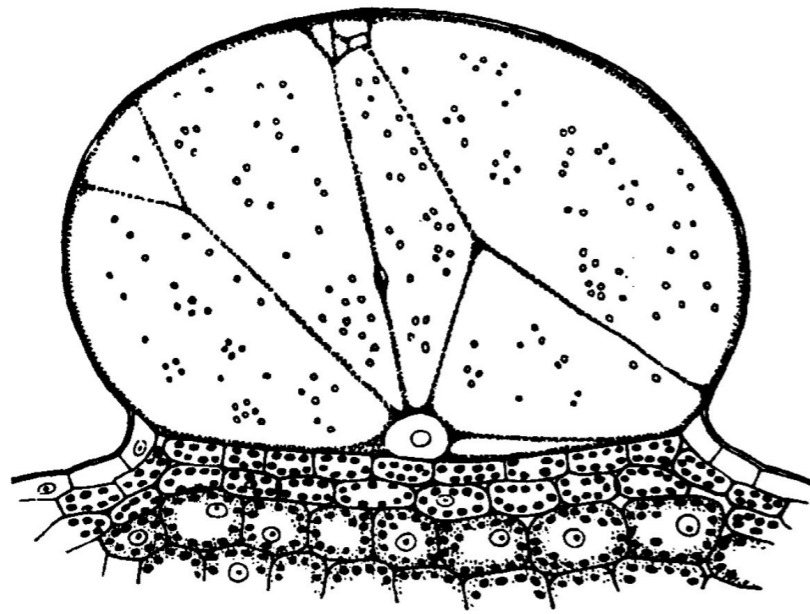
infraestructura de alimentación



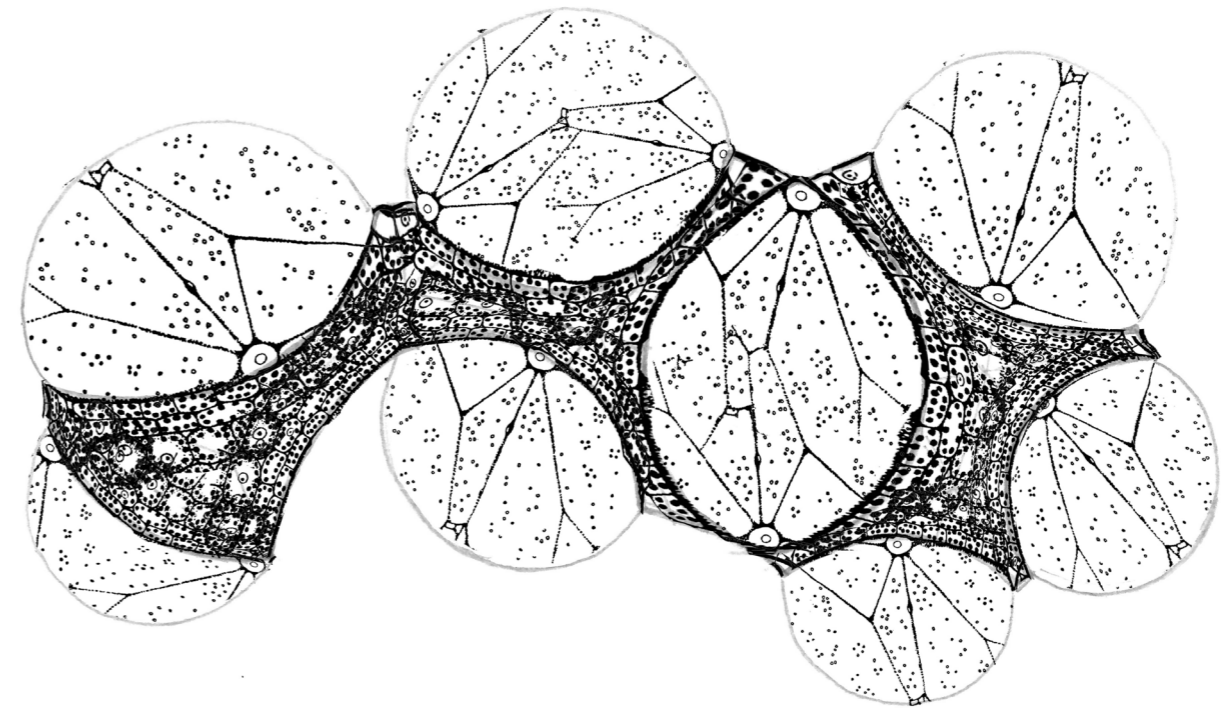
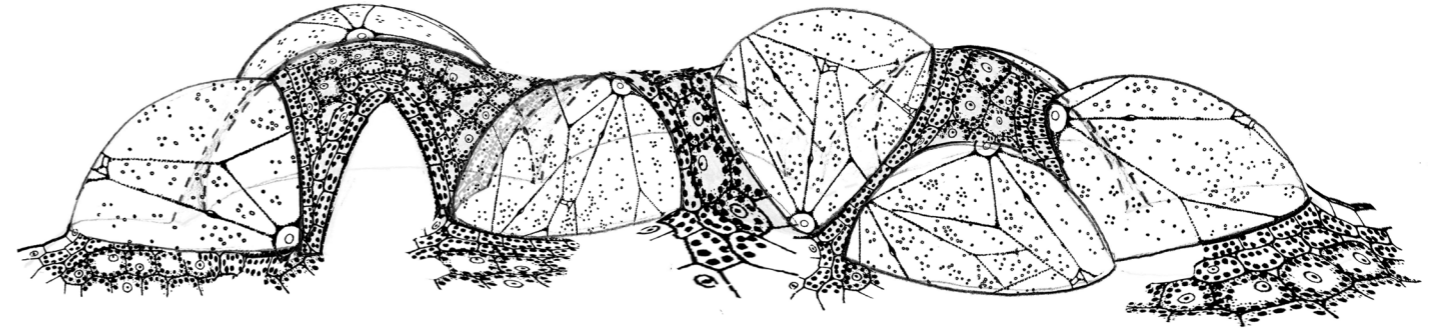
1. Scanning electron microscopy images for epidermal bladder cells of the *Mesembryanthemum crystallinum* (*Journal of Experimental Botany*, Vol. 58, No. 8, pp. 1957–1967, 2007)
2. Sección transversal de madera difuso-porosa que muestra un diámetro de vasos relativamente uniforme y una variedad de densidades y patrones de agrupamiento de vasos. Spicer, R. (2016) *Variation in Angiosperm Wood Structure and Its Physiological and Evolutionary Significance*. DOI: 10.1007/7397_2016_28
3. Geometry Overload (2018) *Grid Distortion in Grasshopper Using Tensors* [vídeo de YouTube]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=PY4Byucrcpw>
4. Diana Scherer: *Hyper Rhizome #18*, 30 x 40 cm, 2023, soil, seed, roots, oat grass; photo Beatrijs Sterk
5. Diana Scherer: *Hyper Rhizome#2*, 2023, folded grown root textile, soil, seed, roots; photo Beatrijs Sterk





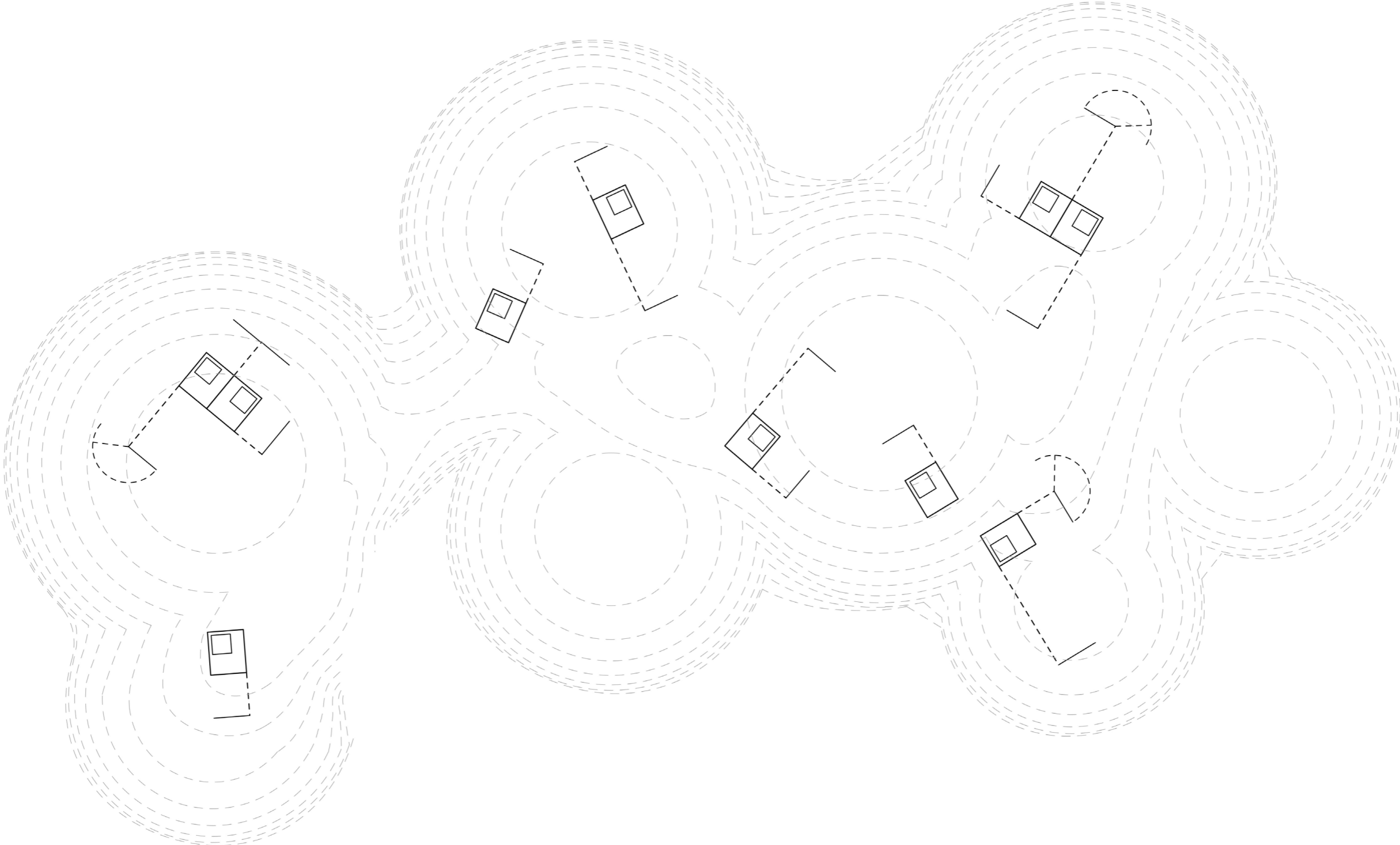


Epidermale Wasserblase des Stengels von Mesembryanthemum crystallinum
(*Physiologische Pflanzenanatomie von Dr. G. Haberlandt*)



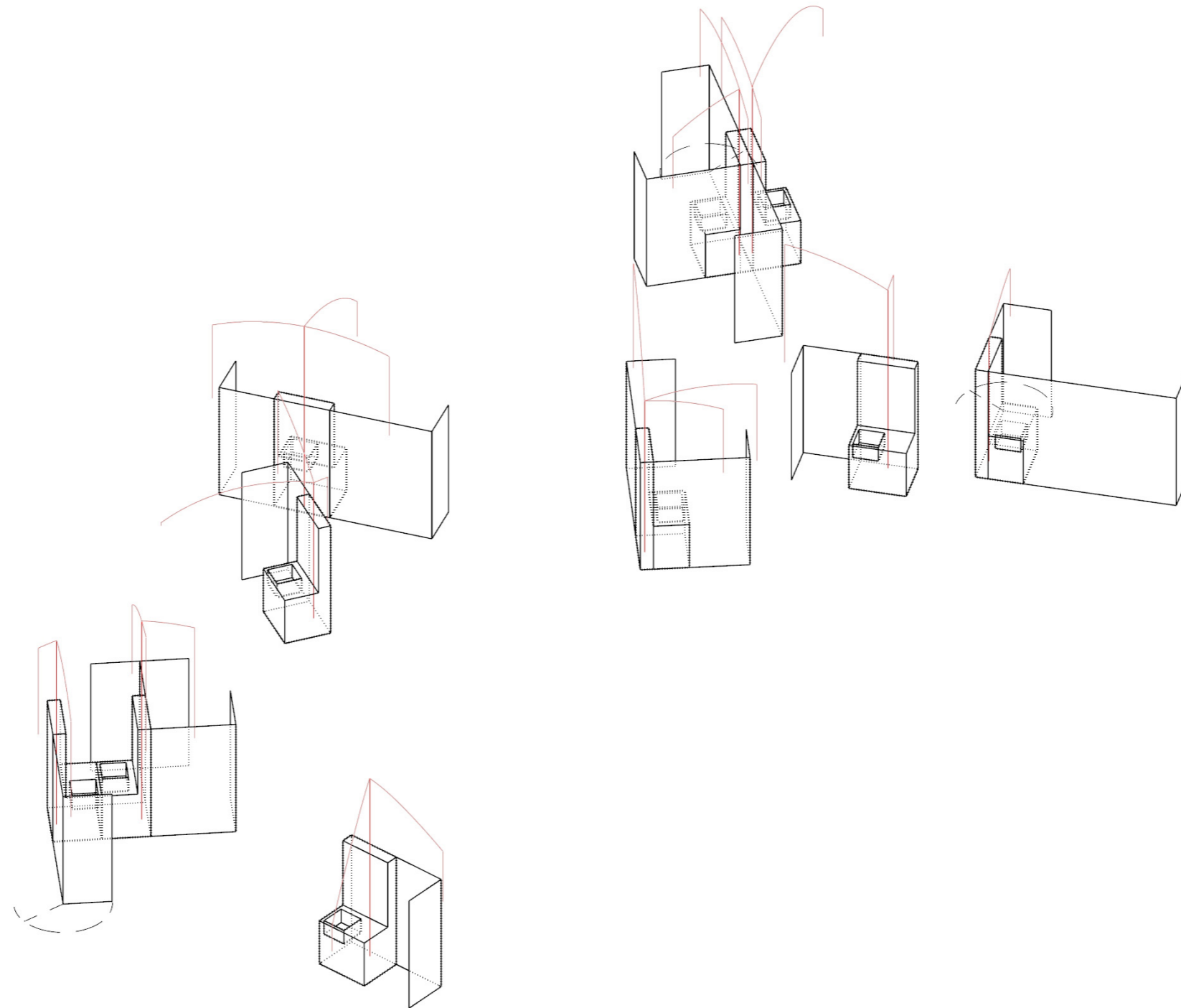
GIF_2

PROTOTIPO
unidad laboratorio

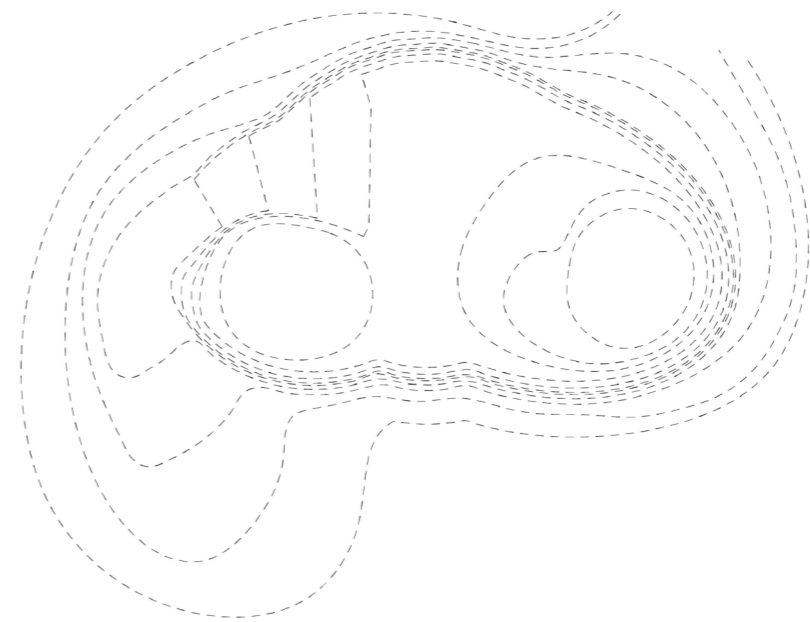
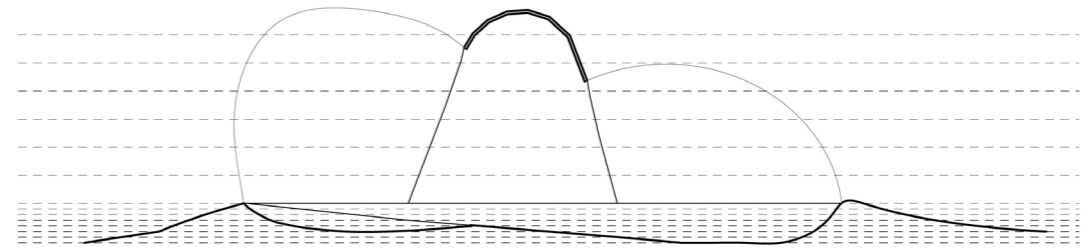
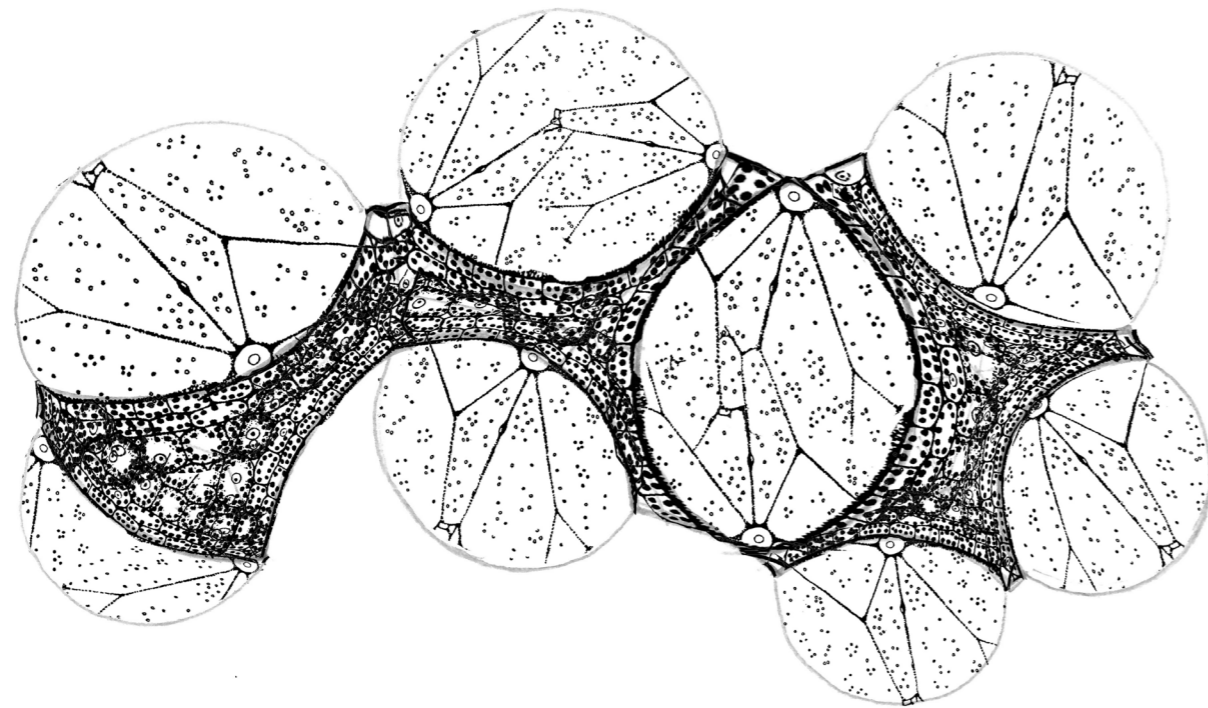
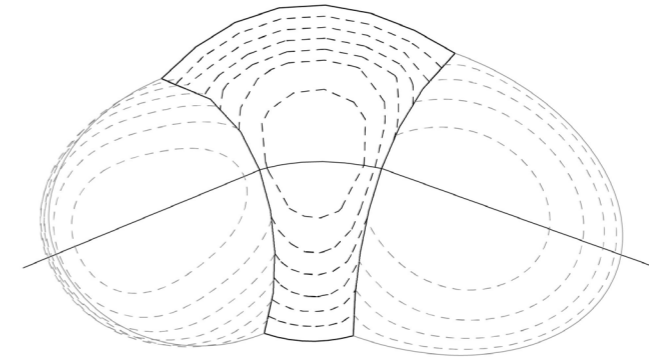
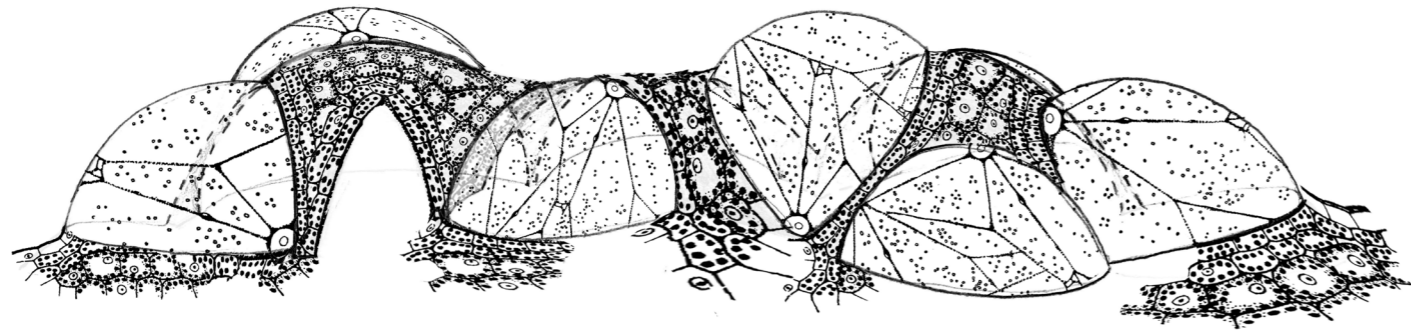


