

A1.04.

Planta general desplegada del proyecto:
sistema de estanques escalonados + superestructura nube habitable.

La arquitectura, porosa y discontinua, incorpora en su sistema dispositivos atrapa-nieblas. Por la naturaleza permeable de la estructura, estas mallas se hacen totalmente efectivas, enfrentando de forma constante flujos de viento húmedo. De esta forma, como si de una verdadera nube se tratara, el proyecto absorbe agua y, eventualmente y por acción de la gravedad, esta acaba precipitando, en este caso sobre una serie de estanques en el fondo del barranco de Tafada: 8 estanques a modo de bancales escalonados, que aprovechan la orografía del valle adaptándose a su cuenca y cerrando la infraestructura con muros de piedra seca al modo tradicional de las terrazas agrícolas. Estos estanques almacenan el agua para su posterior consumo y para su empleo en la generación energética (hidroeléctrica) gracias al salto de 3 metros entre cada uno de ellos.

La estructura nube apoya sobre un total de 38 sistemas de anclaje directo a la roca desnuda de ambas vertientes del valle de Tafada: 17 apoyos en la ladera sur y 21 en la norte.

La estructura consiste en una masa metálica, de naturaleza orgánica y porosa, en la que aparecen espacios habitables y galerías que los conectan. Su forma surge de un **diseño computacional por optimización topológica**, teniendo en cuenta sus apoyos en el terreno y las cargas de sus espacios habitables. Para la utilización del software se plantea una estrategia de división del proyecto en 6 tramos con el objetivo de reducir el coste computacional en el proceso de cálculo durante el análisis por optimización.

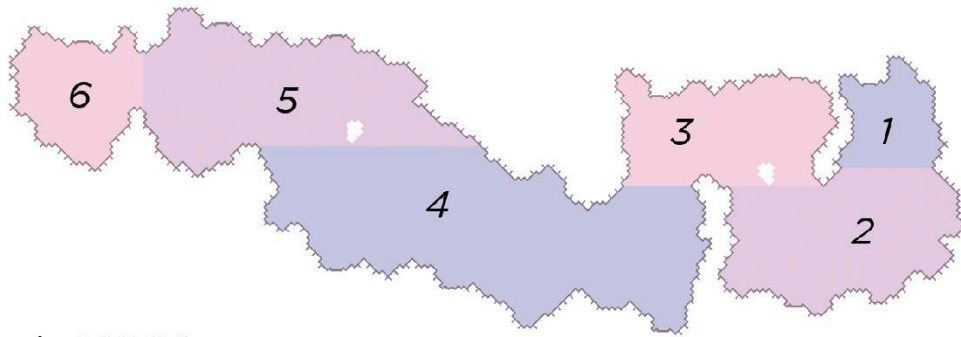
.campos alíseos.

la comuna autosuficiente de Punta de Anaga



PLANTA GENERAL DESPLEGADA.

escala 1:200



escala 1:1000

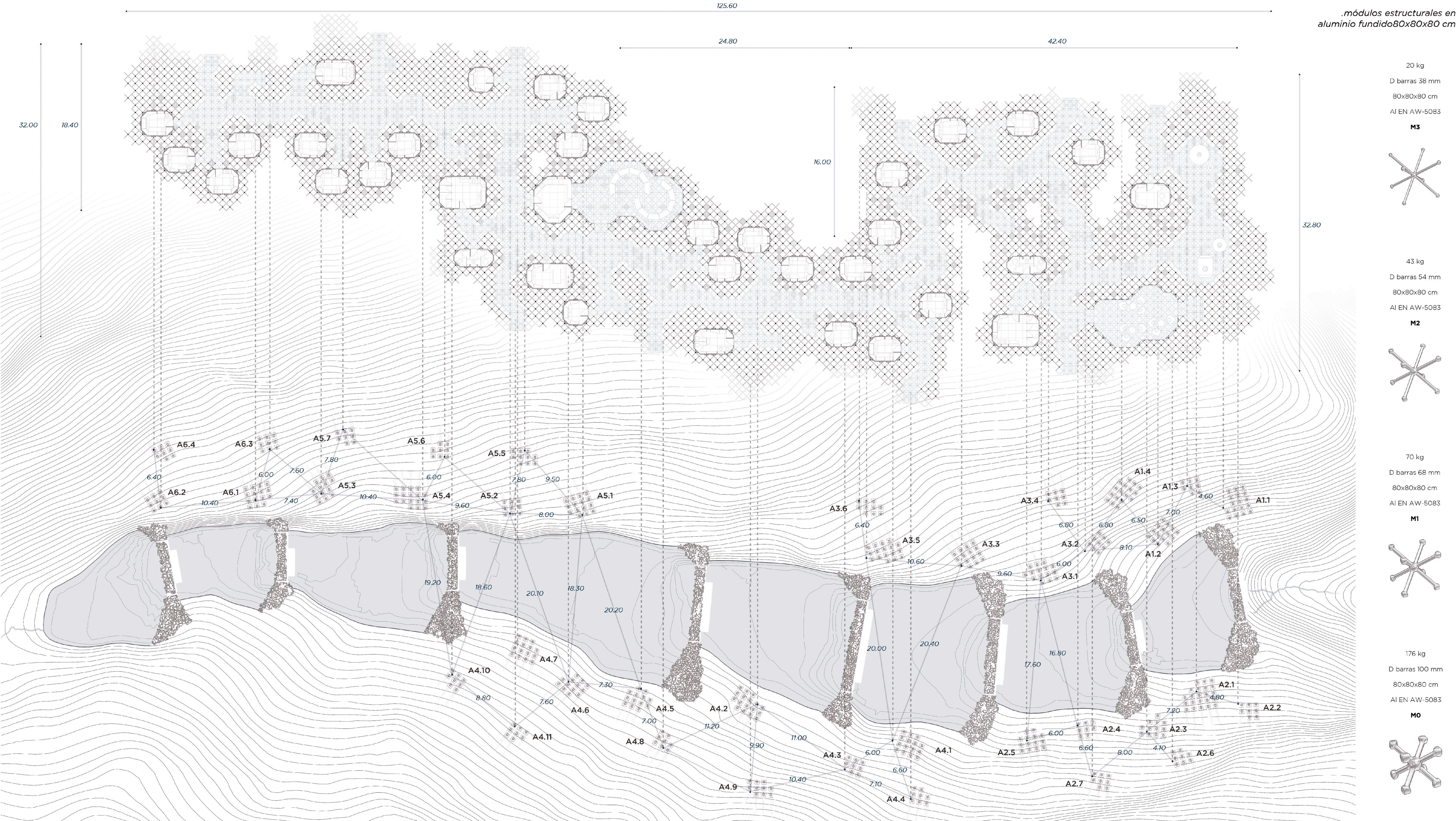
.diagrama con reparto de tramos de cálculo

Javier Fidalgo Saeta. TFM. MHab ETSAM - 23/01/23.
Aula Sancho. Tutor: Gonzalo Pardo Díaz. Soluciones singulares VIII.

