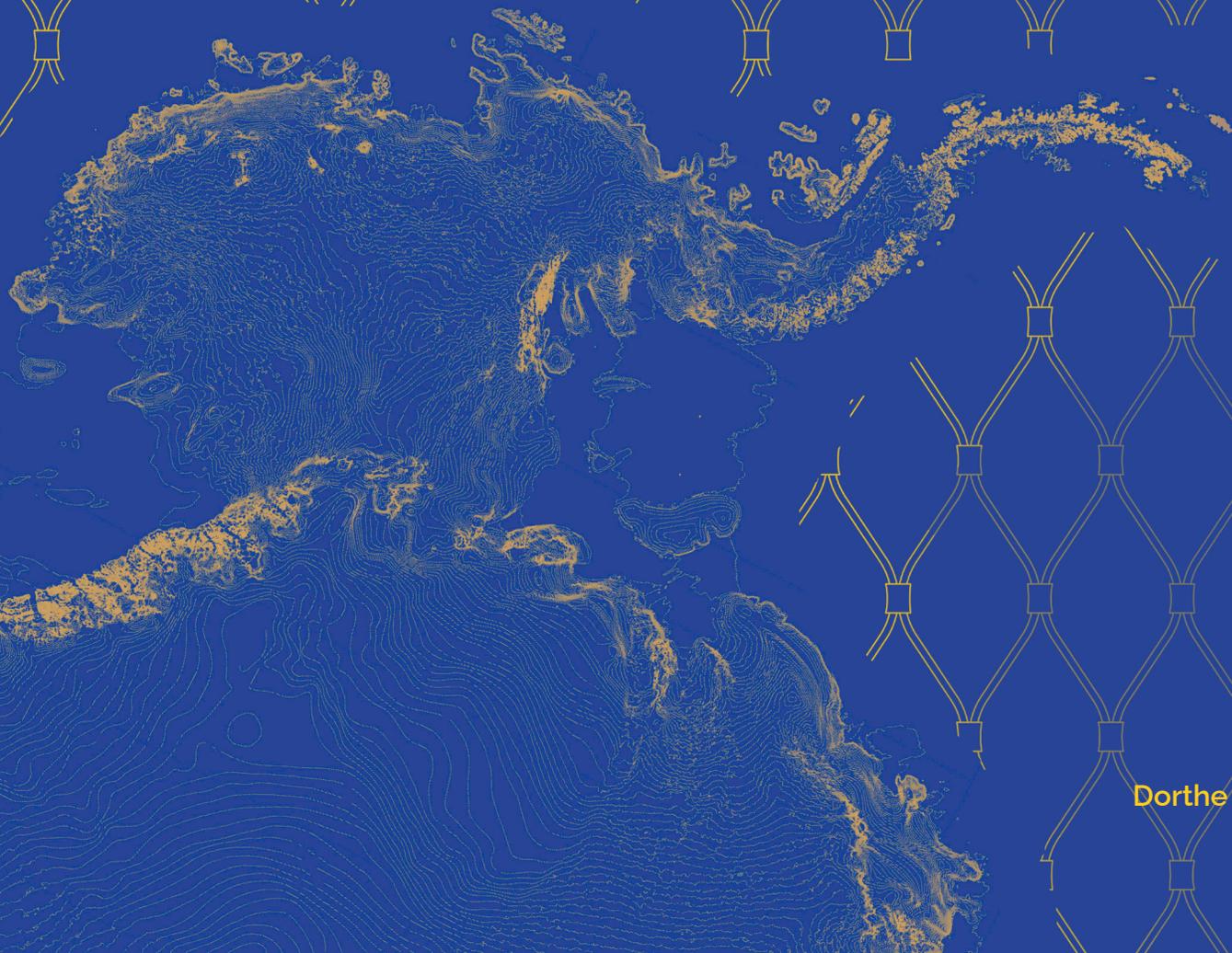


# LA MALLA METÁLICA COMO ELEMENTO ARQUITECTÓNICO EN LA ANTÁRTICA

Herramienta modular para generar espacios intermedios  
con el fin de mejorar la habitabilidad de los edificios  
presentes y futuros.



Dorthe Grégoire  
2021

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE

ESCUELA DE ARQUITECTURA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO  
Y ESTUDIOS URBANOS



GRÉGOIRE DORTHE

Tesis para optar al grado de magister programa Marq

ARQUITECTURA ANTÁRTICA

MARQ UC  
TIP / TIA de 2020

Profesores guía :  
**Arturo Lyon**  
**Tomás Tironi**

2020, Grégoire Dorthe

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento

## ABSTRACT

Contaminación humana

Espacios intermedios

Malla Metalica

Modularidad

Trasnacional

Actualmente existe un fenómeno de contaminación del medio ambiente natural en la Antártica debido a la gran expansión urbana, causada principalmente por la falta de colaboración internacional. Las consecuencias tienen efectos negativos directos sobre la fauna y la flora, el sustrato y la calidad de los estudios científicos.

Por lo tanto, el tema principal de esta tesis es la creación de una solución arquitectónica capaz de crear una sinergia de acciones de densificación urbana.

Para ello, la investigación de materiales se ocupa del diseño de elementos constructivos modulares que permitan la creación de espacios intermedios que puedan mediar entre el interior y el exterior del edificio, ofreciendo así un mayor confort térmico, así como la creación de lugares -sin función o programa predeterminados- para el uso y disfrute de sus habitantes.

El objetivo último de lo anterior es facilitar la coexistencia multicultural y promover la colaboración transnacional en la explotación de los diversos tipos de bases, tanto en el presente como en el futuro del continente austral.

Luego, con el fin de aclarar la capacidad de integración de la solución a escala local, el estudio se centra en la región densamente ocupada de Bahía Fildes, en el norte de la Península Antártica. La expansión urbana es significativa allí, con 4 naciones ubicadas en un radio de 3km. sin explotar la mayoría de sus infraestructuras a nivel transnacional.

Por lo tanto, tras la caracterización de este sitio, se propone una intervención arquitectónica. El proyecto se ocupa de la creación de una nueva base transnacional que vincule los resultados de la investigación material anterior con las estrategias proyectuales generadas por el contexto local.



# ÍNDICE

ABSTRACT

## PLANTEAMIENTO

[p.13](#)

- Introducción
- Planteamiento del problema
- Preguntas de investigación
- Hipótesis
- Objetivos
- Metodología

## Capítulo 1 PAISAJE NATURAL Y ANTROPICO

[p.33](#)

- Introducción
- 1.1 Geografía - transformación perpetua [p.35](#)
- 1.2 Fauna y flora - transformación perpetua [p.35](#)
- 1.3 Extrema divergencia del clima [p.37](#)
- 1.4 Herramientas analíticas para la habitabilidad de la Antártica [p.41](#)
- 1.5 Tipos de habitantes que ocupan la arquitectura [p.43](#)
- 1.6 Urbanización multicriterio [p.45](#)
- 1.7 Características de los diseños arquitectónicos pasados y actuales [p.49](#)
- 1.8 Estado pasado y presente del pensamiento arquitectónico sobre la vivienda en la Antártica [p.51](#)
- 1.91 Tipologías de obras pasadas y presentes [p.53](#)
- 1.92 Tipologías de asentamientos arquitectónicos en el paisaje antártico [p.55](#)

## Capítulo 2 ESPACIOS INTERMEDIOS

[p.59](#)

- Introducción
- 2.1 Análisis de referencia de los espacios intermedios en las temperaturas medias (+5 / +25°) [p.65](#)
- 2.2 Referencias programáticas en climas de baja temperatura (-3° / + 3°) [p.69](#)

## Capítulo 3 USO DE LA MALLA METÁLICA

[p.75](#)

- Introducción
- 3.1 Elegir el material adecuado para la Antártica [p.77](#)
- 3.2 Referencias en climas fríos. y como capa protectora [p.85](#)
- 3.3 Condiciones climatic necesaria por la creacion de una capa de hielo [p.87](#)
- 3.4 Investigación de la resistencia térmica del hielo [p.91](#)
  - 3.4.1 Referentes [p.91](#)
  - 3.4.2 investigaciones de modelos [p.93](#)
- 3.5 Investigaciones estructurales [p.95](#)
  - 3.5.1 Referentes [p.95](#)
  - 3.5.2 investigaciones de modelos [p.95](#)
- 3.6 Cualidades térmicas [p.99](#)
- 3.7 Cualidades proyectuales [p.101](#)
  - 3.7.1 Referentes [p.103](#)
  - 3.7.2 investigaciones de modelos [p.105](#)
- 3.8 Propuestas para un tipo de malla adaptada a un uso en Antartica [p.109](#)

## Capítulo 4 ADAPTABILIDAD CONSTRUCTIVA DE LA ENVOLVENTE

[p.113](#)

- Introducción
- 4.1 Referentes [p.117](#)
- 4.2 Análisis de las necesidades de las bases en todo el continente austral [p.119](#)
- 4.3 Investigación dimensional y geométrica [p.129](#)

## Capítulo 5 CASO BAHÍA FILDES Y PROYECTO DE UNA NUEVA BASE TRASNACIONAL [p.133](#)

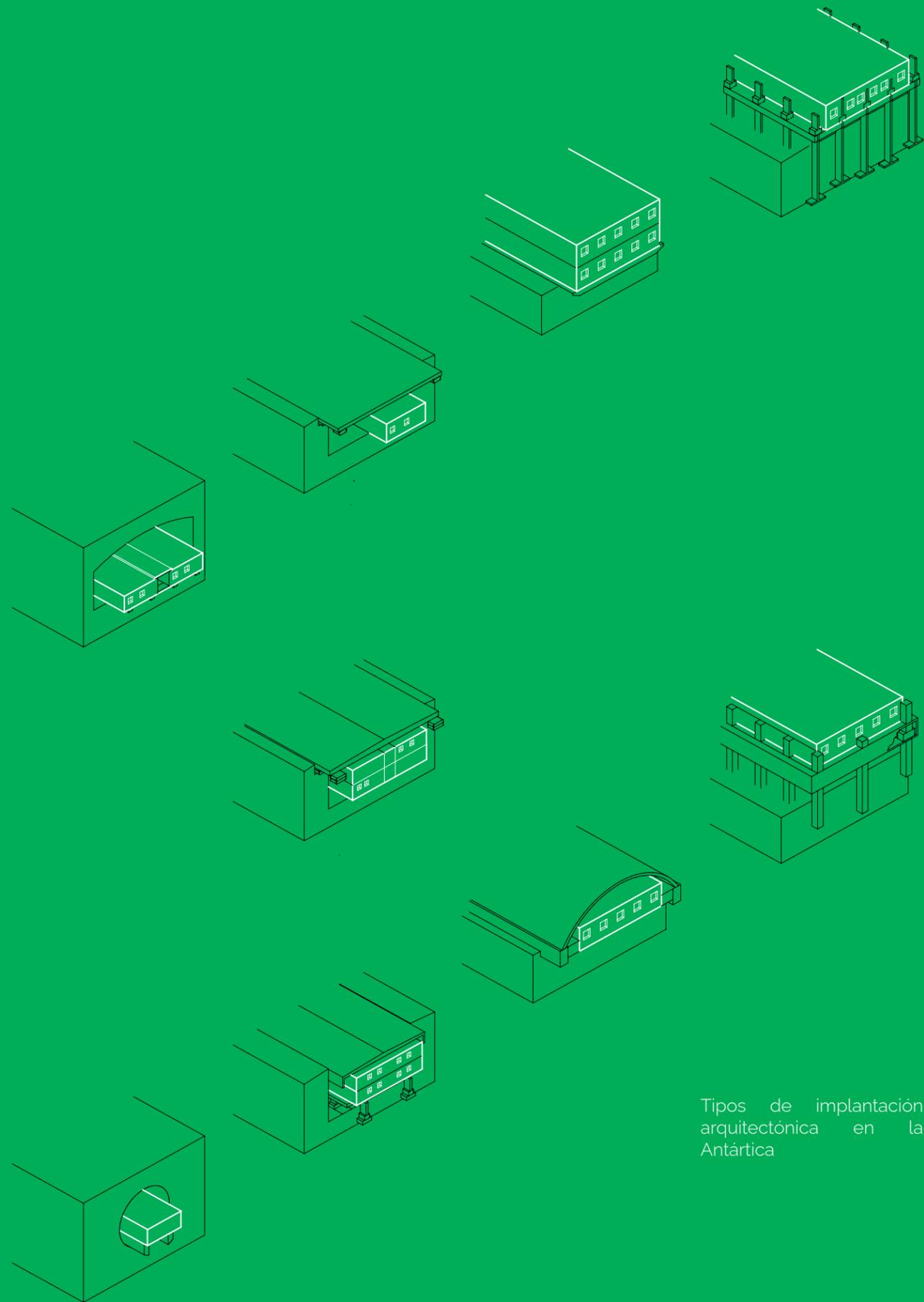
	Introducción	
5.1	Historia del sitio	<a href="#">p.137</a>
5.2	Estado actual de las bases	<a href="#">p.139</a>
5.3	Funciones programáticas actuales de las bases	<a href="#">p.139</a>
5.4	Condiciones climáticas in situ	<a href="#">p.141</a>
	5.4.1 Temperaturas	<a href="#">p.143</a>
	5.4.2 Humedad	<a href="#">p.143</a>
	5.4.3 Vientos	<a href="#">p.145</a>
	5.4.4 Precipitaciones	<a href="#">p.145</a>
5.5	Funcionamiento internacional y arquitectura modular	<a href="#">p.145</a>
5.6	Proyecto	<a href="#">p.153</a>
CONCLUSION		<a href="#">P.205</a>
BIBLIOGRAFÍA		<a href="#">P.207</a>
ANEXOS		<a href="#">P.208</a>
01, 02,	Entrevistas (BOF Architekten, Científico frances)	
03	Análisis de los datos de construcción de los edificios en la Península Antártica	
04	Análisis térmico de la envolvente con / sin hielo (u-Wert)	



Diagrama de la estructura de desarrollo de la tesis

Elaboración propia

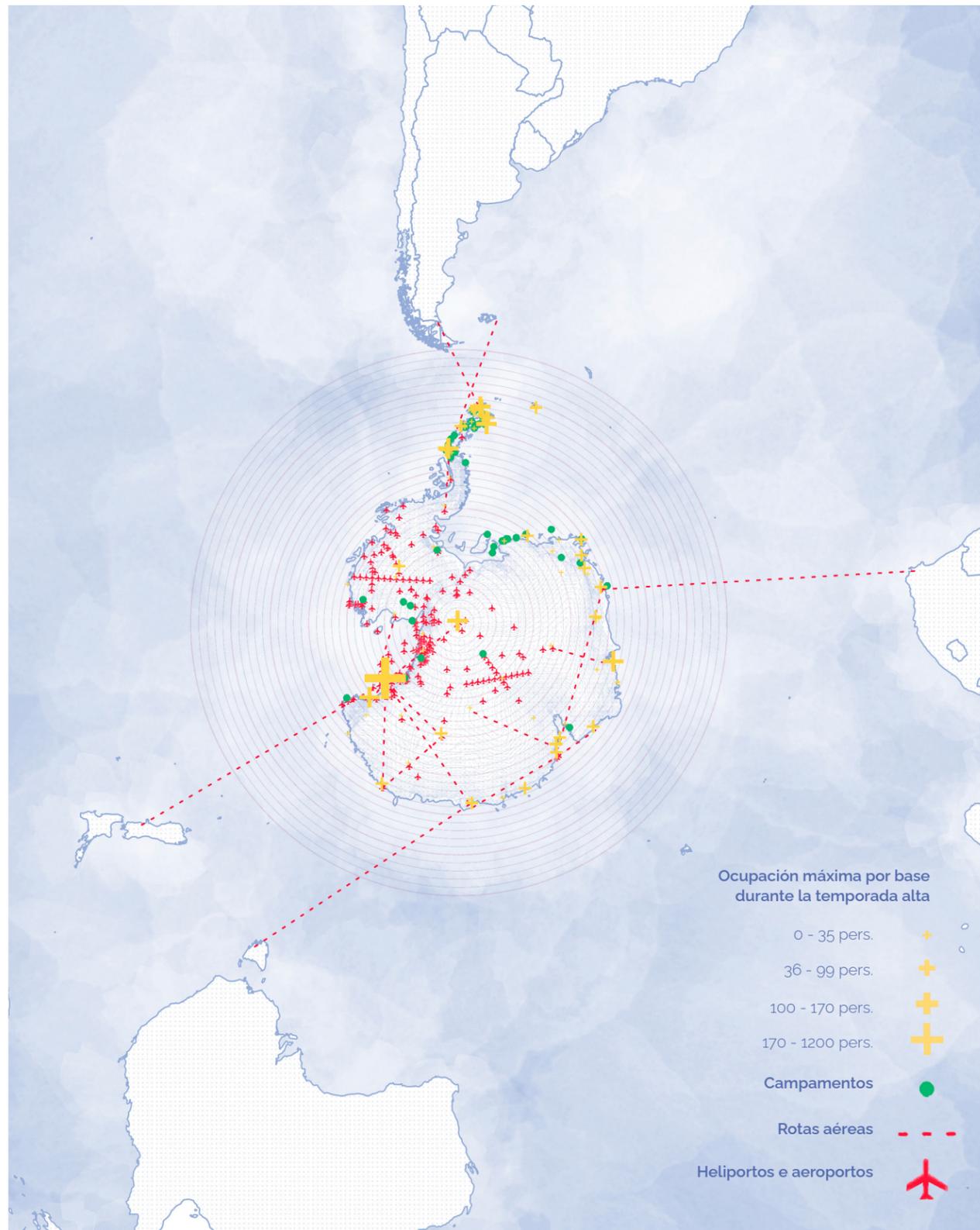




Tipos de implantación arquitectónica en la Antártica

## PLANTEAMIENTO

- Introducción
- Problemática de investigación
- Preguntas de investigación
- Hipótesis
- Objetivos
- Metodología



< fig. 0.1

Escala continental

Ubicación geográfica de las bases y campamentos vinculados con las conexiones aéreas generadas, fuentes: (Brooks y al, 2019), (Norsk Polarinstitut), (Pertierra y al, 2017).

Elaboración propia

## INTRODUCCIÓN

La Antártica es un continente federado internacionalmente por el Protocolo de Madrid (1991) y el Tratado Antártico (1959). En este momento, 30 naciones ocupan las 108 bases actualmente en funcionamiento. (CONMAP,2017). Sin embargo, la evolución de los últimos 29 años es importante ya que el aumento del número de bases ha sido de +32% (Hemmings, 2011).

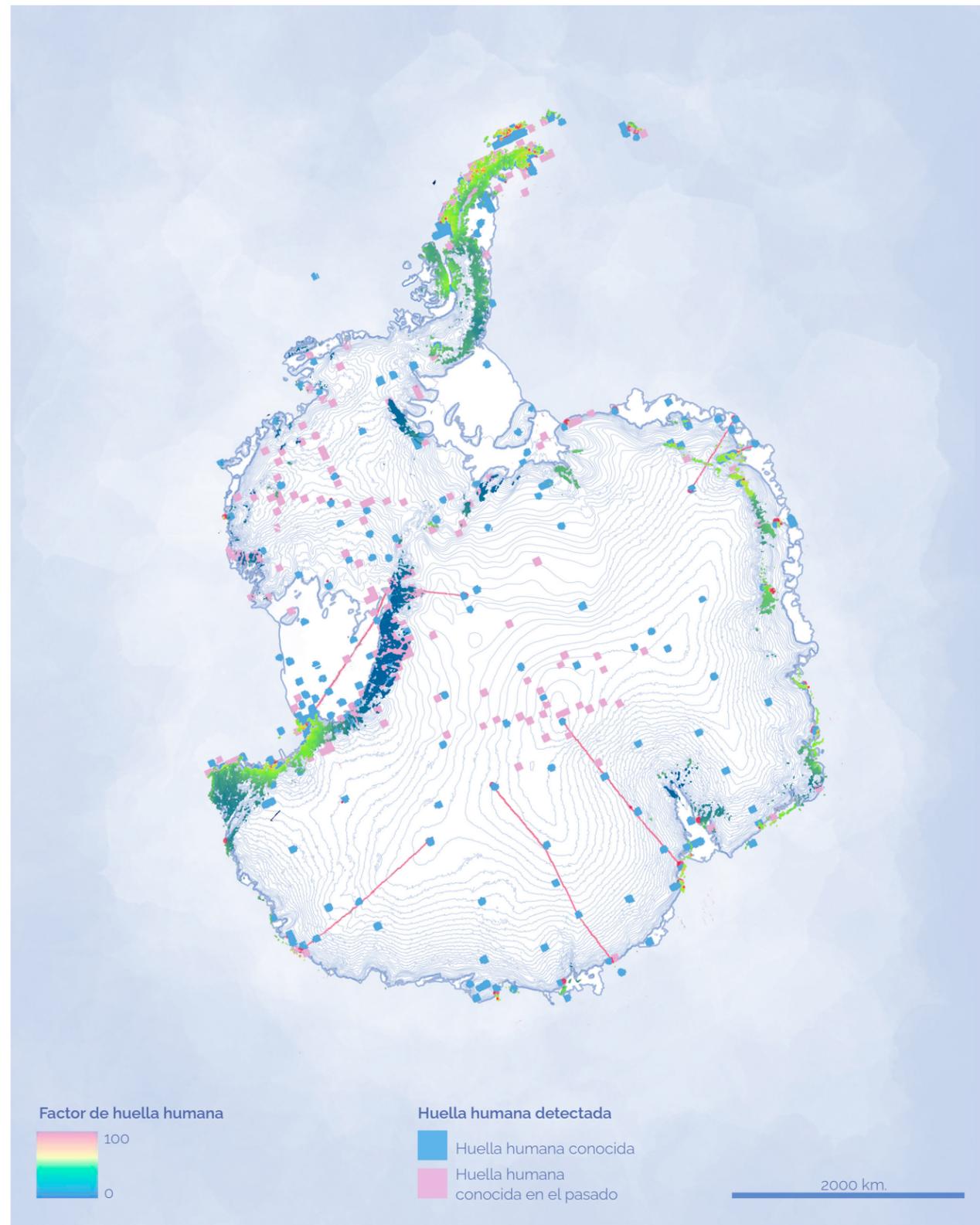
Este fenómeno debe vincularse a las consecuencias que el funcionamiento de una base tiene para su contexto circundante, ya que hasta ahora hay 5342 casos de volúmenes perceptibles por satélite que son ajenos al territorio natural de la Antártica (Brooks y al, 2019). Esto incluye tanto la infraestructura abandonada como la existente.

Además, el estudio de la ubicación de las bases, estaciones y refugios muestra una alta concentración de infraestructuras a lo largo de las costas, en zonas de fácil acceso desde los continentes más cercanos (fig.0.1).

Las zonas con suelo libre de hielo en un radio de 5 km de la costa están fuertemente impactadas por la huella humana. Estos representan el 0,06% del territorio de la Antártica y están ocupados por el 76% de las bases multipropósito (Brooks y al, 2019). Esto puede justificarse por la mayor presencia de objetos de estudio en estas regiones, como la fauna y la flora, pero también por el turismo puramente costero, que representa el 98,7% (IAATO, 2017).

Por consiguiente, el concepto de densificación de la infraestructura es importante para reducir la expansión urbana en zonas ambientalmente sensibles.