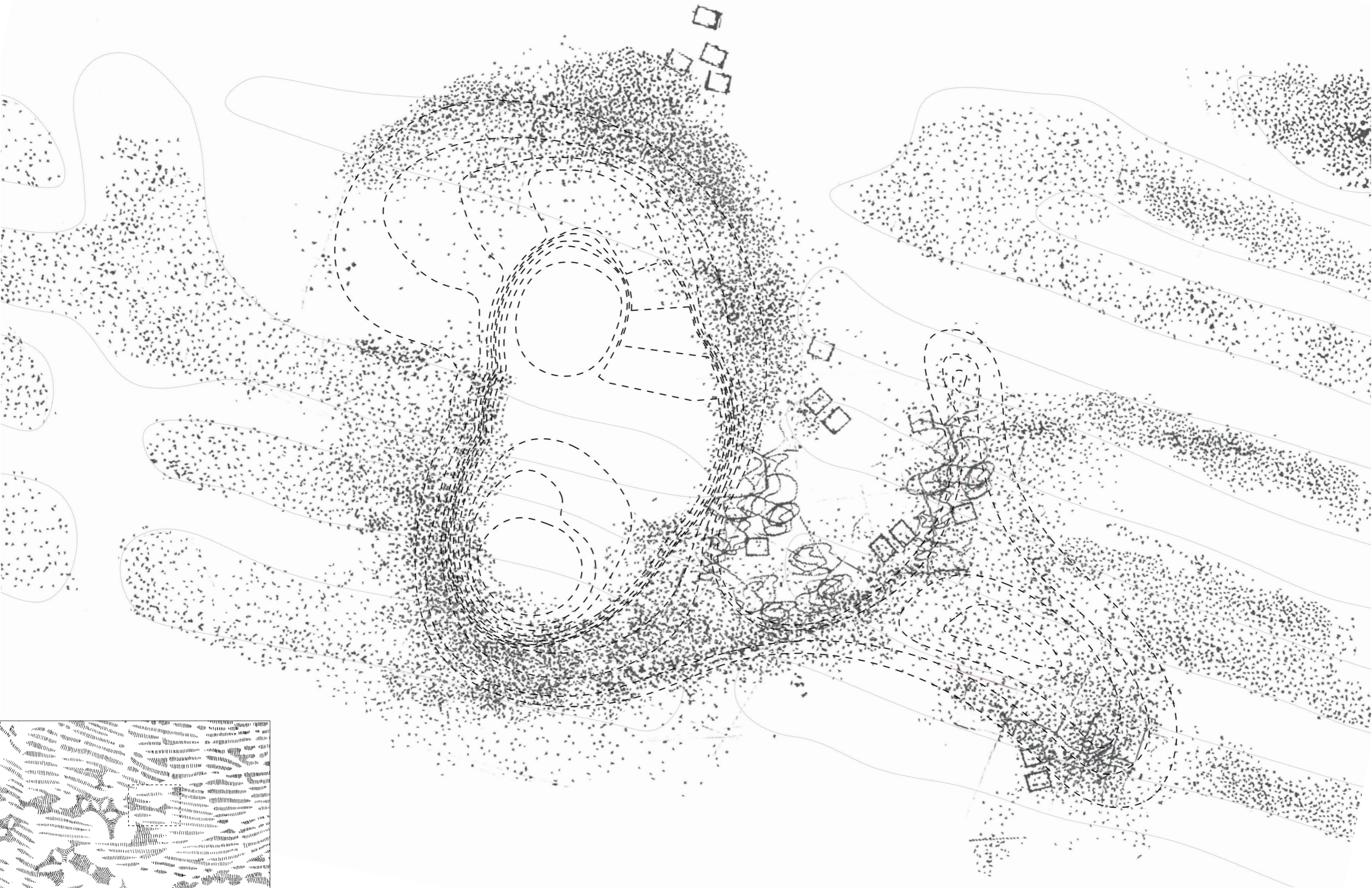
PROTOTIPO

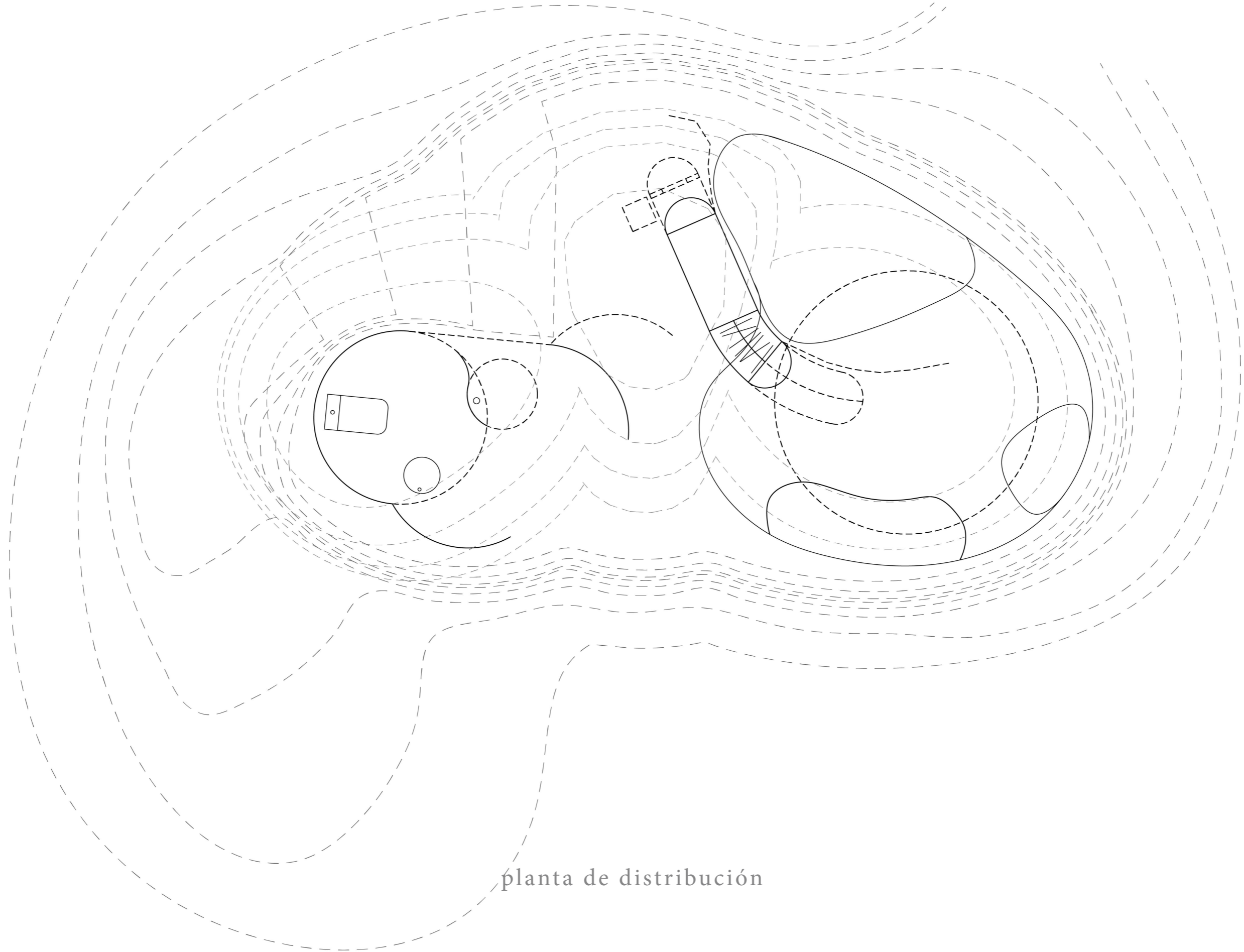
unidad laboratorio



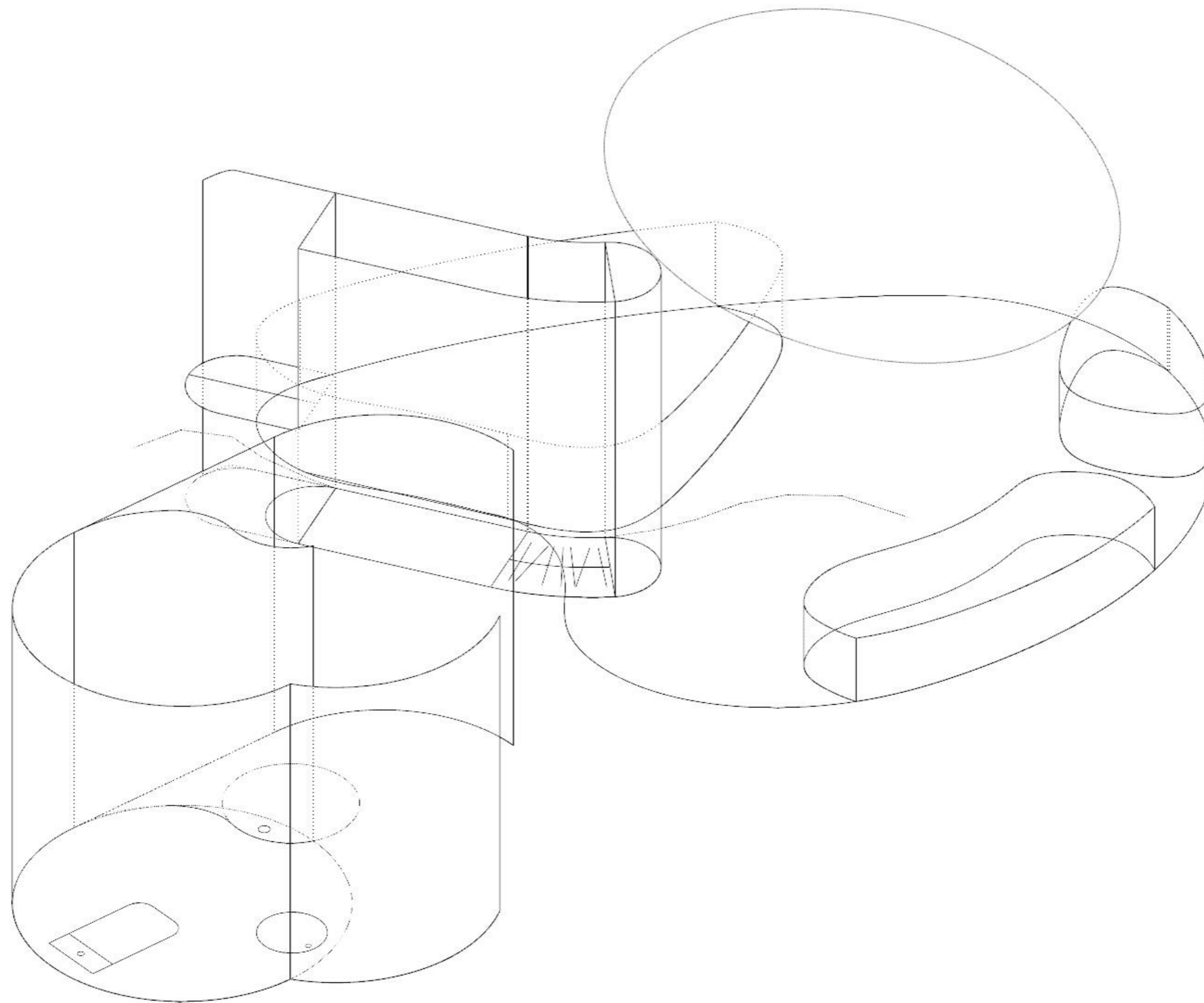
PROTOTIPO
unidad habitacional

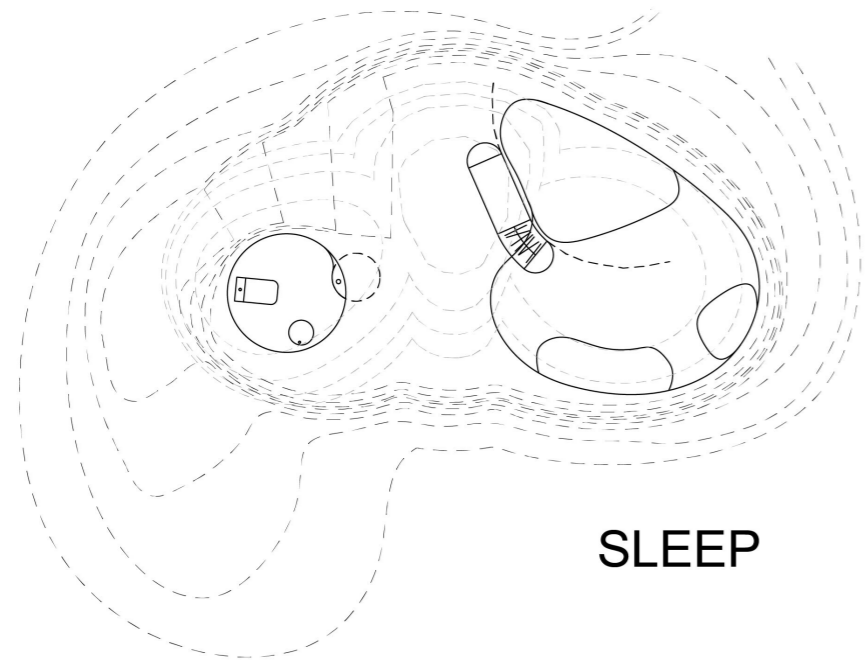




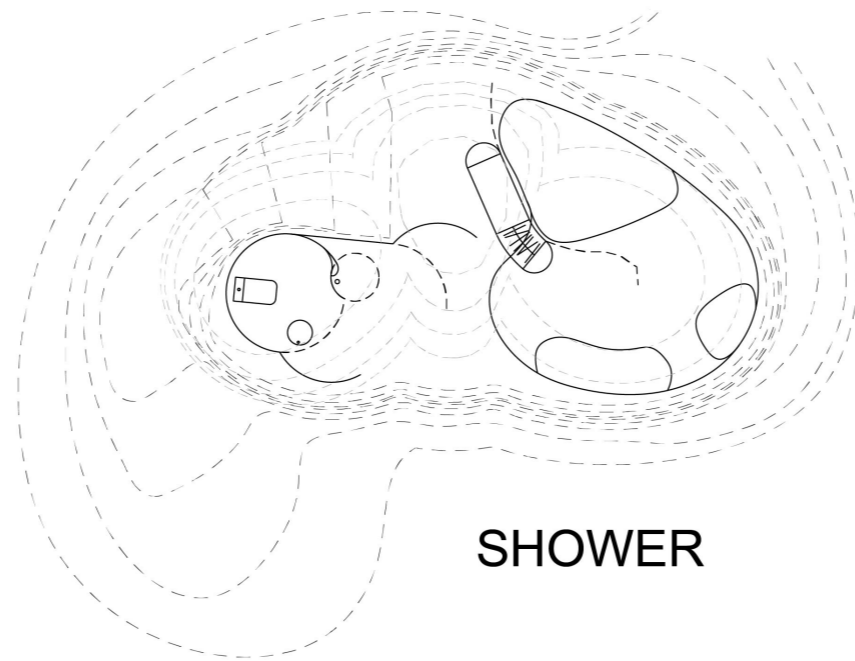


planta de distribución

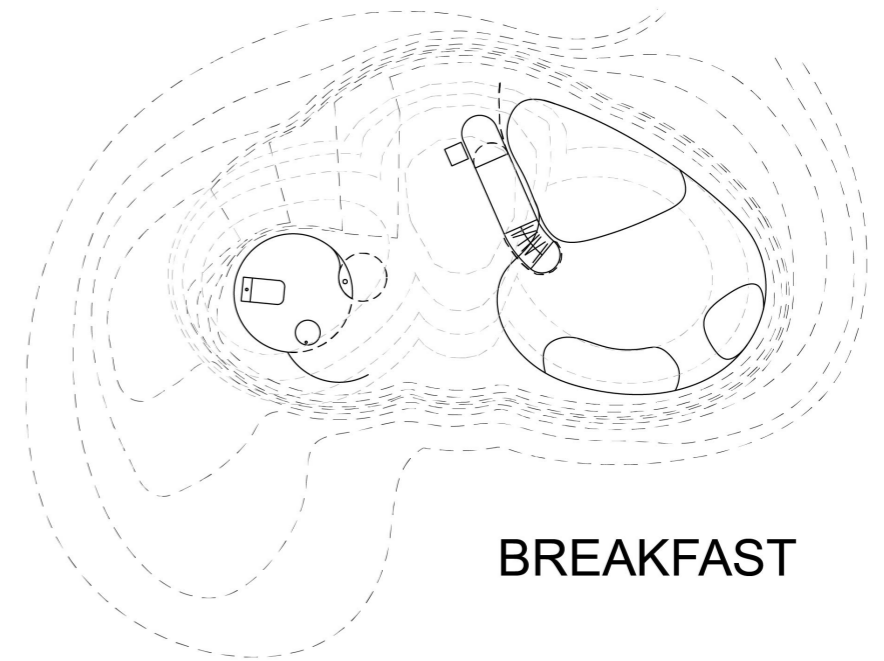




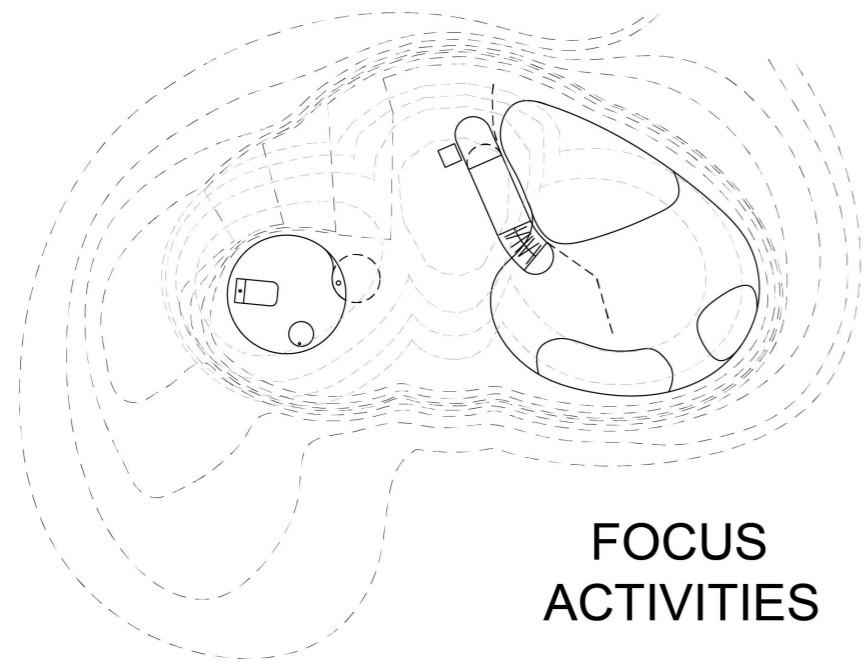
SLEEP



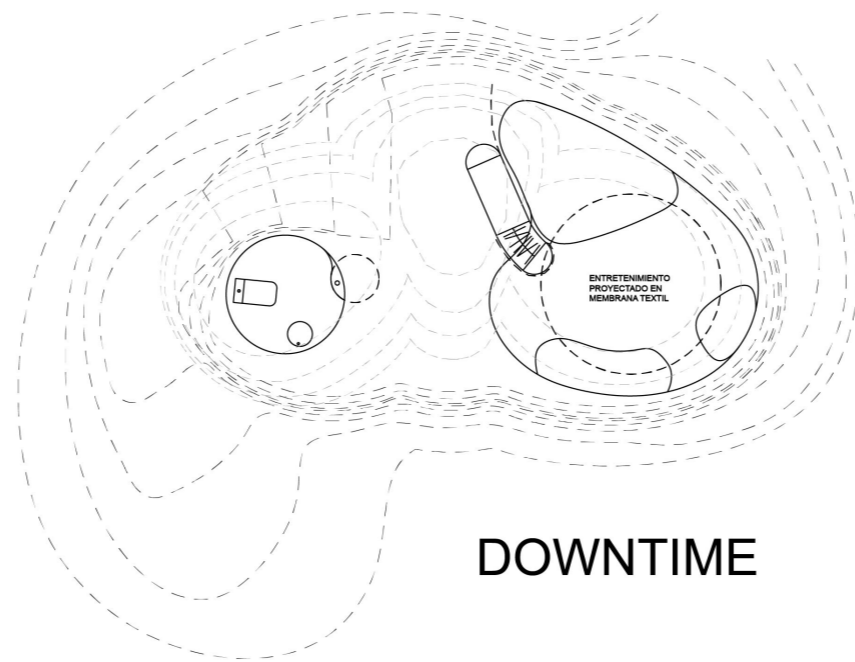
SHOWER



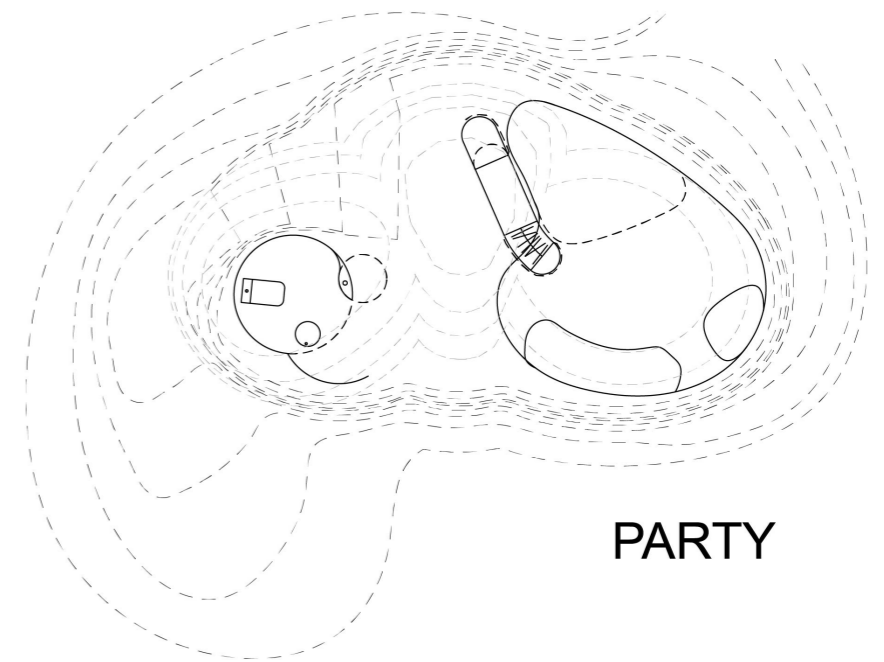
BREAKFAST



**FOCUS
ACTIVITIES**



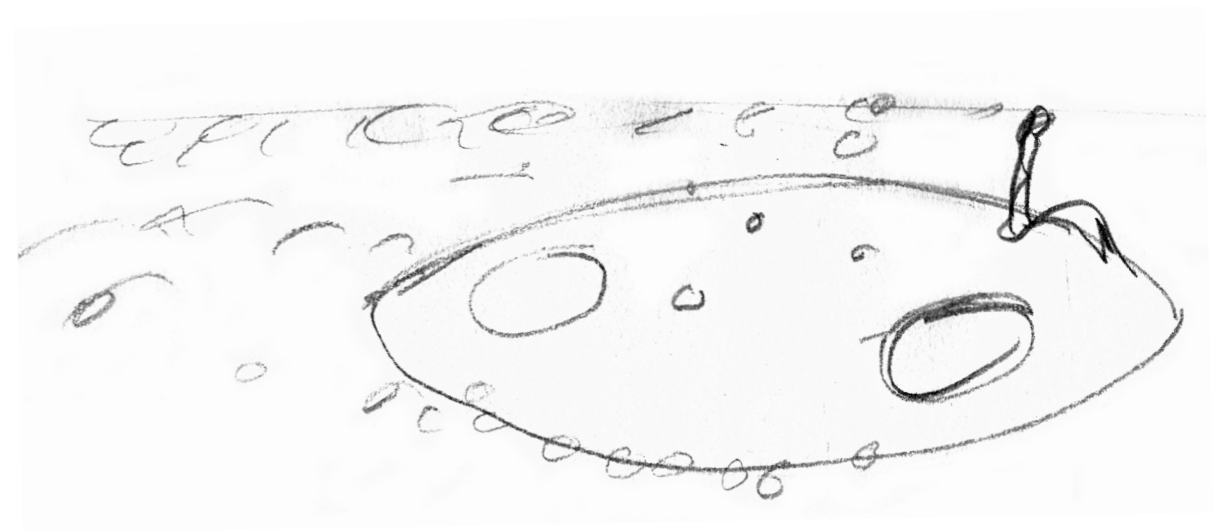
DOWNTIME

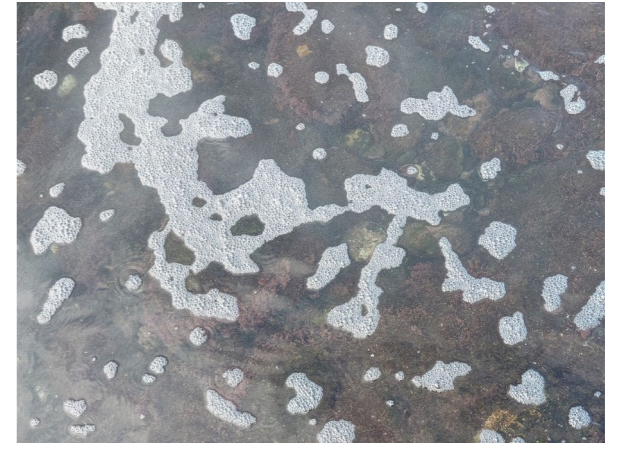
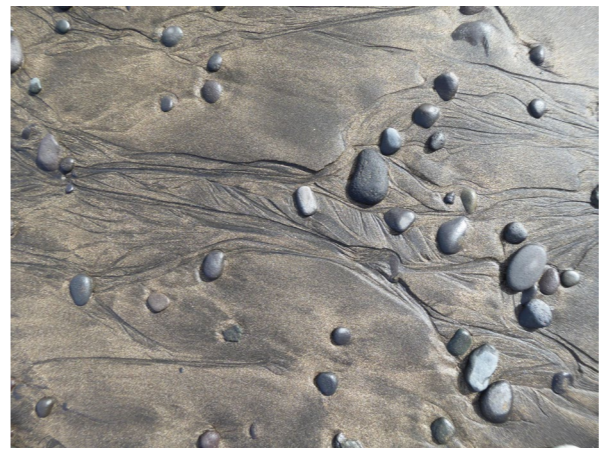
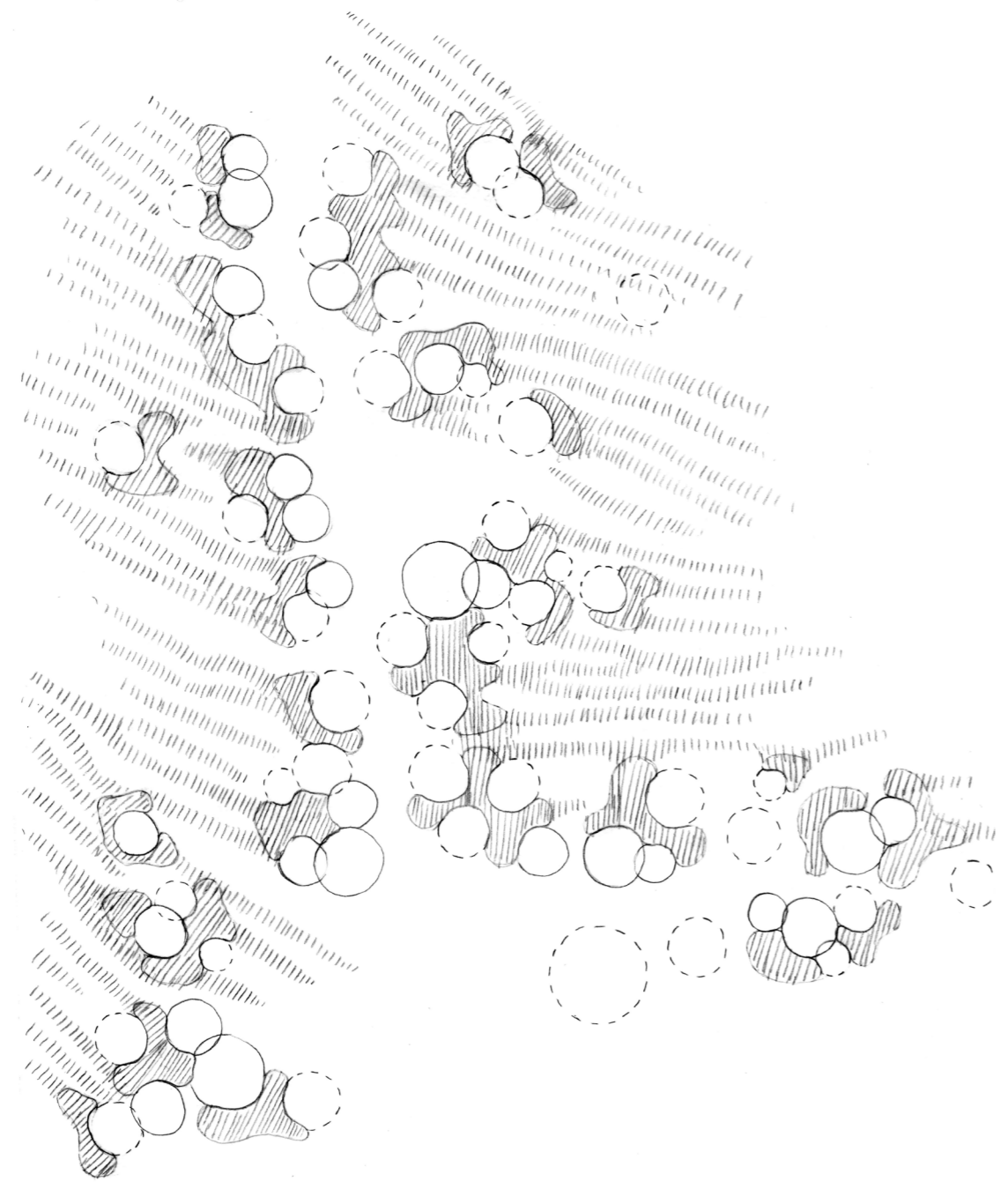


PARTY

TALLER TRANSVERSAL

La costa

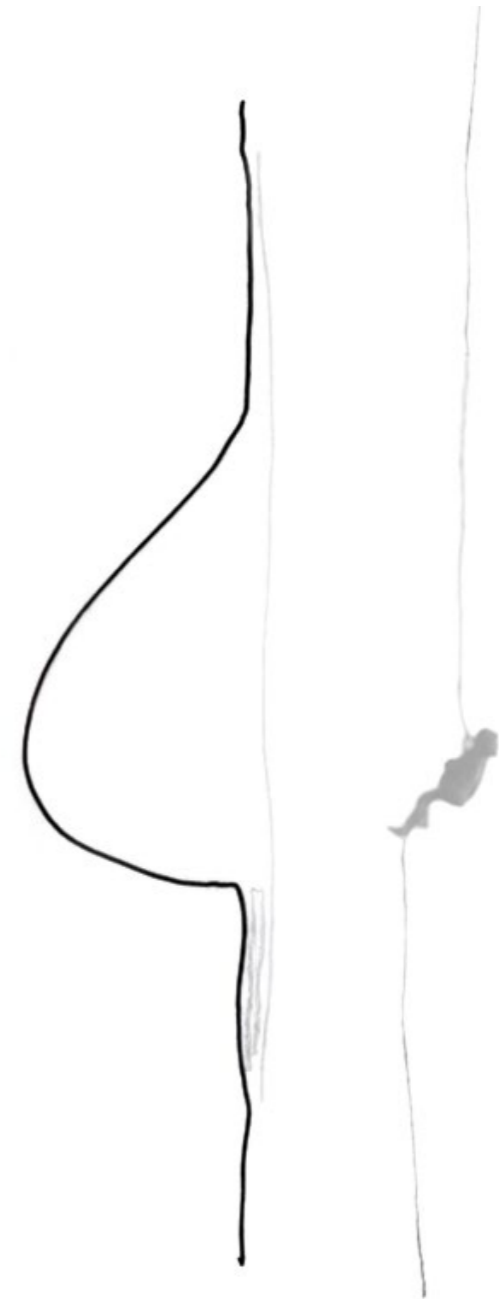
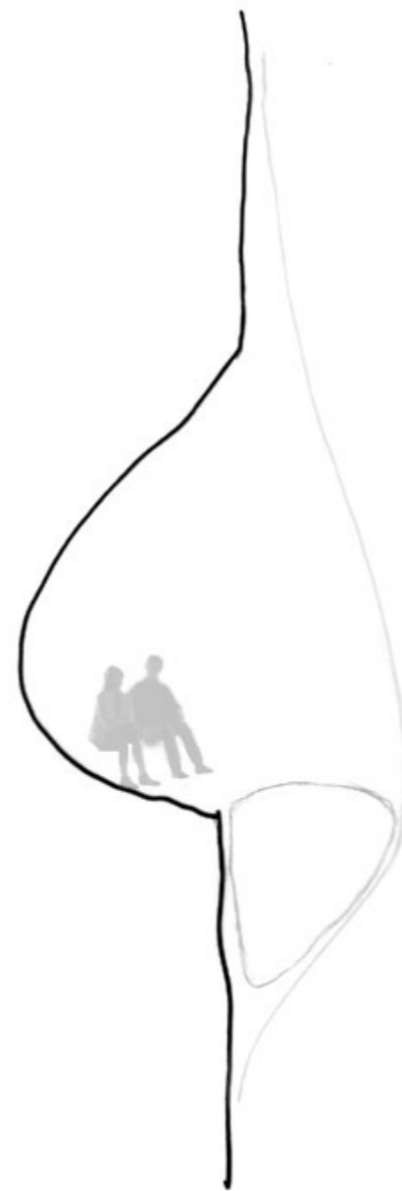
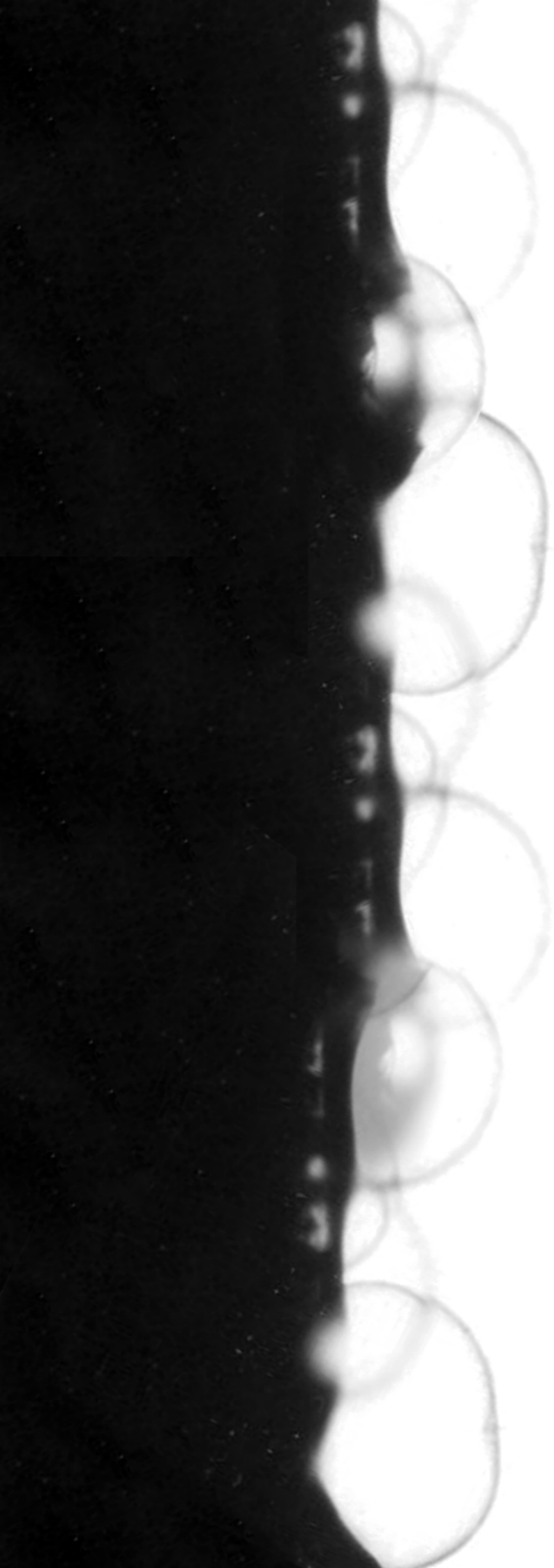