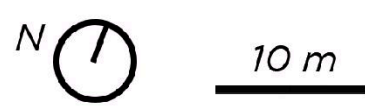
Cada punto de la nube resultado de la optimización se corresponde con un voxel 80x80x80 cm con centro en dicho punto. Cada voxel lleva asignada una exigencia estructural (tensión de Von Mises) que, relacionándola con la resistencia del material, en este caso aluminio serie 5000, se traduce en una densidad para el módulo estructural que ocuparía cada voxel.

Se definen 4 módulos, consistentes en aspas tridimensionales, de distinta sección (densidad del voxel), para cubrir ciertos dominios de las exigencias estructurales resultado de la optimización. De esta forma, estos cuatro modelos se reparten en la estructura para que la optimización no sea exclusivamente formal, sino también en materia de densidad de la misma.

.módulos estructurales en
aluminio fundido 80x80x80 cm



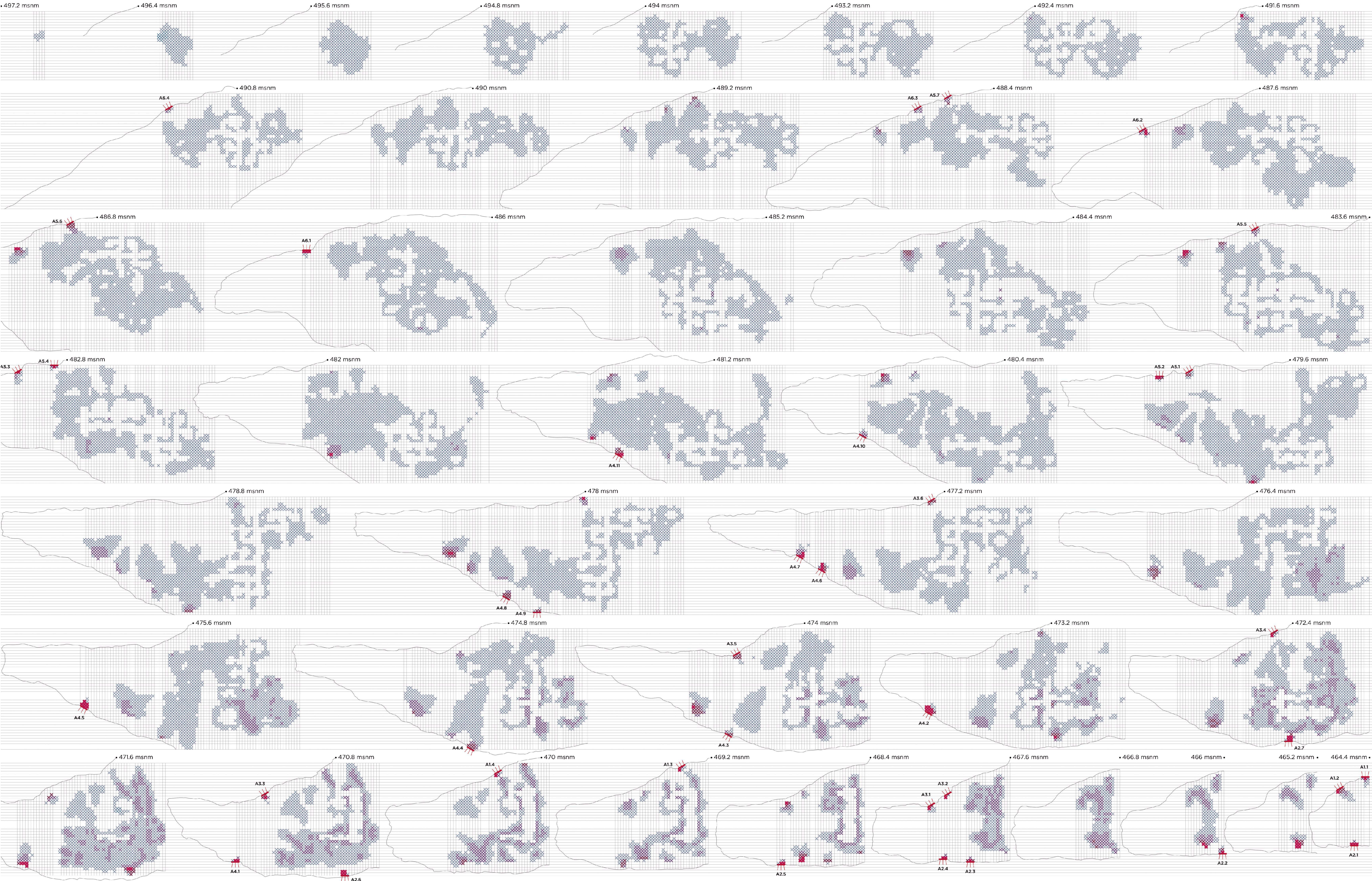
A1.05. Definición de la estructura nube en secuencia de plantas a escala 1:500.



.campos alíseos.
la comuna autosuficiente de Punta de Anaga

Apoyos  M0  M1  M2  M3  80x80 cm 

Javier Fidalgo Saeta. TFM. MHab ETSAM - 23/01/23.
Aula Sancho. Tutor: Gonzalo Pardo Díaz. Soluciones singulares VIII.



A1.06.

Definición constructiva de la estructura primaria del proyecto:
fabricación aditiva in situ como respuesta a la inaccesibilidad del lugar.