Luego, para comprender cómo diseñar una solución arquitectónica útil, el estudio bibliográfico de los análisis psicológicos y científico-



< fig. 0.2

Escala continental

Huella humana en el paisaje antártico a través de la contaminación visual, acústica y ecológica, (Pertierra y al, 2017),

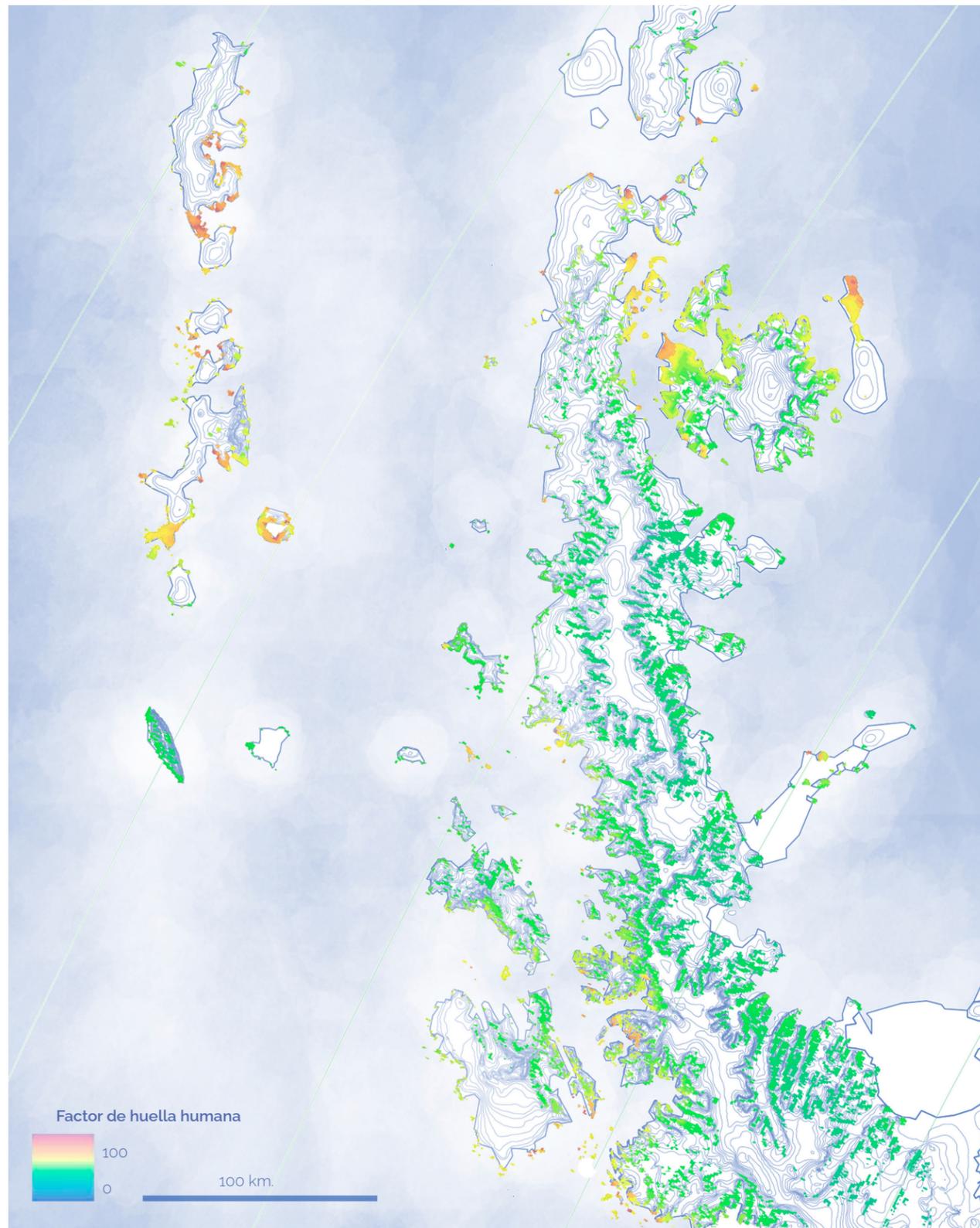
Elaboración propia

sociales de los ocupantes de la Antártica que se enfrentaron a las condiciones específicas de habitabilidad (Zimmer y al., 2013), permite comprender qué actividades son propicias para mejorar la salud mental de los habitantes y, por lo tanto, para una mejor cohesión social en las futuras bases.

De esta forma, una vez identificadas las necesidades, es necesario investigar las funciones programáticas que facilitan este bienestar y contextualizarlas a las condiciones climáticas y sociales del continente austral previamente estudiadas. Para ello, el estudio aborda varios temas principales, en los cuales se plantean una serie de preguntas con el objetivo de demostrar que es posible crear una sinergia entre los temas tratados en los capítulos. Así pues, los subtemas abordados tratan de responder las siguientes preguntas.

En cuanto a los espacios intermedios: ¿qué funciones tienen en relación con los espacios centrales? ¿Qué funciones pueden cumplirse a una temperatura entre  $-3^{\circ}$  y  $+3^{\circ}$ ? ¿Existen referencias en la Antártica, y si es así, qué tipos de funciones programáticas son posibles, y qué tipo de atmósfera se crea?

En relación con la materialidad necesaria para el diseño de estos espacios, el segundo cuestionamiento se refiere al estudio del uso de un producto respetuoso con el medio ambiente y con componentes locales. El estudio del yacimiento muestra que la malla metálica puede combinarse con el clima específico del continente para crear una envolvente de hielo, y este tema plantea las siguientes cuestiones: ¿Qué beneficios puede tener este material en las condiciones climáticas de la Antártica? ¿Cómo se puede utilizar la malla para mejorar sus capacidades térmicas? ¿Tiene mejores cualidades estructurales una vez congelado en el hielo? ¿Cómo se puede prolongar la vida de la capa de hielo? ¿Qué ambientes arquitectónicos se pueden crear para mejorar las condiciones de vida de las bases?



< fig. 0.3

Escala regional

Huella humana en el paisaje del norte de la Península Antártica, (Perterra y al, 2017),

Elaboración propia

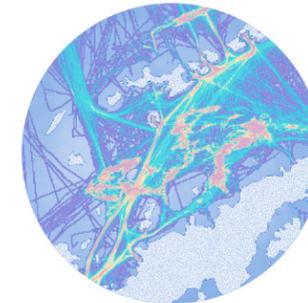
▼ fig. 0.4

Trafico marítimo en el año (2019), marinetraffic.com

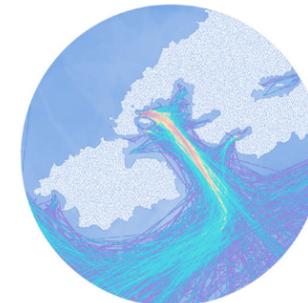
Elaboración propia



Península Antártica



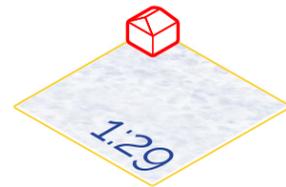
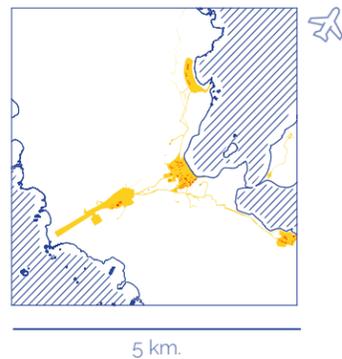
Región islas Shetland del Sur



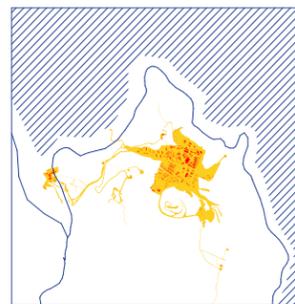
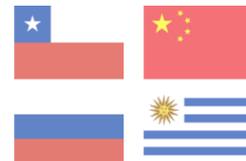
Región Bahía Fildes

Finalmente se aborda la modularidad del sistema, lo cual genera las siguientes interrogantes: ¿cuáles son las limitaciones técnicas y dimensionales que deben tenerse en cuenta para el diseño del sistema? ¿Qué formas son las más adecuadas para el diseño de los elementos de la malla metálica? ¿Cuáles son las posibilidades reales de la fase de mecanizado de los elementos constructivos?

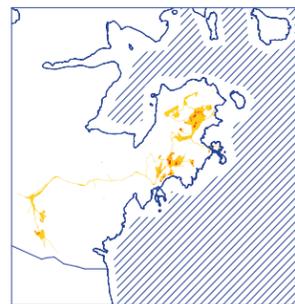
Así pues, este extracto de preguntas detalla el tema de investigación abordado en la continuación de la presente tesis.



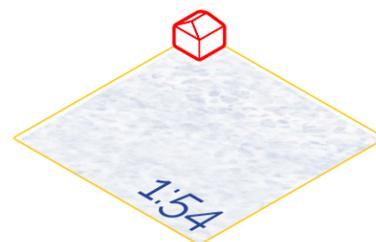
N°1 Bahía Fildes  
ratio 29



N°2 Bases McMurdo  
y Scott  
ratio 13



N°3 Bases Progress,  
Zhonshan y Law  
ratio 18



N°4 Base Marambio  
ratio 54

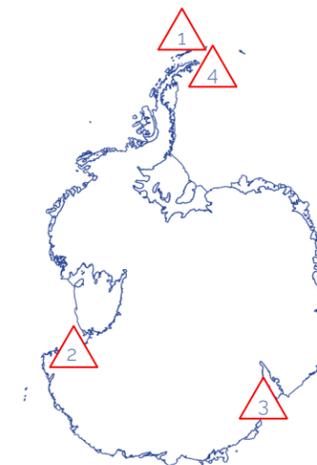


< fig. 0.5

Escala urbana

Planos, diagramas y relaciones de contaminación entre la superficie afectada por el uso de las bases y la superficie ocupada por los edificios, (Brooks y al, 2019.)

Elaboración propia



Ubicación en el continente antártico de las bases con situaciones críticas identificadas

## PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

### SIMILITUD DE LAS BASES EN LA ANTÁRTICA

Las consecuencias de la expansión urbana en la Antártica son importantes. Al observar la presencia de la huella humana a varias escalas, tanto continental (fig. 0.2 - p.16), como regional (fig. 0.3 - p.18) y local, es posible constatar que el problema es consecuente y multifactorial, como científico y logístico (fig. 0.4 - p.19). Este fenómeno es la consecuencia directa de la falta de funcionamiento transnacional, como es el caso de la región de Bahía Fildes (Brooks y al, 2019).

Esta problemática se observa en los planos de algunos de los sitios que agrupan a varias naciones en un mismo lugar (fig.0.5). Esto conduce a la contaminación visual, acústica y física del entorno natural. El nivel de contaminación puede cuantificarse calculando la relación entre la superficie ocupada por los edificios y la superficie total del terreno utilizado alrededor de los mismos. Así, para una superficie ocupada por un edificio de 100m<sup>2</sup> y una superficie exterior de 1.000m<sup>2</sup>, la ratio es de 10.

### VISIÓN LOCAL DE UNA SITUACIÓN PERJUDICIAL PARA EL MEDIO AMBIENTE

A escala local, el fenómeno de la contaminación es también perceptible. La fotografía de Joe Little contiene una visión pertinente de la problemática (fig. 06/07 - p-21).

En primer plano está la base rusa de Bellingshausen, construida en 1968, y en segundo plano la base chilena de Frei, inaugurada en 1969. El análisis de las bases de datos del programa noruego en Antártica (Norsk Polarinstitut) muestra que los dos sitios tienen varios puntos en común; por ejemplo el funcionamiento anual de las instalaciones, pero también el tipo de producción de energía.



< fig. 0.5

Expansión urbana y falta de colaboración internacional, en la región de Bahí Fildes

fotografía de Joe Little, 2009, [www.flickr.com](http://www.flickr.com)

> 01

Decreto de la base Concordia

Boletín Oficial de la Rep. Francesa. Decreto N° 2018-186, 2018

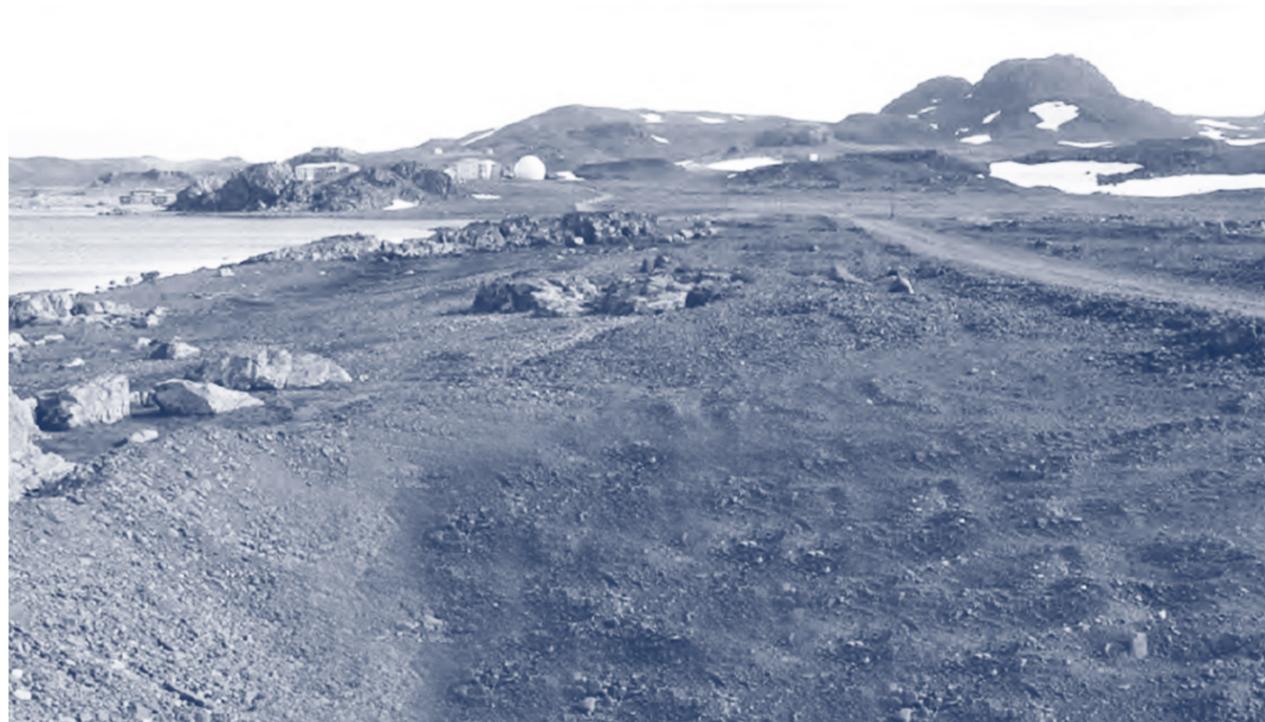
> 02

Tratado Antártico (art. 3) y el Protocolo de Madrid de 1991 (art. 6,1e. "Cuando proceda, realizar expediciones conjuntas y compartir el uso de las bases y otras instalaciones")

> fig. 0.6

Situación de contaminación del suelo en Bahía Fildes tras de unas construcciones cerca la base de la Gran Muralla (China)

fotografía de C. Braun (2008) en el documento (Hans-Ulrich P. y al., 2013)



Esto conduce, a través de esta redundancia infraestructural, a un aumento del consumo de energía fósil y de las necesidades logísticas necesarias para el funcionamiento de las bases (COMNAP, 2017).

Sin embargo, a diferencia del uso binacional que existe en otras latitudes, como la base franco-italiana Concordia, que se rige por un decreto (01), la operación de las bases chino-rusas-chilenas se realiza sólo de manera individual, abandonando así la cierta colaboración utópica prevista en el Tratado Antártico de 1959 (02). Desde el punto de vista tipológico, los edificios tienen sólo uno o dos pisos, ya sea del lado ruso o del chileno. Esto puede explicarse por la fuerza del viento en esta región de clima extremo, pero también por las capacidades logísticas y constructivas durante el período de construcción (1968-1969). Por lo tanto, es difícil distinguir los diferentes tipos de morfología entre los dos sitios. Esto confirma el sin sentido de la explotación disociada de las bases. Por lo tanto, es interesante observar la contradicción de la colaboración internacional en la Antártica (Hemmings, 2011).

#### DESARROLLO DE UNA SOLUCIÓN ARQUITECTÓNICA

Por lo tanto, estas observaciones críticas de la situación actual demuestran la pertinencia de investigar la posibilidad de crear una solución arquitectónica con capacidad para facilitar la agrupación de infraestructuras mediante la mejora de las condiciones de vida, creando espacios útiles para el desarrollo individual y comunitario. Todo ello con el objetivo de facilitar el fomento de colaboración transnacional en la explotación de los distintos tipos de bases a largo plazo. Y así, reducir la ocupación territorial individualista, practicada desde el principio, por los gobiernos a través de las expediciones científicas a la Antártica (fig. 0.7 - p.24).



< fig. 07

Representación de la conquista territorial de la Antártica, en el pasado pero también en la actualidad a través de argumentos científicos

Elaboración propia

## PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Cómo se pueden diseñar espacios de amortiguación para ayudar a mejorar la habitabilidad de las bases antárticas?
- ¿Qué tipo de solución constructiva es la más adecuada para generar espacios intermedios? y ¿Qué tipos de restricciones deben tenerse en cuenta en esta investigación?
- ¿Cómo se puede predisponer la solución constructiva diseñada para que sea modular y así permitir cambios volumétricos a largo plazo?

## HIPÓTESIS

### LAS ESPECIFICIDADES DE LOS ESPACIOS INTERMEDIOS

Es necesario diseñar espacios de calidad que permitan una mejor convivencia multicultural en las bases antárticas. Esto con el fin de promover la posibilidad de operar las bases de manera transnacional. Sin embargo, el estudio de este tema requiere una comprensión de las soluciones espaciales que conducen a una mejora del bienestar mental durante los períodos de aislamiento prolongado, como es el caso de la temporada de invierno. Para ello, la diferencia de temperatura entre los espacios interiores y el espacio intermedio, así como las posibilidades de practicar actividades que permitan salir de la monotonía diaria, son soluciones no solo útiles sino necesarias para mejorar la habitabilidad (Zimmer y al., 2013).

Además, la libertad de la función de estos espacios permitiría autodeterminar el entorno vital (Friedman, 2020), y hacer evolucionar los espacios a medida que cambian las estaciones y los deseos. No obstante, esto requiere una herramienta constructiva capaz de adaptarse a los variados climas antárticos.



< fig.0.8

Contaminación física del suelo (efecto de compactación)

US navy - NSF (1955)  
McMurdo Station

### USO DE LA MALLA COMO ELEMENTO ARQUITECTÓNICO.

Las limitaciones impuestas por el Tratado Antártico no permiten marcar el territorio de forma permanente y cada pieza importada debe poder ser retirada cuando la construcción ya no cumpla su función. Así pues, la extracción de materiales de construcción no es posible, a pesar de que esta prohibición se supera en ocasiones, como ocurrió en Bahía Fildes, en 2010 (Convey, 2012). Por consiguiente, la investigación se centra en la utilización de un material que funcione en relación con el contexto a fin de garantizar una economía en los medios logísticos implementados para su construcción. El estudio de la posibilidad de captura local de plástico de la contaminación marina puede ser una solución (Lacerda y al, 2019). Sin embargo, la post producción necesaria para su tratamiento no se corresponde con el deseo de minimizar la huella ecológica con una solución constructiva. Por lo tanto, la búsqueda de un material ligero y sólido lleva al uso de mallas metálicas como una solución útil para la creación de espacios intermedios.



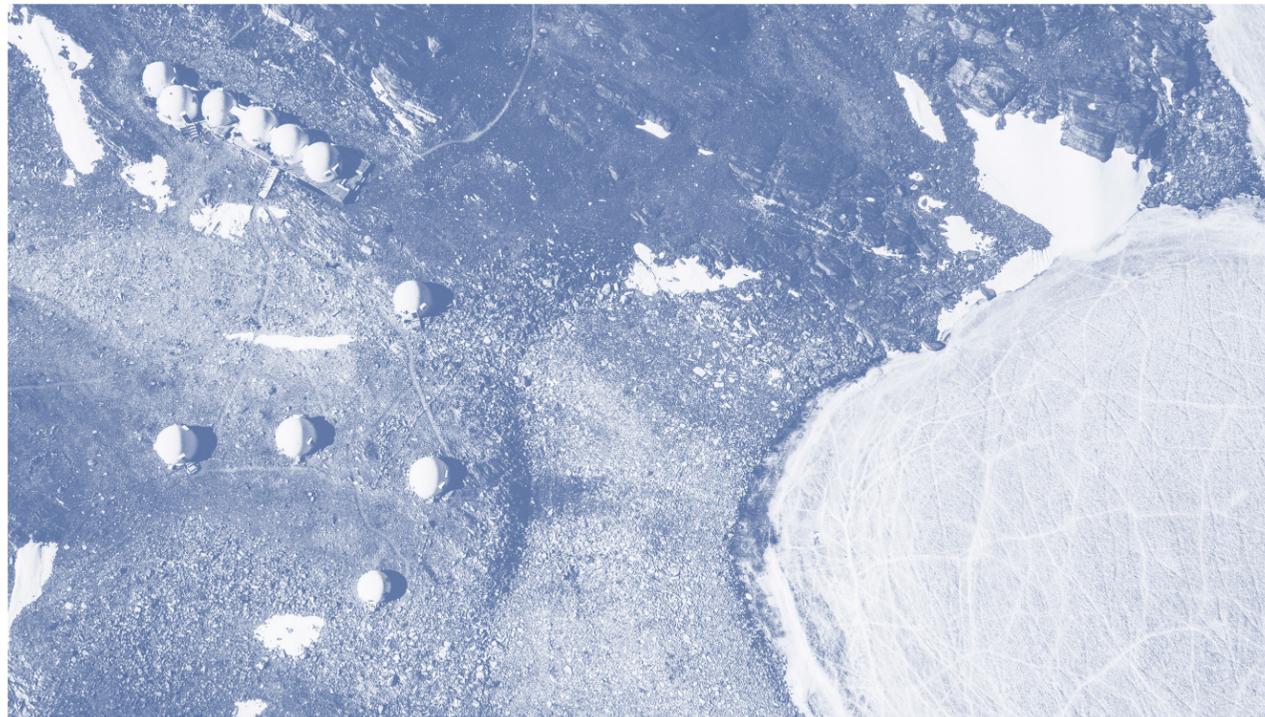
< fig.0.9

Contaminación física del suelo y del paisaje

US navy - NSF (1995),  
Base Amundsen-Scott,  
Antártica

### LA MODULARIDAD DEL SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN

Sin embargo, para que el sistema de construcción de un envolventes modulares elegido tenga una calidad isomórfica, es necesario que sus dimensiones se adapten para hacer frente de la manera más eficiente a los futuros cambios volumétricos. Por ello, el estudio de las superficies medias de los edificios en la Antártica proporciona información útil para su dimensionamiento. La segunda variable a tener en cuenta se refiere a la contextualización de los elementos constructivos mediante la elección de una gama de formas que tenga en cuenta las condiciones de instalación, la situación logística de las bases, así como el mantenimiento necesario en la obra. De este modo, la elección de la forma de los módulos de la envolvente es posible; y esto garantiza la adaptabilidad morfológica necesaria para la promoción de las agrupaciones transnacionales de las bases en la Antártica.



< fig.0.10

Ejemplo actual de contaminación física del suelo cerca de un campamento

Tom Parker (2020)  
*White Desert, Antártica*

## OBJETIVOS

### OBJETIVOS GENERALES:

1. Desarrollar una solución constructiva predimensionada de una envolvente de malla metálica capaz de generar la creación de espacios intermedios en las bases antárticas.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

2. Estudiar la contribución de los espacios intermedios a la mejora de la habitabilidad en diferentes situaciones climáticas.