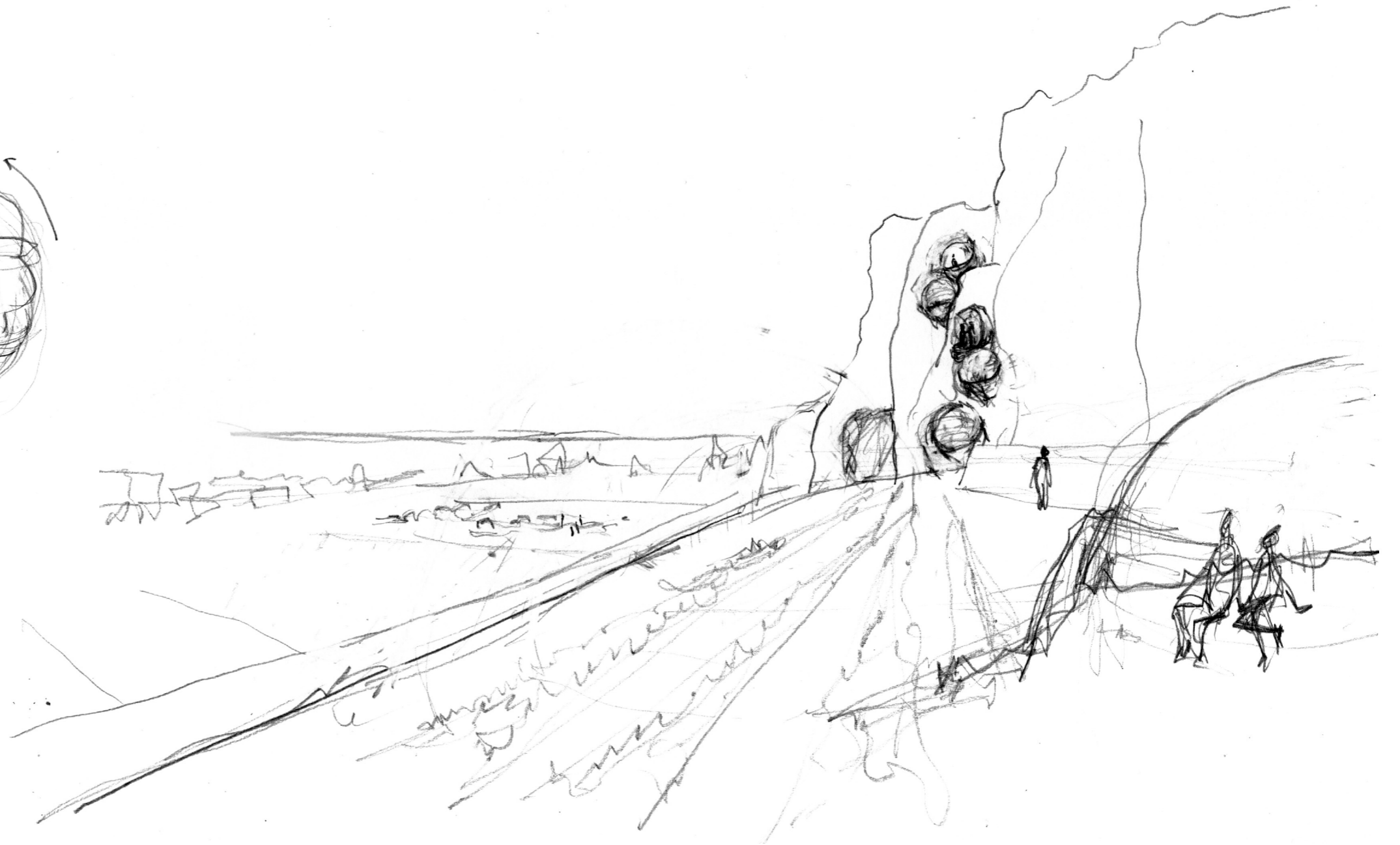
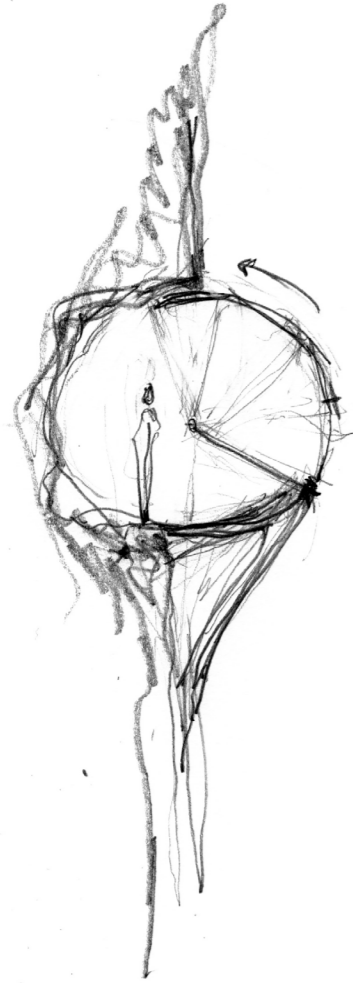




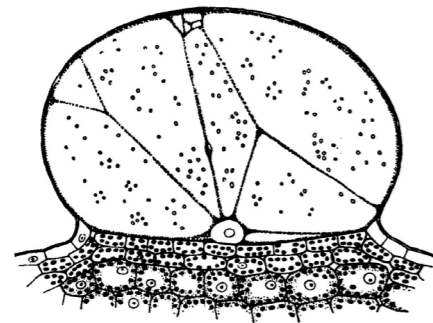
TALLER TRANSVERSAL
La montaña



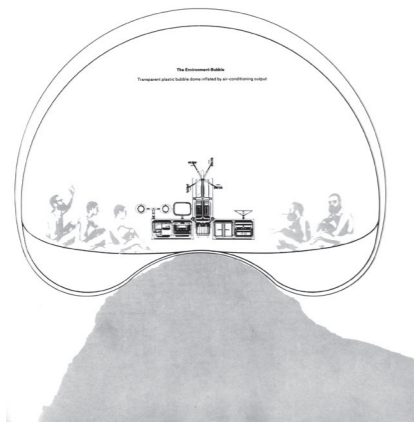




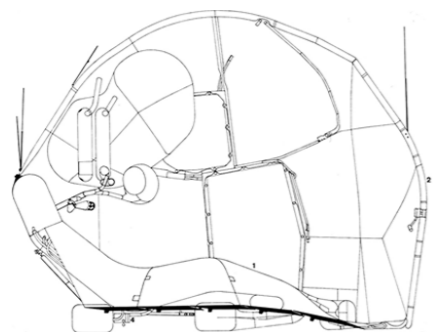
REFERENCIAS



Mesembryanthemum crystallinum,
Dr G. Haberlandt, 1904.



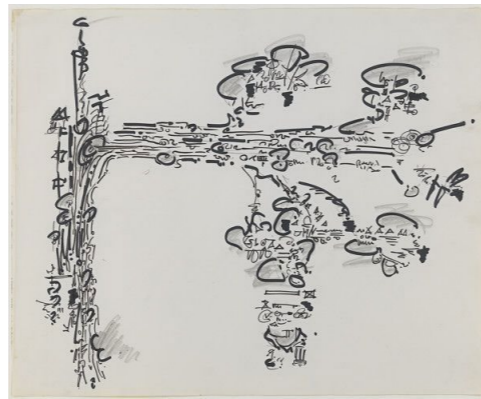
The Environment Bubble, Reyner Banham's
"A Home Is Not a House," 1965.



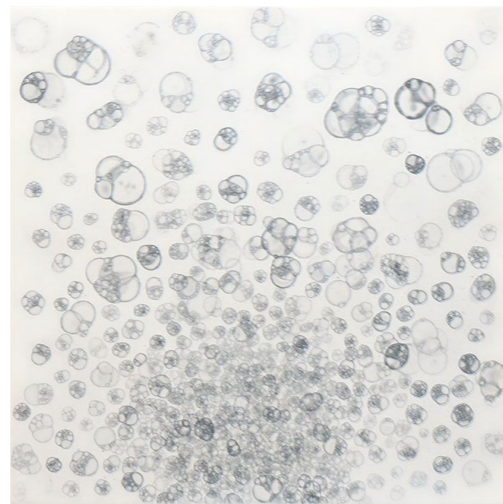
Cushicle, Archigram, 1964.

"It embodies the artist's idea that everyone could create their own protected place with the simplest of means. It has been realized several times in exhibitions around the world since 1970. *The Notion of Mutable Space* is both a fundamental element and a postulation in Gordon Matta-Clark's thinking."

- Galerie Thomas Schulte



Energy tree, Gordon Matta-Clark, 1971-74.



Untitled (Bubbles), Tara Donovan, 2004



Barbara Hepworth



Curved Form, 1956.



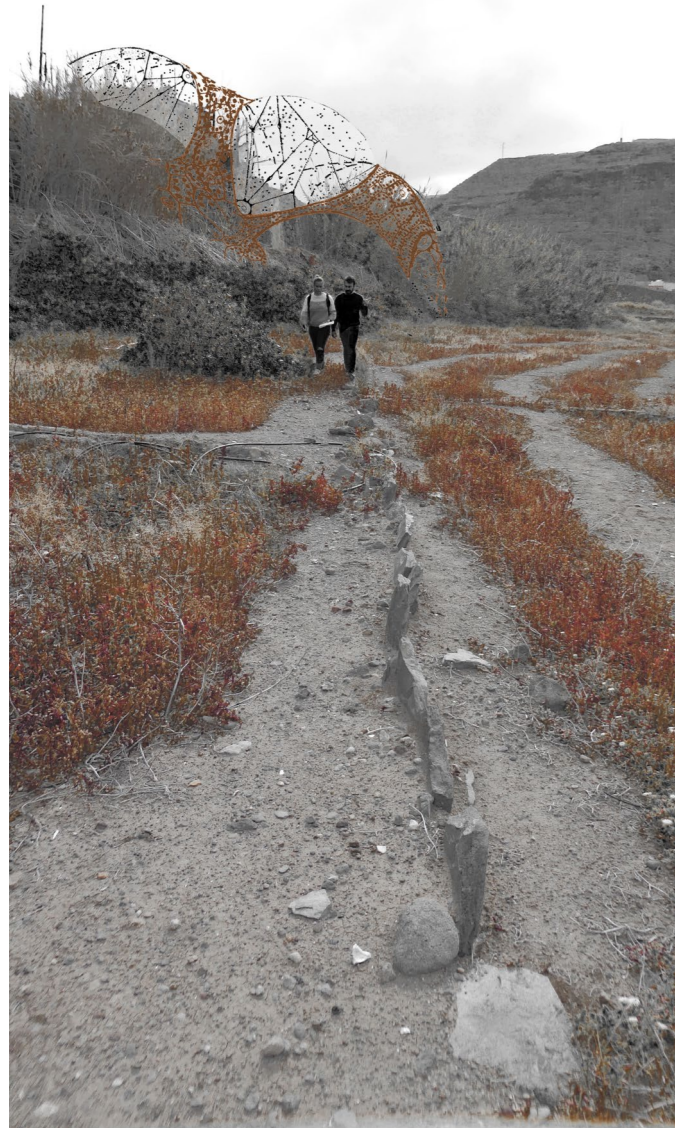
Learning from Nature, Gianni Pottena, 2012.

"What is presented here in an almost didactic manner, by inserting a human figure into a setting prepared by nature, is the natural imbalance between the former and the infinite potentialities of the environment, which can only be known in part by someone who, accepting this situation of inferiority, makes use of it to acquire the capacity for a more conscious observation."

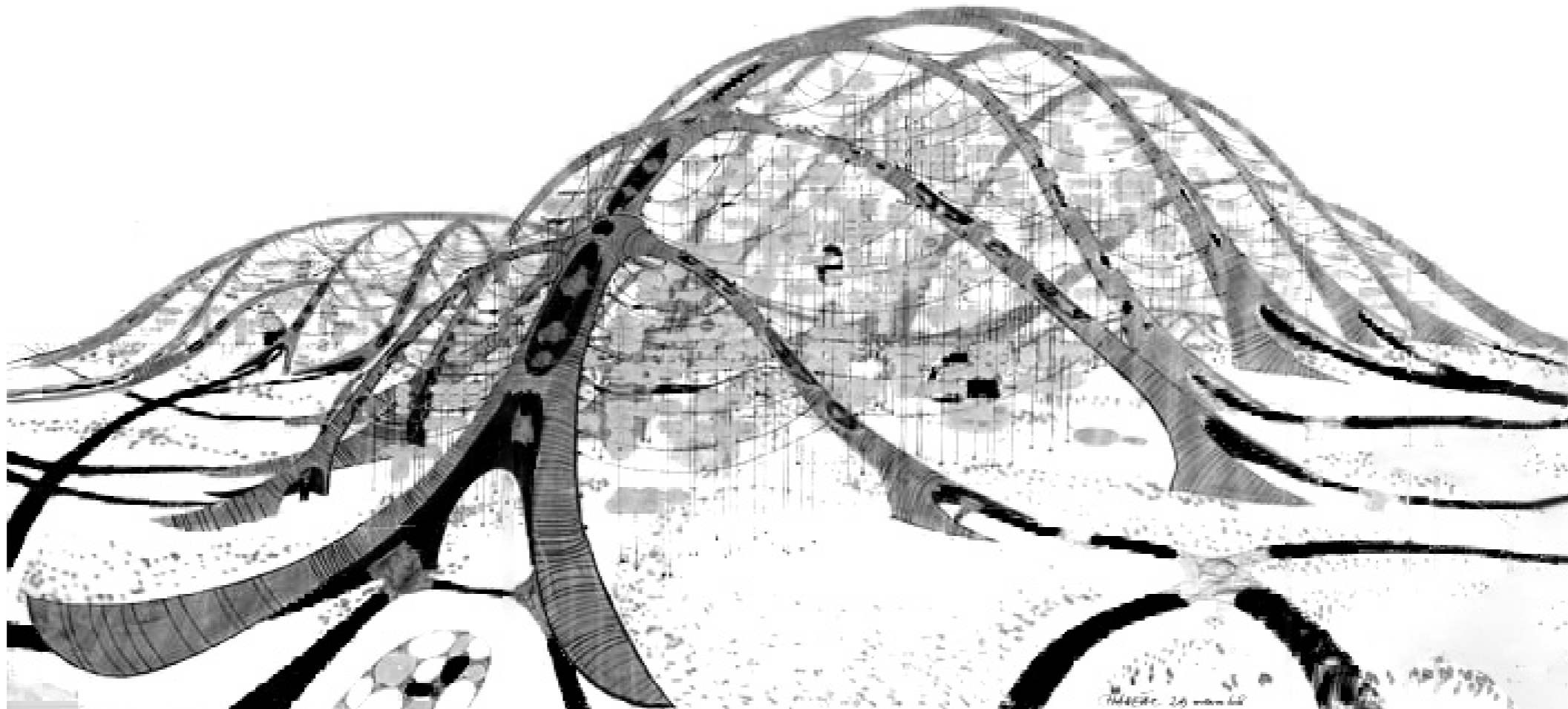
- Gianni Pottena



Troglodyte Ville, Guy Rottier, 1970s



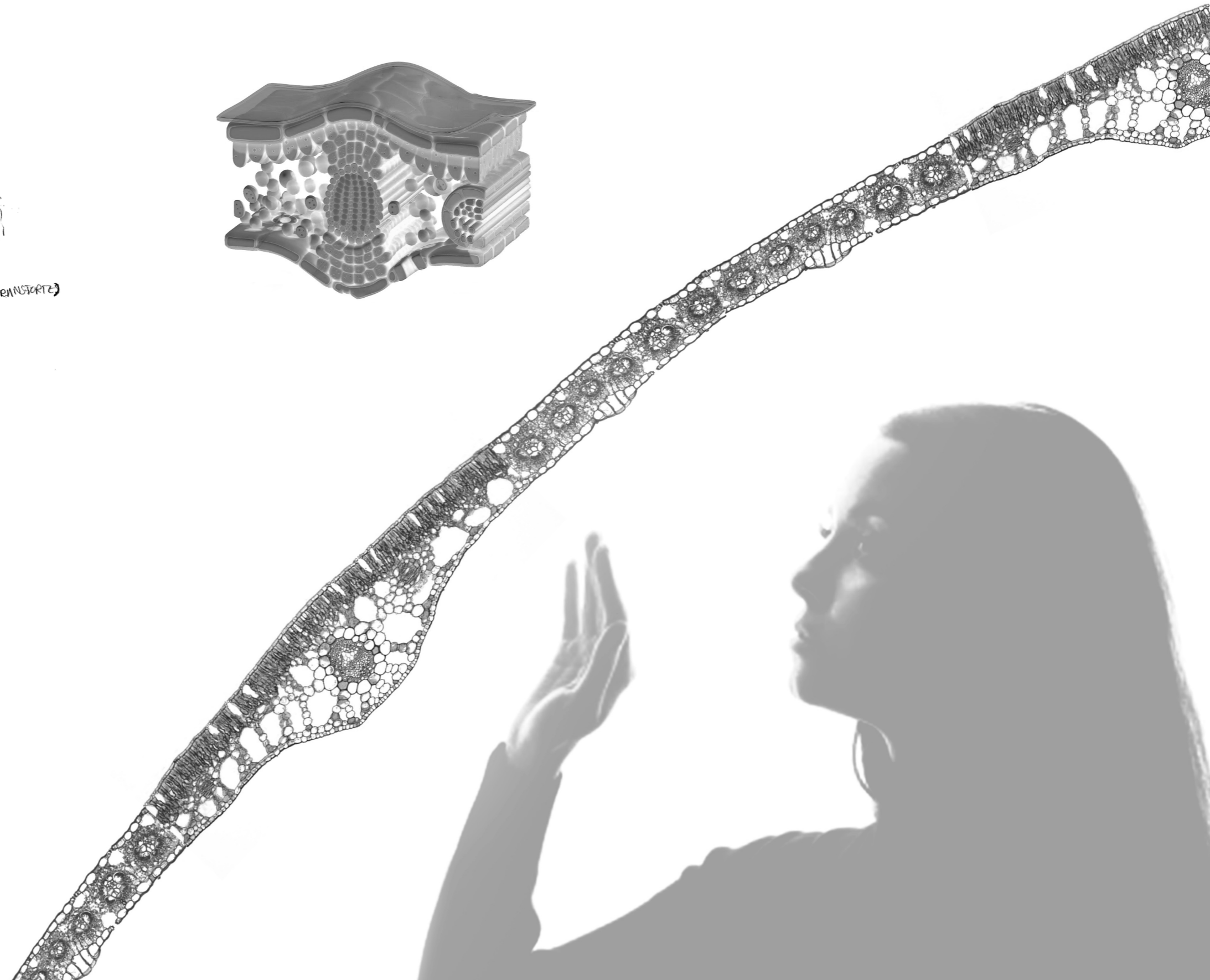
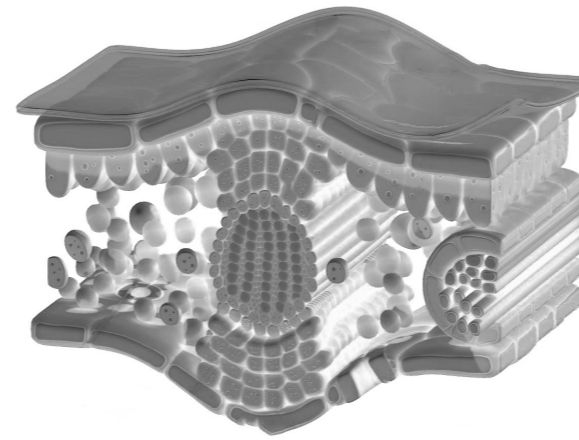
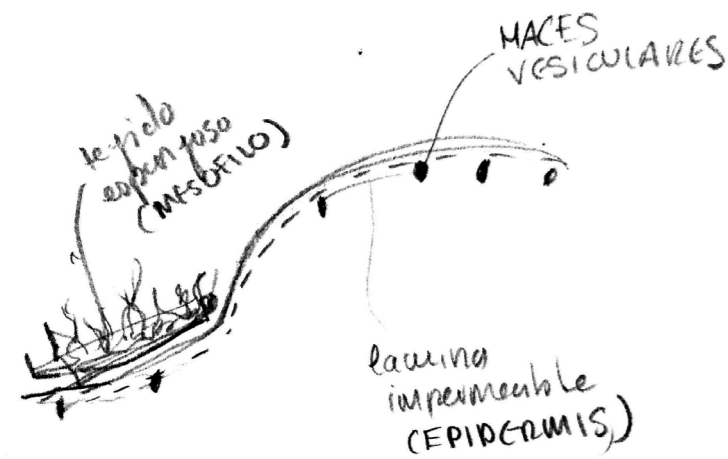
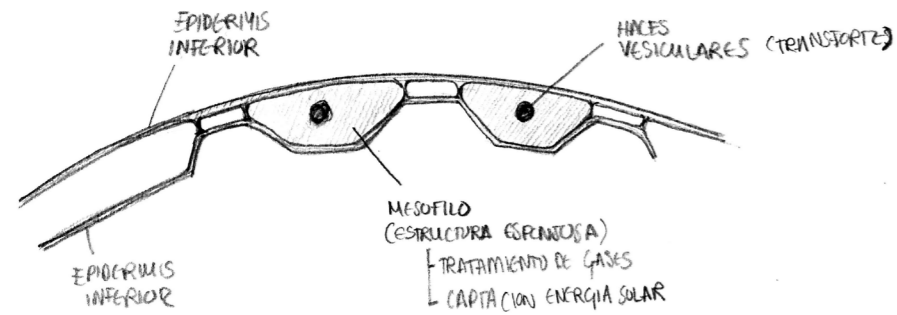
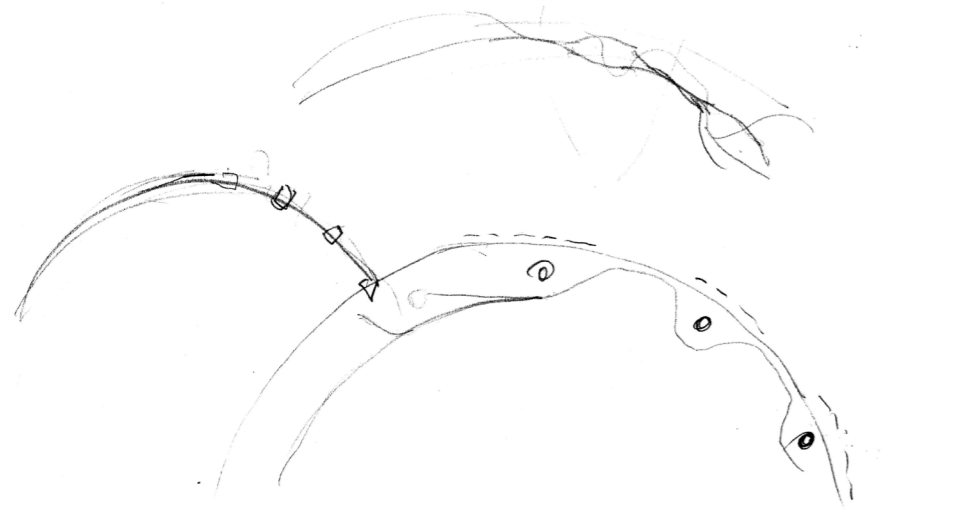
REFERENCIAS

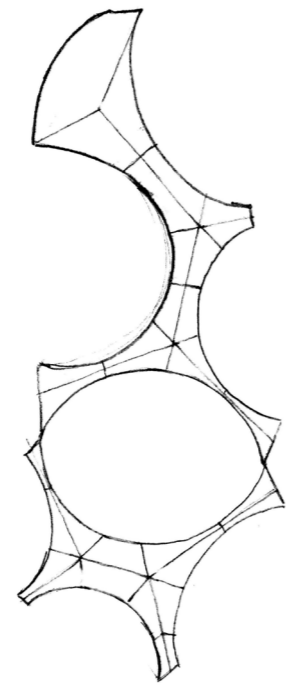


*Chanéac, Ville alligator, 1968.
Collection Frac Centre-Val de Loire*

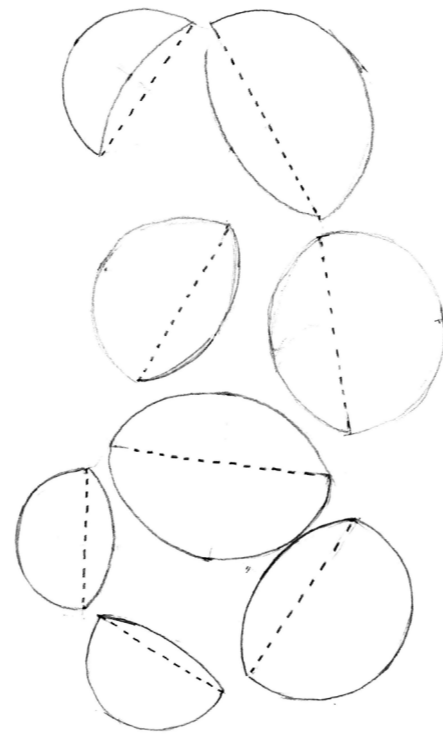
SISTEMA CONSTRUCTIVO

sistema biológico

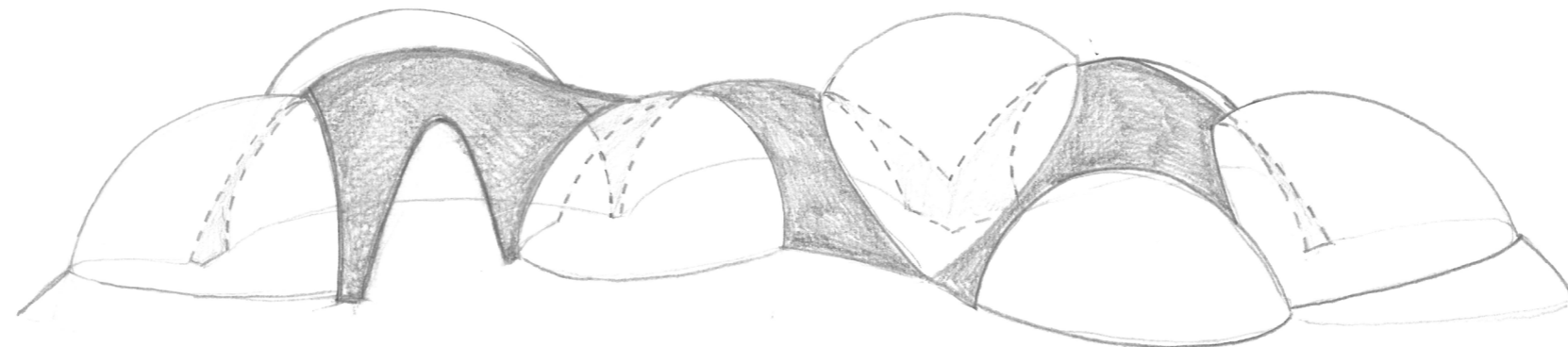
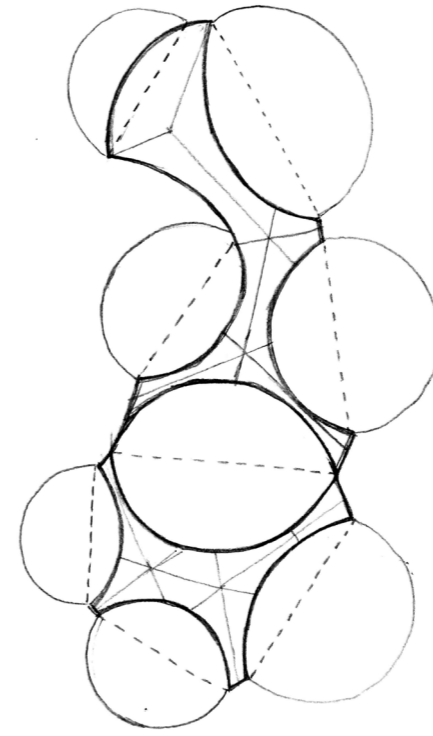