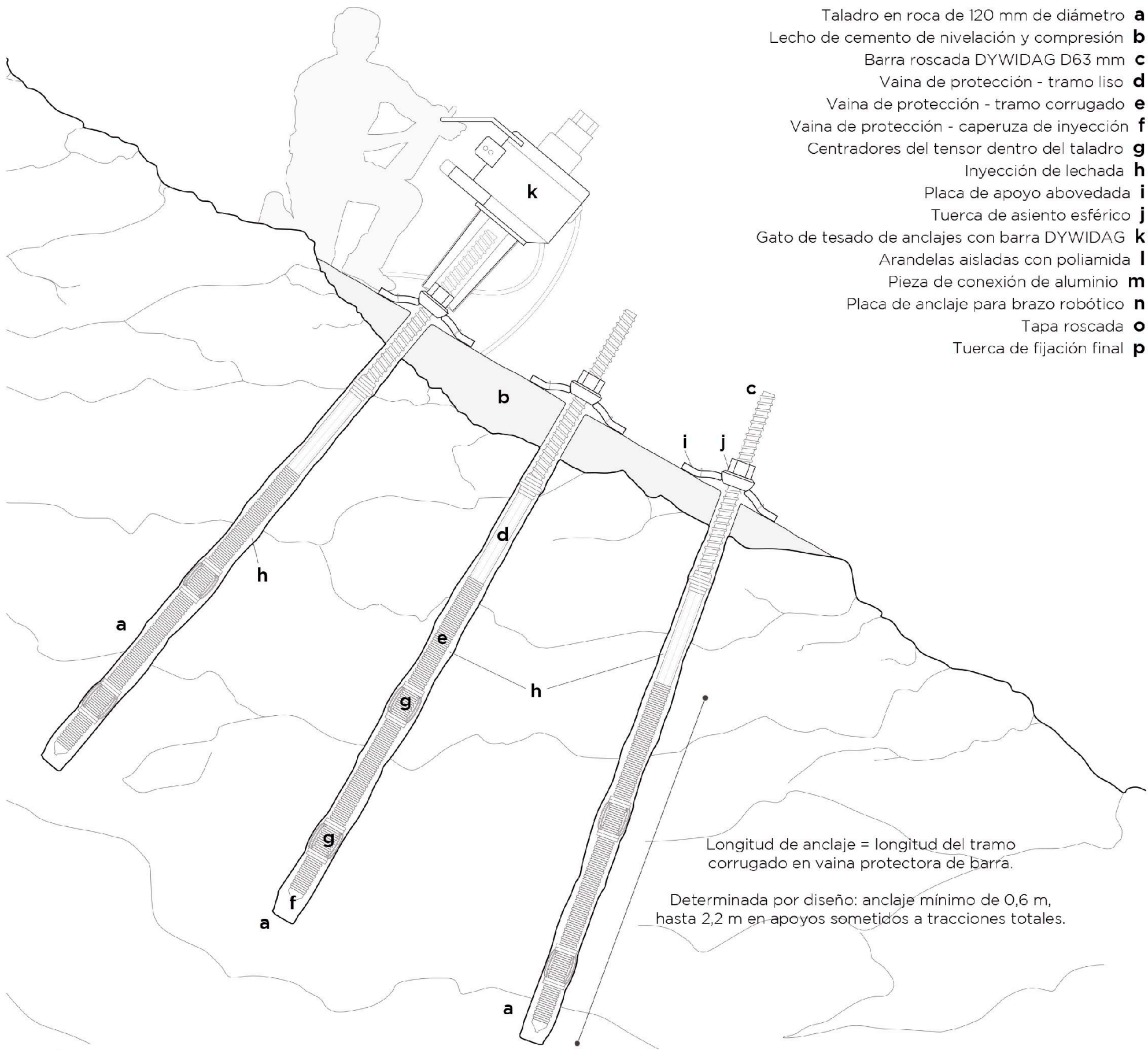
01. Cimentación de anclaje a roca

El estrato basáltico desnudo en el barranco del valle de Tafada ofrece una solución de cimentación por anclaje directo a roca. Estos serán de tipo activo (sometidos a una carga de tesado, después de su ejecución, generalmente del mismo orden de magnitud que la máxima prevista en proyecto, y nunca inferior al 50% de esta última) y permanente. Los tensores serán barras roscadas de acero DYWIDAG de 63 mm de diámetro, que irán recubiertas por lechada de inyección única global para la generación del bulbo de agarre al terreno. La longitud de anclaje de estas barras debe ser considerable para garantizar una suficiente transmisión de esfuerzos a la roca, especialmente en los apoyos expuestos a tracciones por flexión de la estructura.

Se deberá atender correctamente al aislamiento de estas cimentaciones por su protección frente a la corrosión por agentes atmosféricos y del terreno, y corrosión galvánica frente al aluminio de la superestructura. La conexión de estos anclajes con la estructura nube requerirá de piezas intermedias especiales que solucionen el ya mencionado problema de compatibilidad de metales, y, especialmente, el desafío de transmisión de cargas.

A continuación se detalla el proceso constructivo del sistema:

1. Perforación de los taladros (a) en roca de 120 mm de diámetro y con profundidad correspondiente a la longitud de anclaje definida en diseño para el apoyo cimentación determinado.
2. Verido de lecho de cemento (b) clase 42,5 de nivelación del terreno y reparto de acciones de compresión.
3. Introducción del elemento tensor: barra roscada DYWIDAG D63 mm (c) + vaina de protección con tramo liso (d), corrugado (e)- determina longitud de anclaje, y caperuza de inyección (f) + centradores (g).
4. Inyección de lechada (h) de cemento clase 42,5 en perforación hasta tope de vaina.
5. Introducción de placa de apoyo abovedada (i) y cabeza con tuerca de asiento esférico (j) en la barra roscada.
6. Tesado en cabeza de anclaje mediante gato DYWIDAG (k).
7. Inyección de grasa anticorrosiva bajo la cabeza de anclaje, para la protección del tensor desde el tope de vaina hasta la placa de apoyo (i).
8. Introducción, en barra roscada de anclaje, del sistema conector base de la superestructura: arandela de acero aislada con poliamida (l), para evitar corrosión galvánica, de 21 mm de espesor total + pieza de conexión tubular de aluminio con interior forrado de poliamida (m) de 200 mm de alto y espesor total 45 mm + arandela similar a la anterior (l).
9. Algunas cabezas de anclaje se utilizan como soporte directo para los brazos robóticos de fabricación activa en su fase inicial de ejecución de la estructura desde las piezas de conexión de aluminio. En estas cabezas de barra se introduce una placa de anclaje para el brazo robótico (n) + una tapa roscada (o) que fija la anterior placa y sirve de apoyo para la base del brazo robótico.
10. Cuando termina la fabricación aditiva desde cabezas de barra, se retiran las piezas de anclaje del brazo robótico, y se introduce la tuerca definitiva (p) que fija de forma permanente la pieza de aluminio conectora a la superestructura.
11. Por último, instalación de protecciones plásticas de tubo y caperuza en las que se inyecta grasa anticorrosiva para terminar de sellar la cabeza de anclaje frente a corrosiones.