3. Experimentar con las propiedades estructurales, térmicas y arquitectónicas que se pueden lograr utilizando la malla metálica como elemento de construcción.

4. Analizar los requisitos previos necesarios para garantizar la durabilidad del uso del sistema de construcción de forma modular

## METODOLOGÍA

Con el objetivo principal de acercarse lo más posible a un resultado de investigación que pueda realmente resolver el problema de la expansión urbana en la Antártica, la metodología de esta tesis se realiza proponiendo un estudio multifactorial.

Este estudio se centra, en una primera etapa, en la búsqueda de funciones programáticas que presenten las características necesarias para diversificar las condiciones de habitabilidad de las bases, tal como se aconseja en los estudios psíquicos que tratan de los efectos de la vida en la Antártica sobre la salud mental de los habitantes temporales. Con este fin, el estudio de las condiciones de vida que existían bajo la Cúpula del Polo Sur se lleva a cabo con la ayuda de análisis bibliográficos. Luego, el estudio de Neumayer 3,



< fig.0.11

Fotografía que simboliza el uso del medio ambiente natural como herramienta de supervivencia en el clima antártico.

The Royal Society (1903) "Main Western sledge party starting", ed. The Royal Society,

> 03

Al modelar el hielo de estructuras complejas, es importante recordar que algunos componentes de la estructura pueden proteger a otros de la creación de hielo.

Además, diferentes partes de la estructura pueden congelarse completamente juntas y, por lo tanto, deben modelarse como un solo objeto. Estos aspectos deben considerarse individualmente para cada estructura y pueden estudiarse mediante experimentos de congelación en pequeña escala

Makkonen y Oleskiw, (1994)

que también contiene espacios intermedios, se utiliza para ampliar las posibilidades de obtener respuestas a las preguntas planteadas. Además, se añade la búsqueda de funciones programáticas en entornos de baja temperatura existentes en otras regiones frías del mundo.

Luego, en una segunda etapa, se explora la metodología de la investigación de materiales con la ayuda de una serie de modelos,. Se recomienda la importancia de la investigación de modelos para las construcciones que tienen que funcionar en relación con un fenómeno de heladas, a fin de verificar las hipótesis planteadas (03)

Luego, para utilizar los resultados del paso anterior, se hace una búsqueda dimensional utilizando bases de datos para dimensionar los módulos que componen el conjunto de la envolvente. En efecto, es posible analizar la superficie de los 5,342 volúmenes presentes en la Antártica (Books y al, 2019.) y, por lo tanto, sintetizar el resultado con una superficie media. A continuación, sobre la base de un análisis de los medios logísticos disponibles en la Antártica, es posible combinar la superficie media con los medios logísticos a fin de garantizar una capacidad de adaptación y movimiento para los futuros usuarios del sistema de construcción, y así imaginar la aplicación del sistema en las estructuras existentes o combinar las antiguas y las nuevas bajo una envolvente protectora común.

Concluyendo la tesis, se realiza el análisis histórico, programático y climático de las bases ubicadas en Bahía Fildes permitiendo comprender el alcance de la redundancia de la infraestructura, y las consecuencias directas que el problema de la expansión urbana tiene sobre el medio ambiente natural. El objetivo final es proponer una obra arquitectónica que responda a la dañina situación de falta de colaboración transnacional en torno a Bahía Fildes.



## CAPÍTULO 1 PAISAJE NATURAL Y ANTROPICO

### Introducción

- 1.1 Geografía - transformación perpetua
- 1.2 Fauna y flora - transformación perpetua
- 1.3 Extrema divergencia del clima
- 1.4 Herramientas analíticas para la habitabilidad de la Antártica
- 1.5 Tipos de habitantes que ocupan la arquitectura.
- 1.6 Urbanización multicriterio
- 1.7 Características de los diseños arquitectónicos pasados y actuales
- 1.8 Estado pasado y presente del pensamiento arquitectónico sobre la vivienda en la Antártica
  - 1.91 Tipologías de obras pasadas y presentes
  - 1.92 Tipologías de asentamientos arquitectónicos en el paisaje antártico



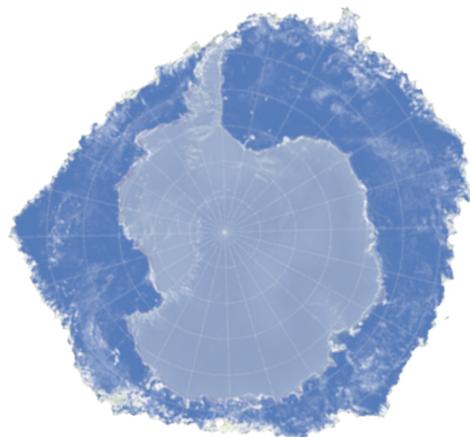
< fig.1.11

Un collage representativo de los paisajes costeros e interiores del continente austral. Se pueden identificar algunos paternos, contrastes de color y texturas.

Elaboración propia

Un nunatak Es un pico montañoso que emerge del territorio cubierto por un glaciar sin estar cubierto de hielo él mismo; el término ha sido usado en idiomas europeos occidentales desde de la década de los 1880s

1.1\_Invierno



1.2\_Verano



2\_Topografia del continente



< fig.1.12

Mapas N°1.1 - 1.2. Diferencia en la superficie del continente antártico entre las estaciones de verano e invierno debido a la formación de hielo grueso a lo largo de las costas. Realización propia a partir de un documento del gobierno australiano

Elaboración propia

Mapas N°2 - Topografía ESA, 2018, Vista topográfica detallada mediante las actuales técnicas de imágenes satelitales

Este capítulo introductorio es necesario para comprender plenamente los distintos contextos en los que debe tener lugar la solución arquitectónica que pretende esta tesis.

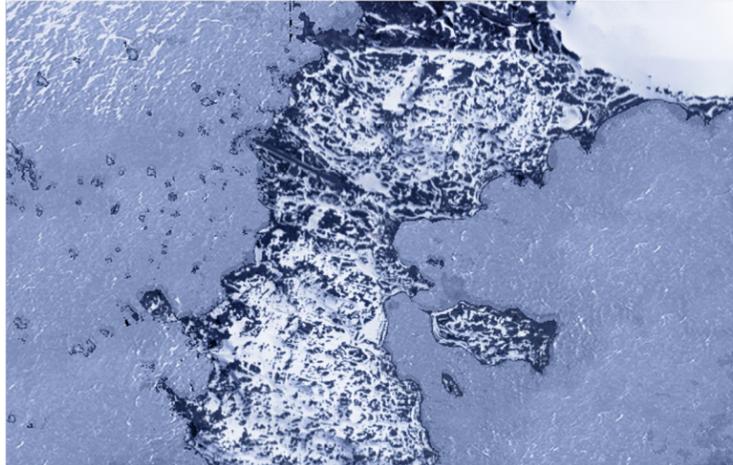
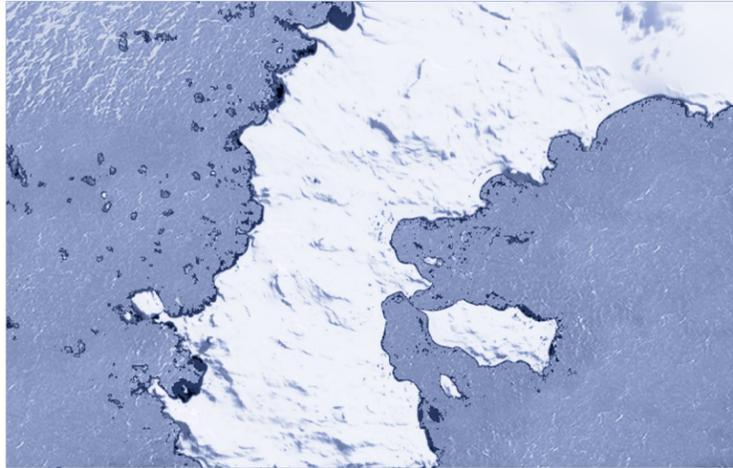
## 1.1 GEOGRAFÍA -TRANSFORMACIÓN PERPETUA

La Antártica contiene varios tipos de paisaje (fig. 1.11). El continente austral tiene una superficie de 14 millones km<sup>2</sup> incluyendo las plataformas de hielo (Larsen Ice Shelf, George IV, ...) pero sin el paquete de hielo. En comparación, Chile tiene una superficie de 756'950 km<sup>2</sup>. A lo largo de las costas, el manto de hielo antártico se extiende de 4 a 22 millones de km<sup>2</sup> según la estación del año, con lo que la superficie total del continente pasa de 18 millones de km<sup>2</sup> al final del verano a 36 millones km<sup>2</sup> cuando termina el invierno (fig. 1.12). Así, el paisaje natural se encuentra en un estado de cambio perpetuo.

La geomorfología del continente muestra que los suelos están cubiertos de roca, pero el 99,68% de ellos están cubiertos de hielo. El grosor de la capa de hielo en el centro del continente (capas de hielo) varía de media entre 1'300m. y 2'200m. pero puede llegar hasta los 5000m. Algunas cadenas montañosas atraviesan la capa de hielo, notándose esto por la verticalidad y colores oscuros de sus rocas. Las cuales contrastan con la horizontalidad del paisaje circundante, y además aportan una escala humana a este territorio difícil de leer al ser tan distintas las distancias. (Fox, 2007)

## 1.2 FAUNA Y FLORA - REGIONES FRÁGILES

En la capa de hielo ("Inlandsis), la presencia de fauna y flora es muy baja, sin embargo las costas contienen una mayor diversidad. De hecho, albergan unas 40 especies de aves, una rica presencia de plancton y krill, casi 300 especies de peces y algunos grandes mamíferos. La flora es relativamente pobre., de hecho, algunos líquenes, musgos y algas crecen allí; sólo presentando dos



< fig 1.31

3 situaciones climáticas distintas según la estación del año, Bahía Fildes, fuente de las imágenes, Google Earth

Elaboración propia

unicas, especies de flores dentro de toda la Península Antártica (*Futura Planet, 2020*). Esta información demuestra la importancia de preservar al máximo los terrenos libres de hielo de la Antártica en los que se encuentra el 81% de las bases actuales. (*Brooks y al, 2019*)

### 1.3 EXTREMA DIVERGENCIA DEL CLIMA

La Antártica es el continente más frío. Esto hace que las condiciones climáticas, así como las variaciones de temperatura, sean especialmente interesantes desde el punto de vista científico (*fig. 1.31*). La temperatura media, la fuerza del viento y la precipitación media varían según la ubicación geográfica del lugar de registro meteorológico.

En cuanto a la temperatura se refiere existe un récord negativo de  $-89,2^{\circ}\text{C}$ ., calculado en la base de Vostok, situada en el interior del continente, en 1983. Mientras que la temperatura mínima registrada en la Península Antártica en la base de Frei fue de  $-16,5^{\circ}\text{C}$  (2019) (*gov.chile, 2019*).

Respecto a la velocidad del viento, este también difiere entre la inlandis y las costas (*fig.1.32-1.33*). De hecho, los vientos en el Polo Sur sólo alcanzan un promedio anual de 18,5 km/h. Sin embargo, la velocidad media del mismo en la estación costera de Dumont d'Urville es de 33,2 km/h, observándose ráfagas de hasta 324 km/h! (*COMNAP, 2019*).

En referencia a la precipitación, algunas publicaciones presentan a la Antártica como el continente más seco del planeta. No obstante, los registros de la base Escudero, situada en la isla Rey Jorge en la Península Antártica, mostraban una precipitación total anual de 480 mm. en forma de lluvia y nieve (*COMNAP, 2019*).

Además, dependiendo de la inclinación del planeta Tierra con respecto al sol, la cantidad de luz solar cambia drásticamente. De

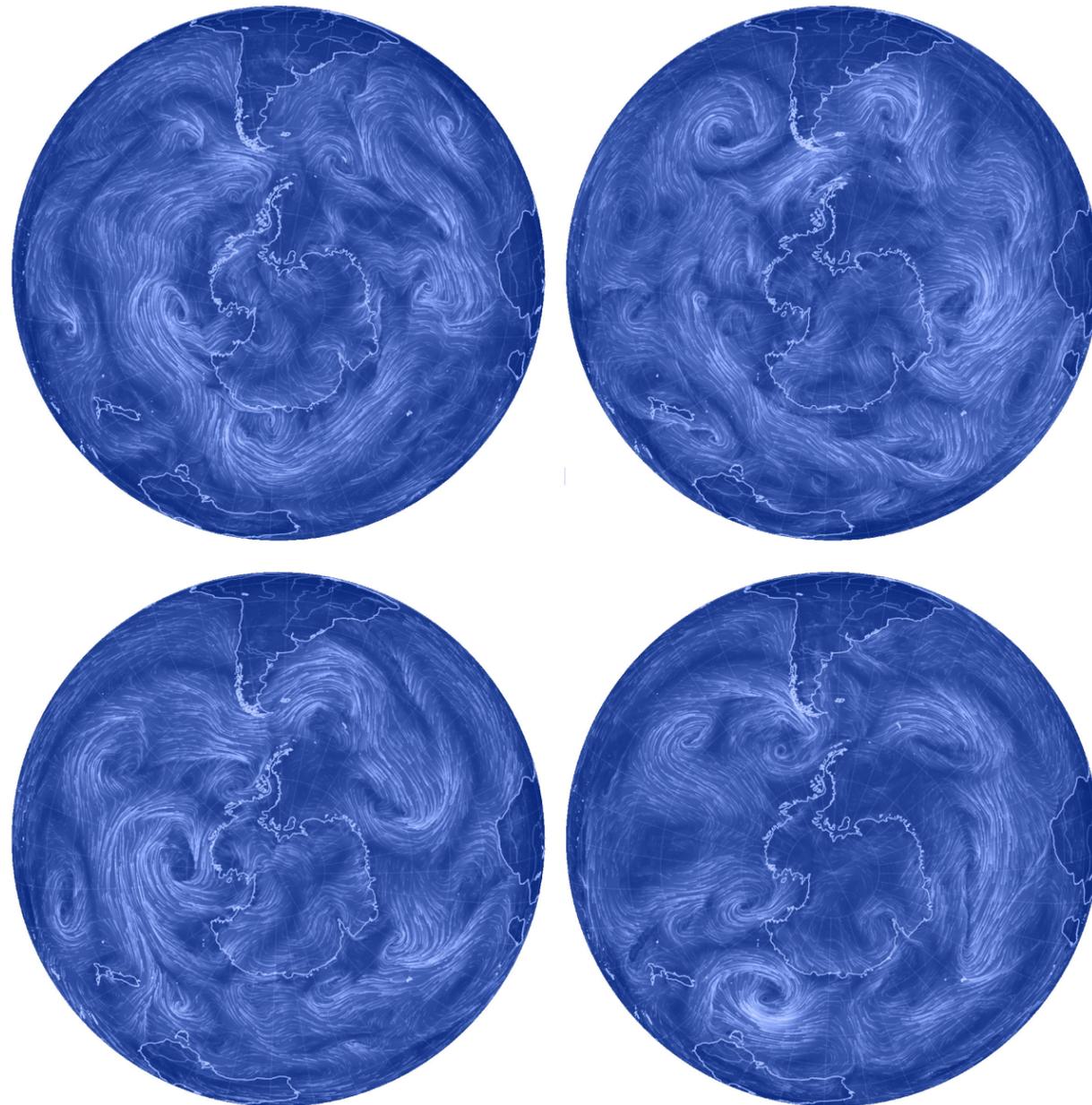


fig 1.32  
 Mapa de los vientos en el hemisferio sur. La parte central del continente austral no es un lugar de fuertes vientos, pero las costas son más propensas a las corrientes de viento. Cada mapa representa un solsticio o equinoccio (marzo, junio, septiembre, diciembre),  
 fuente de la imagen, earth.nullschool.net, Elaboración propia

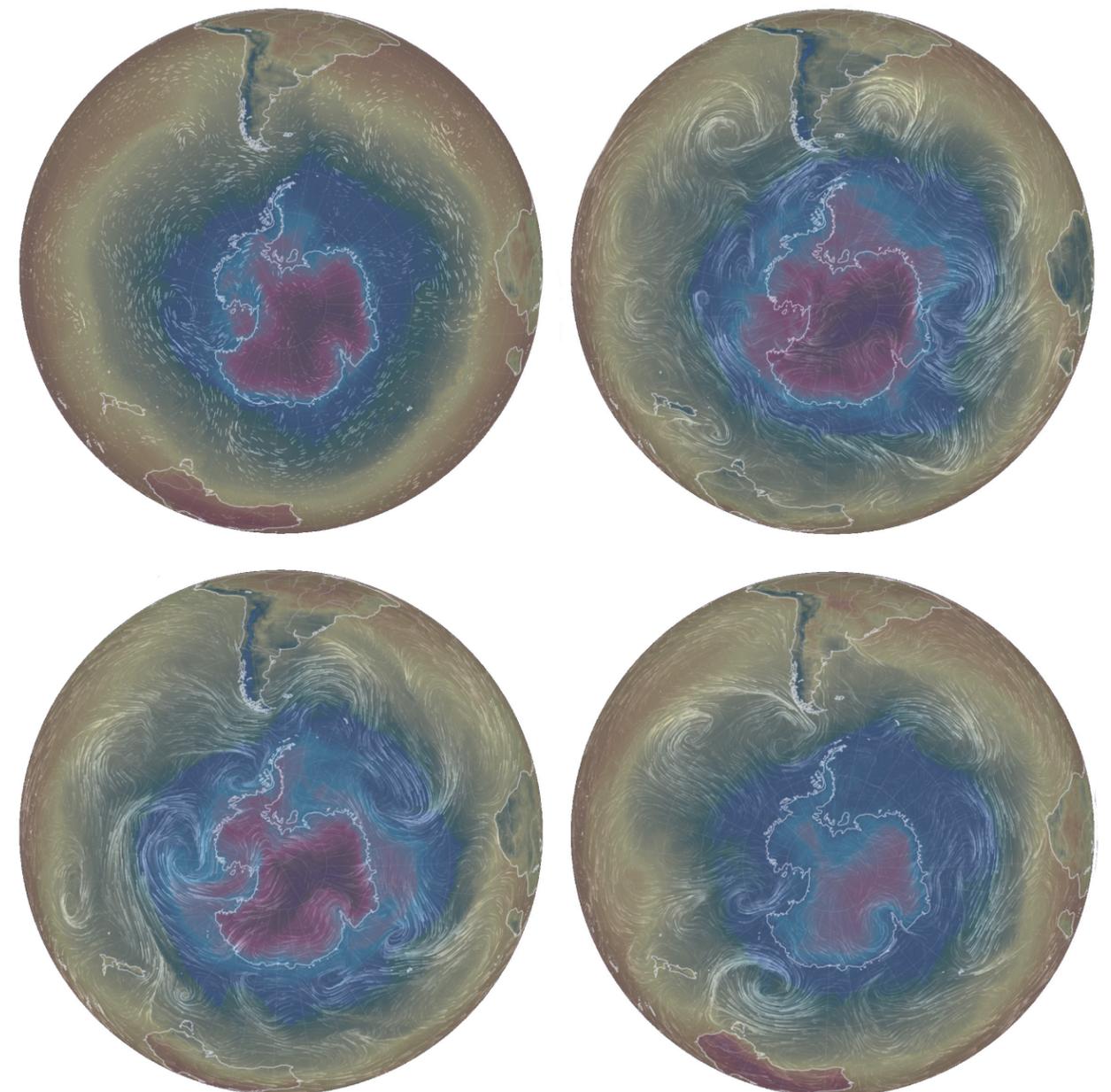
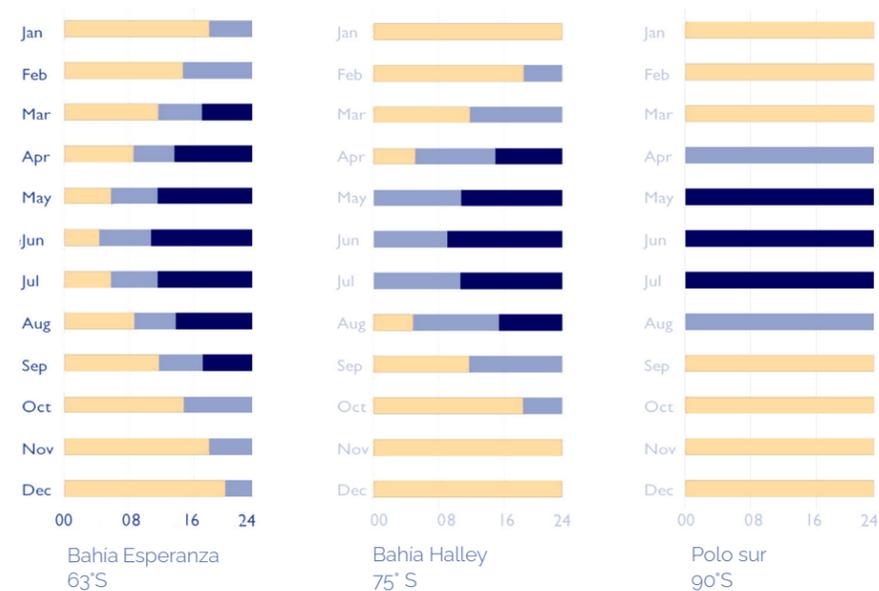


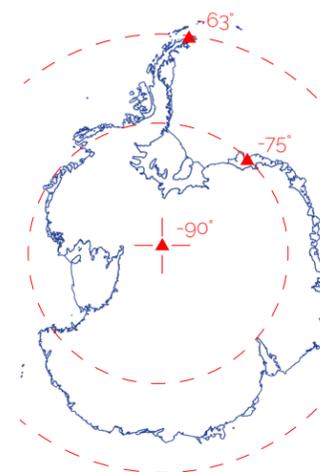
fig 1.33  
 Mapa de temperaturas en el hemisferio sur, entre  $-66^{\circ}\text{C}$  (isleños del continente austral), y  $+34^{\circ}\text{C}$  cerca del ecuador. Cada mapa representa un solsticio o equinoccio (marzo, junio, septiembre, diciembre). Así, es posible juzgar las variaciones atmosféricas según las estaciones ,  
 fuente de la imagen, earth.nullschool.net, Elaboración propia



< fig 1.34

Diagrama que muestra la duración de la noche polar en varias latitudes desde la Península Antártica (Bahía de la Esperanza - 63°S) hasta la base Amundsen-Scott en el Polo Sur. Gov. Australia

Elaboración propia



hecho, la duración de las noches polares se extiende a lo largo de las latitudes, hasta su clímax en el Polo Sur, donde la ausencia de luz solar dura seis meses según los diferentes niveles de crepúsculo (urbano, náutico, astronómico y total). Las bajas latitudes de la Antártica no experimentan un nivel igual de oscuridad, pero aún así muestran un cambio significativo entre los meses de verano e invierno (fig. 1.34).

Por lo tanto, es adecuado comprender la necesidad de leer el continente austral como un territorio con diferentes paisajes geográficos y climáticos. Uno es árido y está en el corazón del continente en la capa de hielo. Mientras que el segundo está alrededor, en las regiones costeras y en la Península Antártica, ubicada a sólo 1'000km. de las costas más cercanas del continente americano. Sin embargo, la lejanía social y logística afecta a todas las bases pero con diferentes intensidades según la región.

### 1.4 HABITAR LA ANTÁRTICA

Las investigaciones de Clara Antognini son útiles para comprender cómo está habitada la Antártica y cómo se puede llevar a cabo el proceso de comprensión y evaluación de un sitio (fig. 1.41). Para ello, establece tres categorías principales: habitante, habitar, y el hábitat. Siendo este último el de mayor importancia, debido a las condiciones climáticas específicas del continente blanco. A continuación, los subcriterios que completan las propiedades utilizadas para el análisis de las condiciones de vida, pero también para comprender las cualidades geográficas útiles para la elección de un sitio y el diseño de una nueva base.