ESTRUCTURA

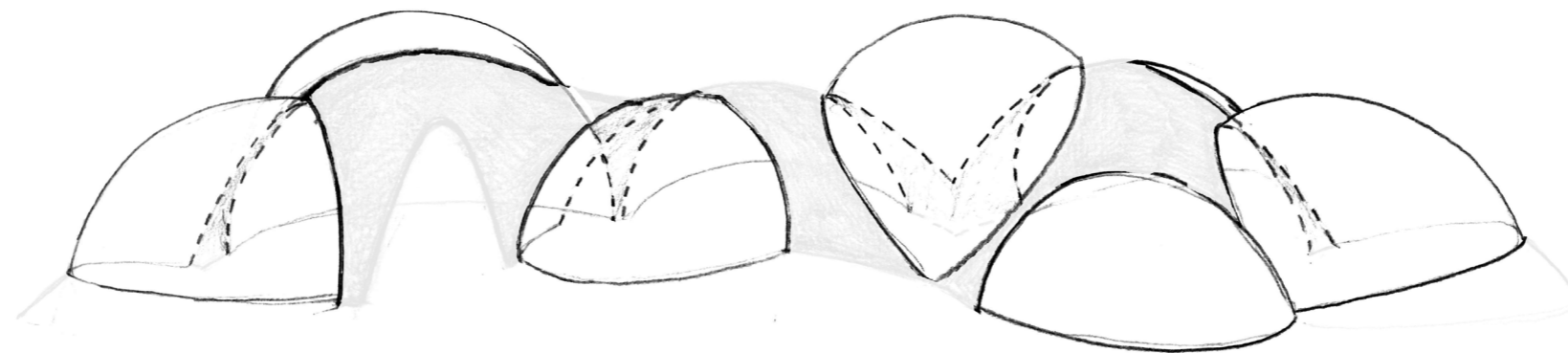
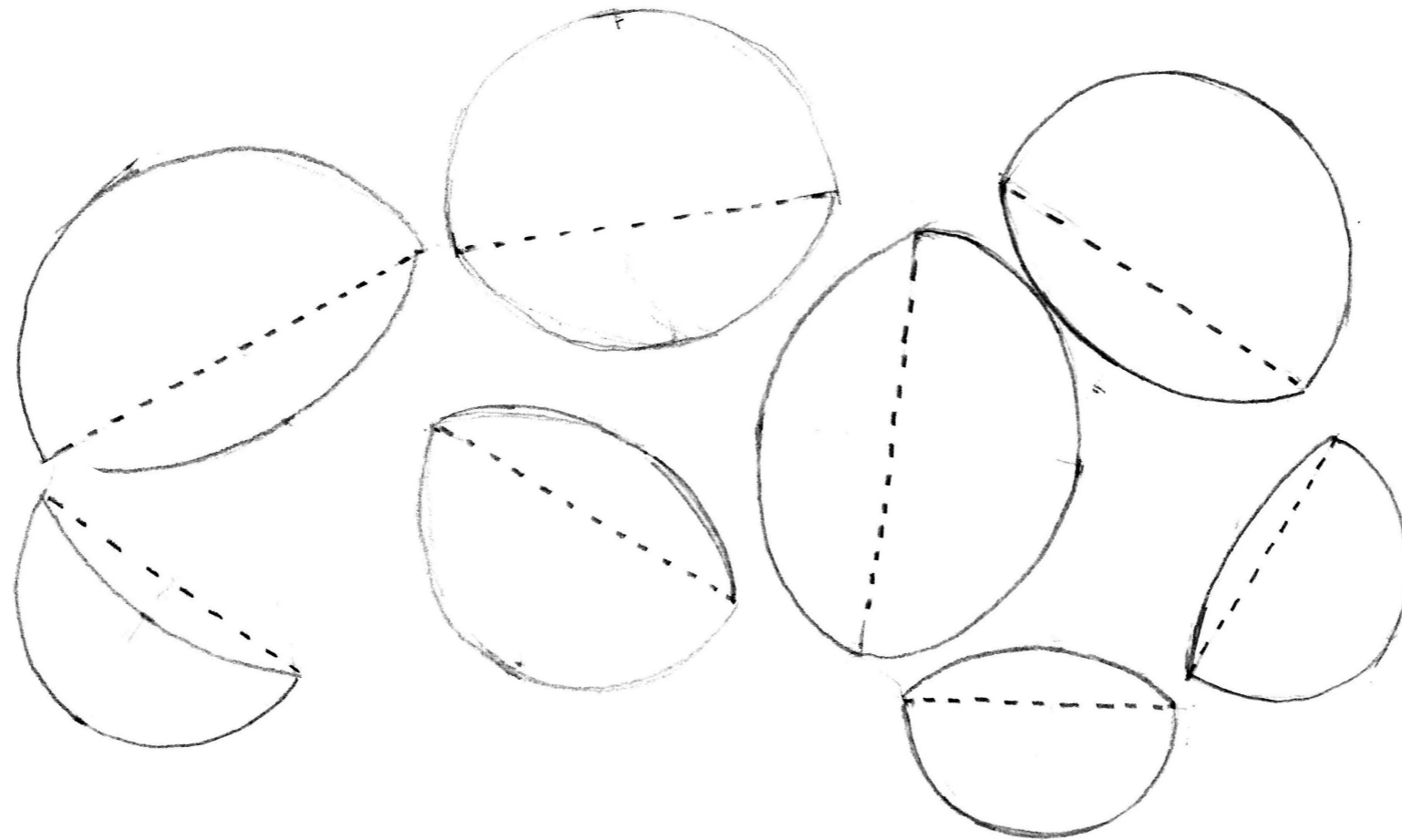


CÉLULAS HABITABLES

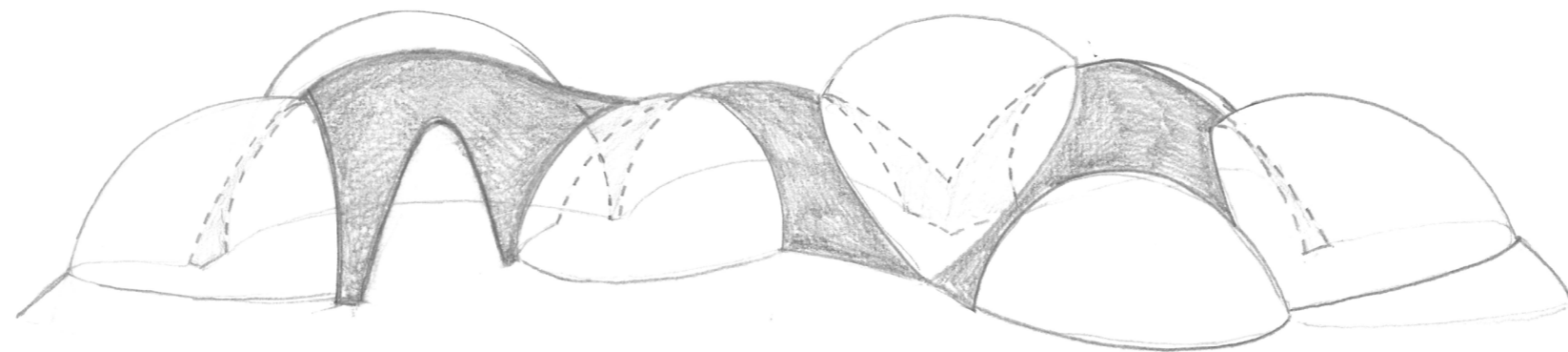
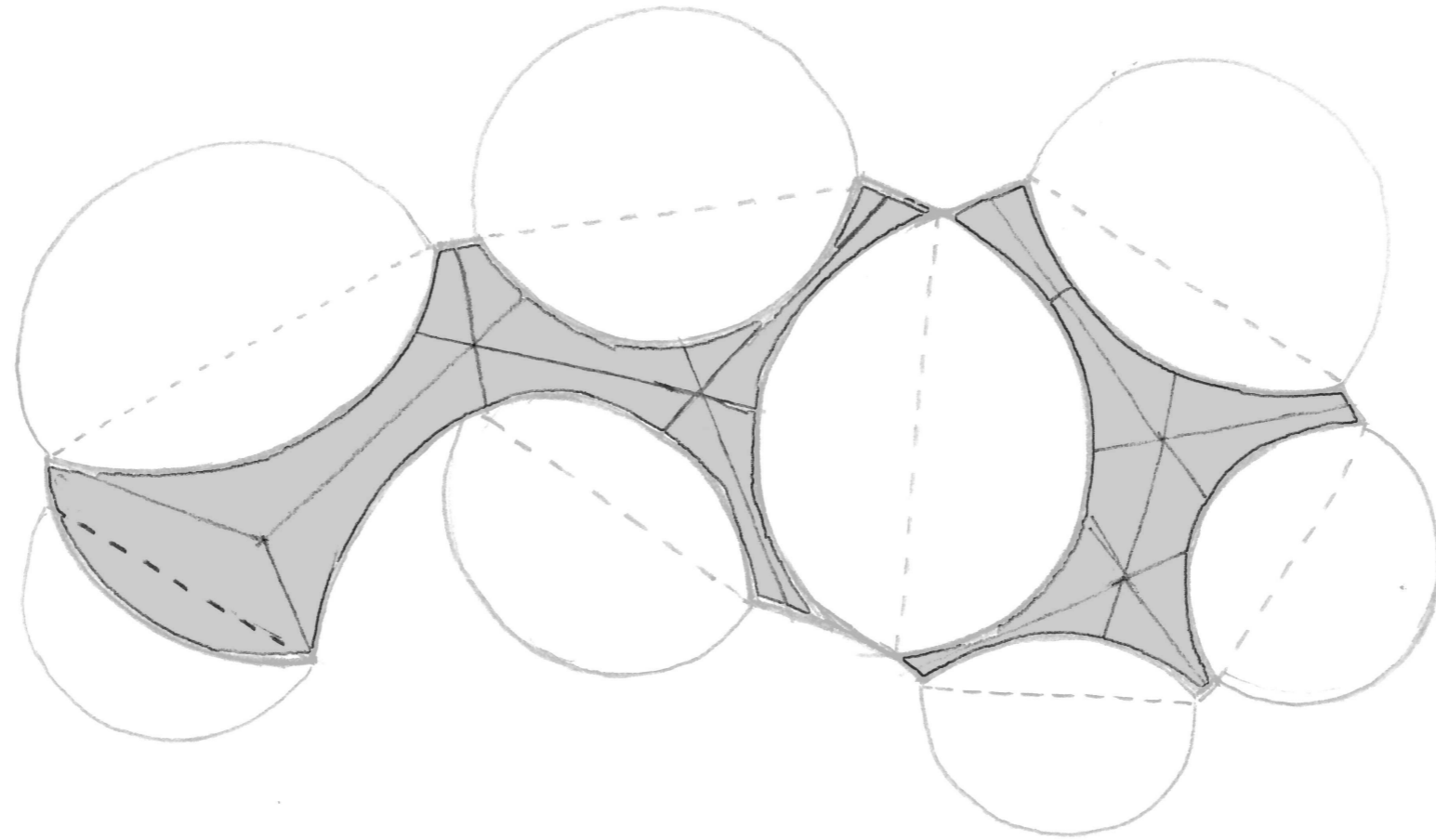


CÉLULAS HABITABLES

membrana textil



ESTRUCTURA
bóveda funicular



MATERIALES
Bloque Técnico

MATERIAL

fibra de carbono

La fibra de carbono como material constructivo se emplea principalmente en compuestos (CFRP), en los que finas fibras se embeben en una matriz polimérica, ofreciendo una relación resistencia-peso muy alta, una elevada rigidez, una buena resistencia a la corrosión y tolerancia a altas temperaturas y baja expansión térmica

Aplicada a tubos estructurales para elementos desmontables, como armazones tipo tienda que sostienen una membrana textil y se anclan a una estructura permanente, permite perfiles esbeltos que minimizan la interferencia visual y una gran facilidad de transporte, montaje y prefabricación; además, su modularidad y durabilidad favorecen soluciones reutilizables y de rápida instalación.



*Sack and Reicher + Muller with Eyal Zur, Sway, 2015.
Commissioned by Sherman Contemporary Art Foundation*

CATEGORIA	PROPIEDAD	VALOR TÍPICO	NOTAS TÉCNICAS
FÍSICAS	Densidad	1.55–1.80 g/cm ³	Depende del tipo de fibra y del contenido de resina. Mucho más ligera que el acero (7.85 g/cm ³)
	Coef. dilatación térmica	-1 a 2 μm/mK (longitudinal)	Puede ser casi nulo o incluso negativo
MECÁNICAS	Resistencia a compresión	800–1,500 MPa	Depende del tipo de matriz y del diseño del laminado
	Resistencia a tracción	3,000–6,000 MPa	Depende del tipo de matriz y del diseño del laminado
QUÍMICAS	Resistencia a la corrosión	Muy alta	No se oxida; excelente para ambientes agresivos
TÉRMICAS	Temperatura de servicio	120–180 °C (epoxi estándar)	Las resinas especiales pueden superar 200–250 °C.
FABRICACIÓN	Tipos de fibra	Standard, Intermedia, Modulo Alto	Determinan rigidez y resistencia
	Formatos	Unidireccional, tejido biaxial, triaxial, tubos, láminas	Selección según dirección de cargas
	Contenido de fibra	55–65% en volumen	A mayor contenido, mejores propiedades mecánicas

MATERIAL

aerogel

El aerogel es un material ultraligero y nanoporoso con conductividad térmica muy baja y densidad mínima; se utiliza para aislamiento, translucidez y ahorro de peso. El aerogel de sílice es frágil, pero las versiones compuestas o poliméricas mejoran su resistencia y su aplicabilidad arquitectónica.

Se comercializa en varios formatos: mantas para aislamiento flexible y fácil instalación; paneles o losas rígidas y laminadas para fachadas y cerramientos; monolitos transparentes o translúcidos para prototipos y muestras; partículas o gránulos para relleno y aislamiento en cavidades; y películas/hojas delgadas para aplicaciones de luz difusa o vidrios aislantes.

Table 1

Technical properties of different aerogel materials represented by a specific product. These are, if not indicated otherwise, given by the producer of the materials.

Product type	Thermal conductivity λ [mW/(m·K)] ^b	Density [kg/m ³]	Water vapour resistance factor μ [-]	Reaction to fire [class] ^c	Thickness for $U = 0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ [mm]	Price for $U = 0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ [€/m ²] ^d
Blanket Spaceloft	15	150	5	C-s1-d0	28	180
Board Heck AERO	19	230	3	A2-s1-d0	31	190
Board Sto Aevero	16	> 150	10	D-s1-d0	29	250
Render Fixit 222	28	220 (dry)	4–5	A2-s1-d0	51	100–190
Granulate Cabot P300	19	65–85 (bulk)	2–3	B	35	120
Translucent panel, OKAGEL, 60 mm fill	19 (fill)	n.a.	∞	Not rated	Ca. 59 ^e	Variable ^f
Stone wool (low thermal conductivity) ^a	34	48	ca. 1	A1	62	10
EPS Polystyrene (low thermal conductivity) ^a	30	19	30	E	55	5

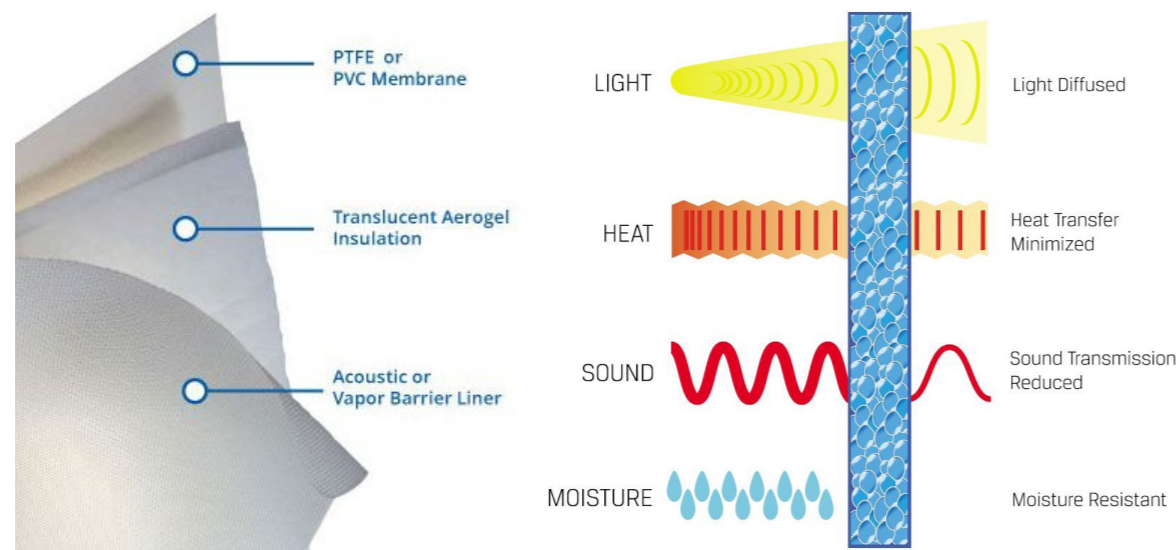
Ganobjak, M., Brunner, S. & Wernery, J., 2020. Aerogel materials for heritage buildings: Materials, properties and case studies. *Journal of Cultural Heritage*, 42, pp.81–98. DOI: 10.1016/J.CULHER.2019.09.007.

ELEMENTO CONSTRUCTIVO

membrana textil con aerogel

Tensotherm es un sistema compuesto que integra una piel exterior de PTFE sobre fibra de vidrio, una manta translúcida con aerogel como núcleo aislante y una lámina interior que actúa como barrera de vapor y mejora el comportamiento acústico. Esta configuración unifica iluminación difusa, aislamiento térmico y prestaciones acústicas en una sola membrana para estructuras tensadas, conservando la flexibilidad, la capacidad de conformado y la ligereza características de las cubiertas tensadas.

Existen varios proyectos documentados que han empleado Tensotherm en estadios y auditorios; entre los ejemplos más citados figuran el Khalifa International Stadium, el Imagine Clearwater Amphitheater y el Dedmon Athletic Center (Radford University).



(izq) Birdair Inc., 2014. *Tensotherm: Insulated Tensioned Membrane* [folleto]. Birdair Inc.
(drch) Cabot Corporation, 2013. *Lumira® Aerogel brochure* [folleto]. Cabot Aerogel.

Performance Category	Blanket Thickness			Test Method
	8mm	16mm	24mm	
Thermal Performance				
U-Value (w/m ² K)	1.16	0.76	0.56	ASTM C1363
R-Value (ft ² °Fhr/Btu)	4.90	7.50	10.10	ASHRAE 90.1
Solar Heat Gain Coefficient	5.30%	3.40%	2.30%	SHGC = T + (U/h) x A
Acoustic Performance				
Absorption (Sabins/ft ²)	0.55	0.69	0.73	ASTM C423
STC	18.0 dB	19.0 dB	21.0 dB	ASTM E90
Fire Performance	Class A	Class A	Class A	ASTM E84, ASTM E108, NFPA 701 DIN EN-13501-1 in accordance with EN 13823 EU Building Class B, S1
Visual Transmittance	4.3%	3.0%	2.2%	ASTM E424 Method B

Birdair Inc., 2014. *Tensotherm: Insulated Tensioned Membrane* [folleto]. Tabla: *Tensotherm's technical performance*. Birdair Inc.

ELEMENTO CONSTRUCTIVO

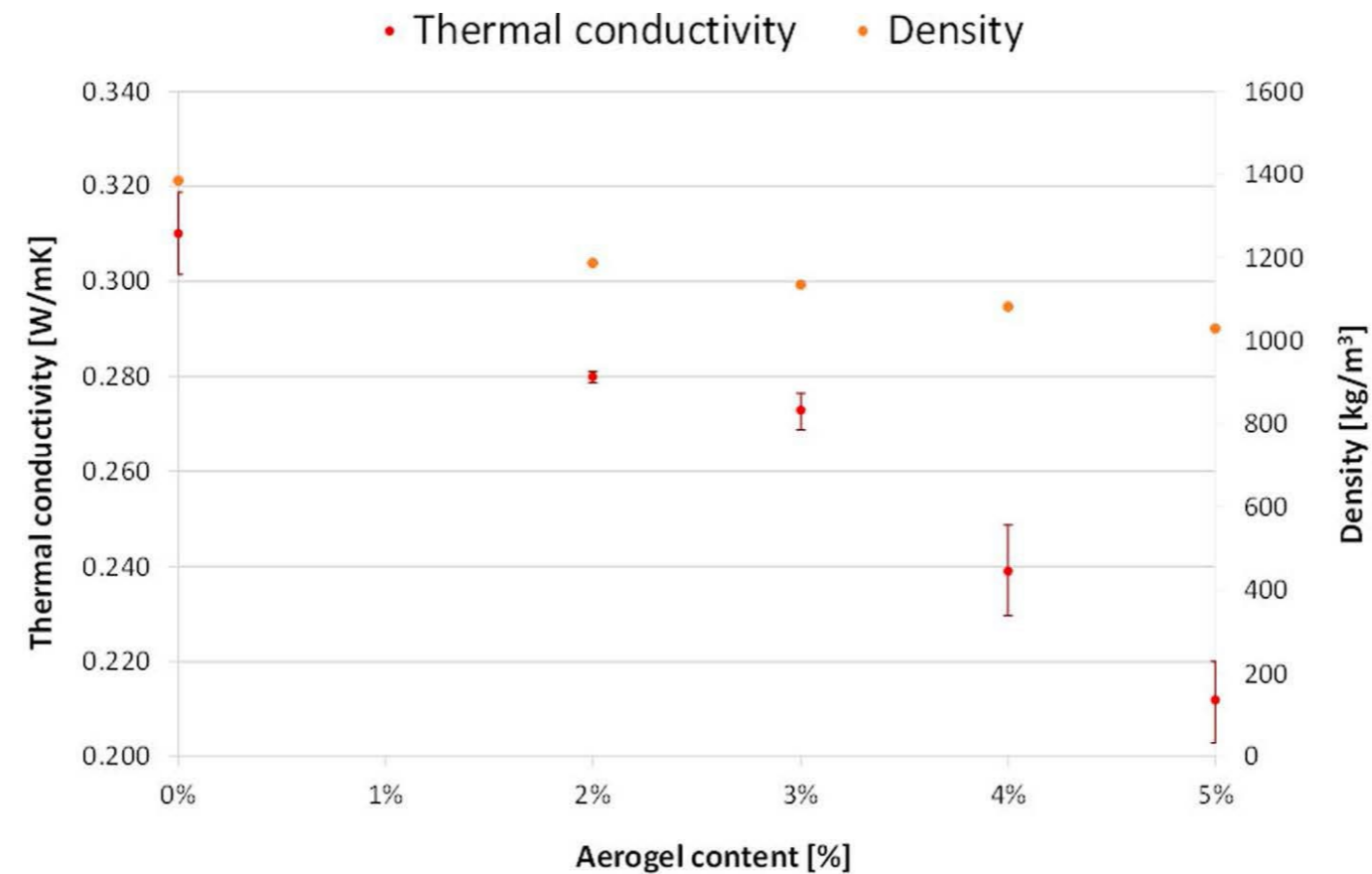
ladrillo con gránulos de aerogel

Los ladrillos con aerogel combinan las propiedades del ladrillo cerámico con el alto aislamiento del aerogel, posibilitando la construcción de bóvedas funiculares que cumplan con los requisitos normativos de eficiencia térmica.

Estudios recientes (Buratti et al.; Çağlar) analizaron el comportamiento térmico de mezclas con distintos porcentajes en peso de aerogel granular (0–10 %) y concluyeron que, al aumentar el contenido de aditivo, disminuye la densidad de las muestras, lo que se traduce en una reducción de la conductividad térmica (de 0,31 W/mK en arcilla pura a 0,21 W/mK con 5 % de aerogel) y en una mejora de la absorción acústica (valor máximo 0,3 a 1600 Hz). Los análisis mecánicos preliminares indican además que la incorporación de aerogel no provoca cambios significativos en la resistencia a la flexión ni a la compresión.

Buratti, C., Greco, P. F., Susta, S. & Merli, F. (2024) *Clay-aerogel mixtures for bricks fabrication: Experimental characterization and thermal performance simulation*, Applied Thermal Engineering, June 2025. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2025.12.

Çağlar, A. (2024) *Use of granular aerogel in lightweight blend brick: On thermal properties and compressive strength*, 7(2), pp. 197–206.



ELEMENTO CONSTRUCTIVO

rasilla rellena de aerogel

En la industria de la construcción se comercializan diversos tipos de ladrillos aislantes que emplean aire, lana mineral, EPS o perlita como relleno, presentando conductividades térmicas en torno a 70–90 mW/(m·K). En el estudio de Wernery et al. (2017) se sustituyó el relleno de perlita de un ladrillo comercial por un compuesto de aerogel de alta capacidad aislante, obteniéndose una reducción notable de la conductividad térmica, desde 91 hasta 59 mW/(m·K) ($\approx 35\%$), lo que equivale a un valor U de 0,157 W/(m²·K). Estos resultados evidencian que un material de relleno más eficiente mejora de forma significativa las prestaciones térmicas del ladrillo, permitiendo tanto alcanzar un valor U más favorable como reducir el espesor del elemento, con el consiguiente ahorro de espacio y nuevas posibilidades arquitectónicas. Además, los autores desarrollaron una pasta de gránulos de aerogel que se introducía con facilidad en las cavidades y se adhería a la arcilla, garantizando una buena cohesión y una manipulación normal de los denominados “aeroladrillos”.

Wernery, J., Ben-Ishai, A., Binder, B. & Brunner, S., 2017. *Aerobrick – An aerogel-filled insulating brick*. Energy Procedia, 134, pp.490–498.
DOI: 10.1016/j.egypro.2017.09.607.

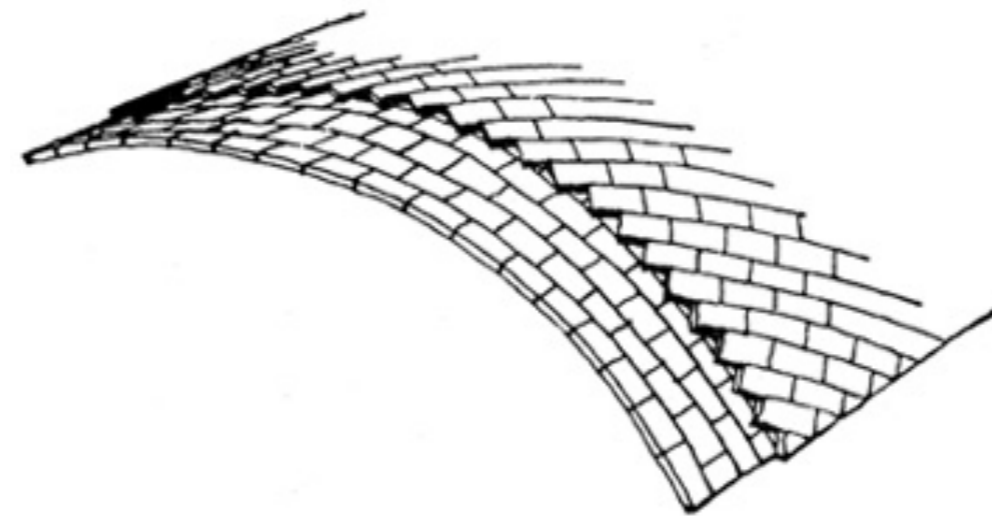
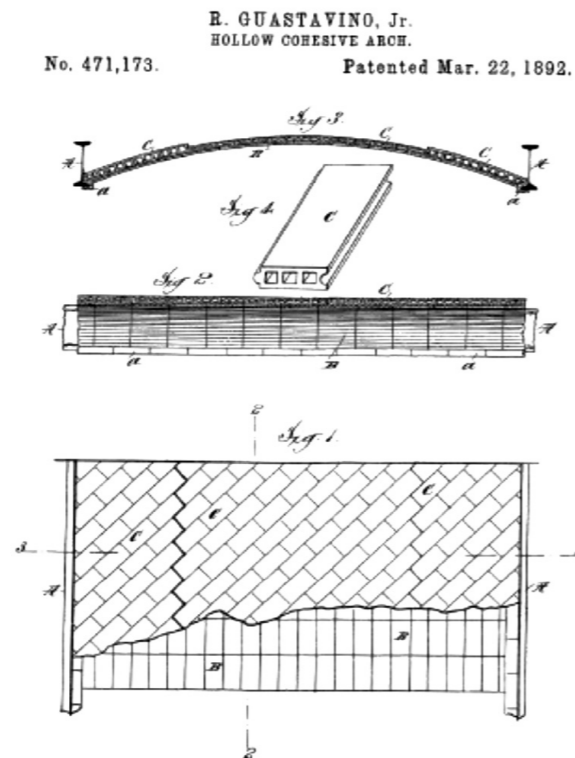


SISTEMA CONSTRUCTIVO

bóveda funicular basada en la volta catalana

La volta catalana es un sistema tabicado, **una estructura que debe su estabilidad a su geometría** funicular; por ello la rasilla cerámica (< 3 cm) es el material tradicional frente al ladrillo macizo. Se ejecuta mediante la colocación de piezas cerámicas por la cara plana en capas sucesivas, lo que permite obtener curvaturas de espesor muy reducido y una línea de compresión continua que define su comportamiento estructural.