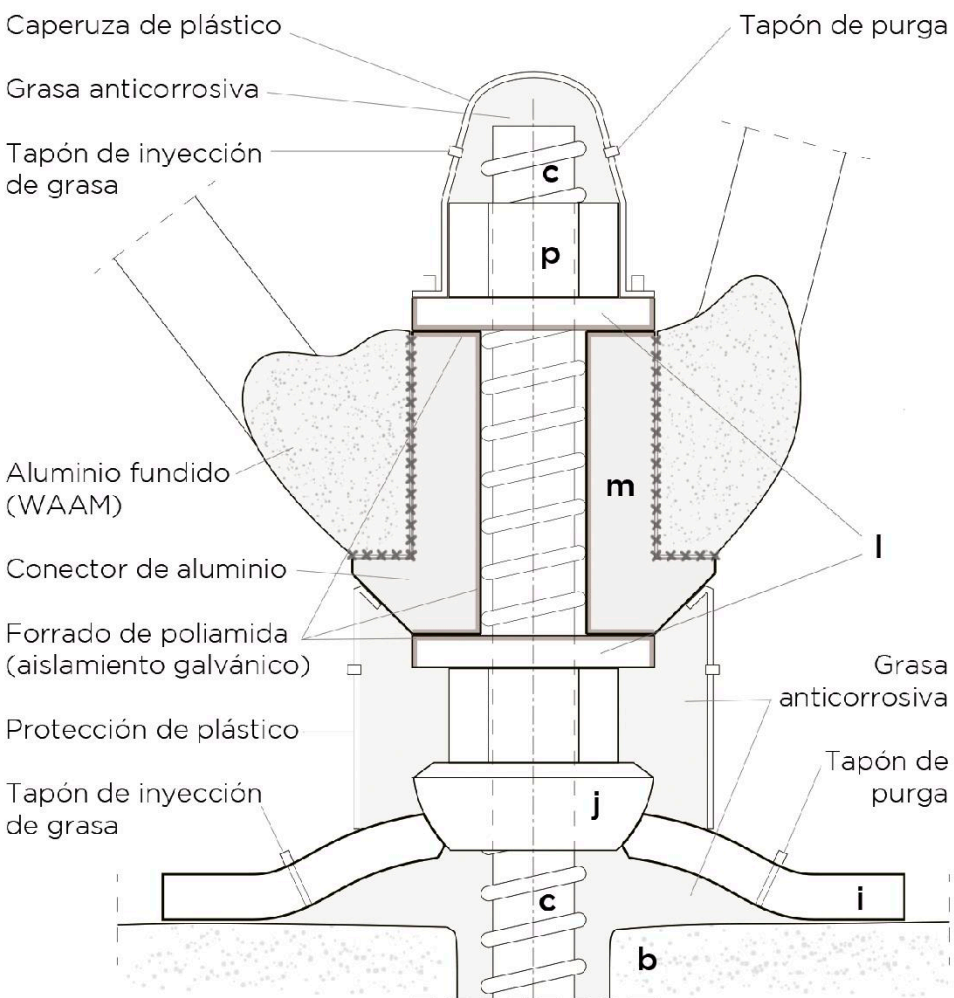
escala 1:20

.detalle de la cimentación por anclaje a roca en su fase de tesado mediante gato

02. Fabricación aditiva metálica in situ

Por la situación remota del proyecto, sólo accesible desde rutas de senderismo, los planteamientos constructivos convencionales supondrían un alto grado de prefabricación, con componentes transportados a través de los senderos o por medio aéreo, con las complicaciones que esto supone, más en un entorno abrupto y con presencia de vientos constante. Frente a esto, se propone la fabricación in-situ mediante tecnología de impresión 3D que permita materializar el diseño arquitectónico adaptado al lugar, sin restricciones impuestas por la industria constructiva.

La tecnología en cuestión es el WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing), o fabricación aditiva mediante arco de soldadura e hilo metálico, que permite la impresión 3D de estructuras metálicas. Con este método el material constructivo, aluminio en este caso, se traslada en forma de rollos de cable hasta el emplazamiento (frente al transporte de miembros estructurales prefabricados completos), junto con los brazos robóticos UR10 (33,5 kg) que ejecutan la fabricación.