< fig 1.41

Diagrama que representa la matriz de requisitos para seleccionar un sitio ideal para una base en la Antártica y su diseño - inspirado en la investigación de Carla Antognini, 2010

Elaboración propia

Por consiguiente, cada uno de los temas planteados por esta matriz se integran en los capítulos de esta tesis. Esto con el fin de generar una respuesta adecuada a las variables que afectan al diseño arquitectónico en la Antártica, pero también para justificar las razones de la elección de la malla metálica como elemento constructivo para el territorio austral.





Ice Mask - 1911 - 1914



Henry Worsley - 2016

< fig. 1.51

Dos situaciones de supervivencia distintas durante las exploraciones en la Antártica.

Frank Hurley, (1911-1914), *Ice Mask*, Australasian Antarctic Expedition (AAE)

Sebastian Copeland (2016), *Henry Worsley - Mortal Danger*, [newyorker.com](http://newyorker.com)

## 1.5 TIPOS DE HABITANTES QUE OCUPAN LA ARQUITECTURA.

Para entender para quién está diseñada la arquitectura en la Antártica, el estudio de las poblaciones que viven en el continente blanco es fundamental. Este revela varios tipos que pueden dissociarse según la razón de su presencia en los lugares; las condiciones climáticas actuales (*fig. 1.51*); la privacidad que requieren sus hábitats, así como otros criterios más comunes. De hecho, cuatro categorías representan la mayor parte de la población temporal en el continente austral (*Jara, 2016*).

TRABAJOS UTILIZADOS PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LAS OPERACIONES A ESCALA CONTINENTAL.

- Logística, transporte, administración, seguridad alrededor y en el continente, comunicación y meteorología.
- Principalmente en las costas.
- Alojamiento compartido
- Misión de 12-24 meses

LOS TRABAJOS DESTINADOS AL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LAS BASES, es decir, cocineros, carpinteros, mecánicos, etc.,

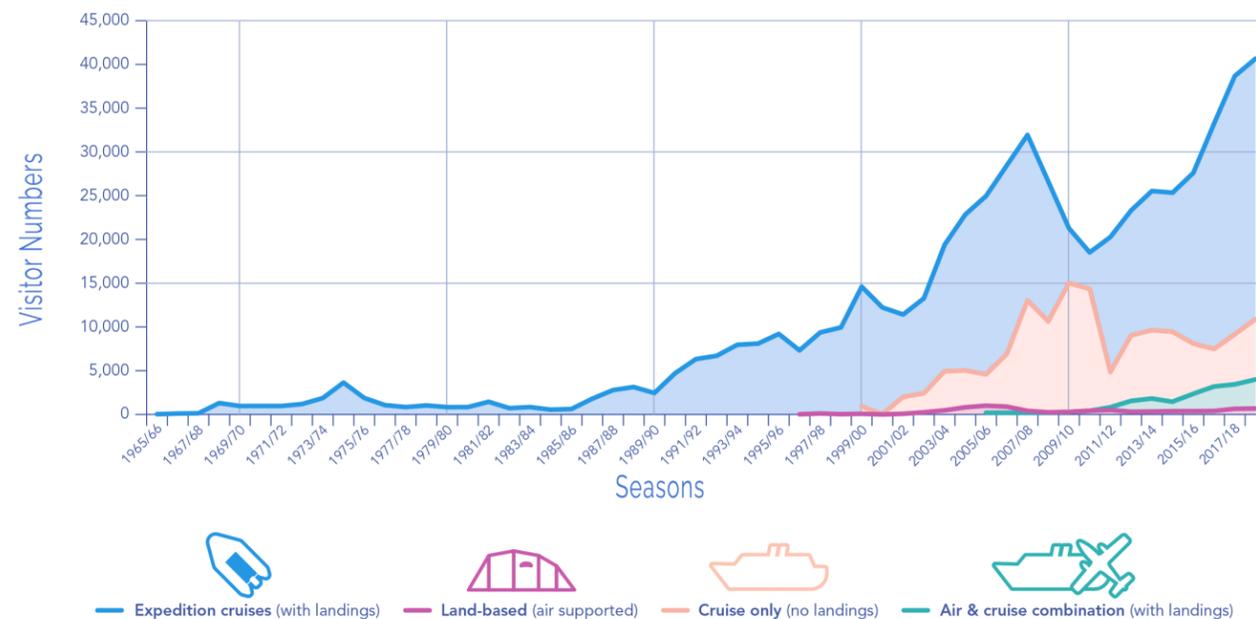
- Viviendas privadas y a veces compartidas
- A lo largo de la Antártica
- Misión de 12 a 24 meses.

LOS ESPECIALISTAS QUE TRABAJAN EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

- Alojamiento privado y a veces compartido
- A lo largo de la Antártica
- Misión de 12 a 24 meses.

TURISTAS

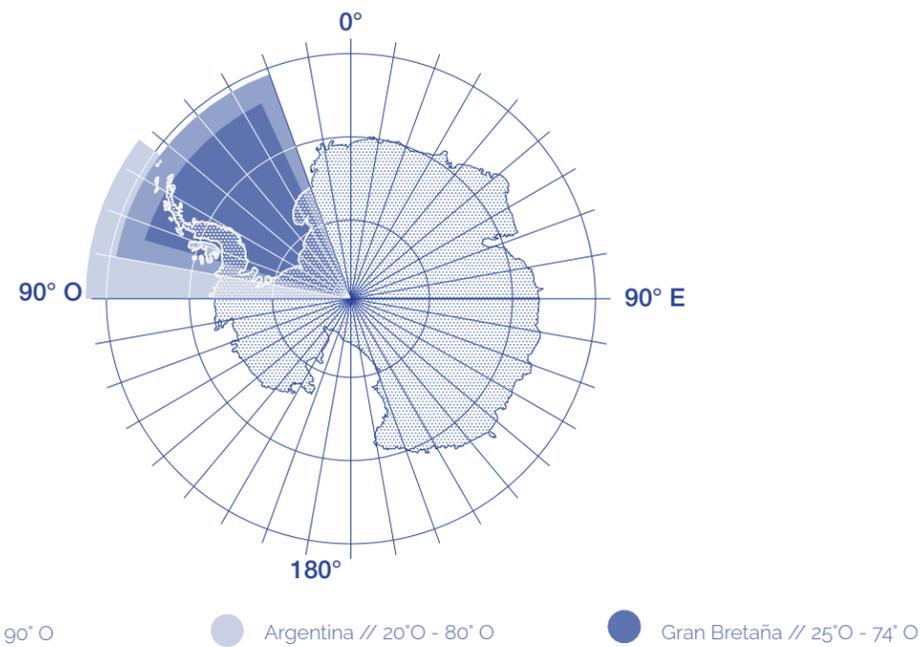
- Alojamiento privado y a veces compartido en campamentos. En todo el territorio antártico, pero sobre todo en las costas (98,69%!).
- (*fig.1.52*)



< fig 1.52

Gráfico que muestra el número anual de turistas y los medios de transporte utilizados,

fuentes de los datos : IAATO, (2019), informe IAATO Tourism in Antarctica 2019, [iaato.org](http://iaato.org)



< fig 1.71

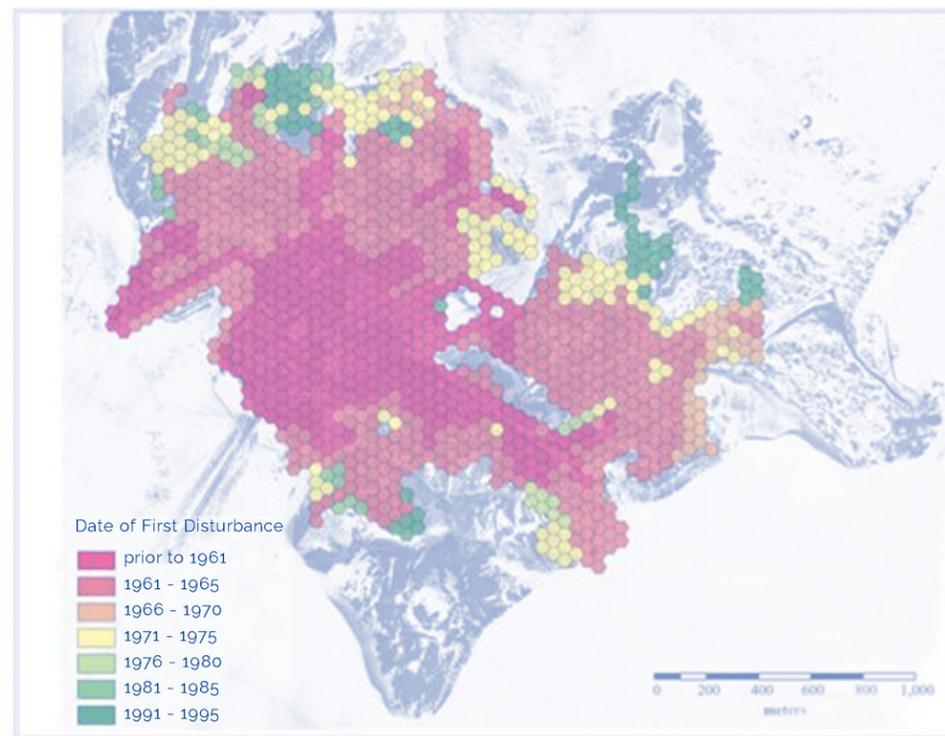
Superposiciones de las reivindicaciones territoriales relacionadas con la Península Antártica antes de la entrada en vigor del Tratado Antártico en 1959., (Secretario del Tratado del Antartica)

Elaboración propia

- Son posibles diferentes paquetes, desde un día hasta varias semanas. También es digno de mención el importante aumento del turismo en la Antártica en los últimos años (Wiley, 2019). De hecho, esto puede influir en el diseño arquitectónico dependiendo de la ubicación geográfica del lugar.
- Acceso al continente por mar y aire. Desarrollo divergente según las estaciones, pero sobre todo por mar. (fig. 1.52 )

## 1.6 URBANIZACIÓN MULTICRITERIO

La construcción en la Antártica ha evolucionado desde finales del siglo XIX hasta la actualidad con diversas justificaciones según la época: razones geopolíticas relativas al deseo de soberanía (fig. 1.61),y económicas a través de la pesca y científicas. Sin embargo, desde el Tratado Antártico, es el ámbito científico el que ha influido desde entonces en el diseño arquitectónico de la Antártica (Fox, 2007).



< fig 1.62

Evolución de la huella humana en la zona de la base Mcmurdo, Antártica

A. Klein, (1995), polartrec.com

Según un estudio sobre la contaminación de la Antártica Our footprint on Antarctica competes with nature for rare ice-free land (Brooks y al, 2019, p.10 y 13), la expansión urbana es un fenómeno que afecta a todos los lugares de la Antártica en los que el hombre ha intentado asentarse- a veces con éxito y otras no. Además, una vectorización del territorio ha permitido evaluar que la cantidad de edificaciones asciende actualmente a 5360, y que la superficie media de los estos es de 73,3 m<sup>2</sup> (!)

Pero, ¿cuáles son las razones de esta visible expansión urbana sobre todas las regiones antárticas visitadas por el Hombre? La respuesta es, como en todos los hechos relacionados con este continente: el multicriterio. El afán de soberanía de algunas naciones oficialmente proclamadas ha obligado a otras naciones poderosas a tomar partido y a venir a ocupar el territorio de la Antártica ¿Por qué? Para garantizar el acceso futuro a la riqueza



1956



1962



1988



2018



1957



1972



2005

< fig 1.63

Evolución del asentamiento urbano en el emplazamiento de Mcurdo, Antartica

Dave Grisez

autor no identif. (USAP - NSF)

US Navy

autor no identif. (USAP - NSF)

autor no identif. (USAP - NSF)

Andrew Klein (USAP - NSF)

Jonathan Corum (USAP - NSF)

Todas las imágenes proceden del sitio photolibrary.usap.gov/.

geológica contenida en el suelo. Australia lo declaró oficialmente antes de venir a instalarse (Law, 1955). En segundo lugar, el AGI (Año Geofísico Internacional) de 1957-58 generó un importante proceso de implantación científica en el continente (se inauguraron entonces 40 estaciones de 12 naciones, con distintos planteamientos urbanísticos. Por ejemplo, la estación de McMurdo, actualmente la más grande del continente, se planificó inicialmente para durar sólo 18 meses (Tyree, 1963). Sin embargo, su funcionamiento continuó y se añadieron infraestructuras ad hoc al emplazamiento sin ninguna visión real de urbanismo a largo plazo, aparte de la calidad de uso inmediato de los nuevos locales. (Stevens, 2004). Esto tuvo como efecto el aumento de la expansión urbana (fig. 1.62 - p.44), pero también la diversificación de los tipos de estructuras, provocando una pérdida de la facilidad de mantenimiento (fig. 1.63).

En consecuencia, con el objetivo de diseñar una solución arquitectónica a largo plazo, la visión urbanística imaginada en esta tesis es capaz de evolucionar. James Robert (2010) ofrece una explicación contextual de esta ideología; "La forma de pensar del urbanista paisajista sugiere que, al igual que la forma urbana, como el hielo a la deriva en el océano, ya no puede entenderse en estasis o como un producto finito, sino que debe entenderse necesariamente como un "estado provisional de la materia", "continuamente en su camino de convertirse en otra cosa" (Corner, 2006, p29)."

Por ello la búsqueda de una solución constructiva que permita un intercambio de infraestructuras entre naciones, o incluso una colaboración trasnacional, como la que existe en la estación Concordia situada en el inland, parece ser un primer paso hacia una densificación de los sitios en Antartica. Esto teniendo en cuenta que los últimos avances en materia de protección contra incendios han permitido reducir ampliamente el impacto de la tensión del fuego en la agrupación de edificios en los últimos años (entrevista anexo 01)(Brooks y al, 2019).



< fig 1.71

Cabaña de madera prefabricada "Scott Terra Nova". Tipo de solución constructiva mayormente utilizada en ese momento.

Alasder Tuner, (sin fecha), Terra Nova Hut, fineartamerica.com

## 1.7 CARACTERÍSTICAS DE LOS DISEÑOS ARQUITECTÓNICOS PASADOS Y ACTUALES

Hay una terminología que debe aclararse en relación con la Antártica, y este es construcción. Esto debido a que es incorrecto decir construir, sino más bien se debe utilizar los términos diseñar y ensamblar, porque al final todos los edificios de la Antártica son el resultado de un proceso anterior de prefabricación y transporte intercontinental. En la actualidad, el transporte se realiza por mar o por aire, limitando los elementos a ciertas dimensiones y límites de peso. Luego, el montaje in situ debe realizarse de manera eficiente, ya que lo ideal es que se lleve a cabo en una sola temporada (*entrevista N°1 - con Bert Bücking, socio de BOF architekten, arquitecto de la base Bharati, India* ).

En los primeros días de la presencia del hombre en el continente austral, las construcciones se transportaban en barcos de vela y luego se ensamblaban en el lugar. La prefabricación ya estaba en su lugar. Hechas de madera, las técnicas de construcción estaban mal adaptadas a la dureza del clima local, y sólo se hicieron ciertas adaptaciones para predisponer las construcciones a resistir el clima, el resto se asemejaba más a una cabaña de madera (*fig. 1.71*) Cabe señalar que una pequeña parte de las construcciones de la Era de las Expediciones Heóricas (1885 - 1922) se construyeron con materiales locales y velas de barcos (*fig. 1.72*). En realidad, la habitabilidad general de las bases era dura y la superpoblación a veces elevada, dependiendo del propósito y los acontecimientos experimentados por la expedición (*fig. 1.81 p.50.*). Luego, con el paso del tiempo, el interés por la Antártica cambió y se hizo más internacional. La forma de concebir la prefabricación de edificios ha evolucionado. De hecho, las técnicas globales han mejorado en el campo de la prefabricación. Como resultado, la arquitectura en la Antártica también se ha beneficiado de estas mejoras y se han sucedido varios períodos de construcción hasta llegar a su estado actual, conocido como "alta tecnología".



< fig 1.72

Refugio Omond-House de Isla Laurie hecha de piedra y lona de barco para la cubierta del techo. Solución constructiva inusual en la Antártica.

Scott expedición, (1903), Omond House - Scotia Bay South Orkneys , Scott Polar Research Institute, University of Cambridge



< fig 1.81

Densidad de habitación durante la Edad Heroica de las Expediciones (Terra Nova - expediciones Scott) y por lo tanto los comienzos de la construcción en la Antártica.

Herbert Ponting (1911), *The Tenements*, artblart.com - Pennell Collection, Canterbury Museum NZ

## 1.8 ESTADO PASADO Y PRESENTE DEL PENSAMIENTO ARQUITECTÓNICO SOBRE LA VIVIENDA EN LA ANTÁRTICA

Es bien sabido que todos los territorios del planeta son potencialmente habitables, en varios matices. Sin embargo, la mayor disparidad es que, aunque los contextos naturales puedan o no albergar la vida, la arquitectura sirve en todos los casos como un espacio para (sobre)vivir. No obstante, los logros arquitectónicos deben ser habitados, pero no deben ser entendidos como la única solución de espacio habitable.

Desde los primeros días de la llegada del hombre a la Antártica, las principales razones que justificaron la selección de ciertos sitios fueron la conquista del Polo Sur, y el interés científico en ello. A partir de entonces, el enfoque de la ocupación territorial se hizo sin una visión claramente planificada de la integración territorial.

Además, el continente no contiene una población aborigen, ni ninguna cultura local antigua, pero su atractivo científico ha creado un alto nivel de multiculturalidad. Sin embargo, la comprensión de los factores que han influido en el proceso de ocupación territorial es compleja, ya que su vínculo con los contextos natural, de hábitat, cultural y social se genera por las características específicas de la Antártica (*fig. 1.81 -1.82*).

En suma, este tema de los asentamientos es interesante porque se ha demostrado que los vínculos entre las condiciones de vida y el medio ambiente natural son importantes para la habitabilidad de la arquitectura. El estudio del comportamiento de los ocupantes de la arquitectura en la Antártica es complejo porque está influenciado por múltiples variables, siendo la cultura es una de las más influyentes (*Antognini, 2011*).



< fig. 182

Densidad en un paisaje inhabitado durante la expedición de Amundsen para conquistar el Polo Sur

Bettmann Corbis Amundsen, (1911), *Amundsen Expedition at South Pole*, grand-espace.com



< fig 1.91

NASA (2017)  
campamento lago Lake  
Hoare

INACH (2016)  
Refugio Collins

AFP (2020)  
Statio Camara

Tecnova (-)  
Station Juan Carlos

Diferentes tipologías  
de construcciones en  
Antartica



## 1.91 TIPOLOGÍAS DE OBRAS PASADAS Y PRESENTES

El paisaje arquitectónico pasado y actual de la Antártica muestra una variedad de características. Este es el resultado de diversas variables relacionadas con el hábitat y los gastos de explotación.

Así, los gastos financieros para establecer una misión científica en la Antártica son elevados debido a diversos criterios. Entre estos se encuentra la calidad de los materiales requeridos por el clima y la complejidad del transporte. Esto ha llevado a una importante diferenciación, tanto en términos de comodidad como de eficiencia de la investigación, entre las cualidades de las bases construidas por ciertos países. Esto es una consecuencia directa de las cantidades económicas que pueden, y quieren, gastar en sus programas científicos en la Antártica. (Dessibourg, 2020)

Complementariamente, desde el punto de vista arquitectónico, el análisis según la escala, la agrupación y la técnica constructiva permite comprender cómo se concibe el hábitat en la Antártica y en la Península Antártica (Jara, 2016), (fig. 1.91).

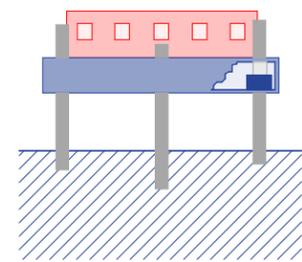
ES POSIBLE DISTINGUIR 4 TIPOLOGÍAS DISTINTAS :

### CAMPAMENTO

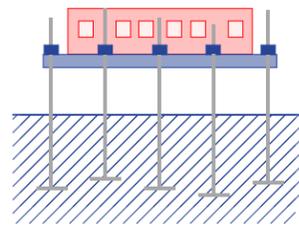
Escala a menudo asociada con el turismo o con misiones científicas muy cortas. Establecido por un corto período de tiempo y cuyas cualidades estructurales son rudimentarias.

### MÓDULOS.

Una estructura colocada individualmente en un sitio, que responde a una gama muy pequeña de actividades, como el muestreo científico, el refugio. La duración de su uso oscila entre unas pocas horas y varias semanas.

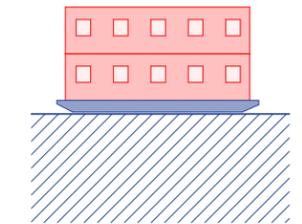


Plataforma estable

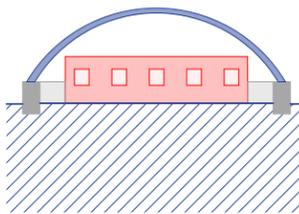


Plataforma ligera

Sobre pilares



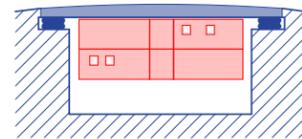
Trineos / esquís.



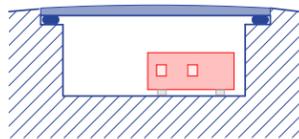
Domo

En el campo

Diseños de estaciones sobre la superficie

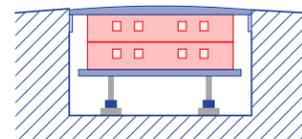


Colgando del techo

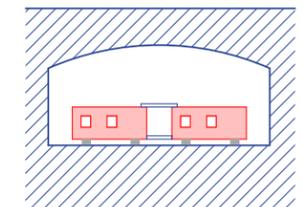


Zanjas cubiertas

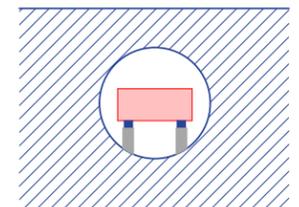
Trincheras



Plataforma en la trinchera.



Caverna



Tubo revistido

Cuevas

Diseños de estaciones bajo la superficie

< fig. 1.921

Diagrama de las tipologías de asentamientos que se inspira de la análisis "Neubau und betrieb der Wintersation Neumay III und Rueckfuehrung der bestehenden Nemay-Station III", Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Bremerhaven, 2005

Elaboración propia

### ESTACIÓN

Construcción individual o agrupación de edificios. El conjunto tiene una escala más alta que la categoría inferior y cumple una gama más amplia de funciones para ciertos tipos de búsquedas. La duración de la estancia puede ser de verano y en algunos casos anual.

### BASE

El tamaño de la superficie habitable - utilizable, hace que un edificio se ajuste a la terminología básica, sin que dependa directamente de si se trata de un volumen único o de una agrupación. Las actividades internas y externas son múltiples, como las científicas, de seguridad, de logística, etc. La duración es estacional o anual, con una variación en el número de ocupantes según la estación.

Distinguir entre estas categorías es necesario para comprender plenamente las propiedades arquitectónicas de los edificios de la Antártida en su análisis programático y, por consiguiente, en su uso como referencia.