- **Estabilidad por geometría:** la bóveda tabicada trabaja como una estructura funicular en la que la línea de compresión sigue la curvatura, de modo que la capacidad portante depende tanto de la resistencia del material como, y sobre todo, de la continuidad geométrica y la correcta transmisión de compresiones.
- **Rasilla vs ladrillo macizo:** la rasilla (pieza cerámica plana < 3 cm) permite espesores reducidos, menor peso propio y la conformación de radios finos y continuos; en cambio, el ladrillo macizo incrementa inercia y cargas permanentes y exige soluciones de refuerzo y apoyo distintas que alteran la forma funicular y el comportamiento original de la bóveda.



(Izq.) Dibujo de una patente estadounidense del "Hollow Cohesive Arch", concedida el 22 de marzo de 1892 a Rafael Guastavino Jr. (Drch.) Adell, J.M. & Rolando, A., 2005. Luis Moya y las bóvedas tabicadas en la posguerra española. *Informes de la Construcción*, 57(496), p.460. Figura 12: Aparejo para bóvedas de rasilla. DOI: 10.3989/ic.2005.v57.i496.460.

ELEMENTO CONSTRUCTIVO

Bioreceptividad



Energy tree, Gordon Matta-Clark, 1971-74.



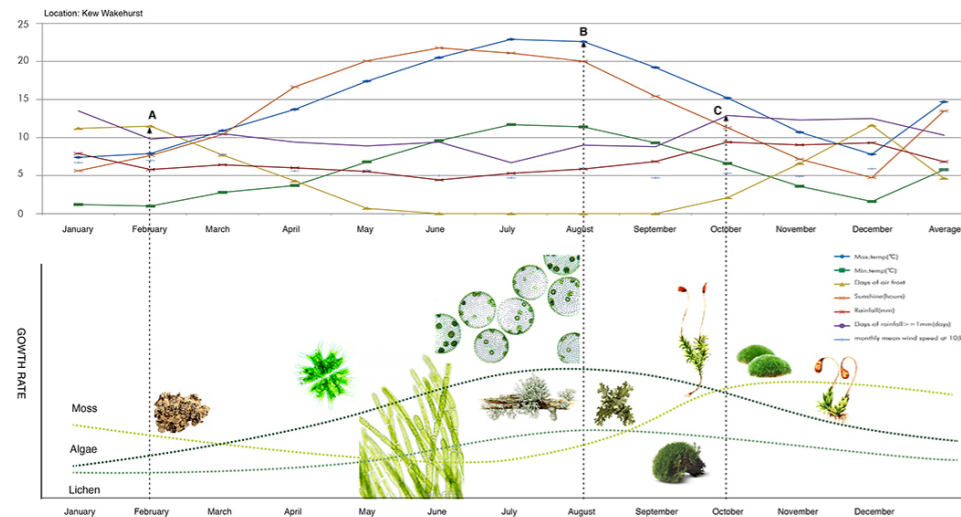
October, 2014



February, 2015



May, 2015



Materiability, 2015. Bio Responsive Bloom. Materiability Research Group, The Bartlett School of Architecture, UCL. Supervisores: Marcos Cruz; Richard Beckett.

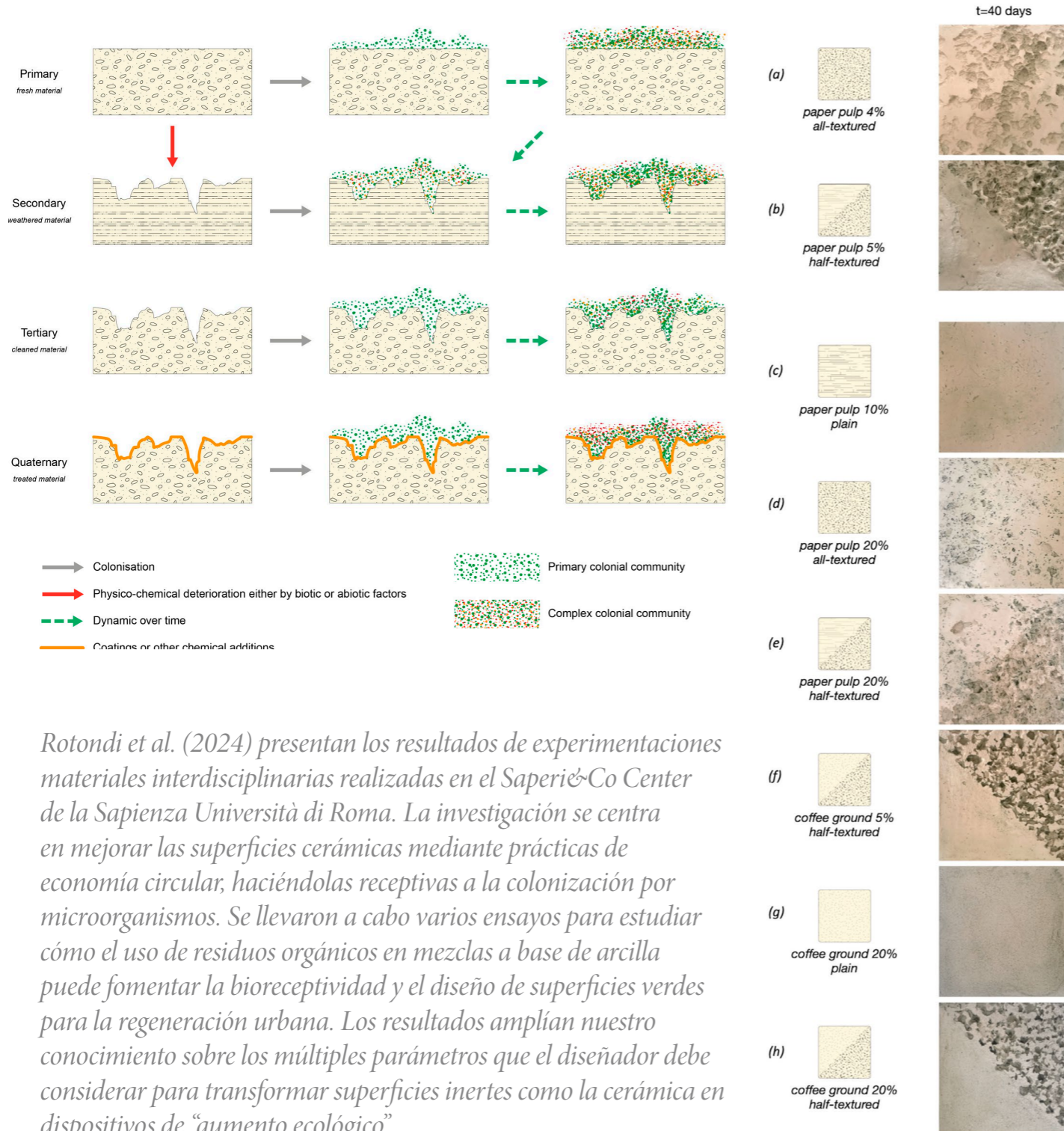


Diversas especies de suculentas (*Sedum*, *Aeonium*, *Crassula* y *Echeveria*) colonizan tejados de teja sin necesidad de sustrato gracias a su capacidad para captar el rocío matutino, su principal fuente de agua, y almacenarlo en hojas carnosas; además, cierran los estomas durante el día para minimizar la pérdida hídrica. Su adaptación a crecer sobre roca les permite introducir las raíces entre las juntas de las tejas. Las tejas cerámicas también absorben humedad ambiental durante la noche, generando cada día una pequeña reserva hídrica que facilita la supervivencia de estas plantas.

Urbanarbolismo, s.f. Cubiertas vegetales espontáneas. Las proezas de las plantas suculentas. Disponible en: <https://www.urbanarbolismo.es/blog/cubiertas-vegetales-espontaneas-las-proeza-de-las-plantas-suculentas/>

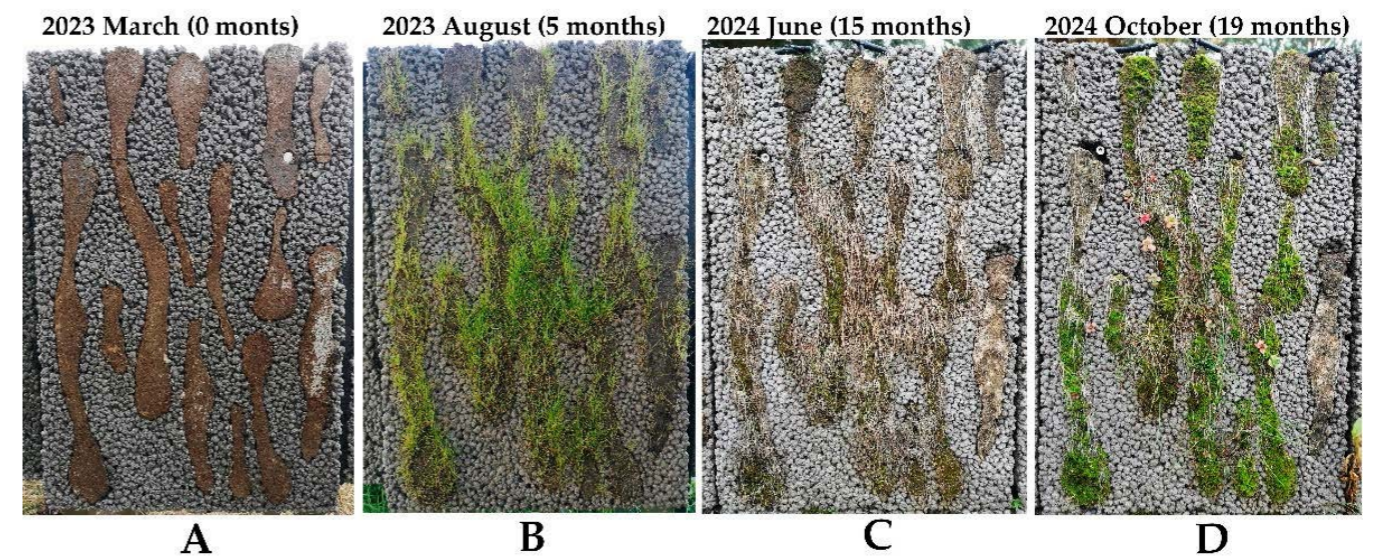
ESTUDIO DE CASOS

tesela bioreceptiva



Rotondi et al. (2024) presentan los resultados de experimentaciones materiales interdisciplinarias realizadas en el Saperi&Co Center de la Sapienza Università di Roma. La investigación se centra en mejorar las superficies cerámicas mediante prácticas de economía circular, haciéndolas receptivas a la colonización por microorganismos. Se llevaron a cabo varios ensayos para estudiar cómo el uso de residuos orgánicos en mezclas a base de arcilla puede fomentar la bioreceptividad y el diseño de superficies verdes para la regeneración urbana. Los resultados amplían nuestro conocimiento sobre los múltiples parámetros que el diseñador debe considerar para transformar superficies inertes como la cerámica en dispositivos de “aumento ecológico”.

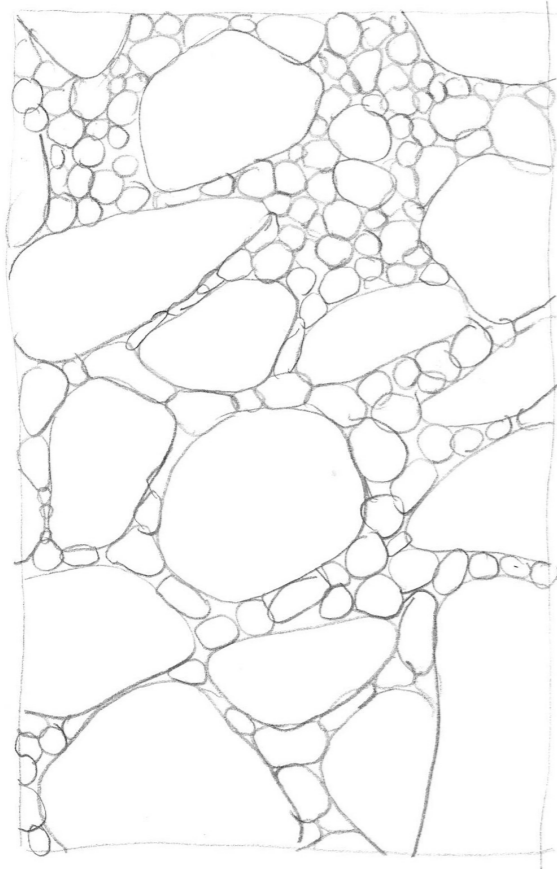
Rotondi, C., Gironi, C., Ciuffo, D., Diana, M. & Lucibello, S., 2024. Bioreceptive Ceramic Surfaces: Material Experimentations for Responsible Research and Design Innovation in Circular Economy Transition and “Ecological Augmentation”. Sustainability, 16(8), p.3208. DOI: 10.3390/su16083208.



Jakubovskis, R., 2025. Biophilic Façades: The Potentiality of Bioreceptive Concrete. Buildings, 15(20), p.3646. DOI: 10.3390/buildings15203646.

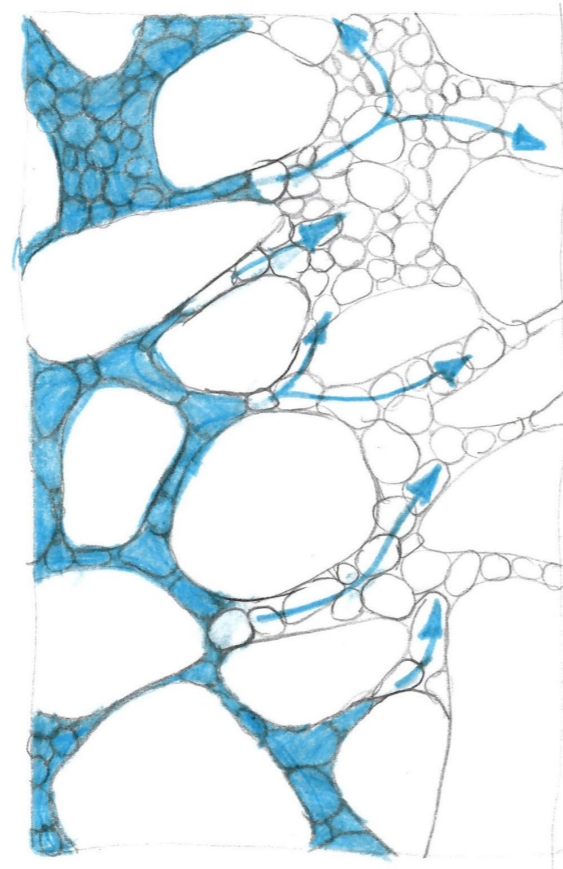
DETALLE CONSTRUCTIVO

captación de agua



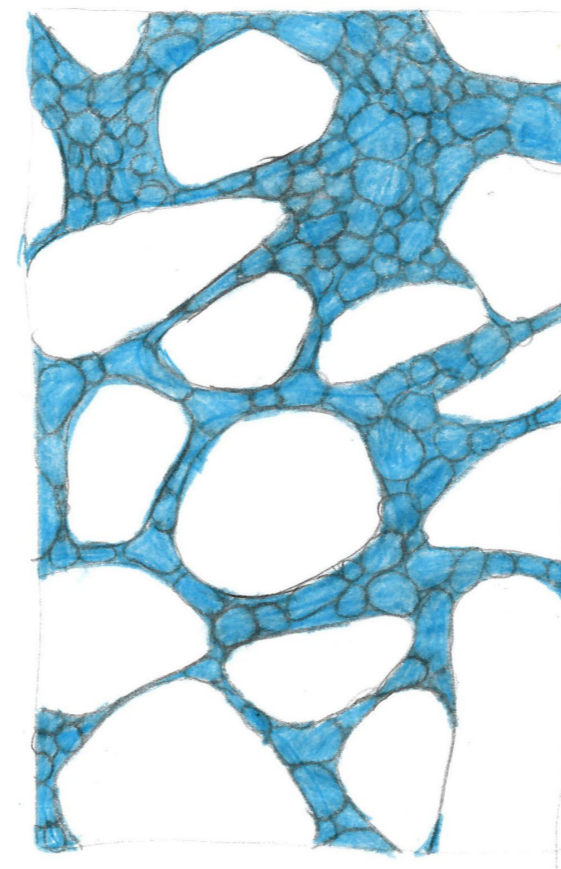
ETAPA 1:
MATERIAL SECO

*Red de poros llena de aire.
Condición inicial al colocar el material.*



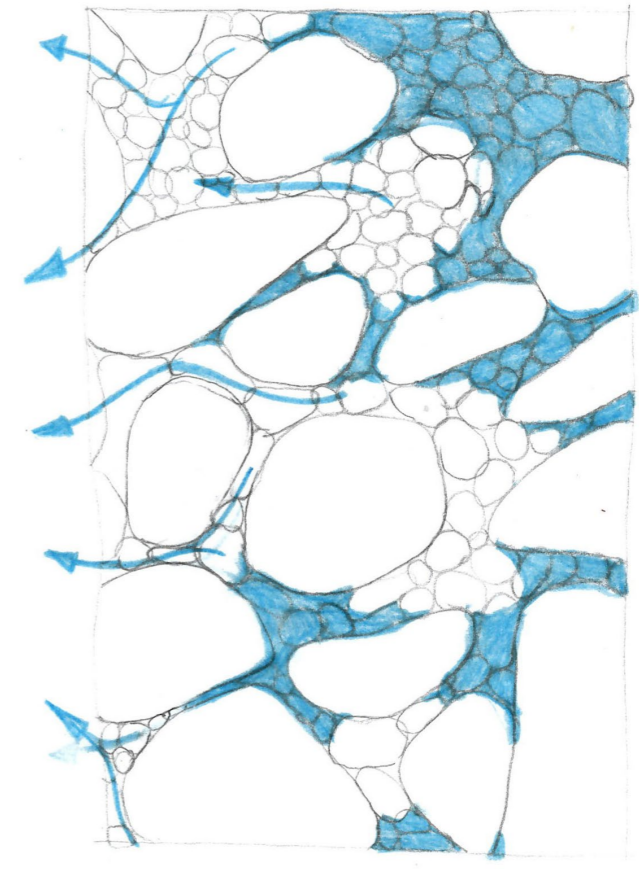
ETAPA 2:
CAPTACIÓN DE HUMEDAD

*La condensación y la capilaridad impulsan la entrada de agua. Al formarse rocío o aumentar la humedad, el líquido se acumula en la superficie y en las bocas de los poros; las fuerzas capilares atraen ese líquido hacia el interior y un frente de humectación avanza por la red porosa.
Poros más finos y mayor humectabilidad aceleran la penetración.*



ETAPA 3:
SATURACIÓN

Los poros se llenan de agua y se establece el equilibrio capilar.

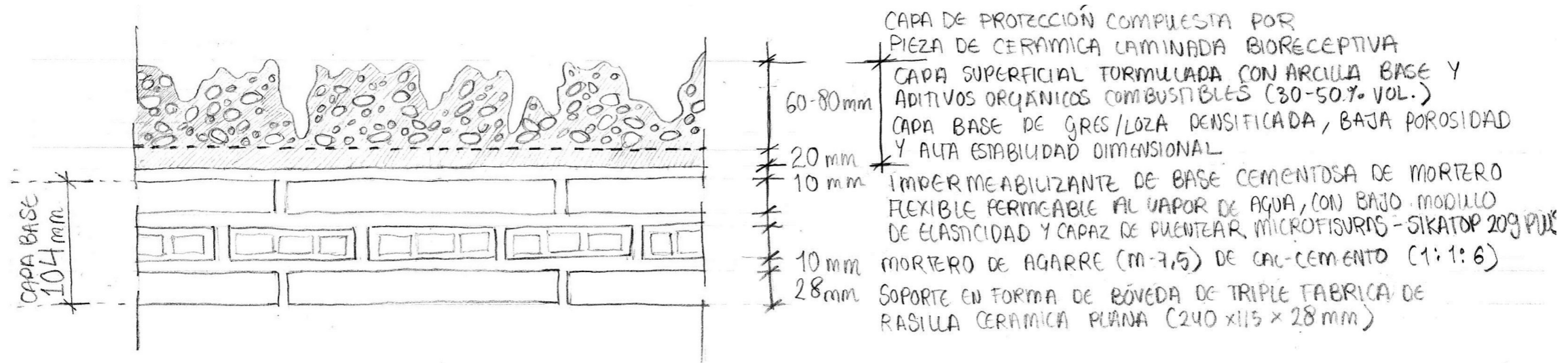


ETAPA 4:
RETENCIÓN DE HUMEDAD

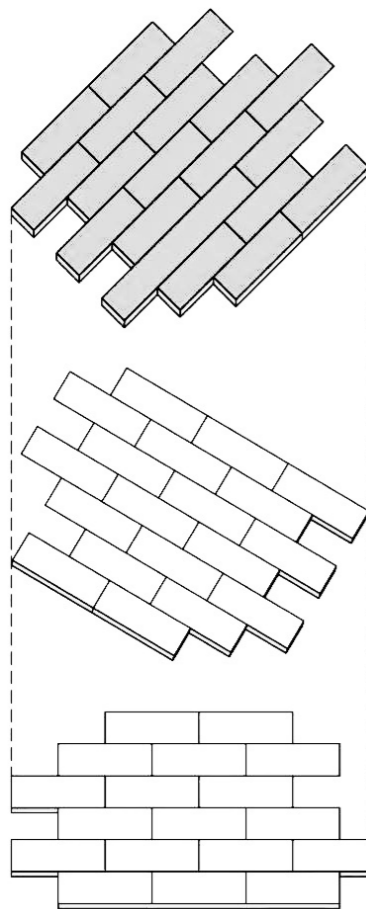
Al secarse el ambiente, la evaporación elimina primero el agua superficial y un frente de secado progresa hacia el interior. No obstante, la capilaridad y la geometría de los poros retienen humedad en los poros más finos y en las películas líquidas conectadas, de modo que la humedad interna puede persistir mucho después de que el exterior parezca seco.

DETALLE CONSTRUCTIVO

sección de la bóveda funicular



CAPA BASE
aparejo rompejuntas

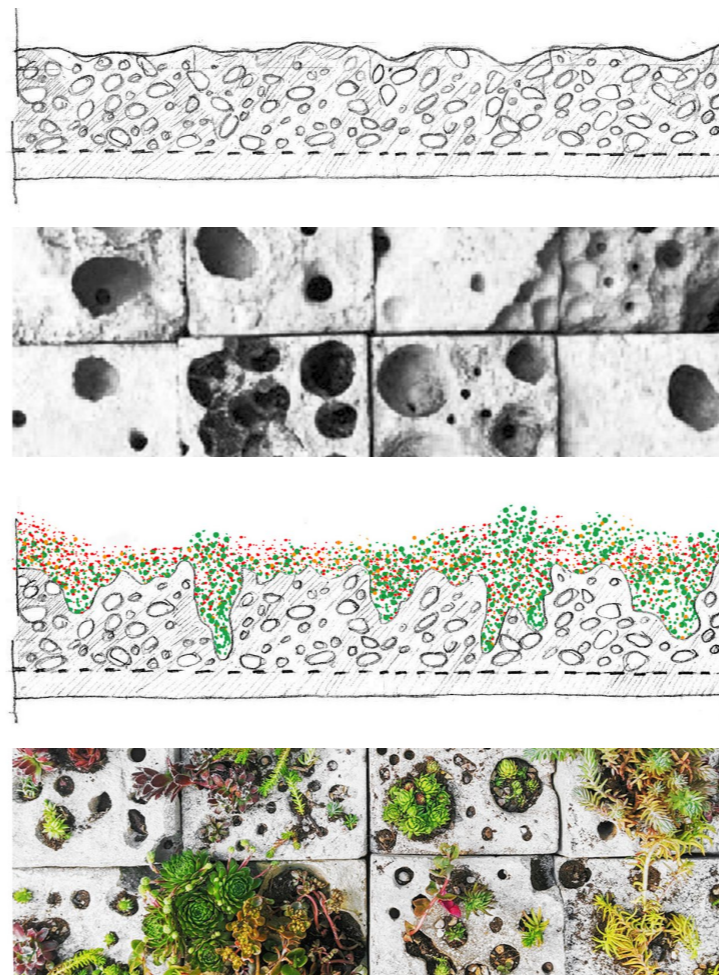


SUB-CAPA 3
Rasillas colocadas a 90° respecto a la subcapa 2 para romper el alineamiento de las juntas.

SUB-CAPA 2
Rasillas colocadas a 45° respecto a la subcapa 1 para romper el alineamiento de las juntas.

SUB-CAPA 1
Rasillas colocadas en dirección perpendicular al soporte; juntas desfasadas con solape de media pieza.

CAPA SUPERIOR
pieza cerámica laminada bioreceptiva



Capa Superficial

Revestimiento cerámico superficial formulado con la misma arcilla base modificada mediante la incorporación de 30-50% en volumen de aditivos orgánicos combustibles (pulpa de celulosa, fibras vegetales, etc). Tras la cocción, estos aditivos generan una matriz altamente porosa interconectada, con rugosidad superficial elevada y capilaridad activa. Esta capa funciona como superficie bioreceptiva, favoreciendo la retención de humedad atmosférica (rocío) y la colonización de especies vegetales rupícolas adaptadas a sustratos minerales de baja profundidad.

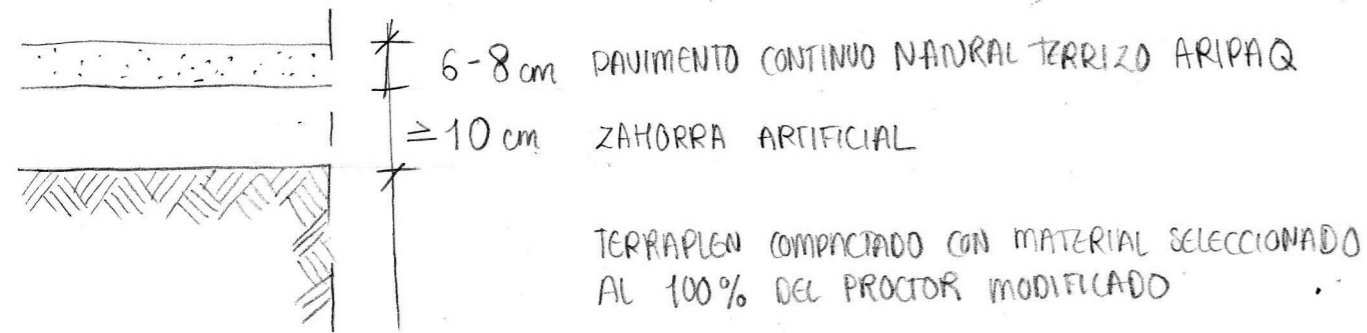
Capa Base

Elemento cerámico de soporte ejecutado con pasta de gres o loza densificada con porosidad abierta mínima (absorción de agua $\leq 2\%$). Actúa como sustrato rígido y dimensionalmente estable, garantizando la integridad geométrica del conjunto bilaminado y evitando deformaciones diferenciales que puedan comprometer la adherencia de la capa porosa superior. Debe presentar resistencia a flexión suficiente para soportar tensiones internas del conjunto bilaminado. No cumple función estructural portante, pero constituye la base mecánica sobre la que se ancla la capa porosa bioreceptiva.