.detalle cabeza de anclaje con pieza de conexión

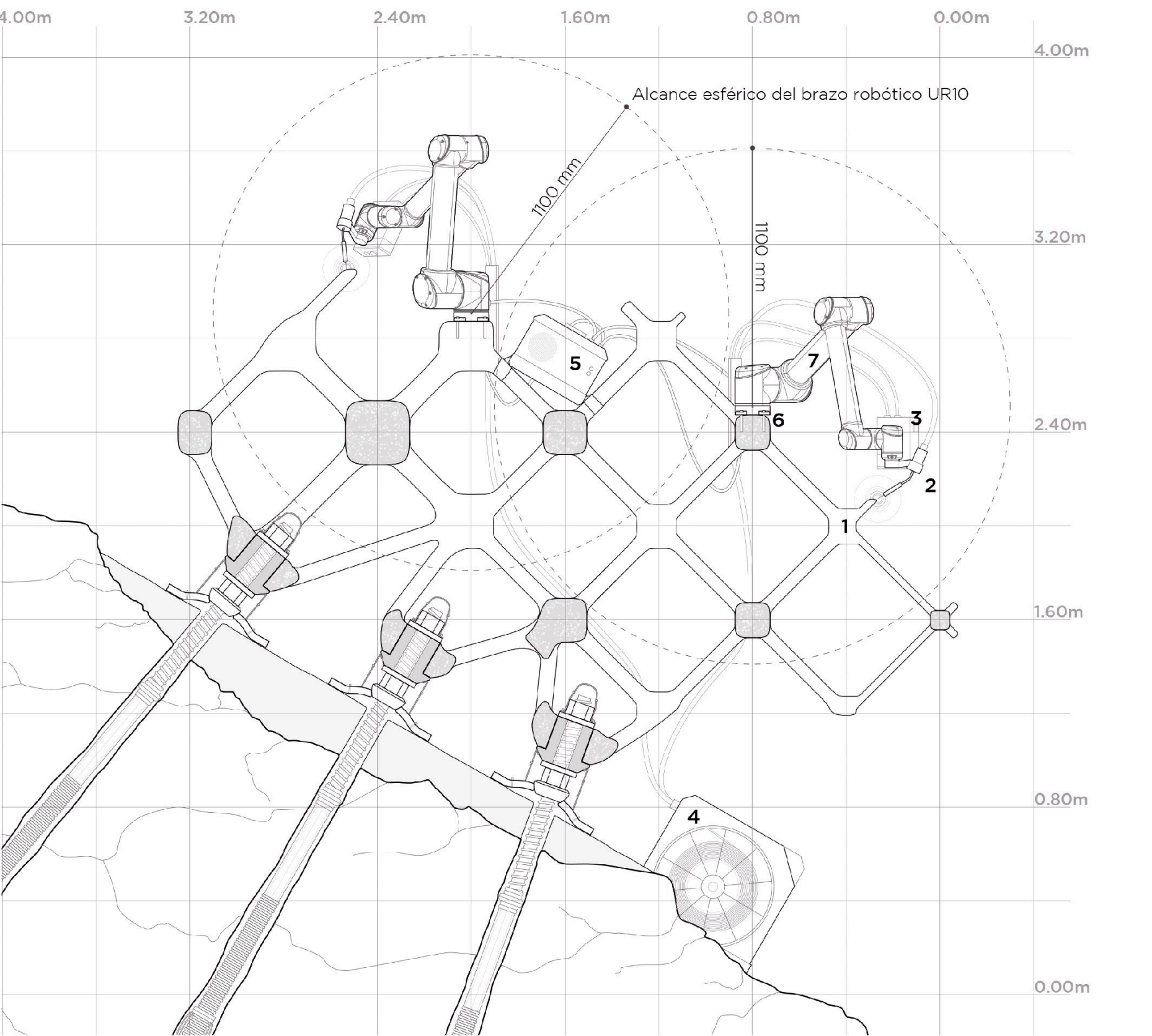
.campos

áliseos.

la comuna autosuficiente de Punta de Anaga

.detalle del proceso de fabricación aditiva mediante brazos robóticos anclados a la propia estructura

escala 1:20



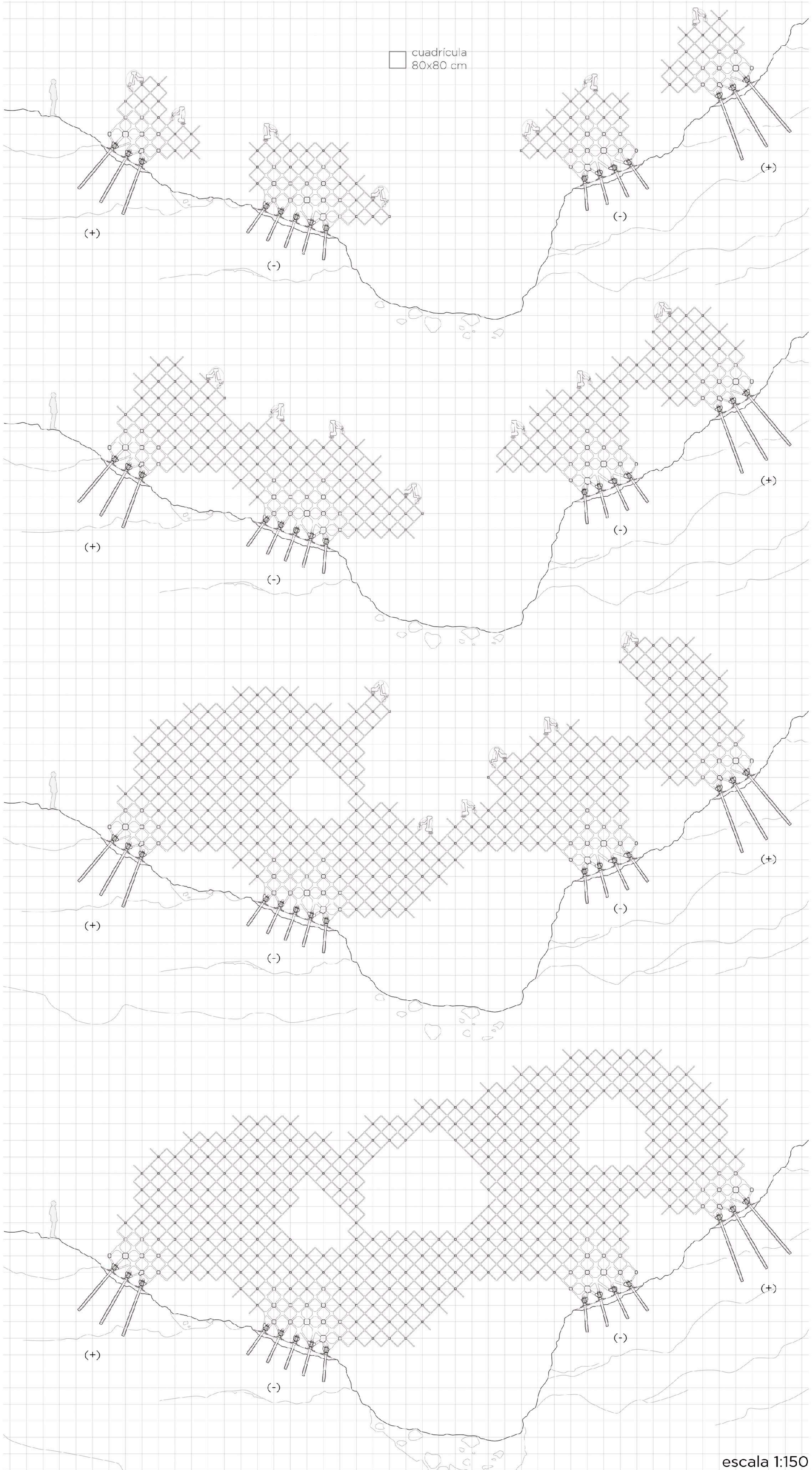
escala 1:20

.detalle del proceso constructivo en su fase inicial de fabricación aditiva desde cabezas de anclaje

La estructura crece desde los anclajes a roca, con los brazos robóticos de impresión encaramados a la misma. Esta debe ser autocortante en el proceso constructivo, funcionando en voladizo (empotrada en una sola de las vertientes del valle) sosteniendo su propio peso, hasta que se une con el brazo opuesto. Encontramos partes de la estructura que apoyan únicamente en un lado del barranco, funcionando en voladizo no solo en la fase de ejecución sino también una vez finalizada la obra.