## 1.92 TIPOLOGÍAS DE ASENTAMIENTOS ARQUITECTÓNICOS EN EL PAISAJE ANTÁRTICO

Los tipos de construcción que existen actualmente en la Antártica pueden agruparse en dos grandes categorías, las que están bajo el nivel de la tierra y las que están por encima del nivel de esta. (fig. 1.921)

La categoría principal de construcción es sobre el nivel del suelo, presentando una subdivisión. La primera es la de las estructuras sobre el terreno, por ejemplo, instalaciones en esquís o bajo una cúpula (véase la base de datos Admunsen-Scott). Sin embargo, el efecto de ventisquero, y sus efectos de acumulación de nieve



< fig 1.922

Referencia chilena del uso de una envolvente protectora

Fotografía propia (2021)  
Caldera, Chile

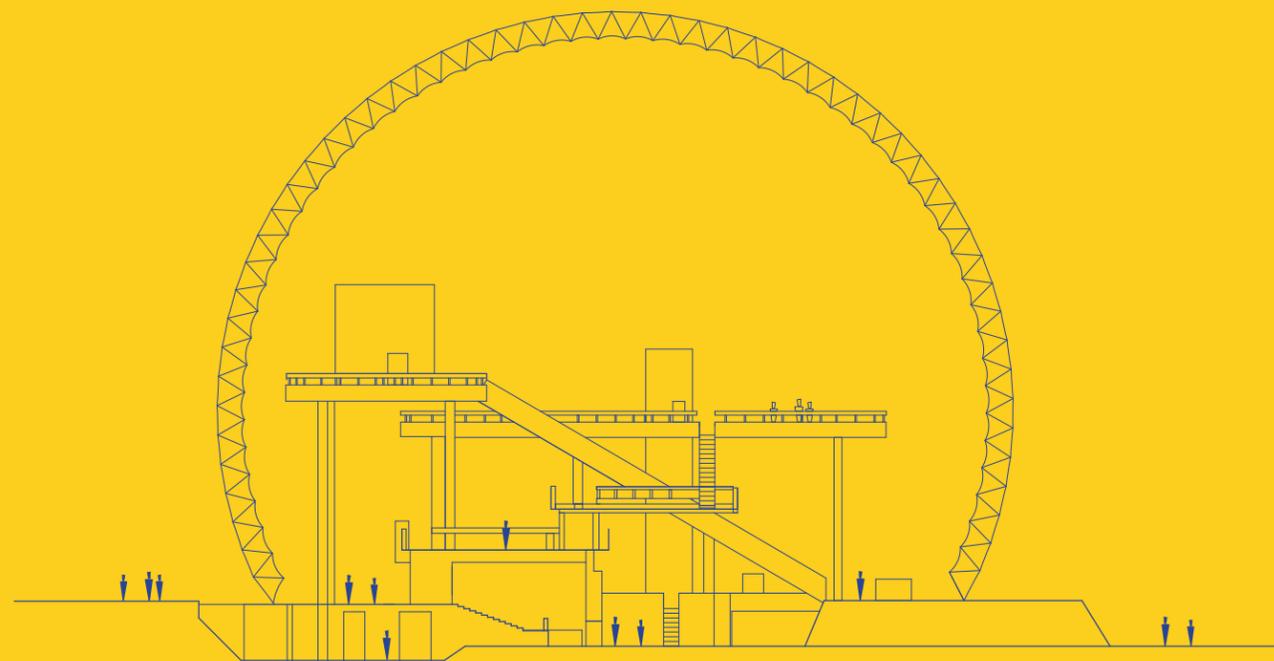
al pie de las fachadas, hace que este tipo de construcción sea actualmente poco atractivo.

La segunda subcategoría es la de las construcciones sobre pilares, que protegen los edificios de los efectos nocivos de los ventisqueros, pero que también permiten adaptar la altura del edificio en relación con el suelo, proporcionando así una mejor protección contra las condiciones meteorológicas y la adaptabilidad a las condiciones topográficas. Es esta tipología construida la que ha sido ensamblada en su mayor parte en la Antártica durante los últimos 10 años.

Por otro lado, dentro de la categoría de estructuras enterradas, hay dos subcategorías también. La de las cuevas y la de las trincheras. Ambas permiten que los espacios interiores estén protegidos de los vientos, pero también que tengan una temperatura estable, ideal para el almacenamiento. La desventaja es la continua deformación de las paredes y los pisos debido al movimiento de la masa de hielo continental, lo que resulta en un constante mantenimiento de los volúmenes (Fox, 2007).

Para concluir este capítulo, estos diferentes tipos de emplazamientos responden a una necesidad en una región con condiciones climáticas exigentes para la construcción (temperaturas negativas, rachas de viento superiores a 100 km/h y el problema de la acumulación de nieve por arrastre).

El vínculo entre el clima y la solución arquitectónica específica es alto, y puede estar relacionado con la arquitectura visible en ciertas regiones del norte de Chile, donde el viento, la arena, el sol y el calor hacen necesario adaptar el estilo de vida y el hábitat al contexto climático insitu (fig. 1.921). Por ello, parece pertinente buscar una solución constructiva que vincule las cuestiones de habitabilidad con su contexto natural.

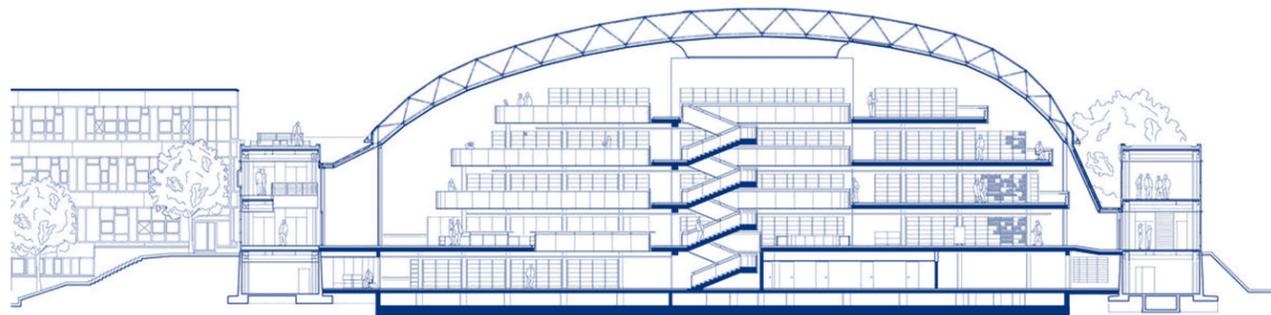


Buckminster Fuller (1967)  
*Geodisco expo*,  
Montreal, Canadá

## CAPÍTULO 2 ESPACIOS INTERMEDIOS

Introducción

- 2.1 Análisis de referencia de los espacios intermedios en las temperaturas medias (+5 / +25°)
- 2.2 Referencias programáticas en bajas temperaturas (-3° / + 3°)

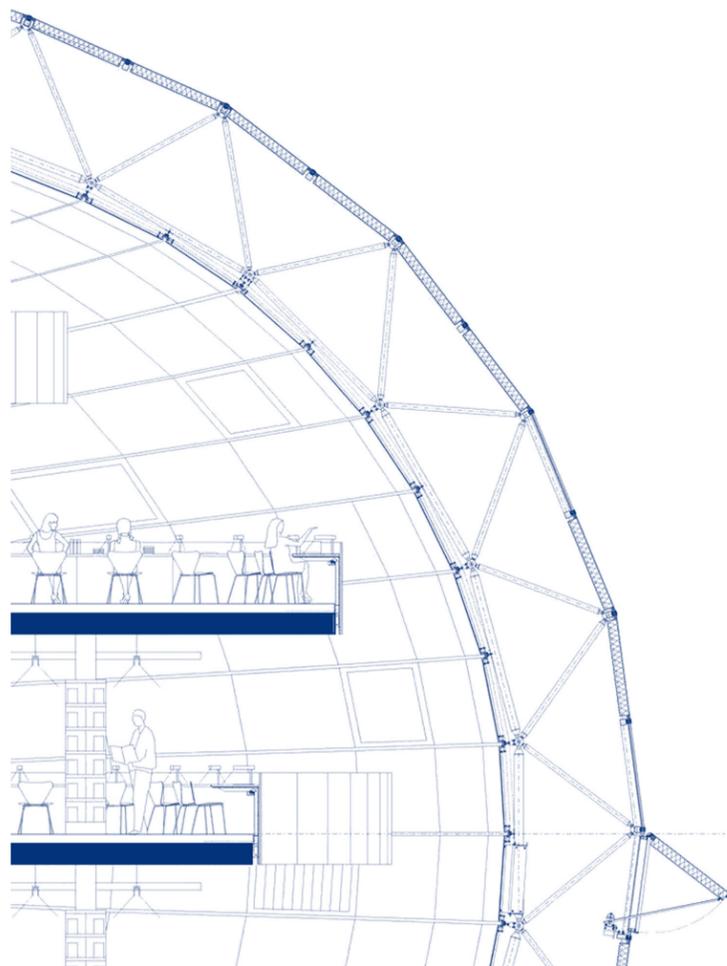


< fig 2.01

Corte general del edificio.

La organización de los espacios intermedios en torno a un núcleo duro compuesto por espacios de circulación y de servicio.

Norman Foster Architects (2004) *Biblioteca de filosofía de la Universidad libre de Berlín*, Alemania



< fig 2.02

Sección constructiva del espacio intermedio

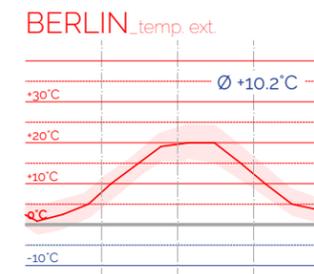
Norman Foster Architects (2004) *Biblioteca de filosofía de la Universidad libre de Berlín*, Alemania

El problema observado en la Antártica plantea ciertas cuestiones sobre la habitabilidad de las bases, ya que en algunos casos sólo pueden albergar a unas pocas personas, como es el caso de los refugios de la Península Antártica (refugio chileno Risopatrón) que tienen una capacidad máxima de 6 personas. Pero, en otros casos, son instalaciones que pueden albergar a más de 1.200 personas (*base McMurdo y base Scott - COMNAP, 2019*) y tienen lugar en sitios con condiciones climáticas difíciles. De hecho, en algunos sitios la velocidad máxima del viento se registró en 324 km/h. (*estación Dumont d'Urville - COMNAP, 2019*).

Otro factor es la duración de la noche polar, así como los diferentes períodos de crepúsculo afectan al comportamiento humano debido a la falta de luz solar en esta región donde la oscuridad total dura tres meses. Los efectos de la falta de luz natural en el comportamiento humano han sido estudiados por la Organización Mundial de la Salud (*Organización Mundial de la Salud, 2014*), en la que las investigaciones muestran que 7 de cada 10 personas en Francia declaran que la luz del día afecta a su comportamiento, y el 15% admite estar significativamente afectado por la falta de luz natural. Sumado a esto, la exposición a la contaminación acústica también afecta a la salud mental de los habitantes de un lugar. Esto no tiene en cuenta la temporal pero larga distancia de estos parientes.

Por lo tanto, es importante entender que son las funciones programáticas necesarias para mejorar la salud psicológica de los usuarios de las bases, pero sobre todo cómo se podrían añadir nuevas funciones a las ya existentes para diversificar las actividades físicas y sociales disponibles.

Para ello, la investigación, en una primera fase, se centra en la comprensión de los espacios intermedios como espacios vitales adicionales a diferentes temperaturas, tanto medias como básicas. Para ello, se estudiarán los usos que se hacen de los espacios y

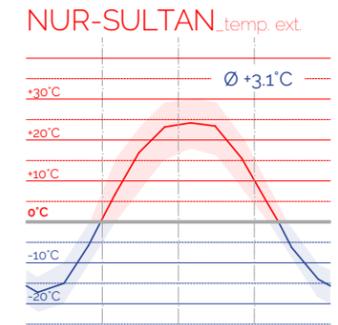




< fig 2.03

Entrelazamiento entre la estructura vertical, la envolvente protectora y los espacios intermedios, cuya función no predefinida permite la organización de diversos tipos de eventos

Norman Foster Architects (2010), *Khan Satyr center* Nur-Sultan - Kazajstán , fotografía de Vasca (2013) [www.alamy.com](http://www.alamy.com)

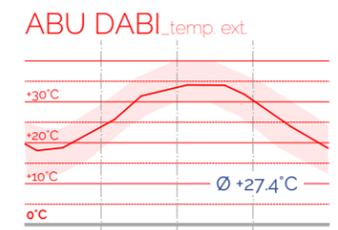


< fig 2.04

Espacios intermedios sin función totalmente predefinida. La cubierta de envolvente protectora protege del calor y la luz natural y garantiza una temperatura estable.

Jean Nouvel, (2017), *Museo del Louvre en Abou Dabi*,

fotografía de Roland Halbe (2017), [www.jeannouvel.com](http://www.jeannouvel.com)



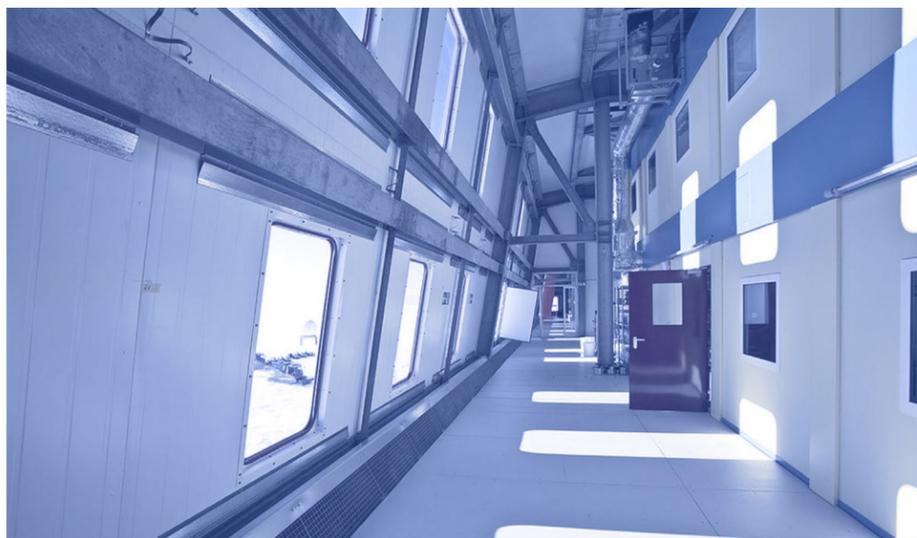
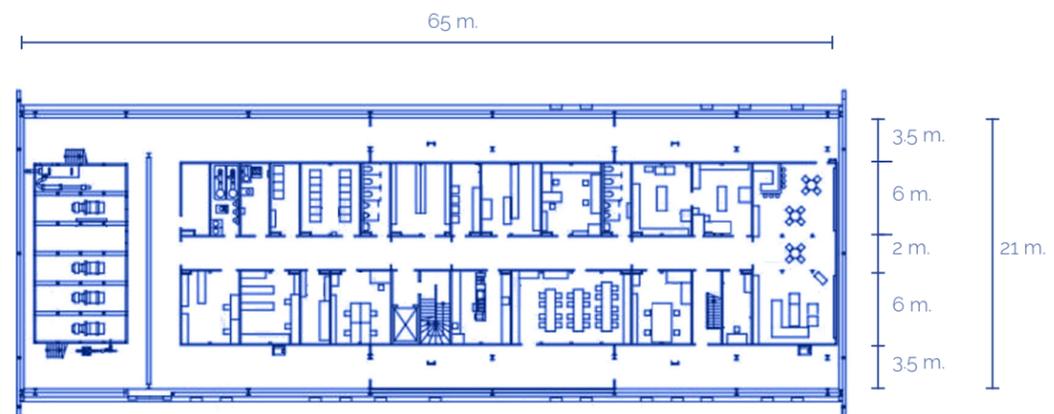
su apropiación por parte de los usuarios. Con el fin de comprender en detalle la habitabilidad de las bases. El análisis del estudio "*Psychological changes arising from an Antarctic stay: systematic overview*" (Zimmer y al., 2013) tenía por objeto sintetizar todas las investigaciones que se han realizado sobre el tema de los efectos negativos y positivos en el comportamiento humano de las estancias en la Antártica. Así, aprendemos que la falta de estímulos espaciales desempeña un papel en el bienestar de los usuarios, lo que puede crear trastornos cognitivos y sociales y promover la inestabilidad emocional.

Además, la baja exposición a la luz y la exposición al frío son factores adicionales, creando una habitabilidad general que, a pesar de las mejoras en los aspectos básicos, sigue causando un nivel significativo de trastornos cognitivos (63,6%), ansiedad (47,7%), pero también irritabilidad (45,5%). Todos estos fenómenos psicológicos se han agrupado bajo la terminología del "winter-over syndrome" y se refieren a los efectos negativos de las condiciones de vida específicas de las regiones polares (Palmai, 1963).

Así pues, estos resultados ayudan a comprender el papel clave que los espacios intermedios podrían desempeñar en la salud mental de los usuarios de la base, al ofrecer una mayor diversidad programática.

#### VISIÓN CRÍTICA DE ALDON VAN EYCK SOBRE ESTE TIPO DE ESPACIO

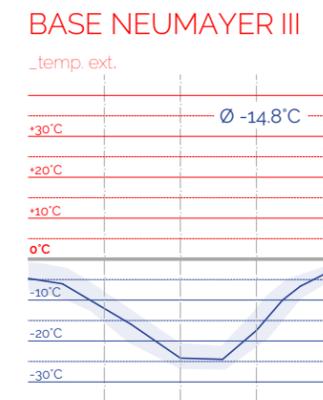
El análisis de los espacios intermedios es necesario para entender cómo se fusionan estos dos temas. Para ello, el estudio del orfanato de Aldo van Eyck en Ámsterdam (1961) proporciona una comprensión parcial de este tema. Como explica el arquitecto en su texto "*The Medicine of reciprocity tentatively illustrated*" (1961), los espacios intermedios, o calles interiores según su función, tienen la capacidad de reproducir una atmósfera para crear una



< fig. 2.12

El plano del piso "actividades diurnas" de la base de Neumayer 3. El corredor central entre la mayoría de los containers es identificable, así como los espacios intermedios alrededor de los núcleos.

Elaboración propia



mejor vida comunitaria. Esta característica es visible en el proyecto de d'Amsterdam, en el que los espacios intermedios son una imitación del exterior. En cuanto a este uso de materiales según el comportamiento deseado, A.v.Eyck describe las calles interiores en su texto como un mimetismo del exterior y siendo "áspero, marrón y poderoso", mientras que el interior de los módulos son "... blanco, liso y más suave". (A.v.Eyck, p.320)».

## 2.1 ANÁLISIS DE REFERENCIA DE LOS ESPACIOS INTERMEDIOS EN LAS TEMPERATURAS MEDIAS (+5° / +25°)

ESTACIÓN CIENTÍFICA NEUMAYER III, (AWI), WULF & ASS. ARCHITEKTEN GMBH - ANTÁRTICA - 2009

La base Neumayer 3 montada en el continente antártico durante las temporadas de verano del 2009 y 2010 es útil para la investigación en este capítulo sobre los espacios intermedios. Siendo una referencia clave para entender cómo se pueden crear y utilizar estos espacios. Junto con la Cúpula del Polo Sur, es un ejemplo concreto de la creación de este tipo de espacios en el continente austral en el periodo de diseño arquitectónico de las llamadas estaciones de nueva generación (Hemmings, 2011).

< fig. 2.11

Vista interior de los espacios intermedios de la base. Las principales actividades que se realizan allí son deportes de equipo o individuales. La temperatura es de +5°C.

Alfred Wegener Institute (2011), Base Neumayer III, Antártica

Fotografía Alfred Wegener Institut

La lectura de la disposición de los espacios revela la importancia de la superficie concedida a los espacios intermedios (fig.2.11). Protegidos por la envolvente metálica que contiene 12 cm. de aislamiento, tienen una temperatura media de +5° y funcionan como espacios de transición, pero también como lugar para hacer deporte (footing, clase de yoga). Sin embargo, la disposición de estos espacios no refleja un uso determinado, sino una sensación de poder deber personalmente el uso que se puede hacer de ellos (fig.2.12). Esto está relacionado con la ideología de diseño de Yona Friedman (Y. Friedman, 2020)



< fig. 2.211

Extensión de un edificio existente usando nuevos espacios intermedios y un núcleo (espacios calefactados)

Lacatton Vassal, (2013)  
centro de arte FRAC,  
Dunkerque, Francia

Fotografía de Laurian Ghinitoiu (2019)

En cuanto a la organización programática del núcleo, las funciones necesarias para el funcionamiento de la base, como la vivienda, la cocina, etc., se sitúan en el centro, y las zonas de descanso en el extremo del volumen se vinculan al paisaje exterior (fig. 2.12)

**FRAC, CENTRO DE ARTE - LACATTON VASSAL - FRANCIA - 2013**

Este proyecto se basa en un programa compartido de exposiciones de arte y preservación del arte. El punto interesante de este proyecto son los espacios comunitarios creados alrededor del "núcleo" central del nuevo edificio (fig. 2.211 - 2.212). Sus funciones son las siguientes: una calle interior, balcones y un terraza, situado sobre el núcleo. La creación de espacios intermedios es una especialidad de los arquitectos franceses. No obstante, el FRAC se desprende de las prácticas habituales del despacho, ya que la diversidad de su programa lo convierte en la realización más útil para esta tesis.



Esp. Interior

Esp. Interm

< fig. 2.212

Diagrama que muestra la ubicación de los espacios interiores (rojo) y los espacios intermedios (azul) en la organización interna del edificio.

Elaboración propia

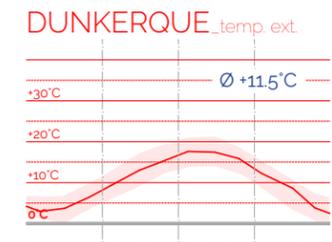
El análisis de la tipología muestra que los balcones y el belvedere-término arquitectónico que significa "bella vista" que se refiere a cualquier clase de estructura arquitectónica situada de manera que pueda tenerse esa vista- tienen una estrecha relación con las salas de exposición (fig. 2.223). Especialmente separados por altas ventanas, los largos balcones obligan por su estrechez a una proximidad espacial entre los visitantes. La materialidad de los espacios es de hormigón y acero, lo cual recuerda el pasado industrial del lugar, frío y con colores que oscilan entre el blanco y el gris claro, donde la atmósfera interior permanece alejada de las obras expuestas en los espacios. En cuanto a la envolvente, la elección de los materiales se hace en función de las funciones internas.



< fig. 2.213

Relación entre los espacios intermedios y el núcleo del FRAC

fotografía de Philippe Ruault (2013), [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)



Este informe es útil para comprender las posibilidades de diversificación programática que pueden crearse gracias a esta relación entre espacios intermedios y volúmenes construidos.