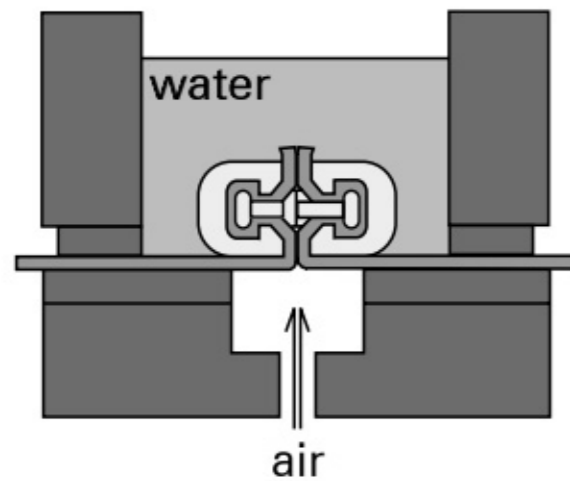
DETALLE CONSTRUCTIVO

pavimento y huecos

PAVIMENTO TERRIZO



PANEL PRACTICABLE CON CIERRE POR CREMALLERA (YKK)



CODIGO DE CLASIFICACION

TZN C - 10 7 BDWHR2 Z CR M-DUTY PUL-100 W-SEAL

TIPO DE CADENA
estanqueidad al aire y al agua

TAMAÑO

CODIGO DE DESLIZADOR
latón, doble tirador, cuerpo reforzado

CODIGO DE FUNCION DESLIZADOR
doble tirador con autobloqueo

CODIGO DE CINTA
Caucho de cloropreno

CODIGO DE ACABADO DESLIZADOR
acabado con pintura en polvo personalizado específico para uso industrial

ESPECIFICACION ESPECIAL
de alta resistencia (uso industrial), no corrosivo y resistente a UV, doble sellado de alto rendimiento, máxima protección contra la penetración de agua, gases y agentes químicos, para aplicaciones peligrosas, de supervivencia o especializadas en entornos marinos

TRANSMITANCIA TÉRMICA

cálculos

TRANSMITANCIA TÉRMICA - BÓVEDA FUNICULAR

RESISTENCIA TÉRMICA RASILLA			
	espesor (mm)	conductividad térmica, λ (W/mK)	resistencia térmica, R (m^2K/W)
rasilla con camara de aire	28		0.26
camara de aire	20		0.17
rasilla sin camara de aire	28	0.32	0.09
aerogel	18	0.02	0.82
rasilla con aerogel			0.91

FACHADA			
	espesor (mm)	conductividad térmica, λ (W/mK)	resistencia térmica, R (m^2K/W)
CAPA BASE			
rasilla con aerogel	28		0.91
mortero	10	0.80	0.01
rasilla con aerogel	28		0.91
mortero	10	0.80	0.01
rasilla con aerogel	28		0.91
CAPA SUPERIOR			
mortero	10	0.80	0.01
tesela bioreceptiva			
Rse			0.04
Rsi			0.13
		Rt	2.92
		U	0.34
		U_lim	0.56
			CUMPLE

CUBIERTA			
	espesor (mm)	conductividad térmica, λ (W/mK)	resistencia térmica, R (m^2K/W)
CAPA BASE			
rasilla con aerogel	28		0.91
mortero	10	0.80	0.01
rasilla con aerogel	28		0.91
mortero	10	0.80	0.01
rasilla con aerogel	28		0.91
CAPA SUPERIOR			
mortero	10	0.80	0.01
tesela bioreceptiva			
Rse			0.04
Rsi			0.10
		Rt	2.89
		U	0.35
		U_lim	0.50
			CUMPLE

TRANSMITANCIA TÉRMICA - MEMBRANA TEXTIL

	espesor (mm)	resistencia térmica, R (m^2K/W)
tensotherm	24	0.56
		U_lim 0.56
		CUMPLE
		K_lim 0.67
		CUMPLE

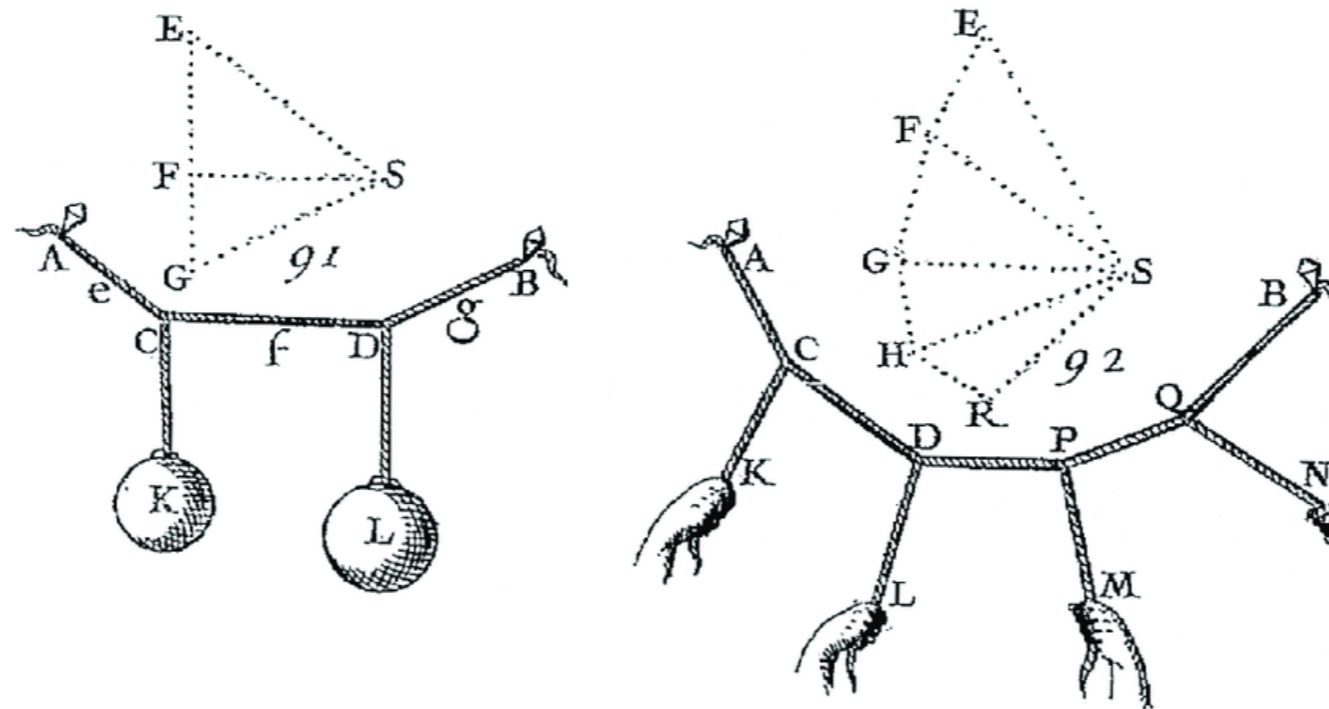
ESTRUCTURA
Bloque Técnico

ESTRUCTURA

Thrust Network Analysis (TNA)

Históricamente, se han utilizado maquetas funiculares y la estática gráfica para diseñar estructuras abovedadas. Estas técnicas de exploración y experimentación de forma, tanto físicas como gráficas, permiten explorar sistemas tridimensionales. Sin embargo, el proceso de diseño es laborioso y tedioso, especialmente debido a la falta de control global, ya que cada cambio local afecta a la geometría general.

En los últimos 15 años, se han desarrollado algunos métodos computacionales tridimensionales para el diseño en equilibrio de bóvedas. Más recientemente, se han creado varias herramientas interactivas que permiten explorar en tiempo real formas funiculares.

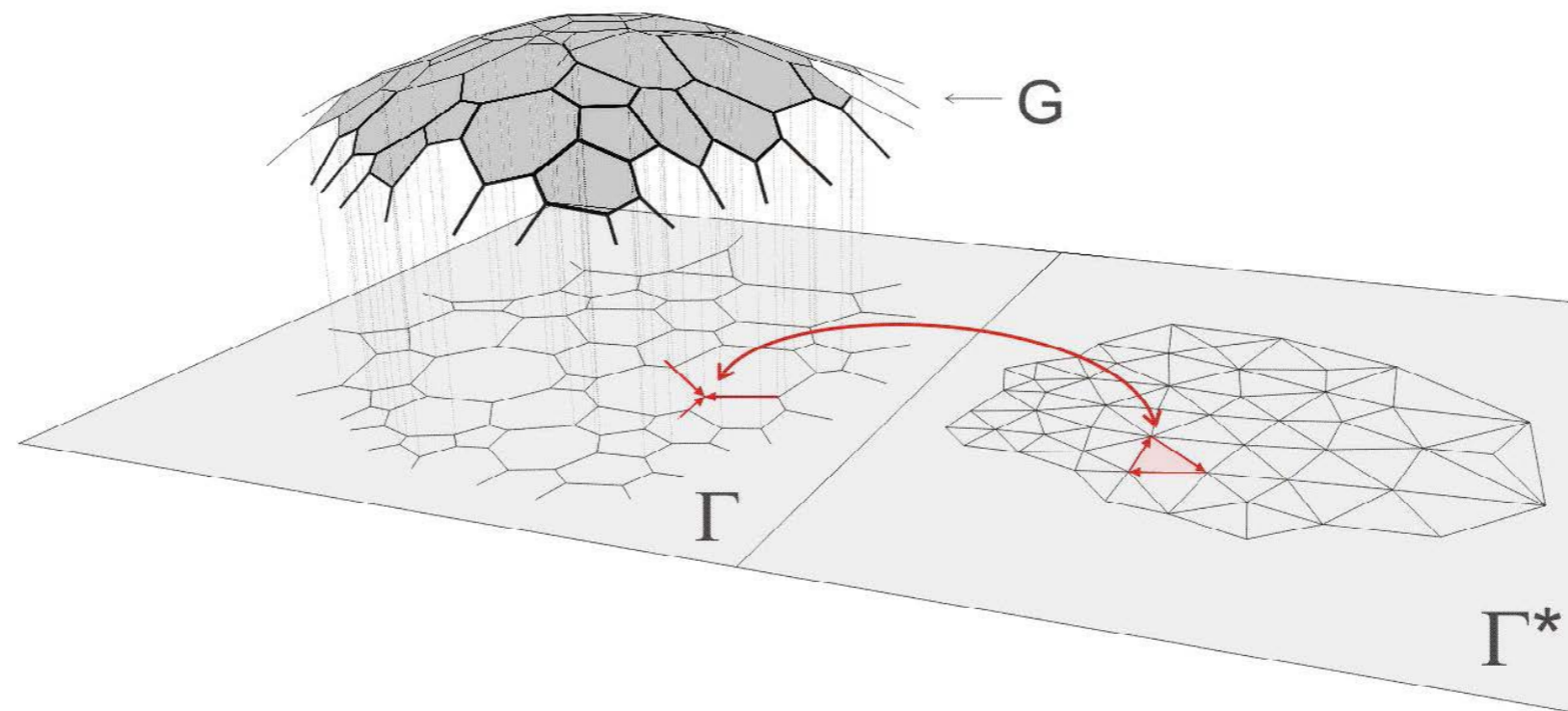


(izq.) Uno de los dibujos de Stevin sobre el equilibrio de fuerzas de pesos colgantes en una cuerda (1586),
y (drch.) una ilustración de Varignon que muestra un análisis gráfico de una forma funicular (1725)

ESTRUCTURA

Thrust Network Analysis (TNA)

El TNA es una metodología para generar superficies abovedadas que trabajan en compresión pura. Este método halla posibles soluciones funiculares dentro de una envolvente definida. Utilizando geometría proyectiva, teoría de la dualidad y optimización lineal, proporciona un método gráfico que adopta las mismas ventajas de técnicas de la estática gráfica, extendiendo su aplicabilidad a problemas tridimensionales.



Block, P. & Ochsendorf, J., 2007. Thrust Network Analysis: A new methodology for three-dimensional equilibrium, *Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures*, 48(3), pp.167–173. Figura 3: Relationship between compression shell (G), its planar projection (primal grid Γ) and the reciprocal diagram (dual grid Γ^*)

ESTRUCTURA

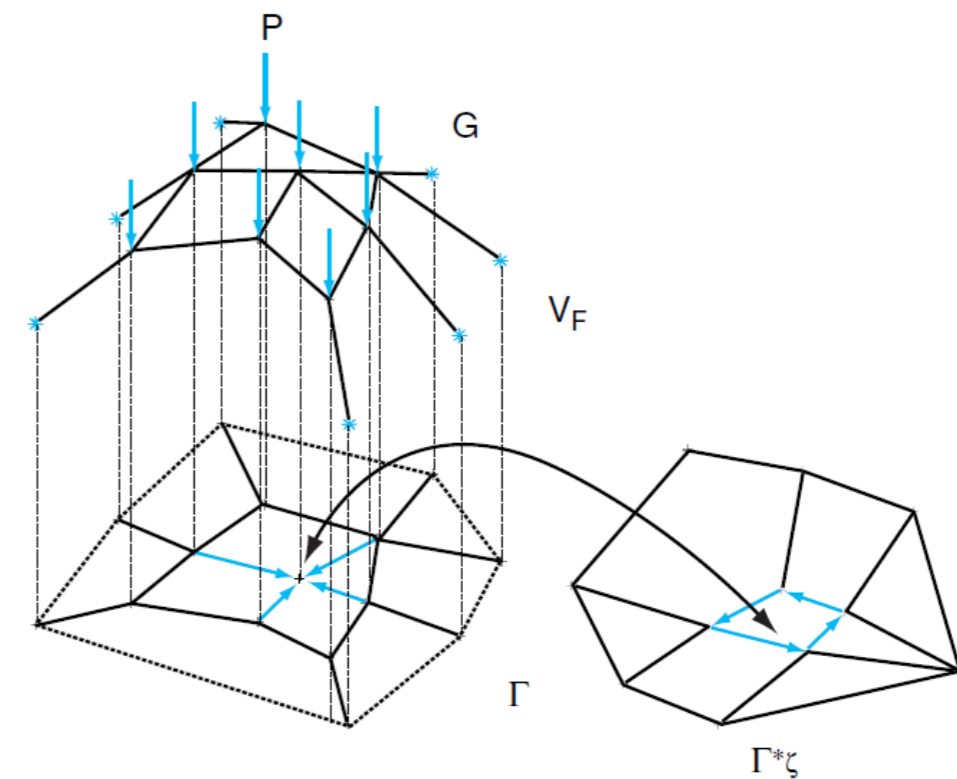
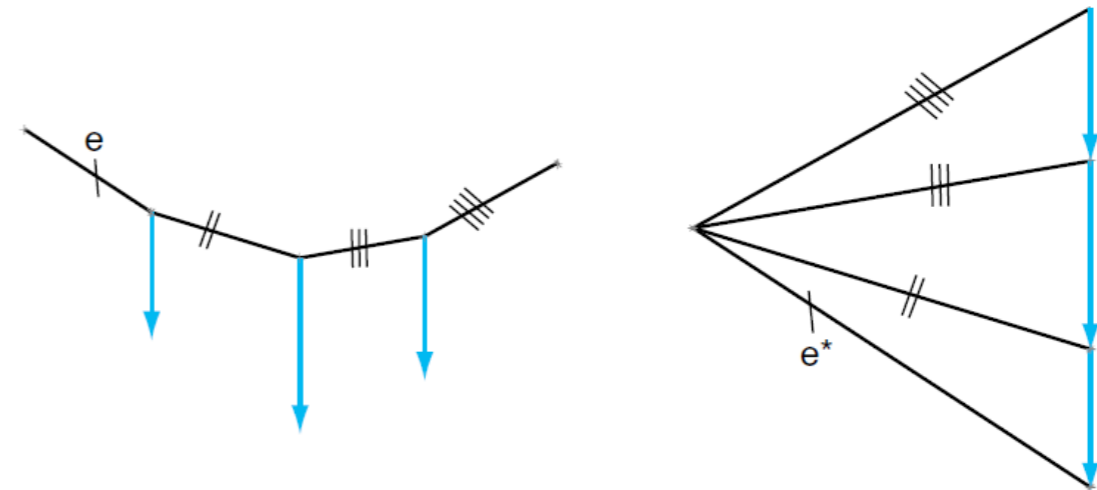
Estática gráfica y diagramas recíprocos

La estática gráfica es un método para el diseño y análisis de estructuras basado en la geometría y el dibujo técnico.

Utiliza dos diagramas:

- un *diagrama de forma*, que representa la geometría de la estructura articulada mediante nodos,
- y un *diagrama de fuerzas*, también conocido como diagrama de Cremona o diagrama de Maxwell-Cremona, que representa el equilibrio entre las fuerzas internas y externas de la estructura.

La potencia de la estática gráfica radica en su capacidad bidireccional; se puede utilizar el diagrama de forma para construir el diagrama de fuerzas, o bien aplicar el proceso inverso y construir partes del diagrama de forma a partir de un diagrama de fuerzas deseado, es decir, tanto las restricciones formales como las restricciones de fuerza pueden guiar la exploración del diseño.



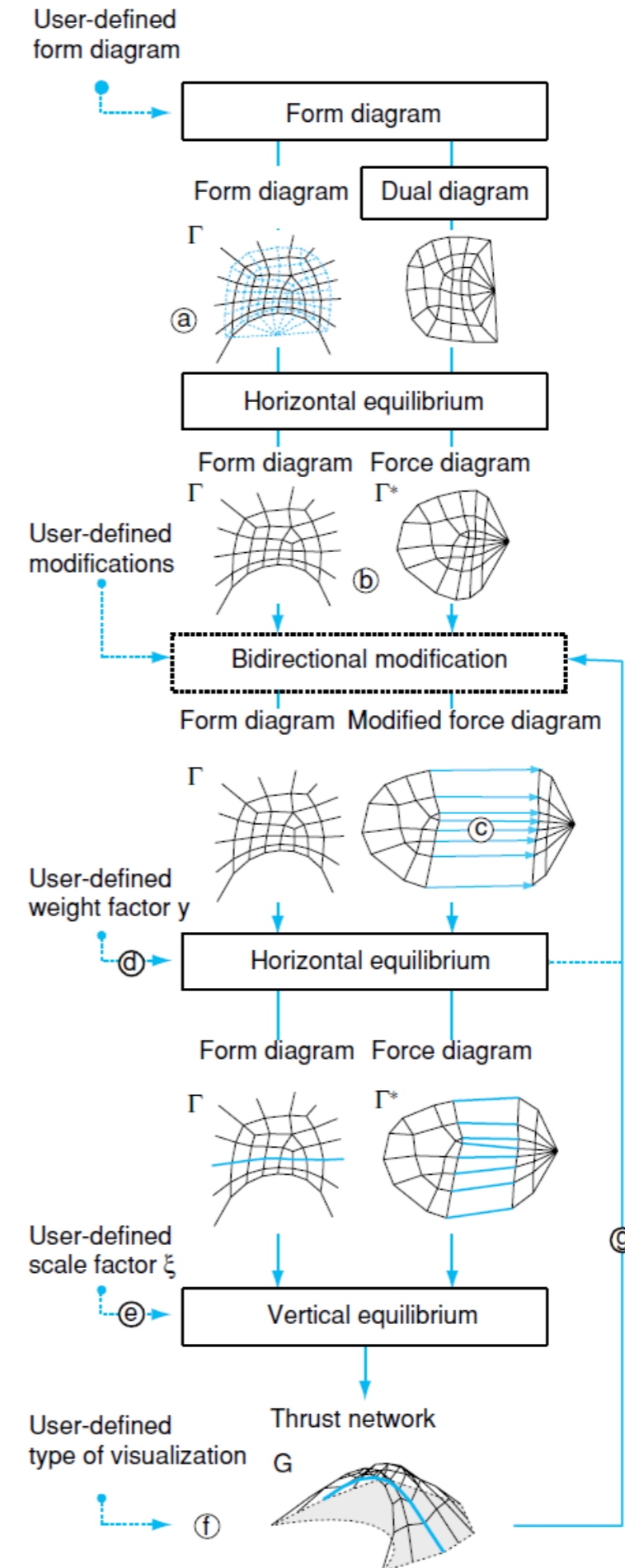
Rippmann, M., Lachauer, L. & Block, P., 2012. Interactive Vault Design. *International Journal of Space Structures*, 27(4), pp.219–230. Figura 1: a) The form diagram for a tension/hanging funicular; b) its force diagram; Figura 2: Thrust Network Analysis: form diagram Γ , force diagram Γ^* , with given scale ζ , the reciprocal relation between one node in the form diagram and corresponding space in the force diagram, and the thrust network G for given supports V_F and loading P . DOI: 10.1260/0266-3511.27.4.219.

ESTRUCTURA

RhinoVAULT

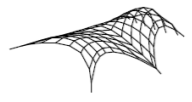
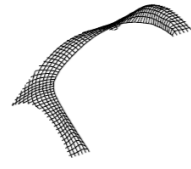
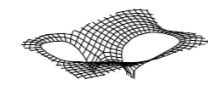
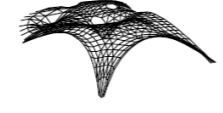
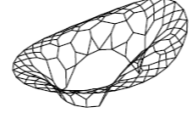
RhinoVAULT es un software específicamente creado para la exploración de formas estructurales utilizando el método de TNA.

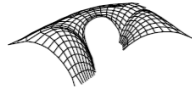



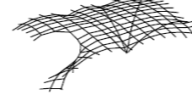
- **Diagrama de Forma:** define la disposición de las fuerzas en planta y determina las condiciones de contorno de la estructura. Sirve como punto de partida para definir la topología de las trayectorias de carga.
- **Diagrama Dual (diagrama de fuerzas):** se genera a partir del diagrama de forma. Representa los componentes horizontales de las fuerzas. Este paso establece una relación recíproca entre los diagramas de forma y fuerzas.
- **Equilibrio Horizontal:** asegura que los bordes correspondientes en los diagramas de forma y dual sean paralelos y estén correctamente orientados. Este paso ajusta iterativamente la geometría de ambos diagramas hasta alcanzar el equilibrio.
- **Modificación Bidireccional:** RhinoVAULT permite modificaciones interactivas y bidireccionales entre los diagramas de forma y fuerzas.
- **Equilibrio Vertical:** Una vez establecido el equilibrio horizontal, se calcula el equilibrio vertical para determinar las alturas de los nodos y, por ende, la forma tridimensional de las líneas de empuje. La geometría vertical resulta del balance entre las cargas verticales y los empujes horizontales definidos por las condiciones de equilibrio.

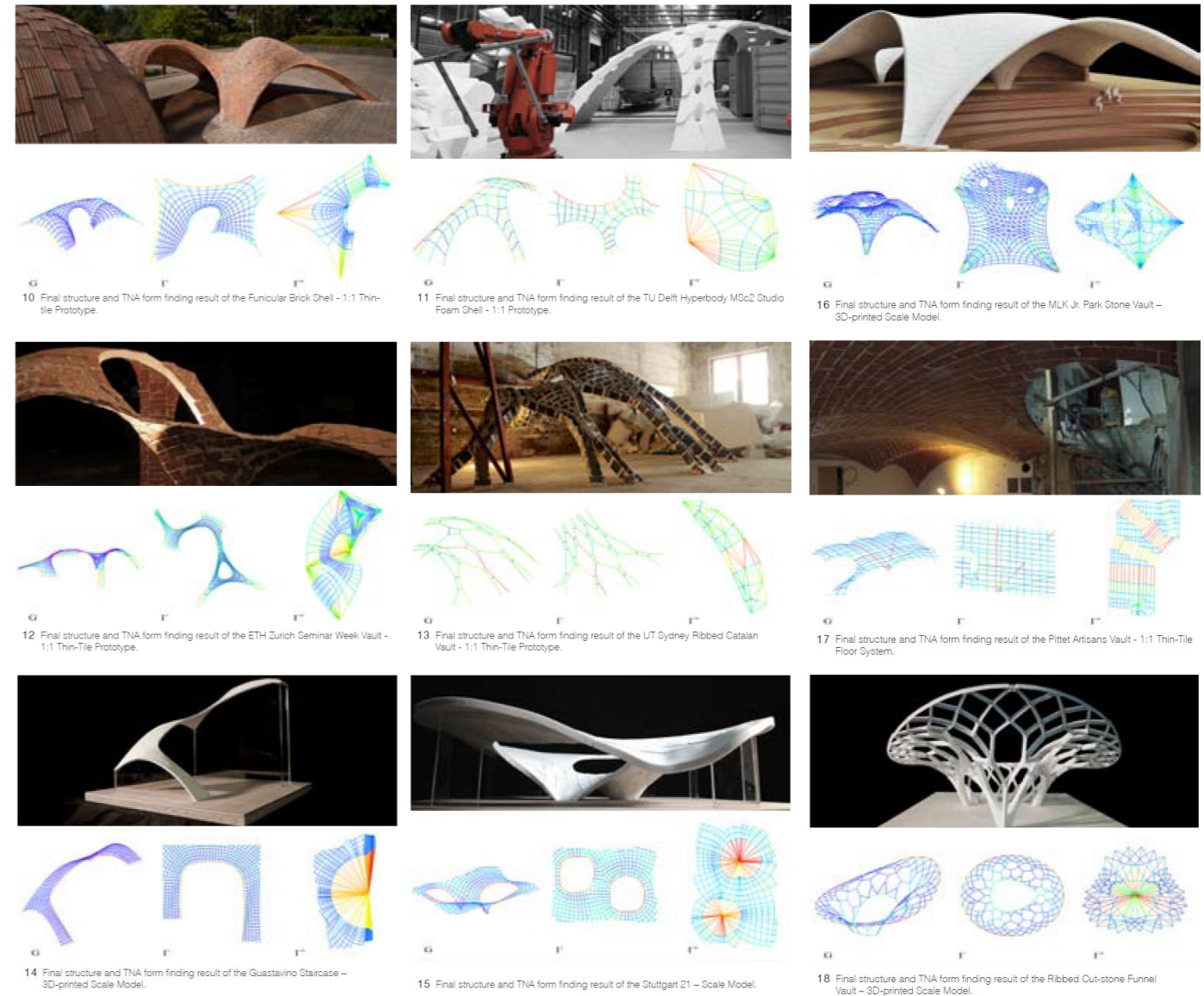


ESTUDIO DE CASOS

RhinoVAULT

	Radical Cut-stone Vault	Guastavino Staircase	Stuttgart 21Vault	MLK Jr. Park Stone Vault	Ribbed Cut-Stone Funnel Vault
					
Credits	Disclosed after blind peer preview	Disclosed after blind peer preview	Disclosed after blind peer preview	Disclosed after blind peer preview	Disclosed after blind peer preview
Year	2010	2013	2013	2012	2013
Material	ZCORP 3d-print	ZCORP 3d-print	ZCORP 3d-print	ZCORP 3d-print	ZCORP 3d-print
l / w / h (cm)	55 / 52 / 14	39 / 39 / 39	47 / 33 / 9	94 / 87 / 25	60 / 47 / 25
Surface Area (cm²)	1733	712	1562	5885	2605 (continues surface)
Discrete Elements	103	148	242	737	341
Compression / Tension	Yes / No	Yes / No	Yes / No	Yes / No	Yes / Yes

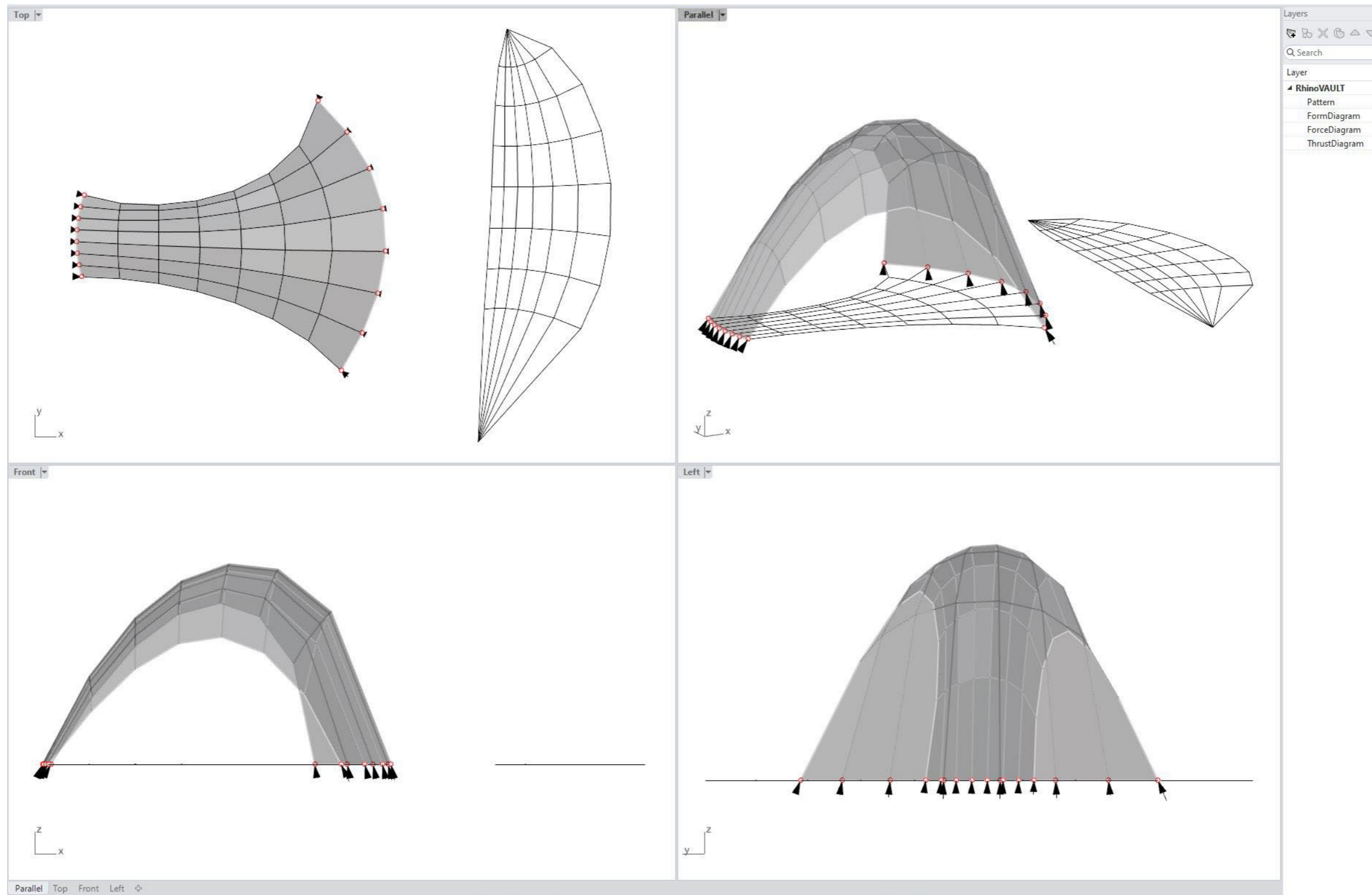
	Funicular Brick Shell	TU Delft Hyperbody MSc2 Studio Foam Shell	ETH Zurich Seminar Week Vault	UT Sydney Ribbed Catalan Vault	Pittet Artisans Vault
					