Javier Fidalgo Saeta. TFM. MHab ETSAM - 23/01/23.
Aula Sancho. Tutor: Gonzalo Pardo Díaz. Soluciones singulares VIII.

Los apoyos inferiores trabajan a compresión (-), y los superiores a tracción (+), componiendo el par de fuerzas necesario para resistir el momento flector del vuelo. Esto se traduce en grandes longitudes de barras tensores en las cimentaciones sometidas a tracción, con otras mucho más reducidas en las comprimidas, en las que se asegura el apoyo con una longitud de anclaje mínima de 60 cm. Esta diferencia se aprecia en las secciones transversales de la estructura.



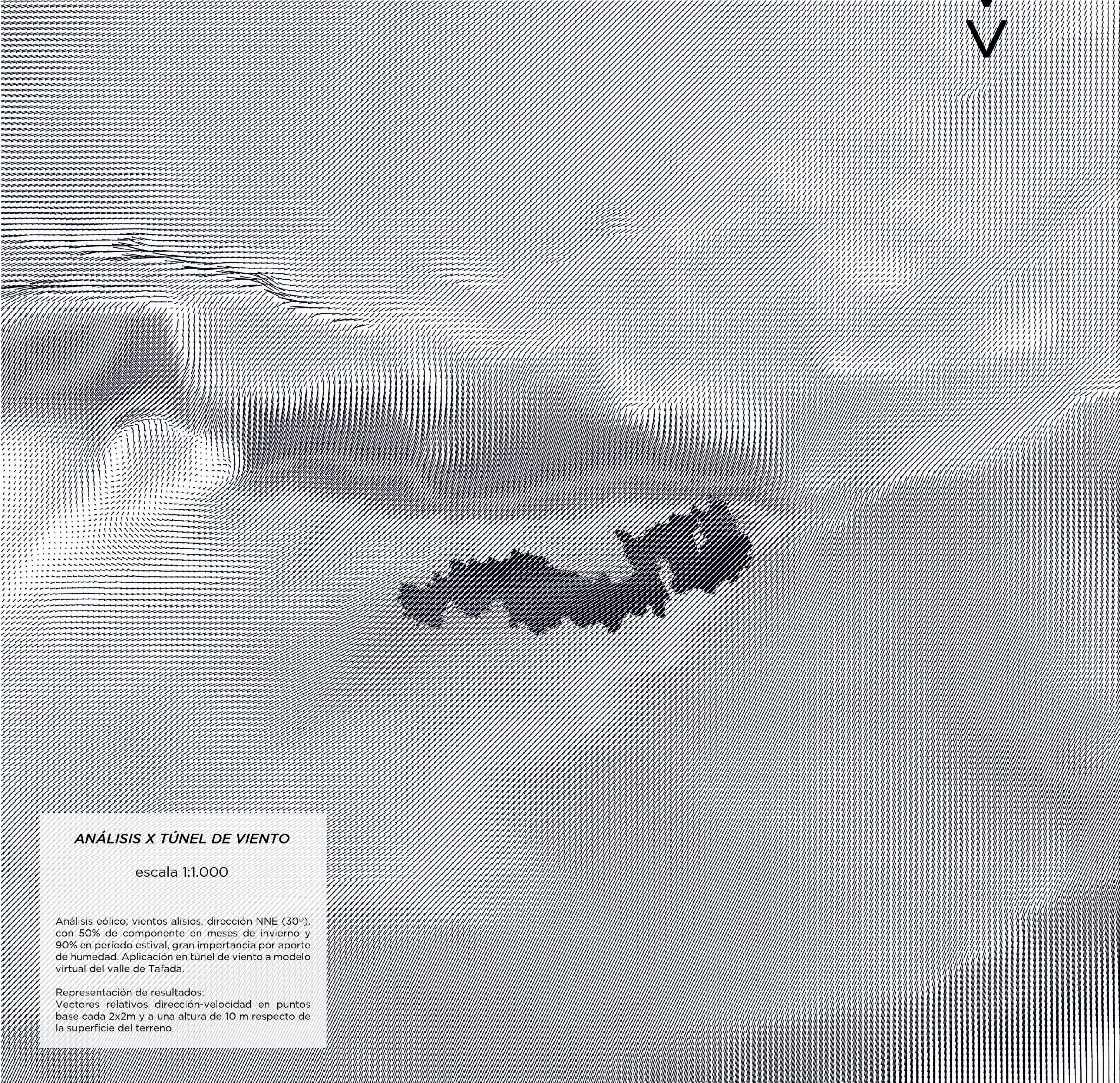
escala 1:150

.secuencia, en sección transversal tipo de la estructura, del proceso constructivo por fabricacion aditiva

A1.07. Un proyecto alisio-dependiente: el viento como fuente de abastecimiento hídrico y energético.

.diagramas síntesis del análisis eólico por vientos alisios en el valle de Tafada

escala 1:10.000



.campos alíseos. la comuna autosuficiente de Punta de Anaga

Por su ubicación remota e inaccesible (exclusivamente comunicada por senderos de montaña), alejada de las infraestructuras públicas de luz y agua, el principal precepto de este proyecto es su autosuficiencia. Siempre va a haber cierta dependencia del mundo exterior, pero se aspira a una autonomía total en materia de abastecimiento hídrico y energético, obteniendo estos recursos directamente del medio natural.

En el valle de Tafada, la obtención de agua de precipitaciones resulta insuficiente al tratarse de una cuenca hidrográfica relativamente pequeña para los usos derivados de la producción agrícola, especialmente en los meses más secos, en verano.