< fig. 2.20

Fotomontaje de las actividades al aire libre en zonas de temperaturas frías

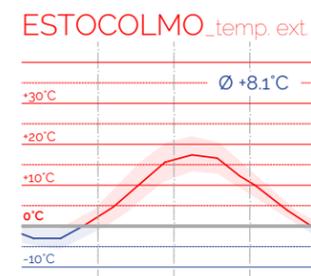
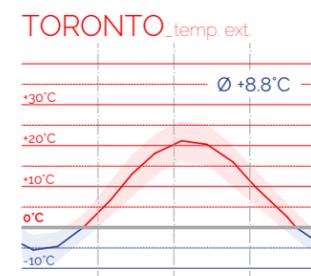
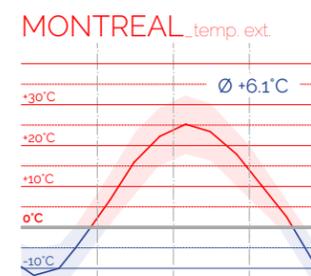
Elaboración propia

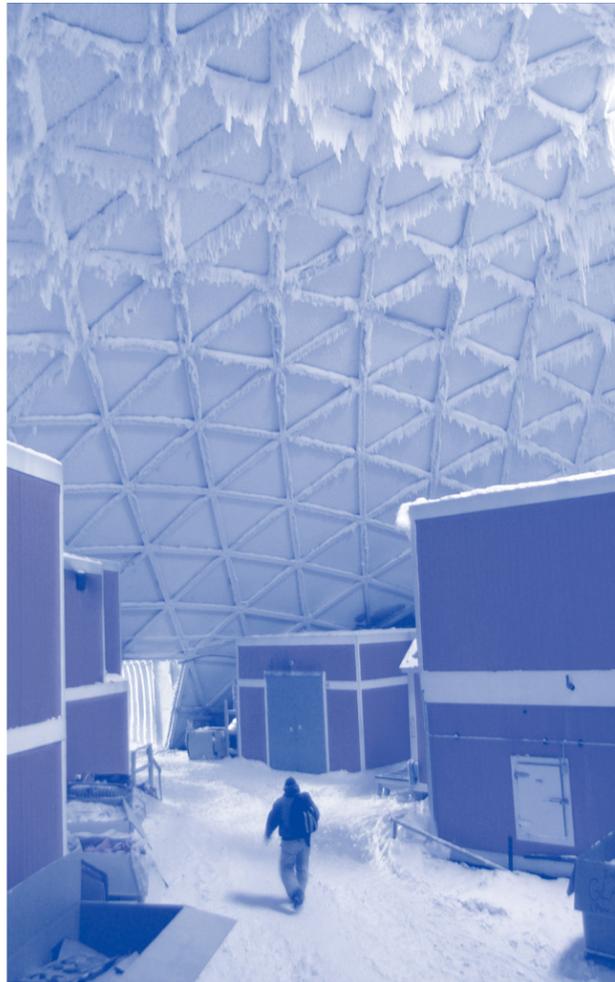
## 2.2 REFERENCIAS PROGRAMÁTICAS EN BAJAS TEMPERATURAS

Para estudiar las oportunidades arquitectónicas creadas por los espacios intermedios generados entre el edificio y la envolvente de hielo, la investigación se llevó a cabo distanciándose del enfoque habitual de análisis de edificios. De hecho, hay pocos espacios intermedios efímeros con temperaturas ambiente entre  $-3^{\circ}\text{C}$  y  $+3^{\circ}\text{C}$ , la temperatura hipotética de estos espacios bajo la envolvente de hielo. Por lo tanto, era más significativo entender cómo los espacios exteriores viven en climas de baja temperatura.

Para ello, el estudio de las actividades invernales propuestas en ciudades como Montreal, Toronto o Estocolmo ha permitido encontrar algunas respuestas que podrían ser útiles para mejorar las bajas temperaturas en la Antártica (fig.2.20). Hay muchas posibilidades para que los individuos y las comunidades experimenten el "frío". De hecho, la lista es diversa e incluye actividades como: hockey sobre hielo, patinaje, escalada en hielo, exposición de arte de terapia de luz, o museo de hielo.

Además, la protección contra el viento que proporciona una envolvente de hielo también permitiría utilizar esos espacios para actividades específicas de la Antártica, como el almacenamiento de núcleos de hielo, la conservación de alimentos evitando la exposición a los vientos y las precipitaciones (generando también un ahorro de energía al reducir el consumo de espacios para servir), pero también un espacio de estacionamiento en el que los vehículos conservarían una mayor longevidad al evitar la exposición continua a las inclemencias del tiempo.





< fig. 2.21

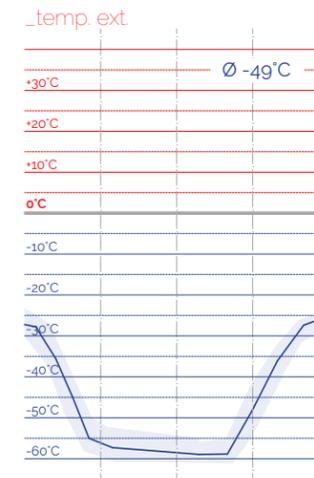
Espacios intermedios del Domo

fotografía de Melanie Conner (2001) NSF

Citación sobre la relación del domo con el contexto natural (W. fox, 2007, chap.7, p. 115

"It represents the pole around which the planet revolves and the endpoint of human planetary navigation"

#### AMUNDSEN-SCOTT



< fig. 2.22

Espacios intermedios del Domo del Polo Sur cerca de la estación de Amundsen-Scott

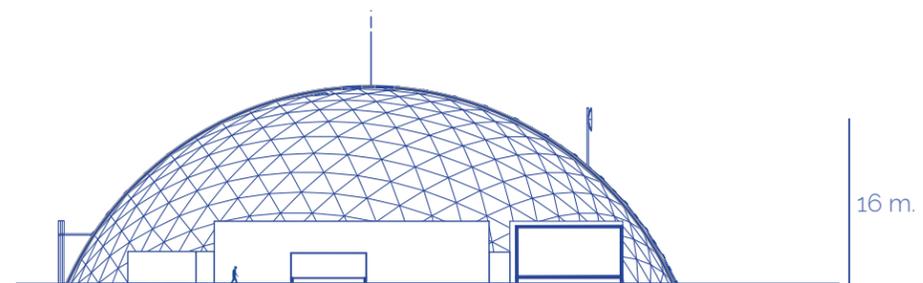
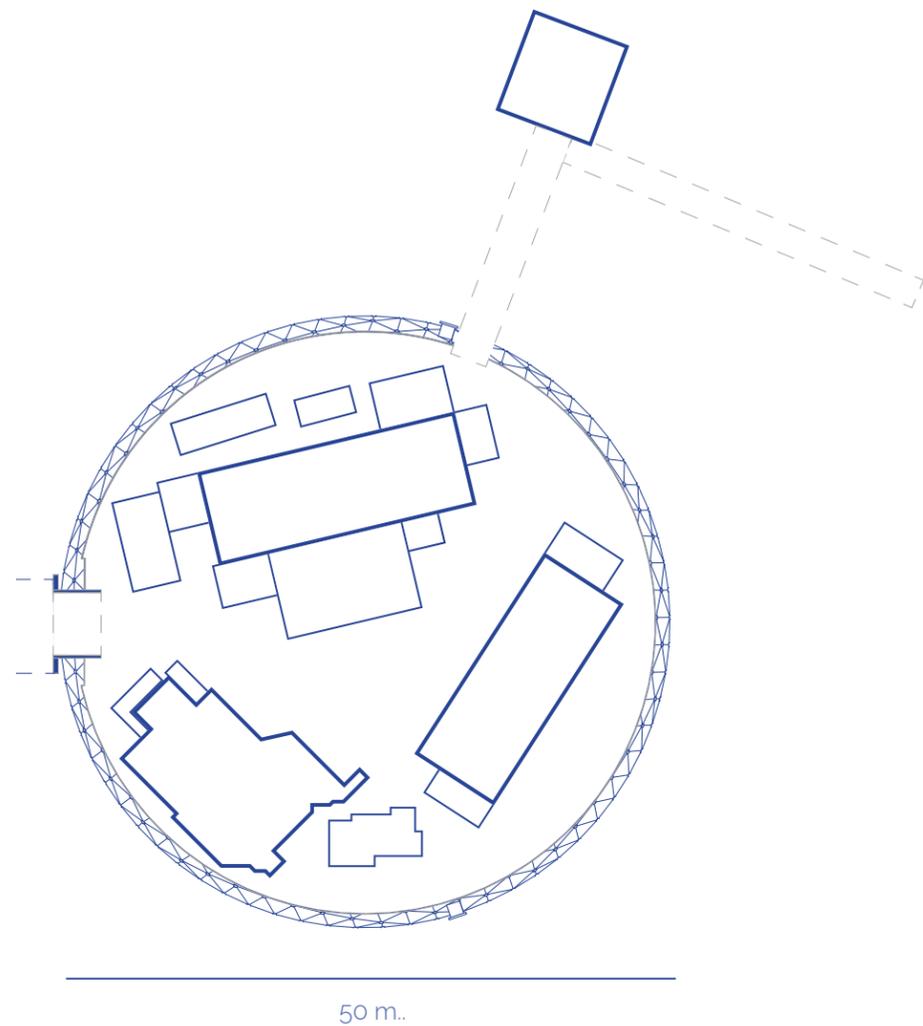
fotografía de Jim Gaffin (-, Antarctica New Zealand Pictorial Collection

#### DOMO DE LA ESTACIÓN ADMUNSEN-SCOTT - POLO SUR, ANTÁRTICA - 1975, DEMOLIDO EN 2010

El clima meteorológico local de la base de Amundsen-Scott tiene propiedades que influyen mucho en la habitabilidad de las bases. De hecho, la velocidad media del viento es relativamente baja, 18km/h, en comparación con, por ejemplo, los sitios de Bahía Fildes (promedio de 32 km/h)(COMNAP, 2019). Sin embargo, las temperaturas en la alta meseta del continente son extremadamente bajas. De hecho, el promedio anual es de -49°C. Esto dificulta la vida al aire libre. Además, la nieve soplada por el viento crea un fuerte efecto de ventisquero, que resulta en la formación de ventisqueros alrededor de los edificios de nieve. Sin mencionar, la duración de la noche polar, en el sentido más amplio del término, incluidos los diversos períodos de crepúsculo que afectan a la habitabilidad de la base.

Así, el geodisco cerca de la estación de Admunsen-Scott ofrecía una solución arquitectónica favorable a la supervivencia en este entorno climático. De hecho, sirvió para proteger, como una cáscara, los módulos habitables del duro viento, que se mezcló con el frío y especialmente la nieve, deteriorando enormemente las condiciones de vida. Sin embargo, si la temperatura de los espacios intersticiales no debe exceder el grado cero, a fin de evitar la deformación de la estructura. Las fotografías (fig. 2.21-2.22) muestran que las condiciones de vida del espacio intersticial tenían ciertos usos, teniendo como función el almacenamiento de materiales y equipo.

Complementariamente, el plano (fig. 2.23) muestra una disposición de los elementos de construcción rectangulares de tal manera que parecen generar un espacio central. Además, una cierta cualidad constructiva de este artefacto es su simplicidad constructiva, que a primera vista parece totalmente inadecuada para la Antártica.



◀ fig. 2.23

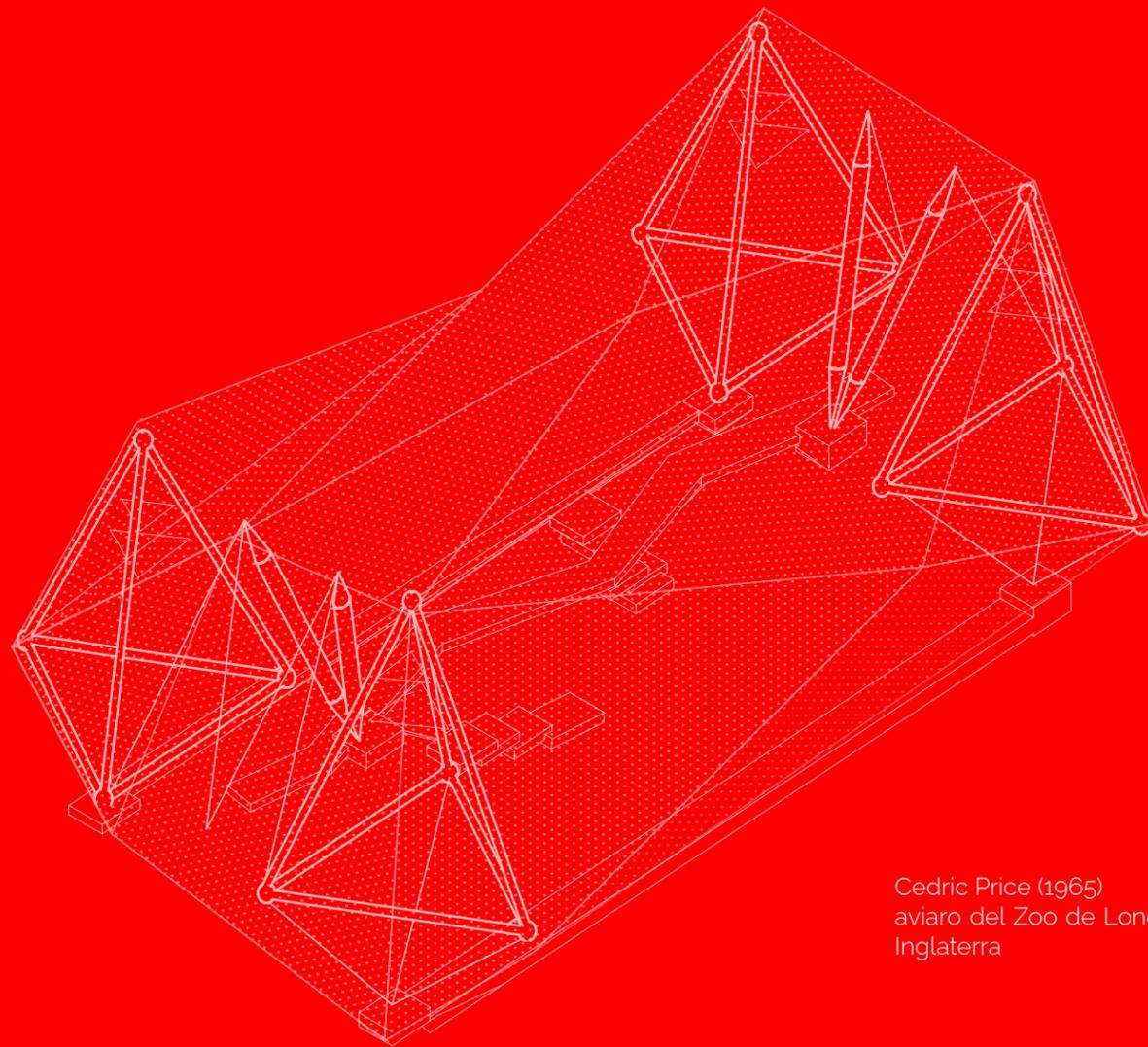
Planta y sección del Domo del Polo Sur, base Amundsen-Scott.

La disposición de los volúmenes/núcleos no revela un proceso claro de colocación. Sin embargo, la única razón identificada es el deseo de mantener la ventilación entre la entrada y la parte superior de la cúpula para mantener la temperatura baja.

Buckminster Fuller - La estación fue construida por los marinos de la Armada de EE.UU. dirigidos por el Lt. Richard Bowers (1975) *Domo del Polo Sur, Antártica*

Elaboración propia

A pesar de algunos problemas estructurales en los cimientos durante los primeros años de uso (1980), el valor añadido de comodidad que proporciona el domo puede considerarse significativo (Rejcek, 2009), destacando la simplicidad constructiva del montaje y desmontaje. Esto, en primer lugar, ha mejorado la vida de los científicos que han permanecido durante los 35 años de funcionamiento en los espacios vitales protegidos por el domo, y en segundo lugar, ha hecho posible cumplir con el Tratado Antártico al evitar marcar el territorio antártico con otra estación abandonada después de que se considerara obsoleta.

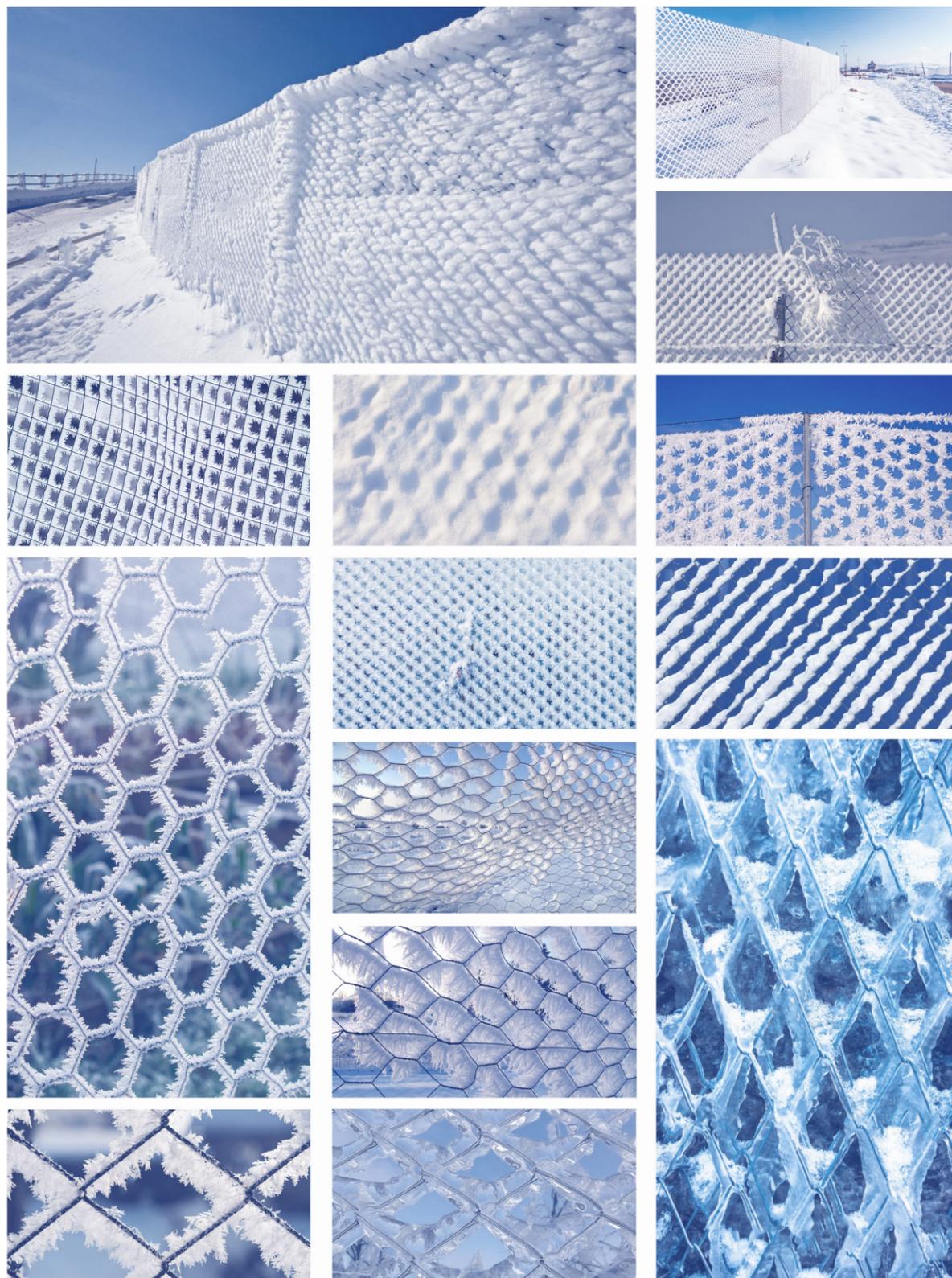


Cedric Price (1965)  
aviario del Zoo de Londres  
Inglaterra

## CAPÍTULO 3 MALLA METÁLICA COMO UNA OPORTUNIDAD PARA GENERAR UNA ENVOLVENTE

### Introducción

- 3.1 Elegir el material adecuado para la Antártica
- 3.2 Referencias en climas fríos, y como capa protectora
- 3.3 Investigaciones de inercia térmica
  - 3.3.1 Referentes
  - 3.3.2 investigaciones de modelos
- 3.4 Condiciones climatic necesaria por la creacion de una capa de hielo
- 3.5 Investigaciones estructurales
  - 3.5.1 Referentes
  - 3.5.2 investigaciones de modelos
- 3.6 Cualidades térmicas
  - 3.6.1 Referentes
  - 3.6.2 investigaciones de modelos
- 3.7 Cualidades proyectuales
  - 3.7.1 Referentes
  - 3.7.2 investigaciones de modelos
  - 3.7.3 Valor añadido programático
- 3.8 Propuestas para un tipo de malla adaptada a un uso en Antartica



< fig. 3.0

Fotomontaje del fenómeno natural buscado a través de esta investigación (escarcha)

Elaboración propia

La Antártica es un territorio en continuo cambio, debido principalmente a la formación y derretimiento de los hielos que se forman en sus costas durante las diversas estaciones. La logística es complicada y la construcción debe cumplir con los requisitos ambientales del Tratado Antártico y el Protocolo de Madrid. Dando como resultado que el diseño arquitectónico sea específico de la región antártica, con una marcada característica de prefabricación. Además, la distancia de los recursos médicos, materiales y de construcción afecta directamente a la forma en que se componen los elementos arquitectónicos, ya que los costos financieros y los riesgos generados por el transporte hacen que la planificación deba ser precisa (R. d'Alençon, 2008).

Así, el estudio de este capítulo trata de la creación de un elemento constructivo capaz de generar espacios intermedios. A partir de entonces, se buscó un material adaptado a la dureza del clima y capaz de aportar un valor añadido a los cimientos. En una primera etapa, buscando un material, teniendo en cuenta la importancia de diversas limitaciones como las constructivas y logísticas. Y en una segunda etapa, experimentando con las cualidades del material elegido a través de una serie de modelos.

### 3.1 ELEGIR EL MATERIAL ADECUADO PARA LA ANTÁRTICA

En cuanto al tema de la envolvente, la obra de Jean Prouvé parece ser una referencia importante. En efecto, la prefabricación de estos elementos constructivos, así como su modularidad, lo convierten en un caso relevante para conceptualizar una envolvente con capacidad de adaptación a futuras transformaciones arquitectónicas. En cuanto a la materialidad necesaria para crear una envolvente protectora para la Antártica, la investigación de Erik Goksoyr y Emily-Clair Goksoyr, *Out of Ocean* (2017), investiga la creación de elementos constructivos a base de plástico reciclado. Este enfoque proporciona ciertas vías en la investigación material

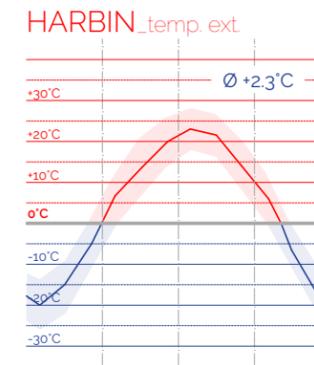


< fig. 3.11

Elementos de fachada de los residuos de plástico extraídos del océano.

Goksoyr E. (2017) *Plastic Island*, Suecia

de esta tesis. De hecho, demuestran las posibilidades en colores y texturas que se pueden producir según los diferentes procesos de diseño (fig. 3.11). De este modo, se relaciona esta investigación con la realizada por Edward T. La investigación de Hall sobre la influencia de la percepción espacial en el comportamiento humano, y cómo ciertas características espaciales pueden influir en nuestra forma de vivir en comunidad (Hall, 1966).



Sin embargo, el riesgo de contaminar el entorno por el posible deterioro del material de la envolvente protectora parece demasiado elevado, ya que los vientos fuertes exigen materiales resistentes al impacto de los bloques de nieve que se desplazan por la fuerza de los vientos. Así, la investigación buscó una forma de aprovechar el clima local y utilizar los recursos ya presentes en el lugar para proteger aún más los edificios.

Por ello, uno de los sistemas constructivos analizados ha sido el uso de sistemas hinchables, que resultan interesantes por su ligereza y el escaso volumen a transportar. Del mismo modo son atractivos por las dimensiones de los elementos estructurales y la espacialidad que se puede generar. Este enfoque constructivo ya se ha puesto a prueba, como ocurrió en la construcción de la cúpula de Pykret (fig. 3.14) en China en 2014.