Credits	Disclosed after blind peer preview	Disclosed after blind peer preview	Disclosed after blind peer preview	Disclosed after blind peer preview	Disclosed after blind peer preview
Year	2011	2012	2012	2012	2012
Location	Zurich, CH	Rotterdam, NL	Zurich, CH	Sydney, AU	Corbeyrier, CH
Material	2/3-layer thin tile	EPS	2-layer thin tile	U-profiles formed with tiles 1-layer thin tile	2-layer thin tile with diaphragm walls
l / w / h (m)	7.7 / 5.7 / 1.6	8.9 / 6.4 / 3.4	7.3 / 4.1 / 1.6	5.5 / 4.9 / 2.4	8.2 / 3.6 / 2.6
Surface Area (m²)	28.6	23.8	7.9	9.3	36
Discrete Elements	No (continues tile bond)	50 (glued)	No (continues tile bond)	No (continues tile bond)	No (continues tile bond)
Compression / Tension	Yes / No	Yes / No	Yes / No	Yes / No	Yes / No



1. Rippmann, M. & Block, P., 2013. Table 1: Case Study Fact Sheet for 1:1 Prototypes. In: Funicular Shell Design Exploration. Proceedings of ACADIA 2013. DOI: 10.52842/conf.acadia.2013.337.
2. Rippmann, M. & Block, P., 2013. Table 2: Case Study Fact Sheet for Scale Models. In: Funicular Shell Design Exploration. Proceedings of ACADIA 2013. DOI: 10.52842/conf.acadia.2013.337.
3. Rippmann, M. & Block, P., 2013. Figures 10–18: Final structure and TNA form-finding result of 1:1 Prototype. In: Funicular Shell Design Exploration. Proceedings of ACADIA 2013. DOI: 10.52842/conf.acadia.2013.337

PROTOTIPO

análisis de equilibrio estructural mediante RhinoVAULT



ESTRUCTURA

cálculos CYPE

Propiedades - Esfuerzos

- Leyes
- Envolturas
 - Todas las barras
 - Sólo las barras seleccionadas
 - Consultar valores
 - Axil (N) 0.100
 - Cortante (Vy) 0.100
 - Cortante z (Vz) 0.100
 - Momento torsor (Mt) 0.100
 - Momento y (My) 0.100
 - Momento z (Mz) 0.100
 - Flecha xy (Fxy) 100.000
 - Flecha xz (Fxz) 100.000
 - Flecha (F) 100.000
 - Tensión/Aprov. 0.500
- Ejes sobre el plano de la ventana
- Dibujar valores máximos y mínimos
- Ver valores máximos y mínimos
- Dibujar las leyes con relleno
- Dibujar tensiones con isovalores

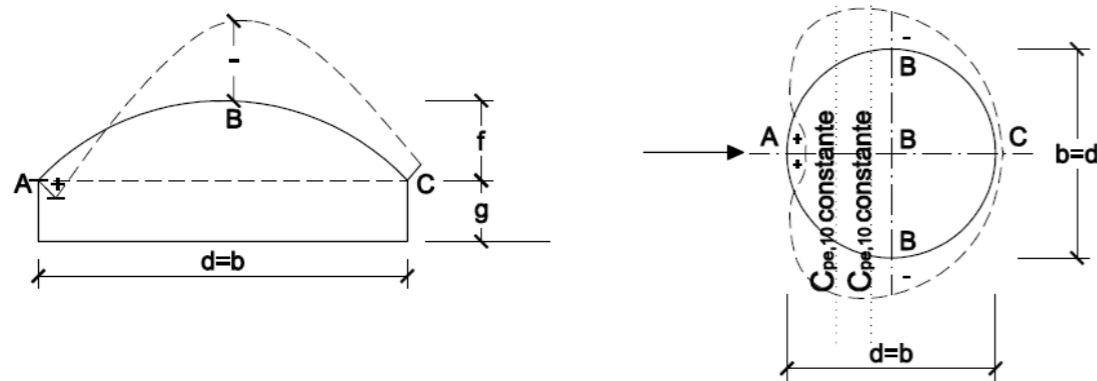
Dimensiones de los nudos: 15.0 cm
 Tamaño de los textos: 100.0 %
 Posición de los tooltips: En la esquina superior dere...

Resultados de Esfuerzos (Axil N):

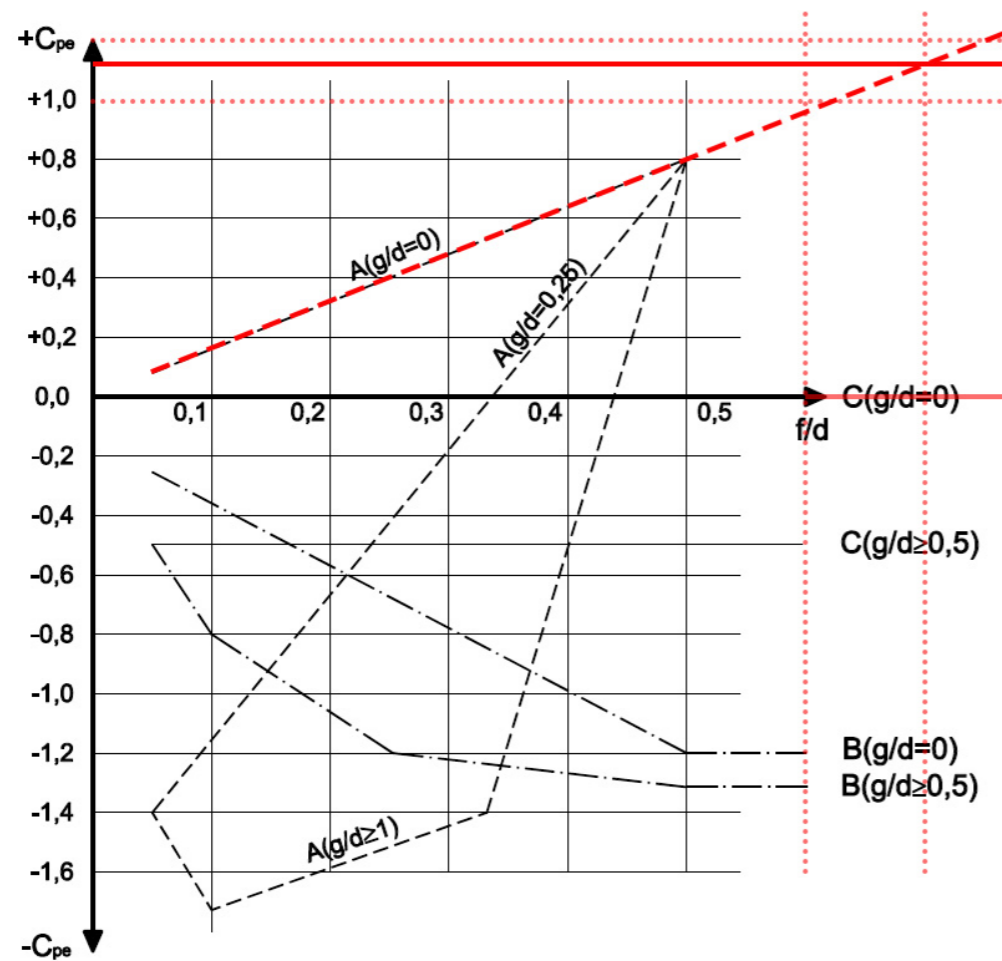
Ubicación	Valor (kN)
Soporte izquierdo (X: 0.000 m)	-34.294
Punto 1 (X: 0.000 m)	-23.534
Punto 2 (X: 0.000 m)	-17.201
Punto 3 (X: 0.000 m)	-14.287
Punto 4 (X: 0.000 m)	-14.260
Punto 5 (X: 0.000 m)	-18.924
Soporte derecho (X: 0.000 m)	-35.900

ESTRUCTURA

cálculo de acción del viento



$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0.52 \cdot 1.73 \cdot \pm 1.2 \approx \pm 1.08 \text{ kN/m}^2$$



DB SE-AE 23 - Figura D.1 Valor básico de la velocidad del viento:
zona eólica de G.C. = zona C $\rightarrow q_b = 0.52 \text{ kN/m}^2$

DB SE-AE 24 - Sección D.2 Coeficientes de exposición:

$$c_e = F \cdot (F + 7k) = 0.81 \cdot (0.81 + 7 \times 0.19) = 1.73$$

$$F = k \cdot \ln(\max(z, Z)/L) = 0.19 \cdot \ln(\max(3.5, 2.0)/0.05) = 0.81$$

Tabla D.2 $\rightarrow k = 0.19$; $L = 0.05$; $Z = 2.0$

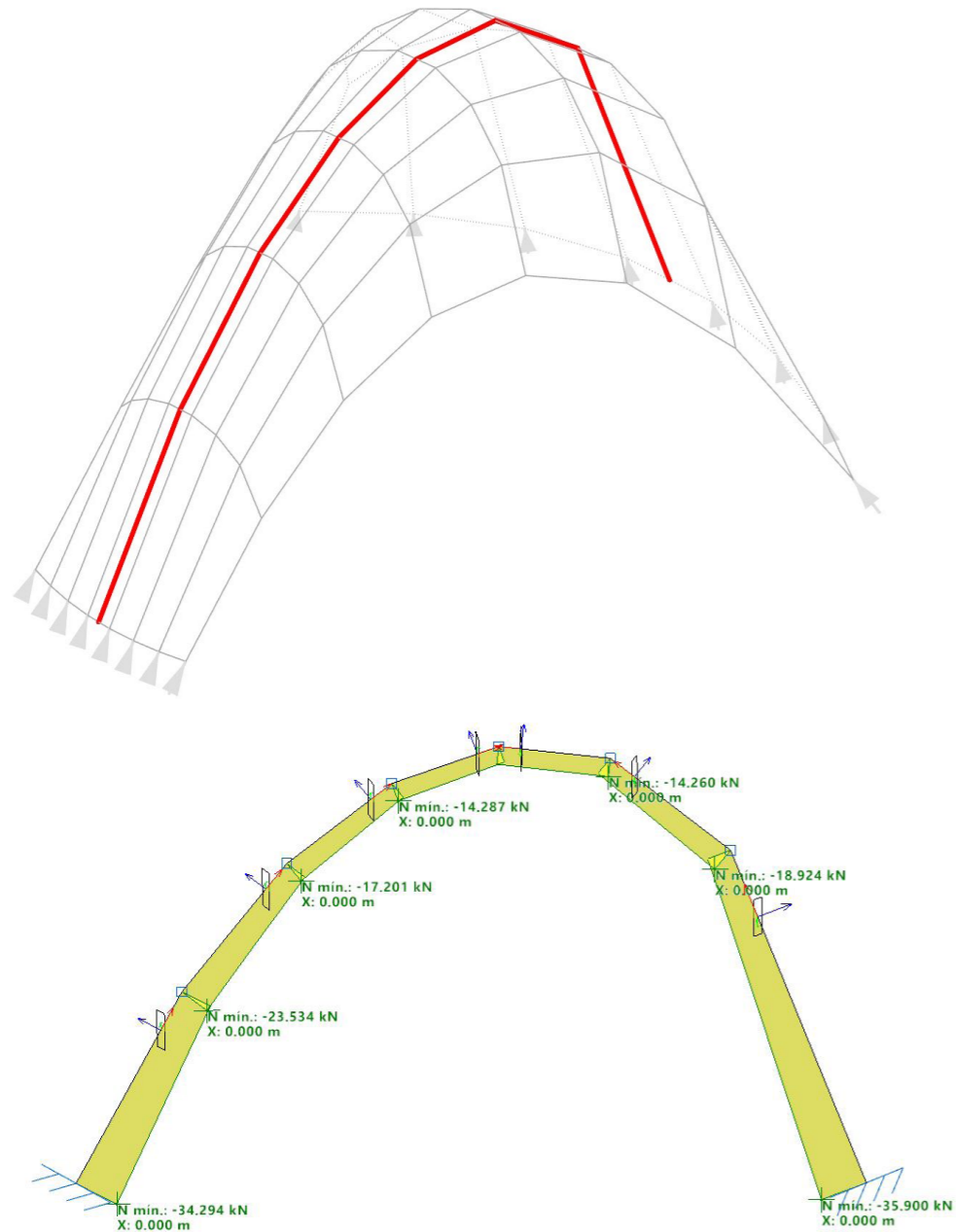
DB SE-AE 40 - Tabla D.13 Cubiertas esféricas - coef. de presión:

$$f/d = \frac{3.5}{5} = 0.7; \quad g/d = \frac{0}{5} = 0$$

$$c_p \rightarrow \approx 1,2$$

ESTRUCTURA

cálculo de comprobación de tensión



Análisis estructural: directriz crítica de arco y diagrama de cargas generado en CYPE

Acciones permanentes:

- peso propio: 1,6 kN/m²
- carga muerta: 2,4 kN/m²

Acciones variables:

- sobrecarga de uso: 1,0 kN/m²
- carga de nieve: 0,2 kN/m²
- carga viento: ±1,08 kN/m²

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} = \frac{2}{2,5} = 0,8 \text{ MPa}$$

DB SE- F11-Tabla 4.4 Resistencia característica a la compresión de fábricas:
 $f_k \rightarrow 2 \text{ MPa}$

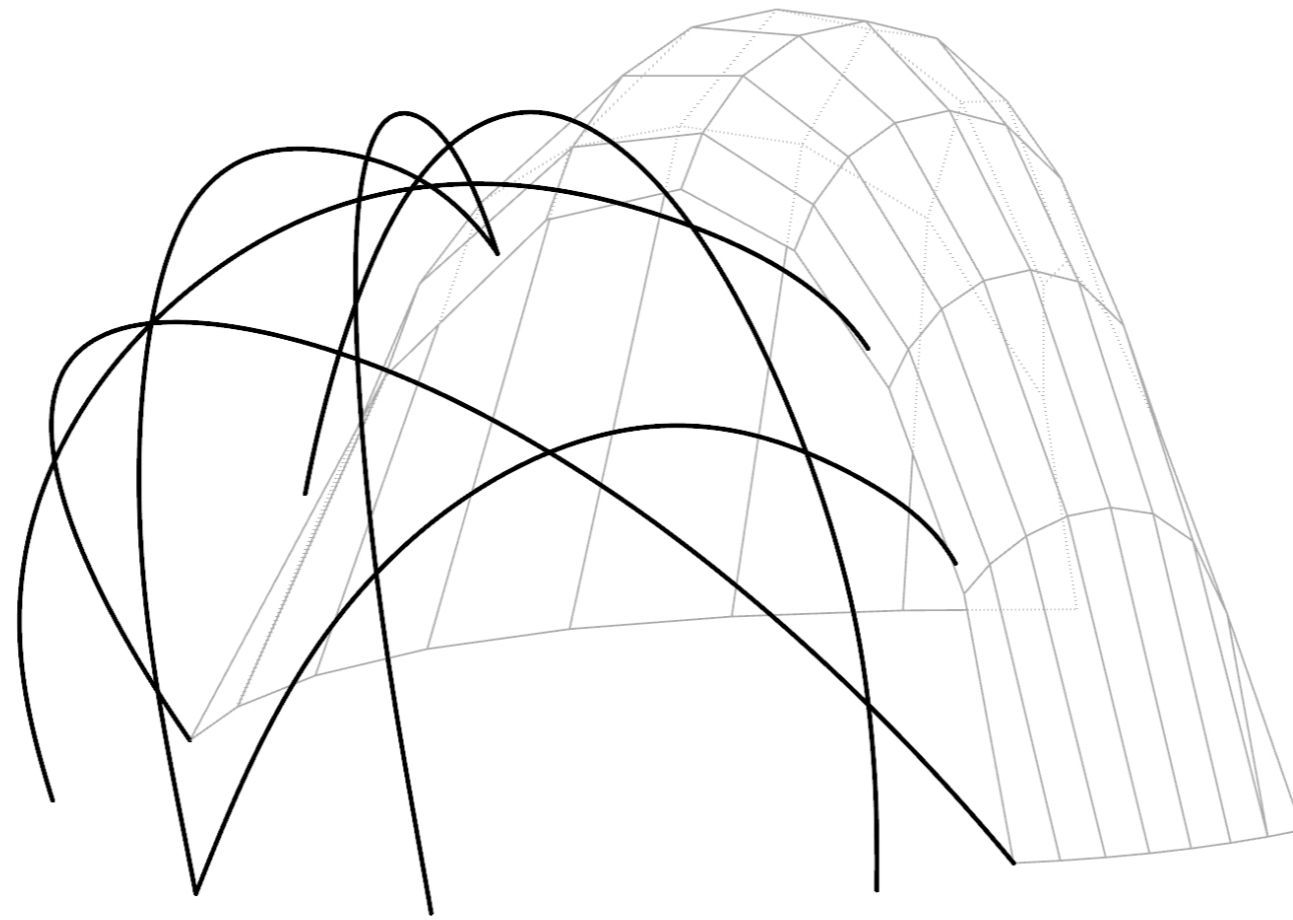
DB SE-F 14 - Tabla 4.8 Coeficientes parciales de seguridad:
 $\gamma_m \rightarrow 2,5$ (categoría B de ejecución)

$N_{Ed} = 35,9 \text{ kN}$ (axil desfavorable)

$$\sigma_m = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{35,9 \cdot 10^3 \text{ N}}{65 \cdot 1000 \text{ mm}} = 0,55 \text{ MPa} < 0,8 \text{ MPa} \quad \therefore \text{CUMPLE}$$

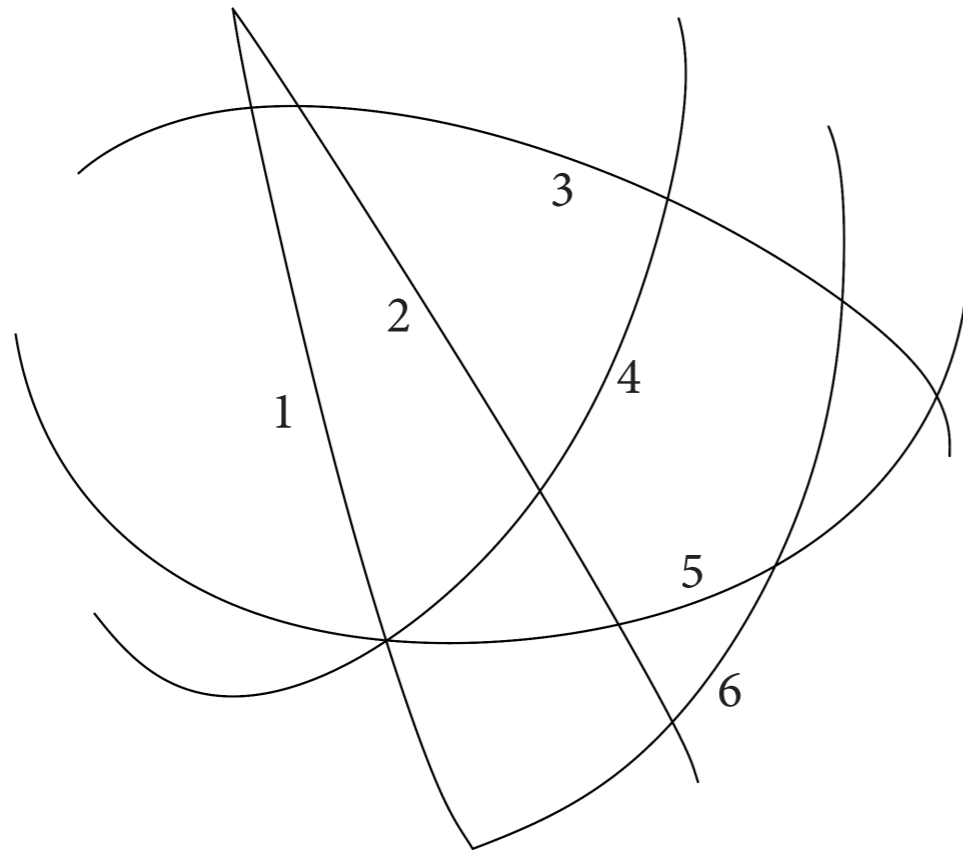
MEMBRANA TEXTIL

Modelado



MEMBRANA TEXTIL

cálculos CYPE



NUM. BARRA	1	2	3	4	5	6
AMBITO CARGA (m)	2.6	1.7	2.0	3.0	2.7	2.0
PESO PROPIO TEXTIL (kN/m ³)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
PESO PROPIO, G (kN/m ²)	0.104	0.068	0.078	0.120	0.108	0.080
MANTENIMIENTO			0			
COEFICIENTE CUBIERTA			1			
NIEVE, Q _{N1} (kN/m ²)			0.2			
q _b (kN/m ²)			0.52			
c _e			1.7334			
c _p			±1,2			
VIENTO PRESION, Q _{V1} (kN/m ²)			1.08			
VIENTO SUCCION, Q _{V2} (kN/m ²)			-1.08			

MEMBRANA TEXTÍL

cálculos CYPE - comprobaciones

Referencia

Referencia	Activa	Color	Visibilidad	Protección
por defecto	<input checked="" type="checkbox"/>	Black	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
BARRAS 2	<input type="checkbox"/>	Magenta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

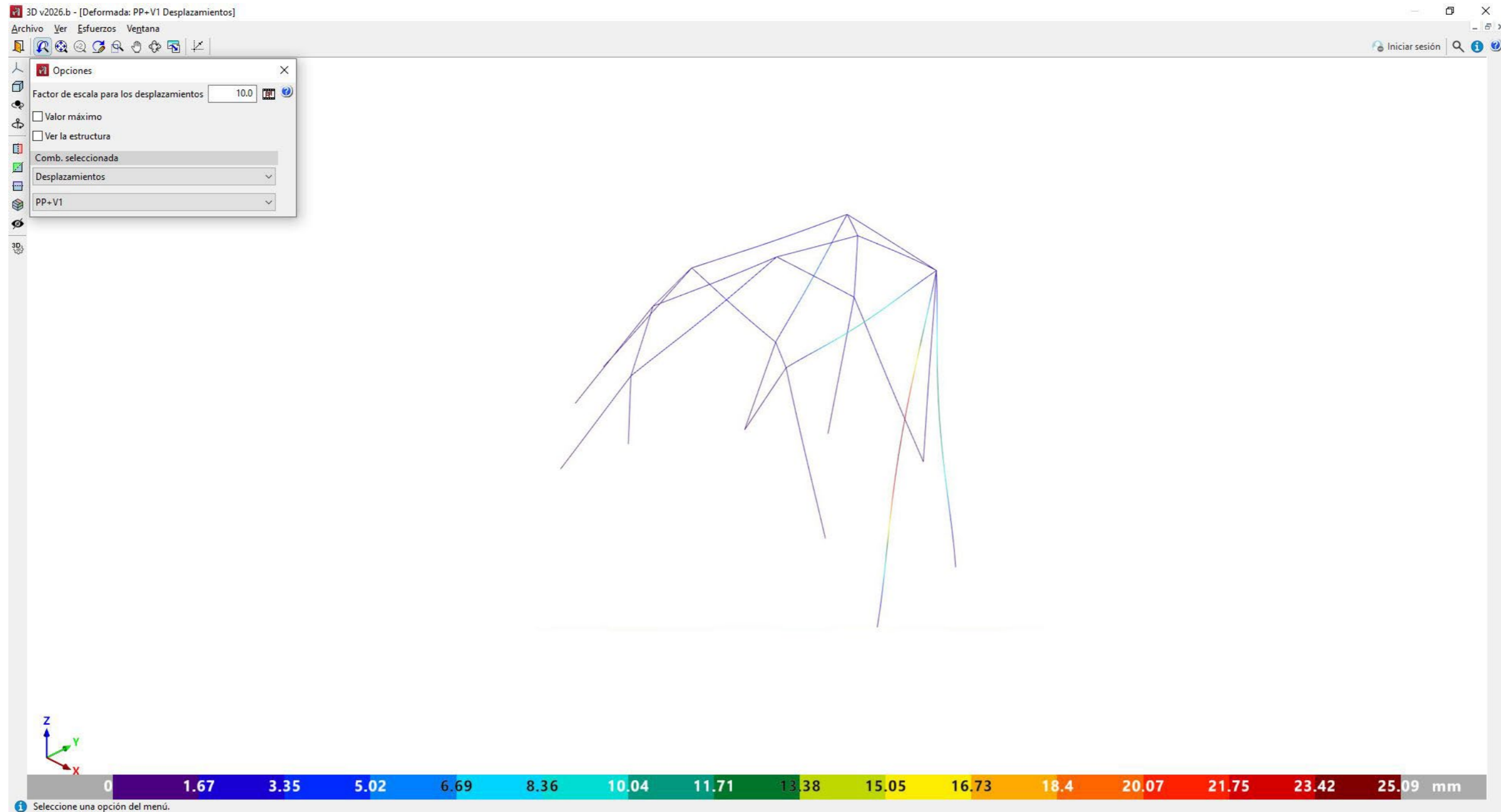
Opciones de visualización

- Representar la estructura usando los colores de las capas
- Elementos considerados en el análisis: Tensión / Deformación
- Mostrar la información de los elementos
- Mostrar textos sobre los elementos
- Mostrar los ejes locales de los elementos
- Dibujar las láminas con relleno
- Dibujar las cargas con relleno

Dimensiones de los nudos: 15.0 cm
Tamaño de los textos: 100.0 %
Posición de los tooltips: En la esquina superior dere...