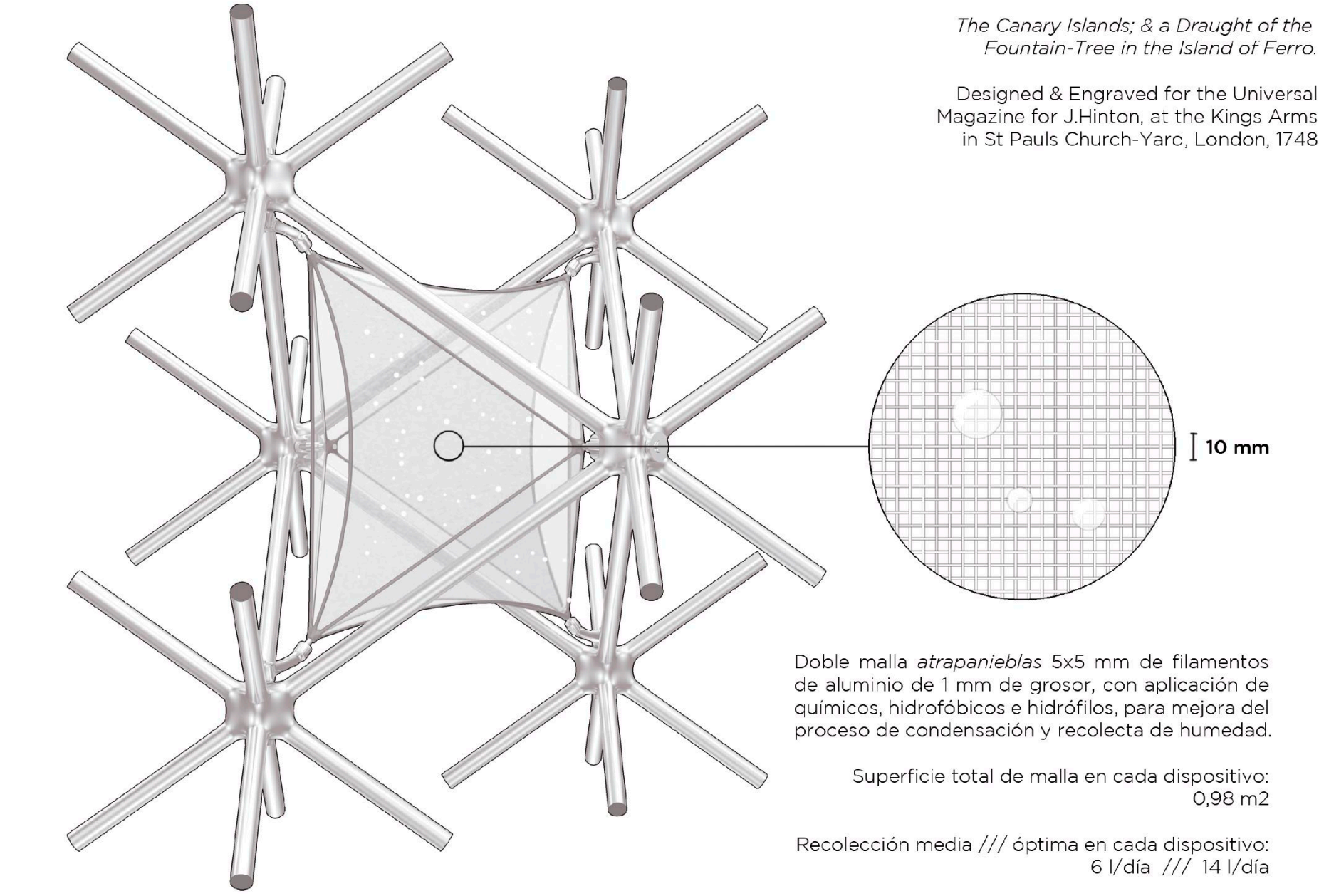
Respecto a la obtención de energía, el recurso solar resulta escaso por la alta frecuencia de nubes densas atravesando el valle, elevado más de 450 m sobre el nivel del mar.

La respuesta por tanto a la autosuficiencia de la comunidad de Tafada, debe ser el viento, siempre presente en las montañas de punta de Anaga.

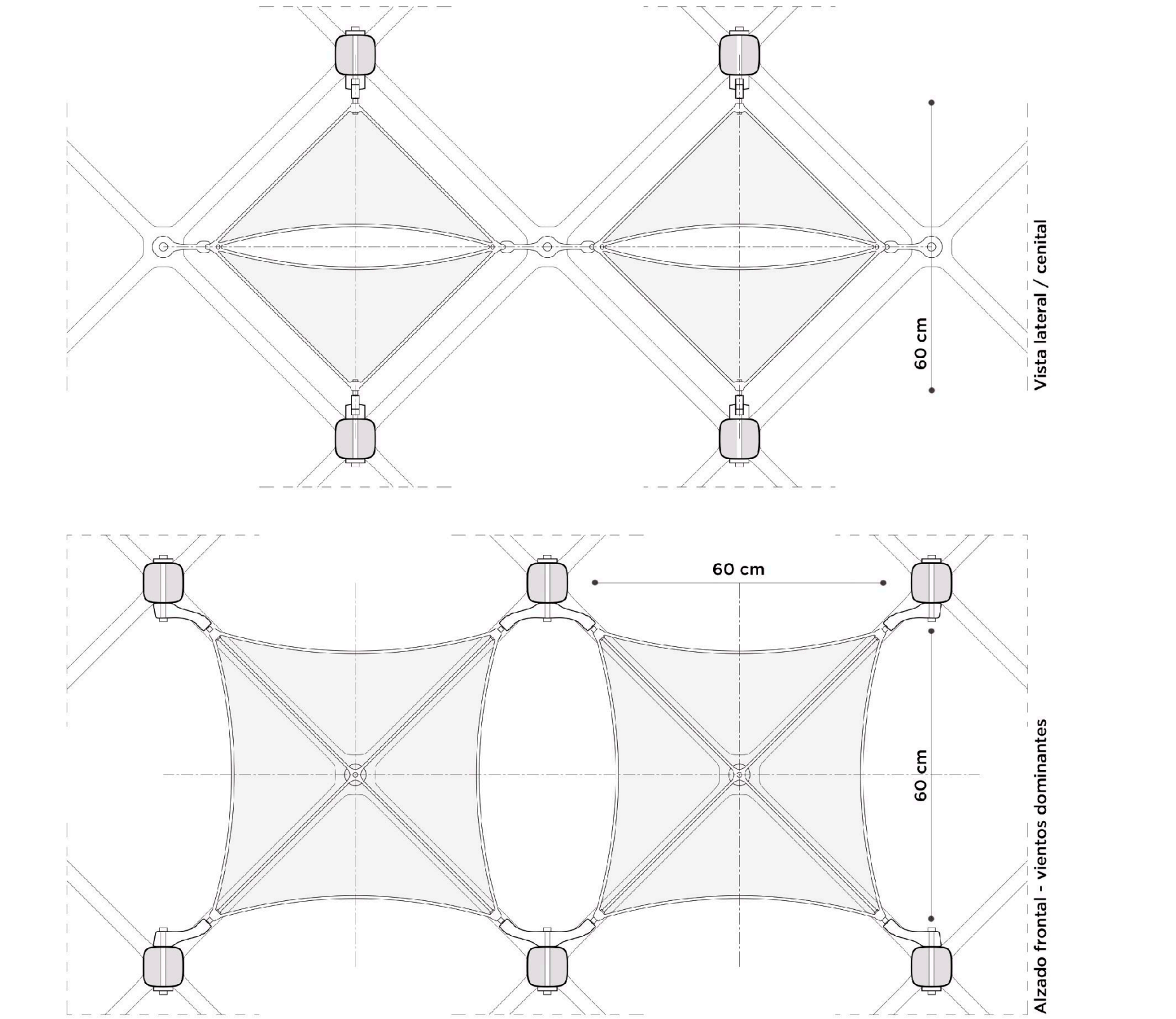
- Obtención de energía >>> **aerogeneradores vortex**. Estos dispositivos emplean la tecnología de resonancia aerolástica para obtener energía eléctrica mediante su propia vibración en consecuencia del flujo de viento, sin necesidad de usar aspas.