< fig. 3.12

Uso de una mezcla de hielo y material fibroso (madera)

Eindhoven University of Technology (2014), *Pykret Dome*, Harbin, China

fotografía de Bart van Overbeeke (2014)

En la primera fase, el elemento se hincha, luego, se proyecta sobre la superficie una capa de agua, en algunos casos mezclada con fibra de madera para reforzar estas cualidades estructurales, mediante un cañón de agua.

Acto seguido, cuando la capa de hielo es lo suficientemente gruesa, se puede desinflar el "encofrado" y comenzar a utilizar los espacios formados. No obstante, a pesar de las ventajas principalmente logísticas de este sistema de construcción, su uso en la Antártica parece complicado ya que los fuertes vientos podrían hacer volar el encofrado inflado, sobre todo si se utilizara como encofrado

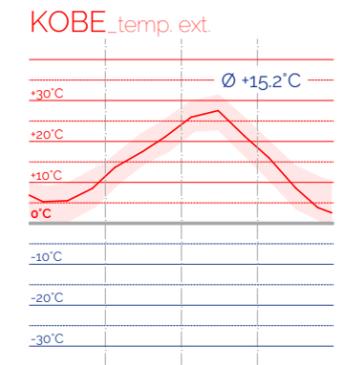


< fig. 3.12

Captación de la humedad ambiental transportada por el viento

Hiroshi Sambuichi (2010),  
Observatorio de Rokko  
Shidare, Kobe, Japón

fotografía de Hiroshi  
Sambuichi (2010)

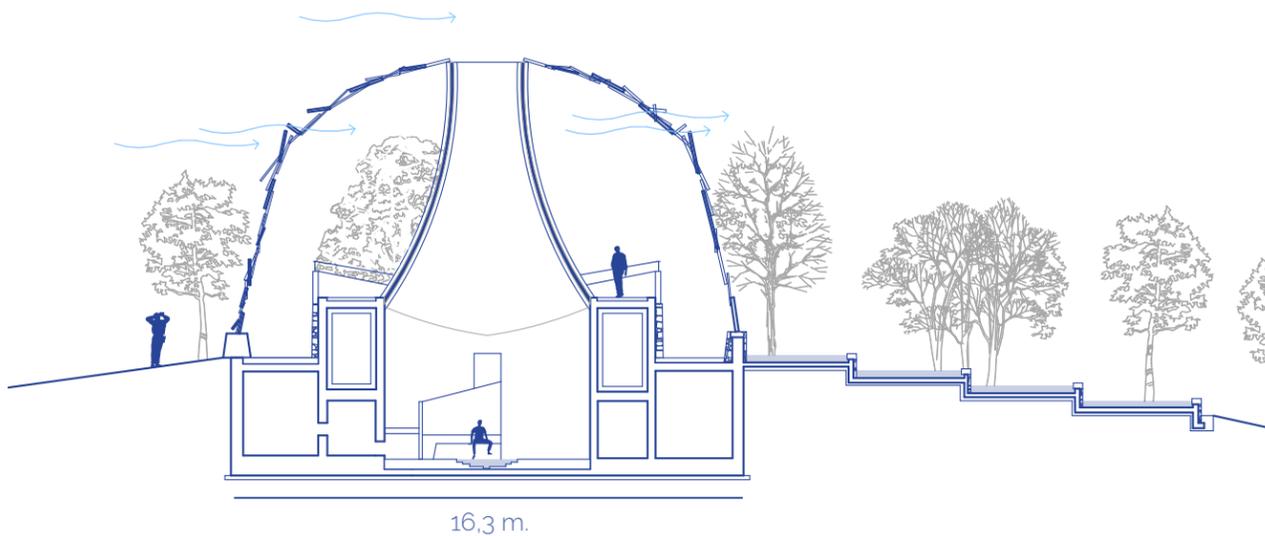


< fig. 3.12

Sección general

Hiroshi Sambuichi (2010),  
Observatorio de Rokko  
Shidare, Kobe, Japón

Elaboración propia



modular, reutilizable hasta que todo el núcleo habitable de la base esté protegido por la capa de hielo formada con este tipo de sistema constructivo.

Por lo tanto, hay que buscar un tercer tipo de envolvente. El análisis del proyecto del observatorio ROKKO del arquitecto japonés Hiroshi Sambuichi (2010) en Kobe, Japón, aporta respuestas útiles a esta tesis.

El concepto de este proyecto es presentar los diferentes estados estáticos del agua en un mismo lugar. Para ello, el estudio del paisaje natural puso de manifiesto que el tema del asentamiento de la escarcha en la vegetación que rodea el lugar esconde una capacidad arquitectónica innovadora (Lund, 2017).

Luego, en un segundo paso, inspirándose en la densidad de las ramas de los árboles y analizando los criterios meteorológicos necesarios, pudo imitar el proceso natural e incluirlo en el diseño constructivo del edificio. De este modo, esta cúpula de metal y madera capta la humedad ambiental con la ayuda de los vientos que barren el lugar, creando así reservas de hielo que permiten que el edificio se refresque en verano. Además, su estudio demostró ciertas características necesarias para la creación de la escarcha. Donde en efecto, se necesita una velocidad del viento de al menos 5/m/s (18km/h), una temperatura de -5°C. a -10°C. y una humedad del 99-100%.

A continuación se colocó una maqueta en el lugar para comprobar el correcto funcionamiento de la instalación.

A partir de entonces, la decisión de centrarse en la experimentación con el tronco metálico pareció más realista, ya que el material parecía tener mejores cualidades que los otros materiales estudiados anteriormente, como la resistencia al fuego, propiedades estructurales que podían hacer frente al clima



< fig. 3.15

Método de investigación estructural a través modelos

Cedric Price (1965) aviario del Zoo de Londres, Cedric Price fonds, Canadian Centre for Architecture

fotografía Cedric Price (archive creator)



El texto está disponible en el sitio web del arquitecto para explicar su pasión por este material.

Otros artículos detallan las razones del uso arquitectónico de este elemento por el francés a lo largo de su carrera, en colaboración con GKD.



< fig. 3.15

Aviario diseñado por Cedric Price para el zoológico de Londres. Hay un vínculo espacial, y visual, entre el contexto natural y el interior del espacio del edificio.

El vínculo entre la estructura y la envolvente también proporciona un ejemplo conceptual a considerar para la situación climática de verano, es decir, con poco o ningún capa de hielo.

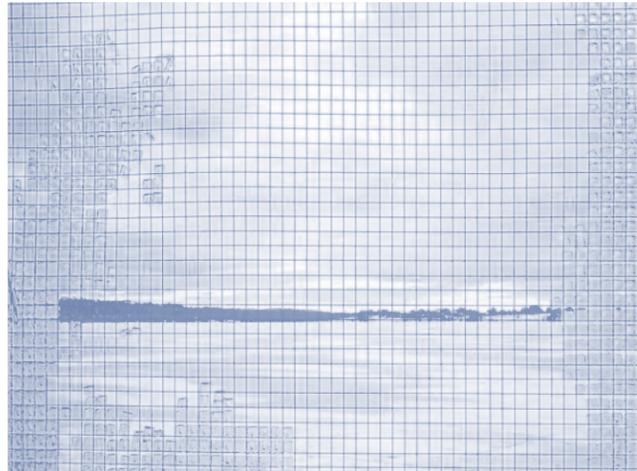
fotografía Cedric Price (archive creator)

antártico, así como una facilidad de instalación e interacción con el contexto climático que resultaba arquitectónicamente atractiva. Sin embargo, la escasa cantidad de material arquitectónico de referencia obligó a realizar estos experimentos en maquetas, a la manera de Frei Otto, Heinz Isler y Cédric Price (aviario de Londres) (fig. 3.15 - 3.16).

Desde el punto de vista conceptual, la obra del francés Dominique Perrault aborda en varias ocasiones el tema de la envolvente de malla metálica. El estudio de su pensamiento arquitectónico es juicioso para ir más allá del simple tema de la constructividad y abordar el de la atmósfera de los espacios creados.

**DOMINIQUE PERRAULT - EL USO DE LA TELA METÁLICA COMO ELEMENTO ARQUITECTÓNICO. (AA.VV, WITH, 1999).**

Es importante comprender la visión del arquitecto francés Dominique Perrault sobre el uso de la malla arquitectónica, ya que es uno de los actores reconocidos en el uso de este material. Según él autor de la biblioteca François Mitterrand, la malla permite la creación de varias espacialidades, que pueden estar en algunos casos presentes o ausentes en el espacio dependiendo de la luz natural y/o artificial. Además, se puede crear un diálogo con el contexto geográfico circundante, manteniendo una total dualidad con su función de proteger el corazón de la obra, a la manera de una malla textil que protege nuestros cuerpos. Y así, a través del diálogo deseado entre la malla y el contexto, se pueden crear espacios intermedios, y componer con los volúmenes para generar espacios con diferentes niveles de privacidad. Pero también para permitir la secuenciación de los espacios y sus funciones.



< fig.3.21

Implementación del proyecto sobre un lago congelado

< fig.3.22

Estructura de madera y piel de malla metálica

< fig.3.23

Relación entre el contexto interior y exterior

< fig.3.24

Capa protectora efímera

Alexander Brodsky (2002) *Ice house*

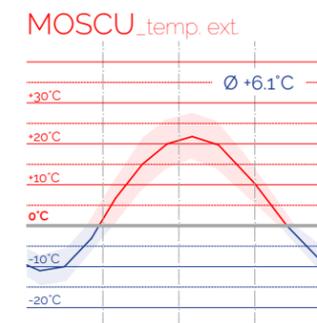
Fotografía de Yuri Palman (2002)

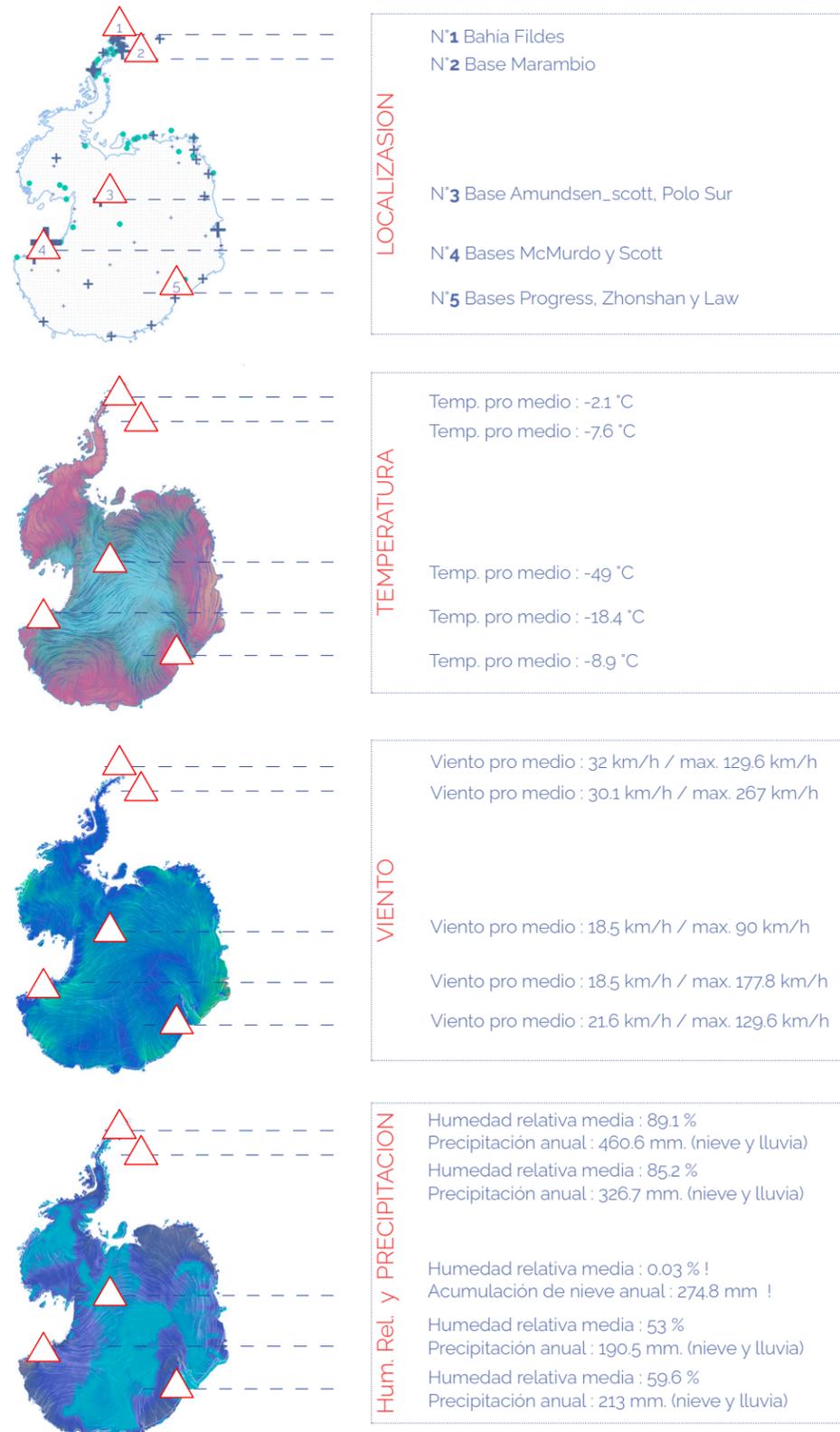
### 3.2 REFERENCIAS EN CLIMAS FRÍOS. Y COMO CAPA PROTECTORA

El enfoque adoptado en este subcapítulo es inspirarse en los sistemas de captación de niebla (Atrapanieblas) para captar la humedad ambiental, de modo que se cree una capa protectora de hielo sobre toda la malla dispuesta como una envolvente, alrededor de las bases. Esto reducirá el consumo de energía de las bases y mejorará las condiciones de vida de los usuarios durante los gelidos periodos de invierno.

La debilidad cuantitativa de las referencias que utilizan esta técnica en las regiones frías ha obligado a tomar como inspiración proyectos artísticos, a menudo centrados en la relación interior-exterior que crea esta capa de hielo. Como puede verse en el "pabellón de hielo" de Alexander Brodsky (*fig.3.21-3.24*), construido en Rusia en 2002 rociando agua sobre la malla, creando un espacio efímero hasta que la temperatura aumenta y la envolvente protectora desaparece (*Brodsky, 2012*).

Este proyecto es útil para esta tesis porque aborda una solución constructiva para crear nuevos espacios cuando el clima deteriora la forma de vivir un espacio.





< fig. 3.31

Comparación de las diferentes condiciones meteorológicas de las estaciones afectadas por el problema de la expansión urbana debido a la falta de colaboración internacional

fig. 3.31 - Mapa 01

Ubicación de las bases analizadas y campamentos en el territorio

fig. 3.31 - Mapa 02

Accumulación de nieve por culpa del snowdrift

fig. 3.31 - Mapa 03

Temperaturas invernales medias de -2 a -60°C., concentración de las temperaturas bajas al centro del continente en invierno

fig. 3.31 - Mapa 04

Humedad relativa durante el invierno, de 0 a 120% HR

Elaboración propia

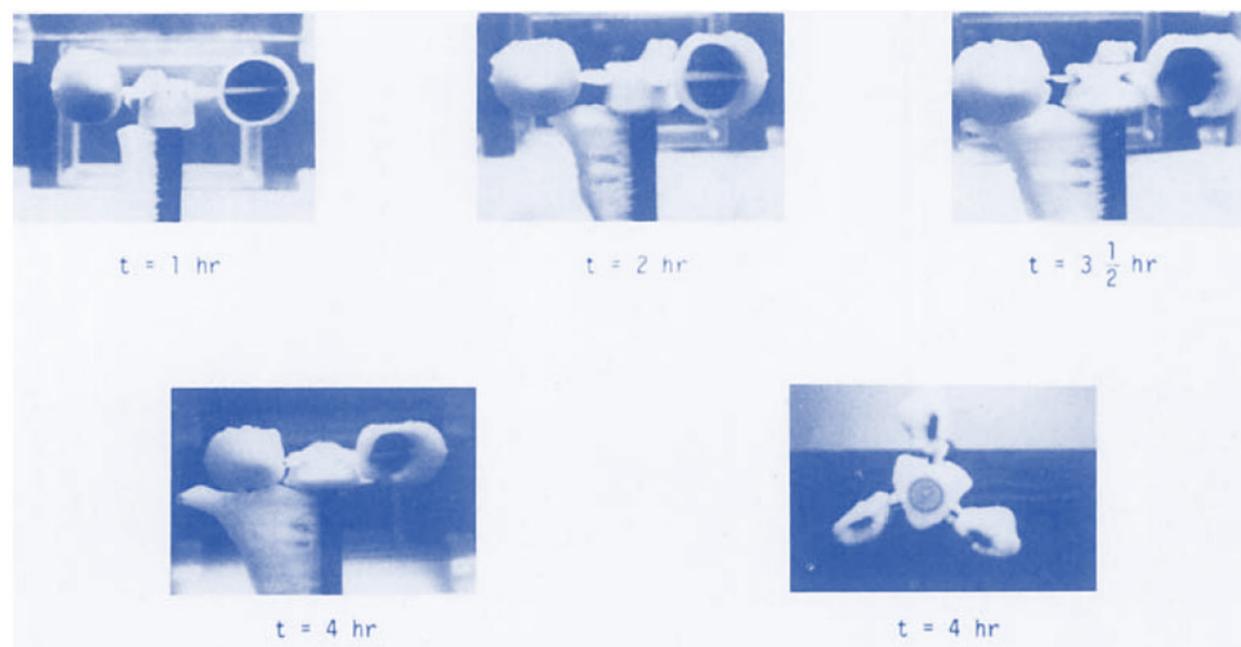
### 3.3 CONDICIONES CLIMATIC NECESARIA POR LA CREACION DE UNA CAPA DE HIELO

Las condiciones climáticas de las distintas regiones de la Antártica son estables o irregulares en su posición geográfica. Sin embargo, es necesario comprender qué predisposiciones meteorológicas son necesarias para la formación de una capa de hielo sobre una posible envolvente protectora. Esto puede hacerse a través de un proceso de captura de humedad y/o copos de nieve, pero también para demostrar si ciertas regiones serían más favorables que otras en la Antártica, para una solución constructiva. Y si ésta debería realizarse en un proceso constructivo diferente según la región, en relación con la fuerza del viento, la humedad relativa y la temperatura local.

Por lo tanto, este proceso de investigación consta de dos etapas. La primera es comprender los tipos de heladas y bajo qué condiciones climáticas se forman. Y luego, estudiar los registros climáticos de varias regiones del continente blanco para demostrar en qué región podría utilizarse un sistema de envolvente.

Existen cuatro tipos de escarcha: escarcha de cal, escarcha clara, escarcha mixta y escarcha de hielo. En general, las temperaturas deben estar entre -40°C y 0°C. La velocidad del viento, así como la humedad del aire, definen el tipo de escarcha que se formará, así como la velocidad a la que podrá formarse la acumulación de hielo en el material estático (en el caso de esta investigación, la envolvente de protección). Además, el análisis de los estudios científicos (*Gates y al, 1986*) (*fig. 3.31*) muestra que es posible que una capa de hielo/nieve dura se adhiera a un material a pesar de la baja humedad relativa cuando la velocidad del viento es suficientemente alta (*fig. 3.32*).

En segundo lugar, el estudio de las condiciones climáticas del continente muestra que algunas regiones son más favorables



< fig. 3.31

Investigación de la acumulación de hielo a una velocidad de 64,8 m/s, a una temperatura de  $-5,1^{\circ}\text{C}$  y una HR del 15,6% durante un periodo de 4 horas.

Gates y al (1986), p. 278

que otras para el uso de un sistema de envolvente que capte la humedad del aire. En efecto, las regiones costeras, donde se encuentra el 76% de las bases, tienen temperaturas más elevadas, aunque se mantienen de media por debajo de los  $0^{\circ}\text{C}$ . Además, la humedad relativa suele ser superior al 59% (Gettelman, 2006).

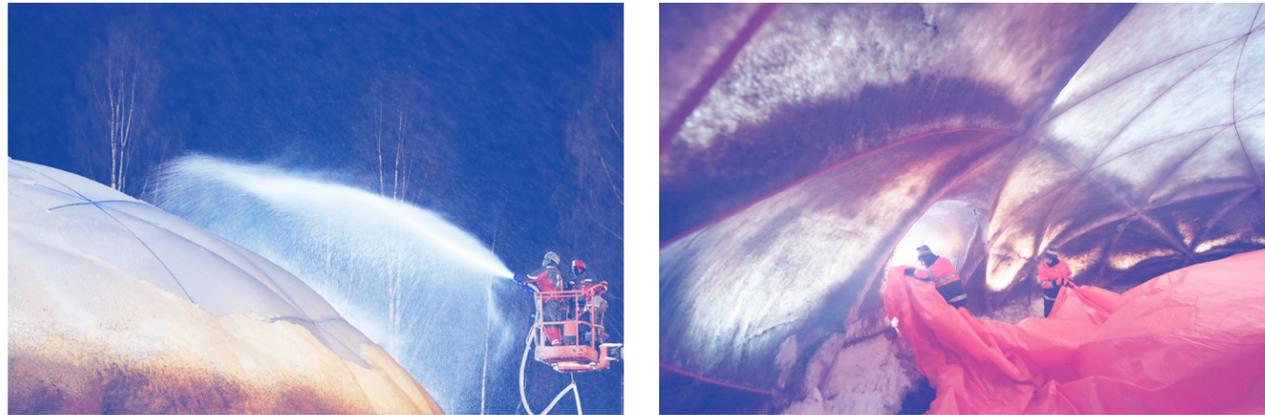
Sin embargo, las corrientes de viento de las tierras altas del sur plantean la hipótesis de que una construcción protectora no es imposible. De hecho, los vientos depositan anualmente una capa de nieve de 274,5 mm. en la estación de Amundsen-Scott (fig. 3.33)(Lazzara y al, 2012). Por lo tanto, todas las regiones del continente blanco deben ser tenidas en cuenta en este estudio.



< fig. 3.31

Acumulación de nieve sobre el domo de la estación Amundsen-Scott

fotografía de Levent Demirors (2007), flickr.com



< fig. 3.31

Combinación constructiva de: pulverización con agua mezclada con fibra de madera, y uso de un encofrado hinchado

Eindhoven University of Technology (2014), *Pykret Dome*, Harbin, China

fotografía de Bart van Overbeeke (2014)

### 3.4 INVESTIGACIÓN DE LA RESISTENCIA TÉRMICA DEL HIELO

Las condiciones meteorológicas de la Península Antártica son cambiantes y a veces experimentan olas de calor de varios días de duración, y las temperaturas no están continuamente por debajo de 0°C y la humedad es alta (CONMAP, 2017). Así pues, estas limitaciones han permitido comprender la capacidad física del hielo para derretirse más o menos rápidamente según su composición. En efecto, frenar el deshielo podría ayudar a preservar el mayor tiempo posible una capa protectora hecha en parte de hielo y otro material adicional.

#### 3.4.1 REFERENTES (INERCIA TÉRMICA)

Así, este tema de la inercia térmica se centró en el análisis del material de Pykret. La pykret está compuesta generalmente por un 14% de fibras de madera y un 86% de agua (fig.3.41) Las capacidades estructurales han mejorado, pero la importación de fibra de madera a la Antártica no parece cumplir plenamente con el objetivo de encontrar una solución que no corra el riesgo de contaminar el ecosistema in situ.