MEMBRANA TEXTÍL

cálculos CYPE - deformada



MODELADO PARAMÉTRICO
bóveda funicular de geometría libre
(GrassHopper/RhinoVAULT)

HERRAMIENTAS ESCALA TERRITORIAL

sistema dinámico/mutable - algoritmos evolutivos

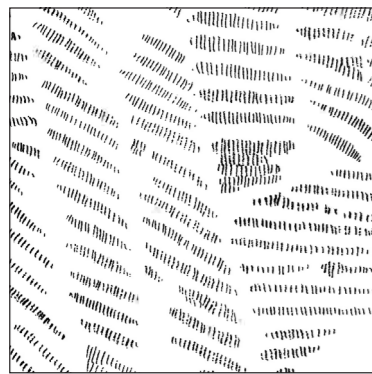
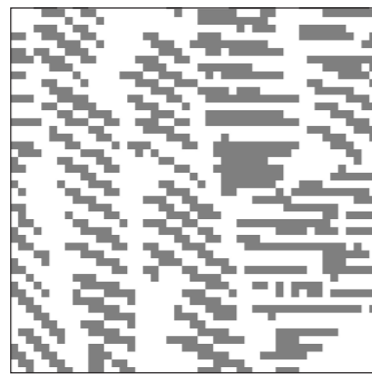
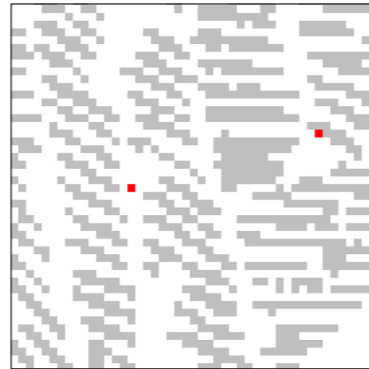


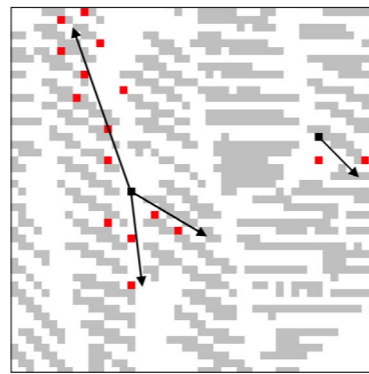
IMAGEN SATELITE, i=0



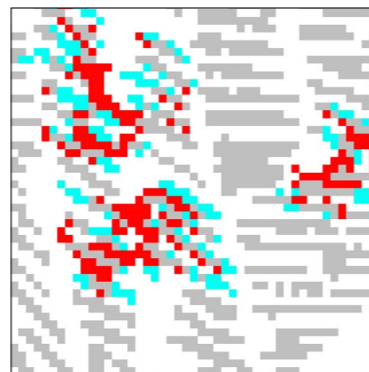
Modelo de datos espaciales
El modelo de datos ráster representa el territorio mediante una malla regular, donde cada celda almacena información correspondiente a su posición en el paisaje



Generador de puntos de origen
a partir de modelo de datos y algoritmo de colonización



Generador de pts origen de las células habitables
en base a los puntos de origen y vector de crecimiento



Modificación del patrón espacial
en base al desarrollo de las células habitables

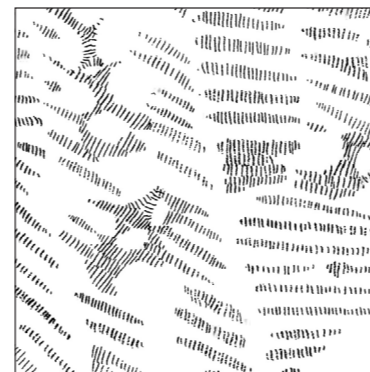
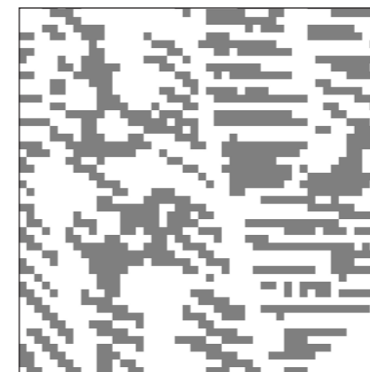
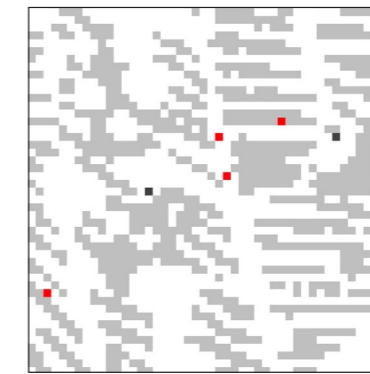


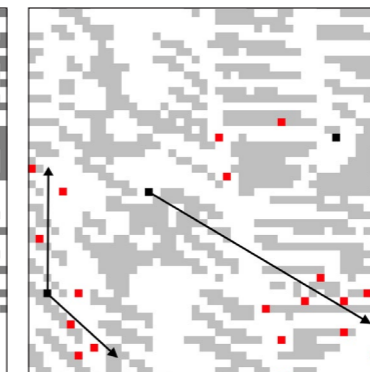
IMAGEN SATELITE, i=1



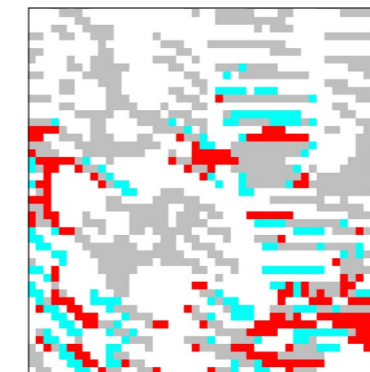
Modelo de datos espaciales



Generador de puntos de origen



Generador de pts origen de las células habitables



Modificación del patrón espacial

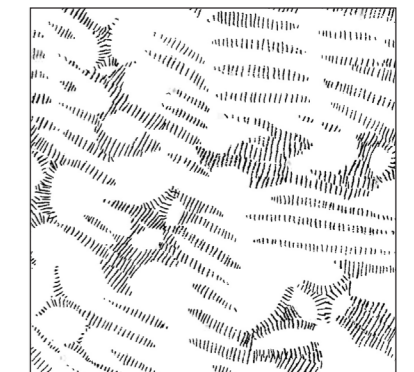
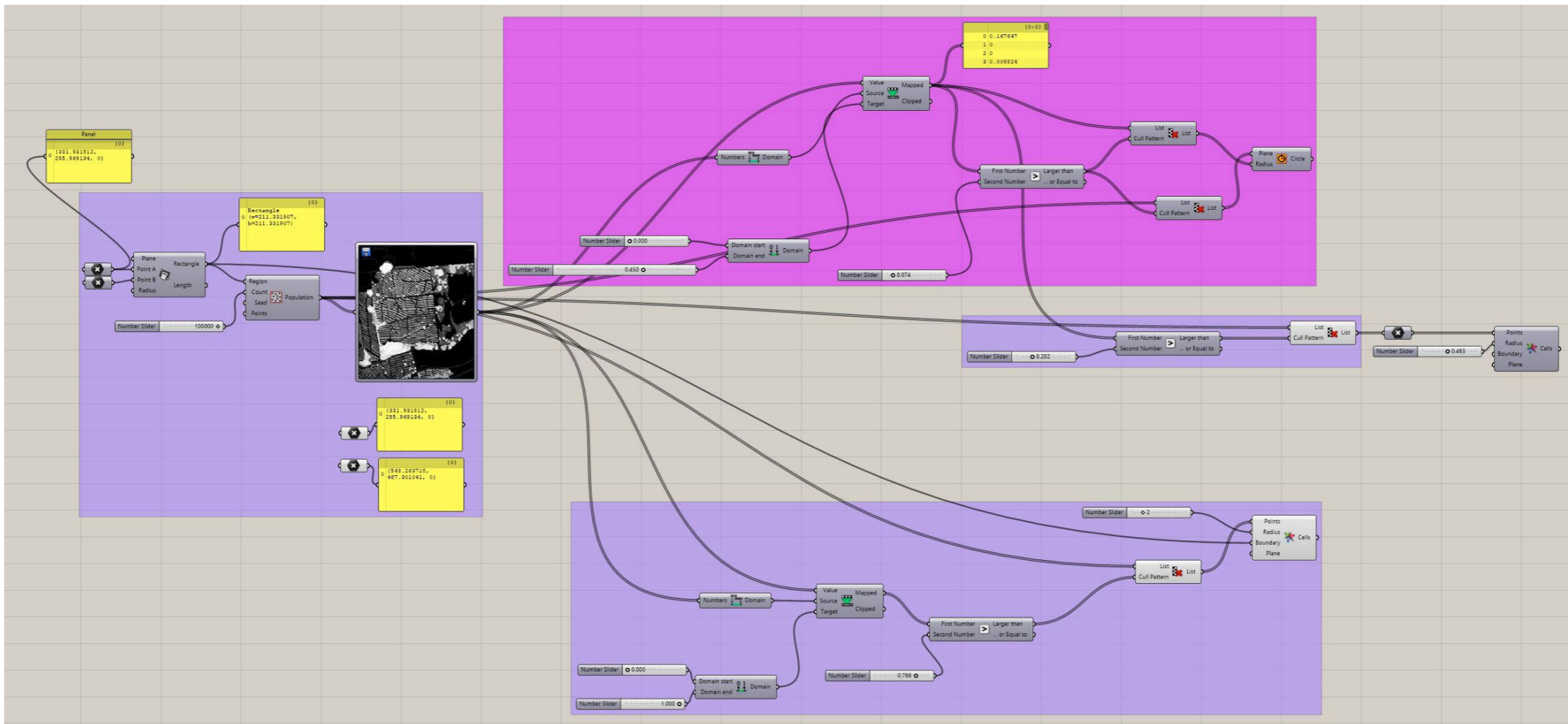
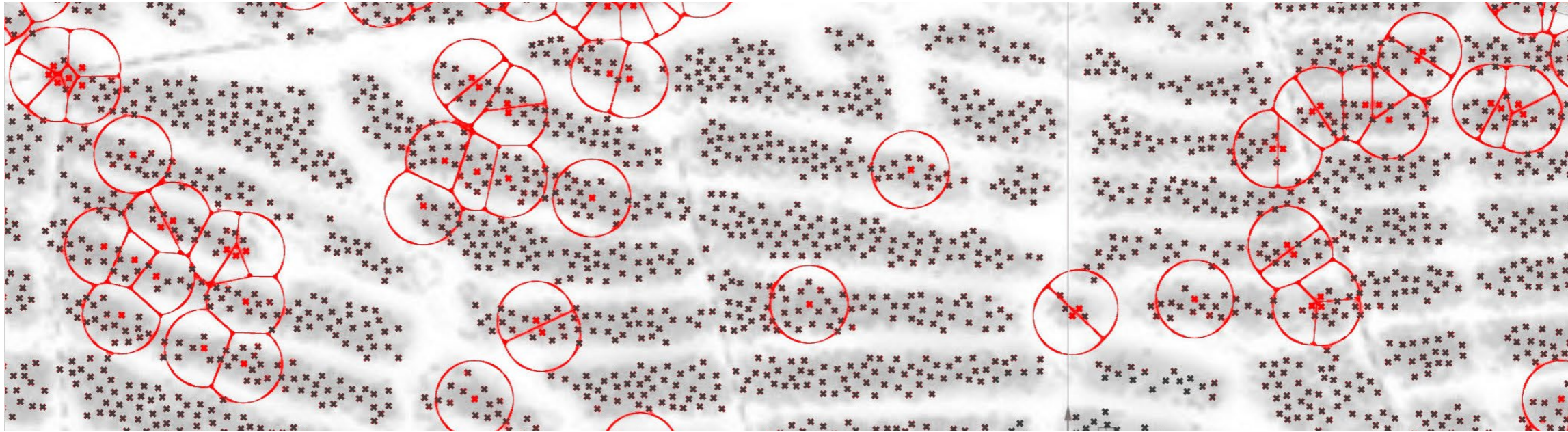
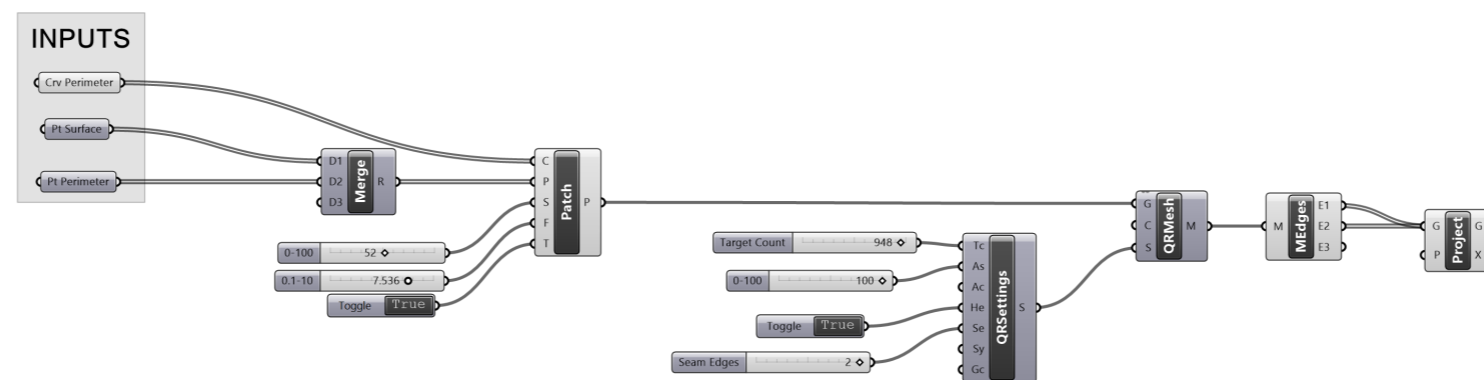
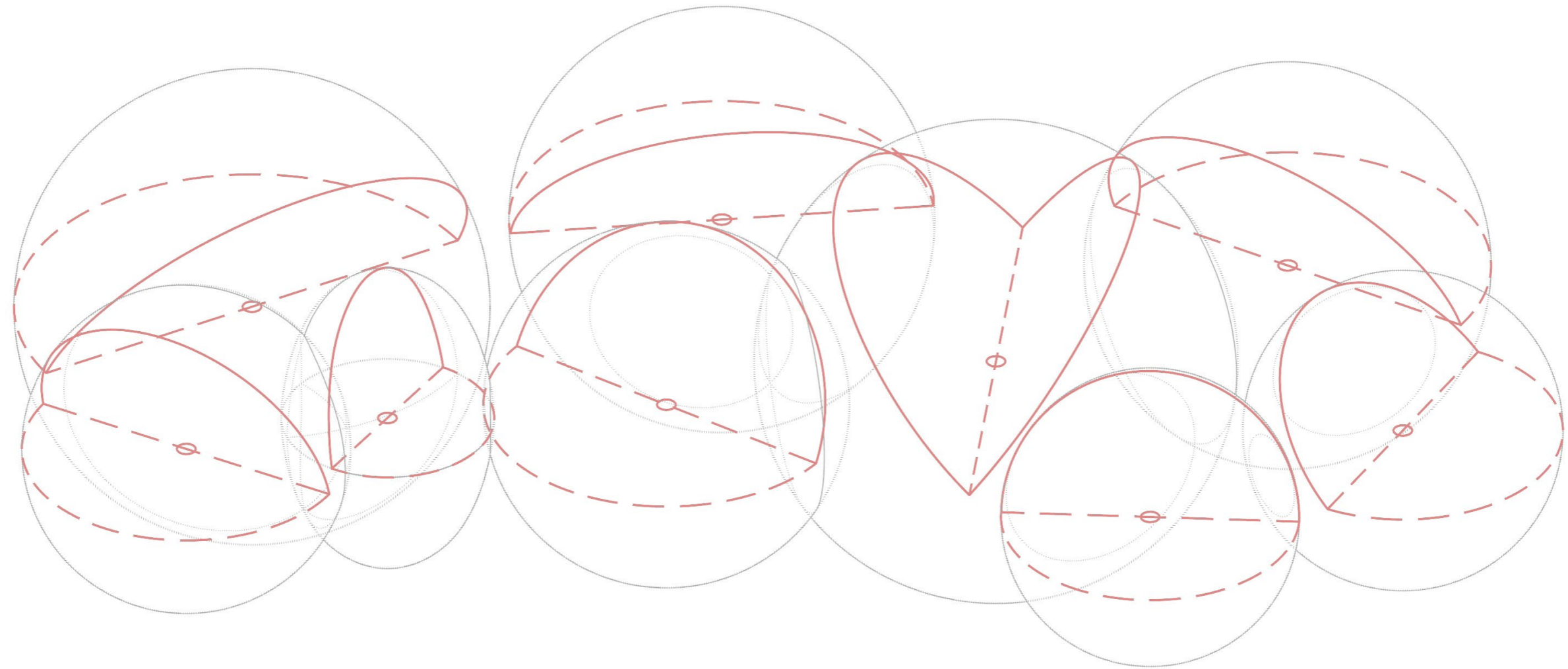


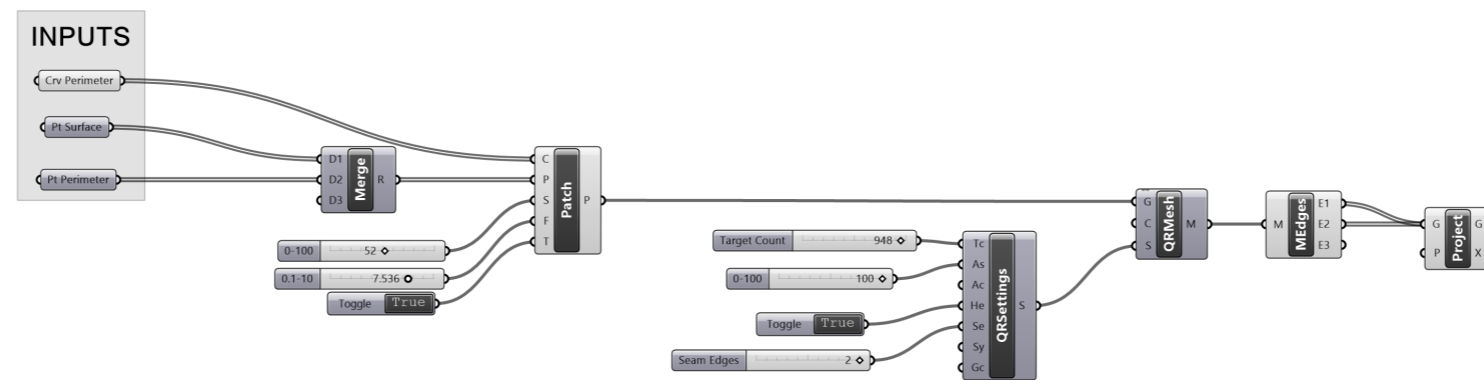
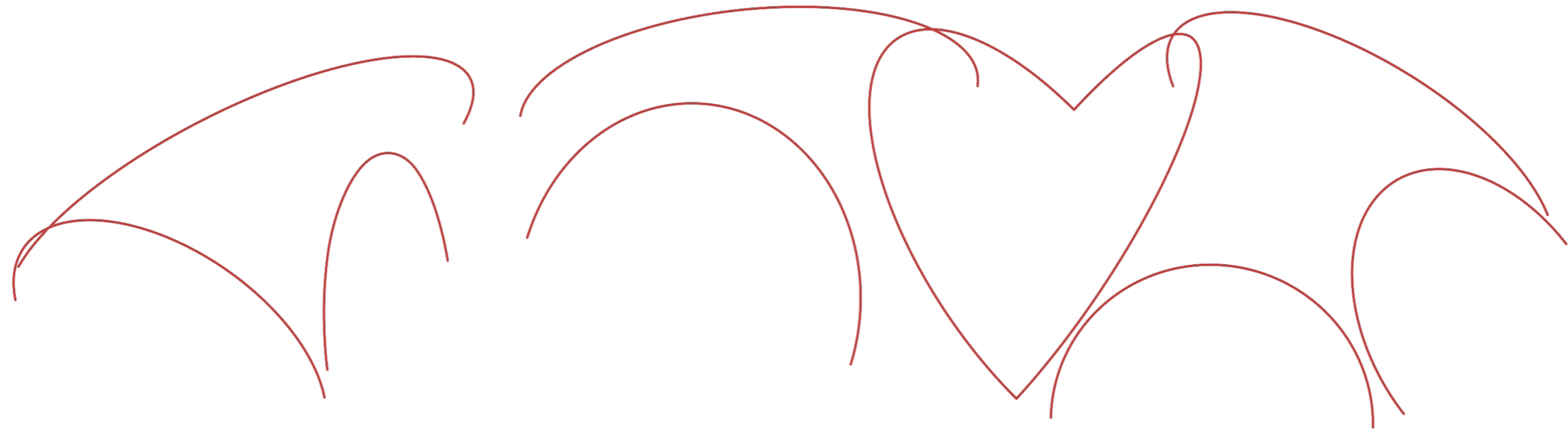
IMAGEN SATELITE, i=2

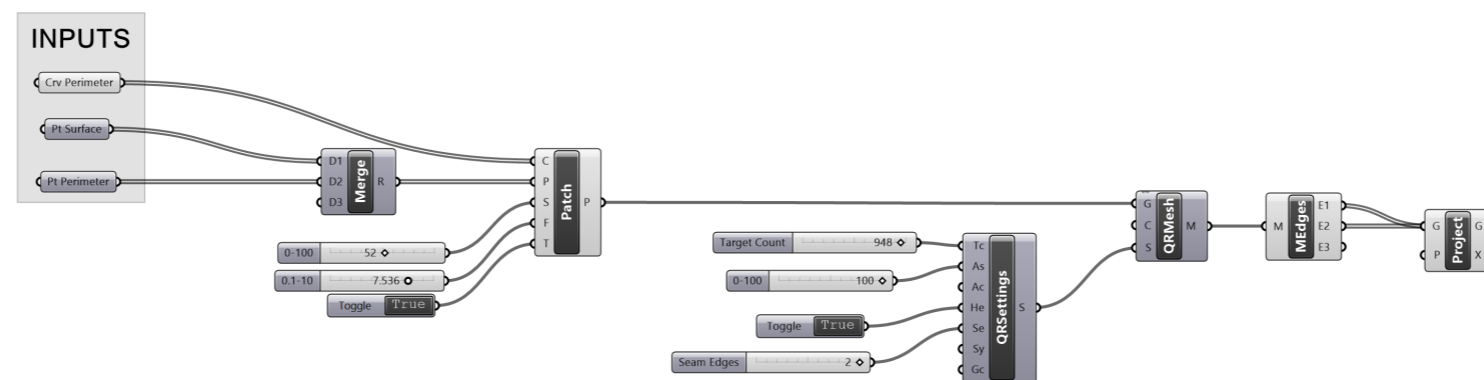
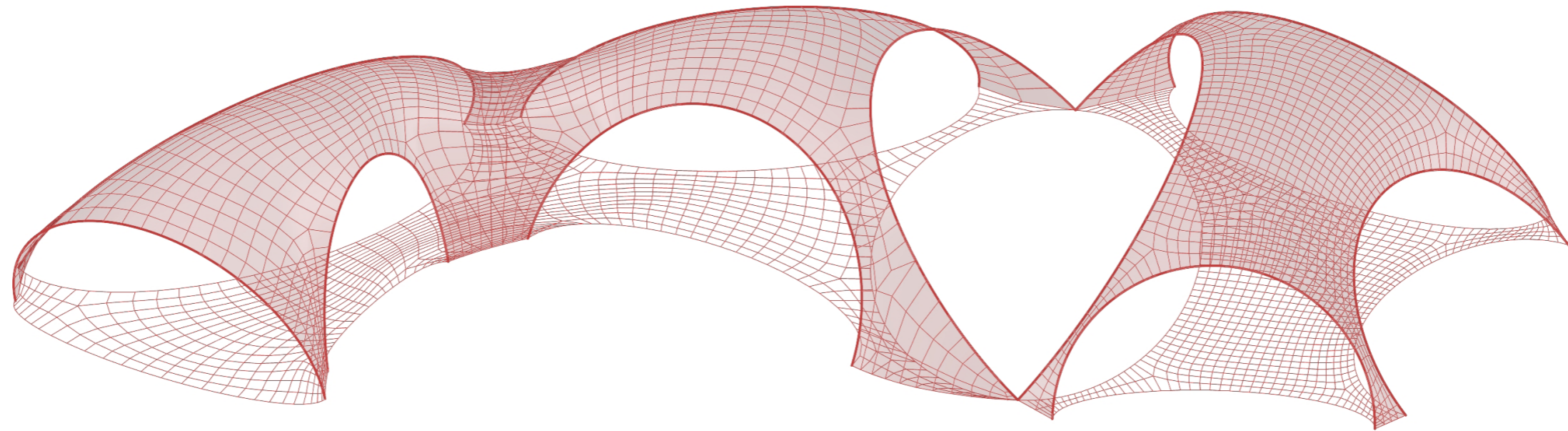
HERRAMIENTAS ESCALA TERRITORIAL

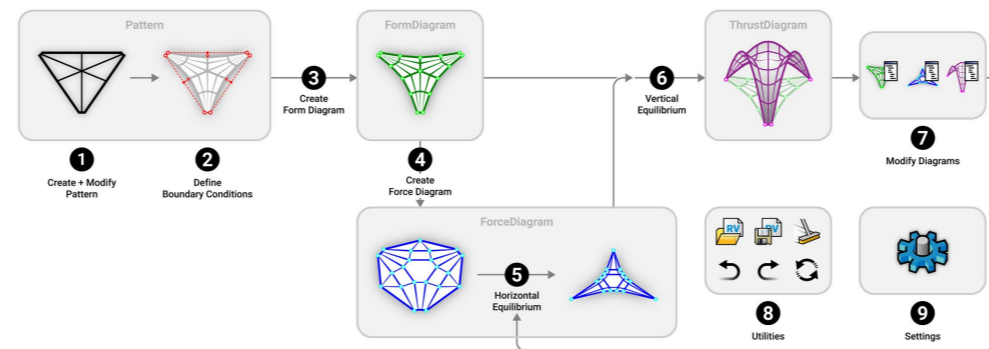
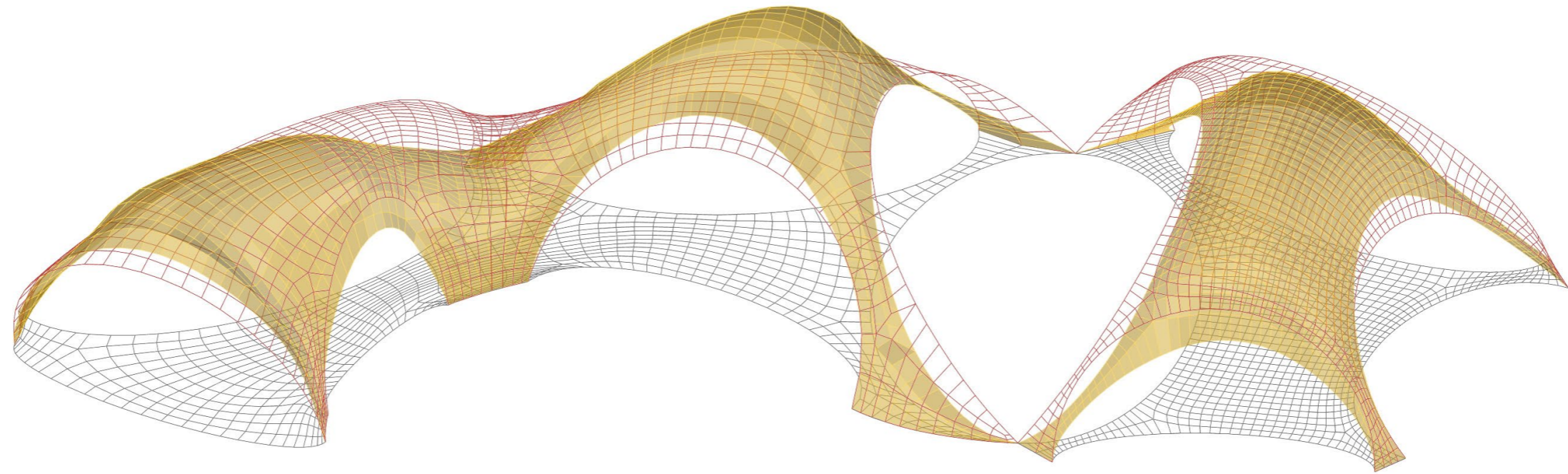
sistema dinámico/mutable - algoritmos evolutivos





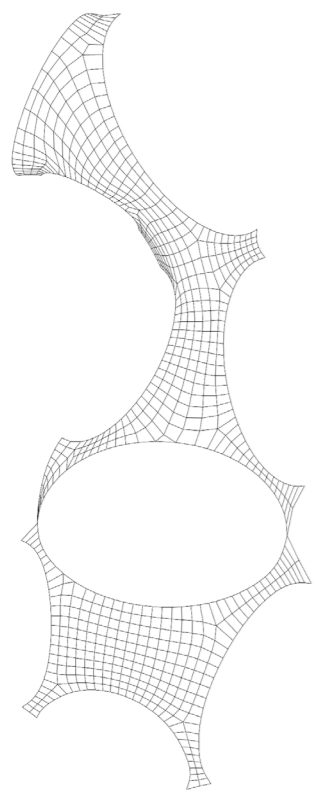




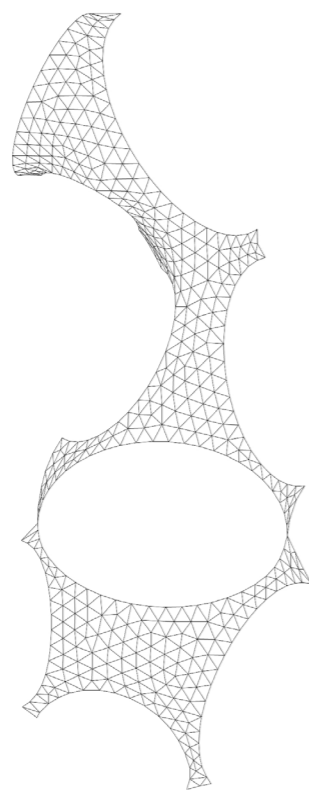


TESELADO

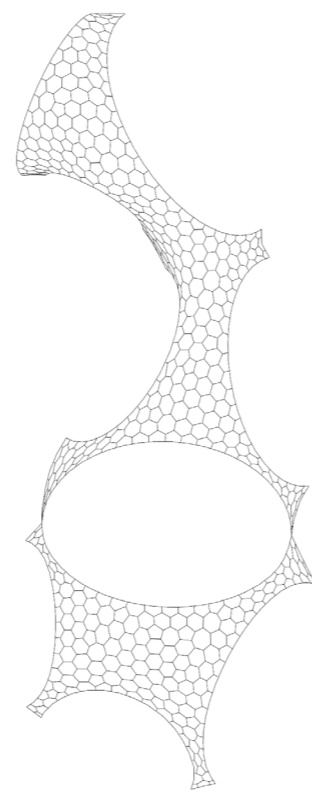
superficie bioreceptiva



mallá rectangular



mallá triangular



mallá hexagonal



CAPA SUPERFICIAL BIORECEPTIVA

grado de porosidad en base al % de aditivos organicos combustibles de la pieza