- Obtención de agua >>> **mallas atrapanieblas**. Este dispositivo *low-tech* es capaz de obtener agua mediante la condensación en su superficie de la humedad del ambiente. En la cara norte del macizo de Anaga, los vientos alisios aportan humedad constante.

La recolección hídrica a partir de los vientos alisios se remonta a tiempos prehistóricos en el archipiélago canario. Los aborígenes recogían las condensaciones de la laurisilva en pequeños estanques situados bajo el árbol. Esta misma idea se trasladó al presente proyecto, siendo la arquitectura soporte poroso de los dispositivos atrapanieblas, y desarrollando una serie de estanques bajo la estructura para la acumulación del agua.



.imagen del dispositivo de mallas condensadoras "atrapanieblas" integrado en la estructura



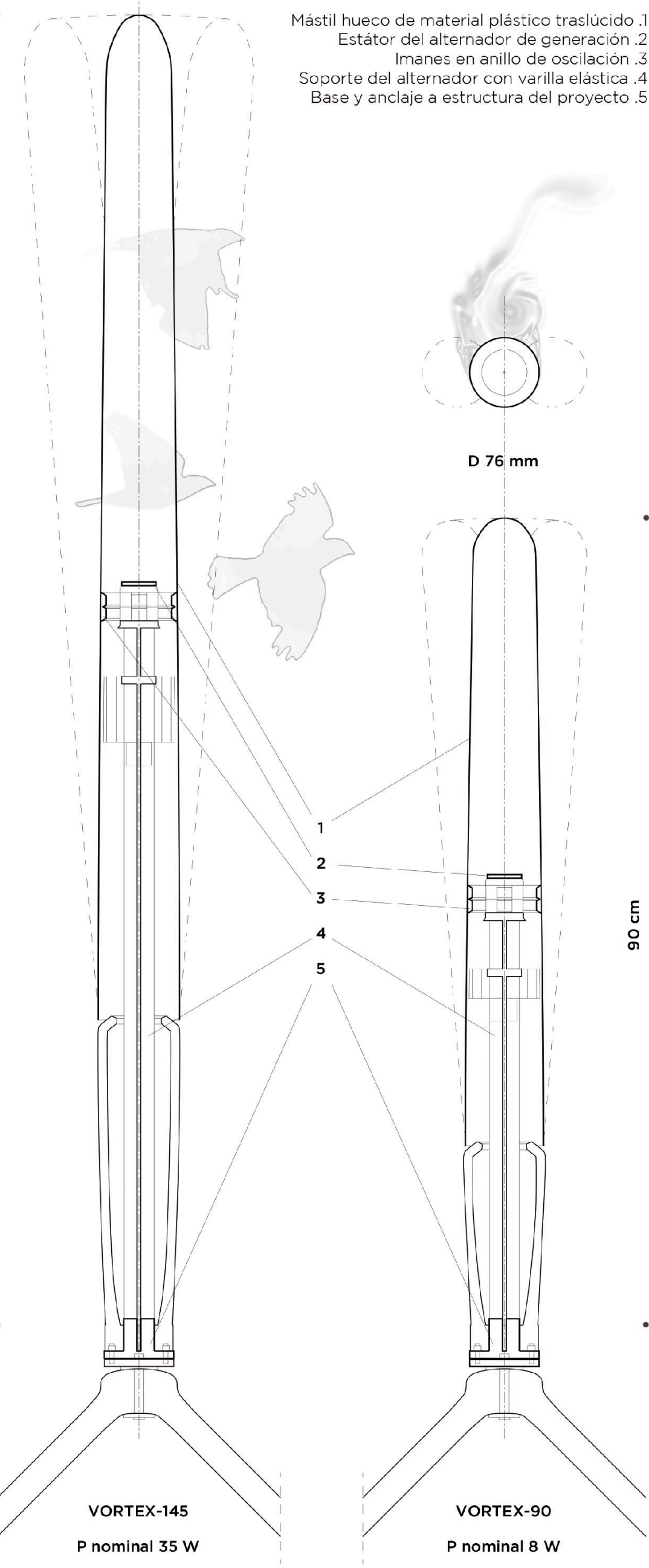
escala 1:10

.detalle de los dispositivo de mallas condensadoras "atrapanieblas"

Javier Fidalgo Saeta. TFM. MHab ETSAM - 23/01/23. Aula Sancho. Tutor: Gonzalo Pardo Díaz. Soluciones singulares VIII.



Se escoge esta tecnología de generación de energía eólica por su naturaleza omnidireccional, silenciosa y respetuosa con la fauna voladora, al prescindir de aspas convencionales, funcionando mediante oscilación perpendicular a la corriente del viento.



escala 1:5

.detalle de los aerogeneradores "vortex" sin aspas empleados