Por lo tanto, el análisis de los materiales disponibles localmente nos ha permitido comprender qué posibilidades materiales existen *in situ* para ser utilizadas en el diseño de la envolvente.

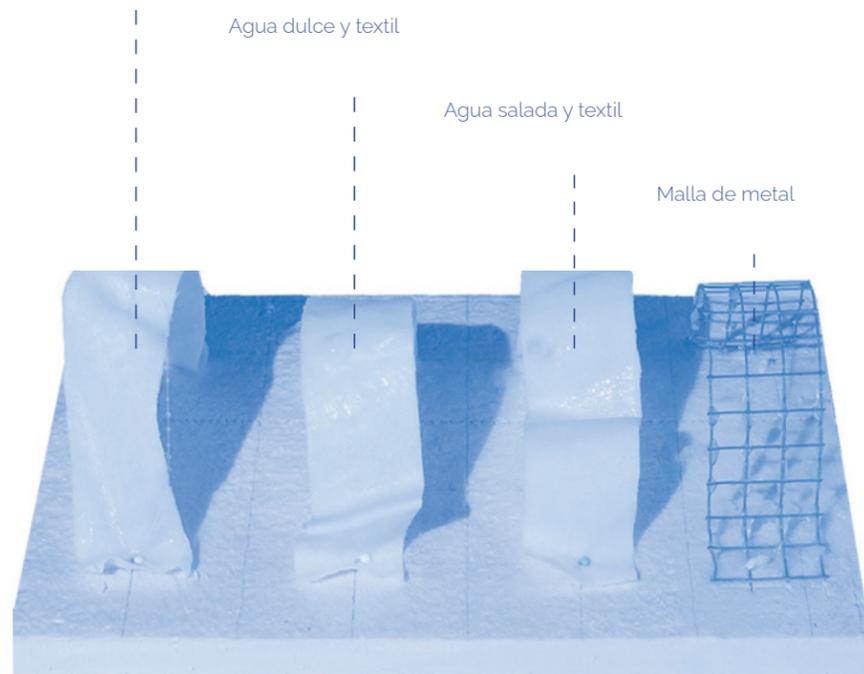
Así pues, al vincular el problema de la contaminación del suelo debido a la expansión urbana (Brooks y al., 2019) y la creación de una envolvente de hielo, parece juicioso investigar si el uso de grava tendría el efecto de retardar el derretimiento de la envolvente, sin dejar de observar otras mezclas de materiales para verificar algunas de las ideas planteadas.

Agua dulce, textil y filas

Agua dulce y textil

Agua salada y textil

Malla de metal



< fig. 3.421

Investigaciones para probar la posibilidad de utilizar un sistema de moldeo inflable con geotextil, pero también para crear una forma con la ayuda de sensores.

Elaboración propia



< fig 3.422

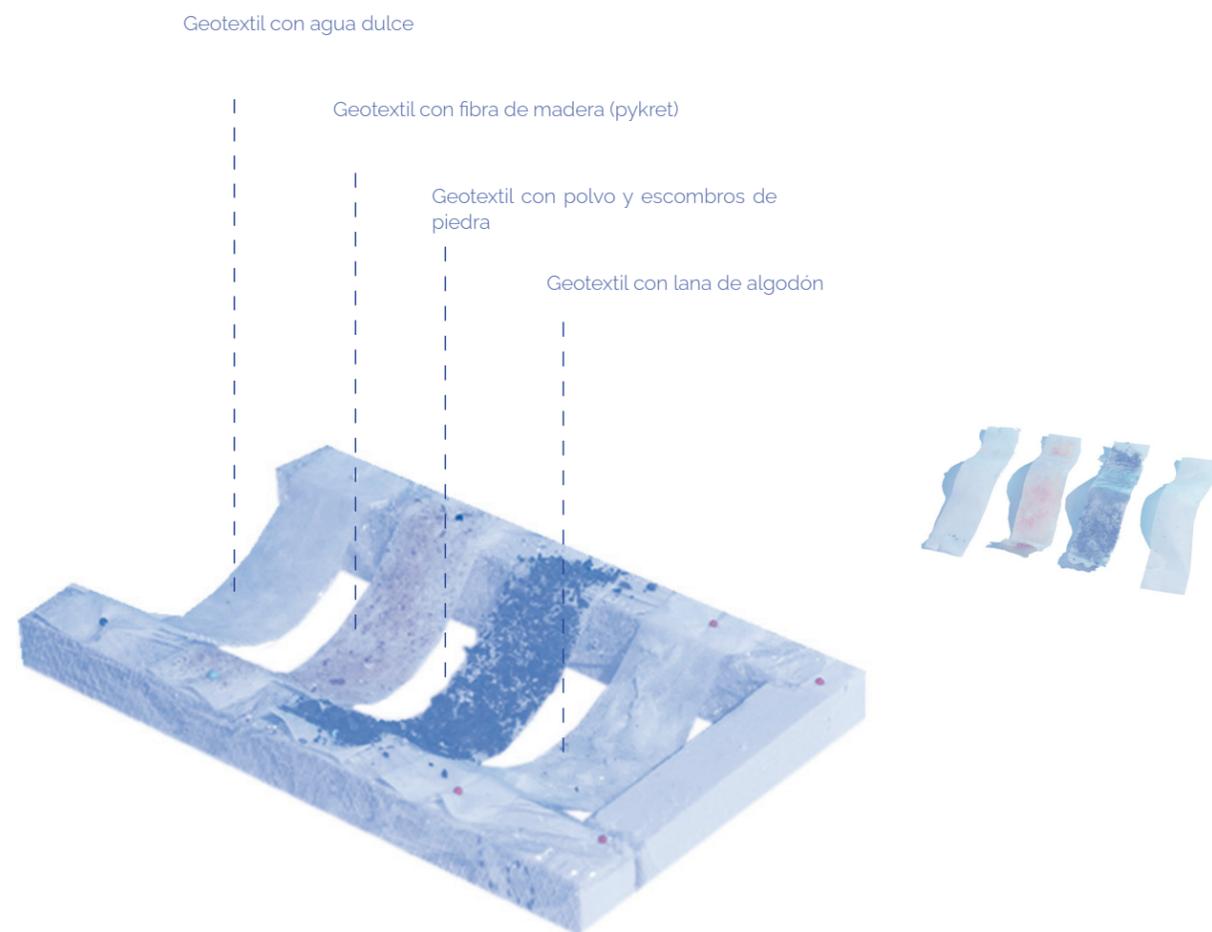
Probar la longevidad de investigaciones para el uso de un sistema de moldeado inflable con geotextil, pero también para crear una forma con la ayuda de tensores.

Elaboración propia

### 3.4.2 INVESTIGACIONES DE MODELOS (INERCIA TÉRMICA)

En la presente investigación se investigaron primero 4 variaciones de materiales que pueden utilizarse para el diseño de una estructura de hielo (fig. 3.422), y sus reacciones estáticas durante una fase de congelación/descongelación (fig. 3.423). Esto llevó a la comprensión de que aparte de la malla de metálica, ninguna otra variante conserva sus cualidades estructurales después de 15min a 22°C.

Luego se trató el tema del material a través de la búsqueda de una mezcla que sólo sea resistente al deshielo durante mucho tiempo. Una vez más, se crearon y probaron cuatro variantes (fig. 3.423). Los resultados mostraron que el uso de roca y la fibra de madera eran las únicas mezclas que permitían una mejora significativa y útil en la creación de una dualidad entre una malla metálica y una capa de hielo.



< fig 3.423

Maqueta - Longevidad del hielo añadiendo otros materiales, como la madera para aprovechar las fibras y la roca para la inercia térmica.

Elaboración propia

En efecto, teniendo en cuenta las características climáticas de la Península Antártica, el esparcir elementos minerales en la envolvente de la malla metálica cuando ya se ha formado una fina capa de hielo tendría el efecto de mejorar la duración del mantenimiento de la envolvente de hielo en su estado físico congelado.



< fig 3.51

Investigaciones para probar la posibilidad de utilizar un sistema de moldeo inflable con geotextil, pero también para crear una forma con la ayuda de tensores.

Elaboración propia



min 01



min 7



min 15

- Capacidad estructural de 0,750 kg.

- Perdió su morfología después de 20 minutos.

## 3.5 INVESTIGACIONES ESTRUCTURALES

A fin de reducir el transporte de material adicional y aprovechando la calidad del hielo para reforzar ciertos puntos de la estructura, sólo cuando sea necesario, ya que la carga de la malla cubierta de hielo requeriría la presencia de una estructura más vertical y horizontal que en el periodo estival, cuando la única carga que se soportaría sería la del peso muerto de la malla. La inspiración estructural proviene de los contrafuertes de las catedrales góticas (*fig.3.51*), que sirven para rigidizar toda la estructura. Sin embargo, en el caso de este estudio, es interesante observar cómo el material tendría la capacidad de evolucionar con las estaciones, de la misma manera que el continente antártico se transforma, rodeándose anualmente con un cinturón de hielo.

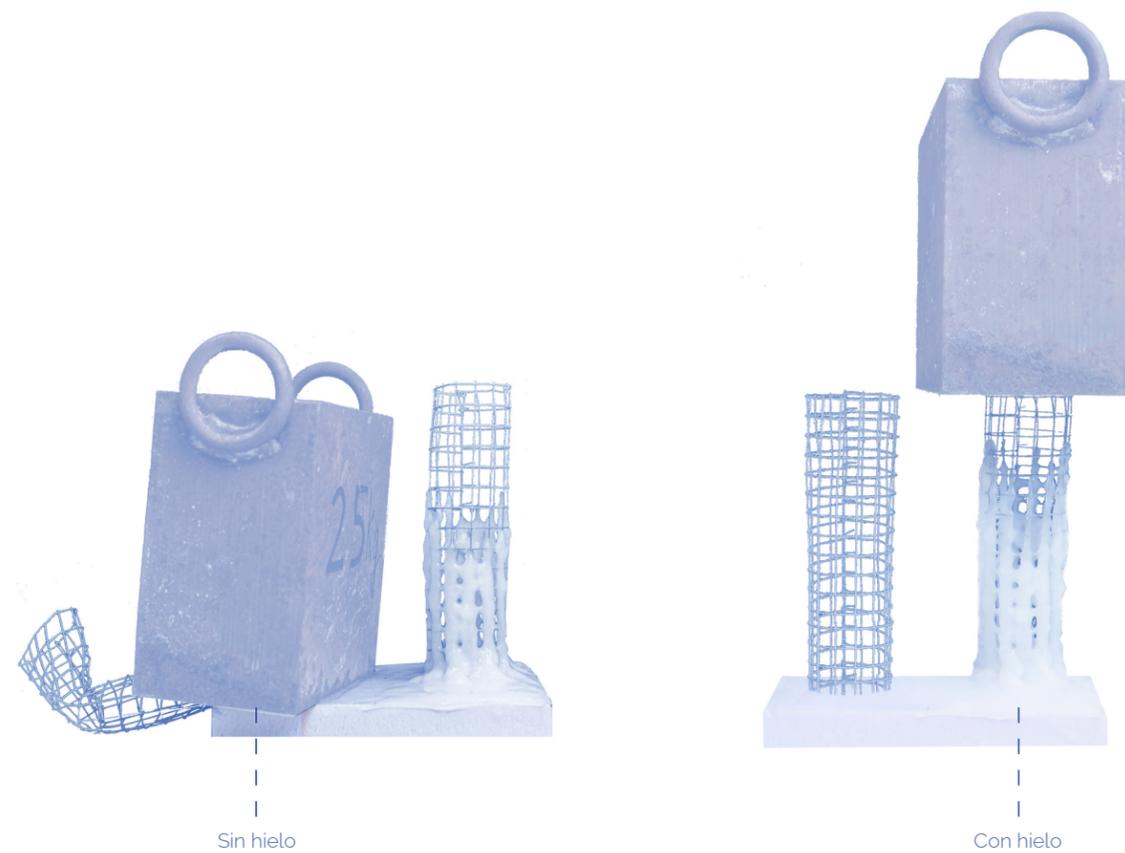
### 3.5.1 REFERENTES ( INVESTIGACIONES ESTRUCTURALES)

El Pykret Dome (*fig.3.31*) se utilizó como referencia para comprender las capacidades estructurales del hielo. El volumen creado permite creer en las capacidades estructurales de este material, a pesar de que en este ejemplo se implementa con la ayuda de una membrana de aire.

### 3.5.2 INVESTIGACIONES DE MODELOS

Se utilizó un modelo para explorar la capacidad de mejorar las propiedades estructurales de la envolvente metálica. Esto se hizo comprendiendo la capacidad de un pilar de malla de acero galvanizado para soportar una carga vertical con y sin hielo (*fig. 3.52*). Para ello, se roció agua 10 veces al día durante 4 días a una temperatura de -22°C.

Luego se aplicó una carga de 10kg, 15kg y 25kg a los mokups a una temperatura de +22°C para observar la diferencia entre los dos tipos de estructura.



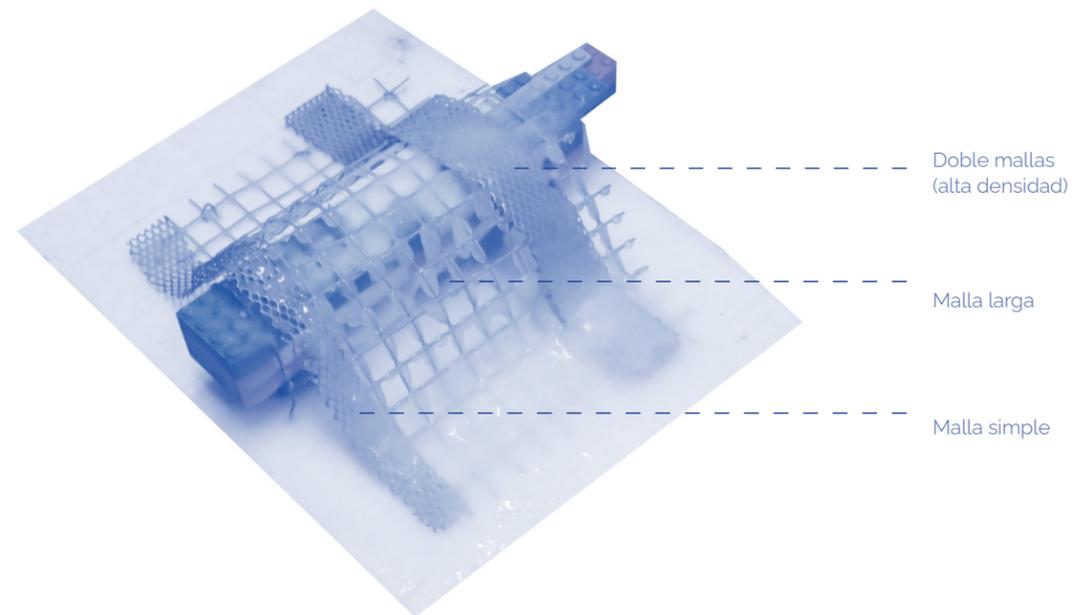
< fig. 3.52

Modelo estructural con un peso de 25 kg. para probar las cualidades de una malla de acero de 1x1cm con y sin hielo.

Elaboración propia

Así, se pudo demostrar que el pilar sin hielo podía soportar hasta 15 kg. máximo para asentarse, y que el pilar cubierto de hielo tenía la capacidad de soportar hasta 25 kg. Es decir, la estructura era un 66% más fuerte verticalmente.

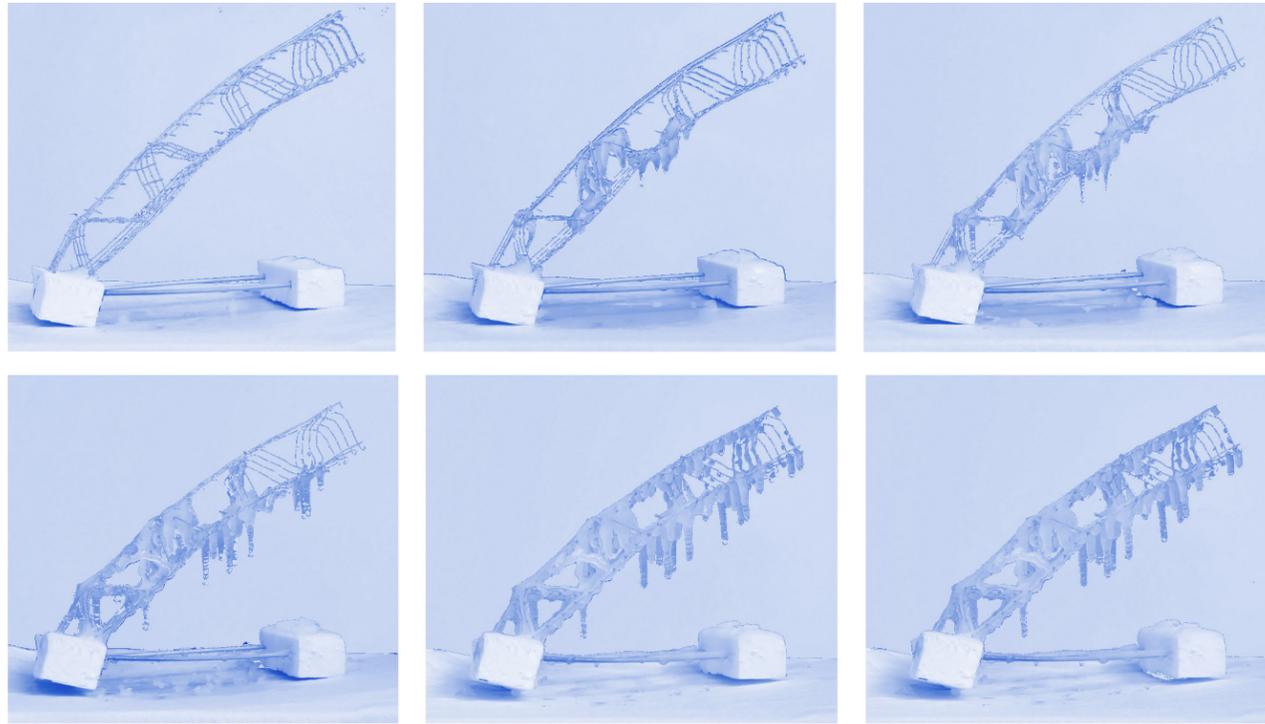
El segundo modelo estructural realizado experimenta la posibilidad de predisponer la malla en ciertas áreas de la envolvente para capturar la humedad más rápidamente, y así formar la estructura de soporte de la envolvente en primera instancia. Para ello, la densidad de la malla del modelo se dispuso en una y dos capas con el fin de simular una mayor densidad de material. Esto se hizo para verificar que la formación de hielo es más rápida en las partes alineadas. Por lo tanto, después de 10 pulverizaciones de agua, es posible observar que la captación de agua es más rápida y consistente en la parte de la malla que es más densa (fig. 3.53).



< fig 3.53

Maqueta - comportamiento físico de los diferentes tipos de malla metálica

Elaboración propia



< fig. 3.61.

Maqueta de estudio para explorar la posibilidad de integrar bolsas de aire en la capa de hielo protectora. Esto se debe a que el aire es 100 veces más aislante que el hielo.

Elaboración propia

### 3.6 CUALIDADES TÉRMICAS

Probar las cualidades térmicas de tal manta es complicado porque su estado físico no es constante. Ya que, el espesor del hielo así como la profundidad de la nieve, que podría cubrir temporalmente la malla metálica en algunos momentos, varía

Para comenzar, la investigación del modelo se centró en experimentar con una doble capa de malla de metálica que crearía bolsas de aire. Teniendo en cuenta que la calidad aislante del aire es hasta 100 veces mejor que la del hielo. Así, como puede verse en el modelo (fig. 3.61), el concepto era utilizar un solo material y crear una ondulación entre la capa interior y la exterior. Sin embargo, la transmisión del hielo es tal que el sistema demostró tener muy poca calidad térmica y constructiva para justificar el excedente de material que este detalle constructivo hubiera requerido.

Desde el punto de vista energético, la capa de hielo ahorraría energía. De hecho, según los cálculos térmicos del valor U, pasaría de 0,15 sin envolvente a 0,14W/m²K (fig. 3.62)( anexo 04).

< fig. 3.62

Análisis del valor térmico de una composición estándar de una fachada sin hielo y luego con una capa protectora de hielo.

Elaboración propia

Esta diferencia no es muy significativa, pero el sistema de cálculo del valor (U-WERT.net) sólo tiene en cuenta los niveles de humedad del aire y las temperaturas interiores y exteriores. El flujo de viento constante aumentaría las necesidades de energía de la temperatura más baja para mantener la misma temperatura interior. Por lo tanto, la presencia de una capa protectora contra los vientos fuertes permitiría un ahorro térmico y por lo tanto también logístico al evitar el transporte de energía fósil del continente a las bases.

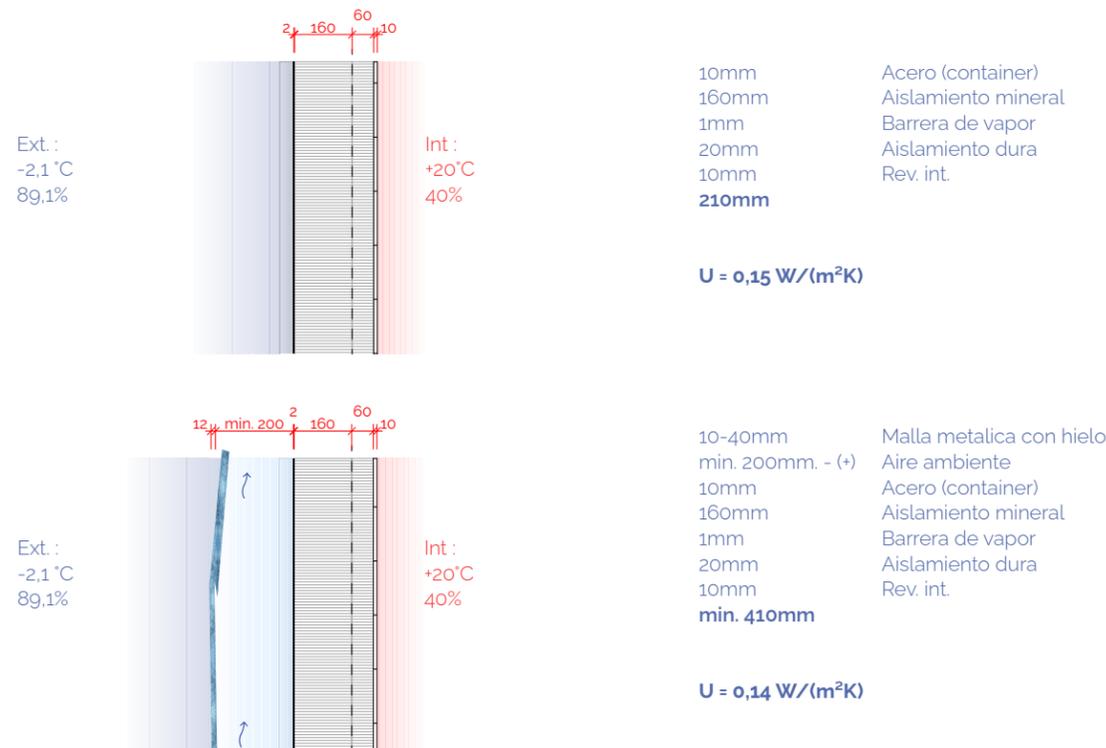




fig. 3.7

Fotomontaje del tipo de atmósferas deseadas adentro de los espacios intermedios

Elaboración propia

### 3.7 CUALIDADES PROYECTUALES

Aquí abordaremos el tema de la mejora programática de las bases a través de los espacios intermedios. Donde la atmósfera creada por la envolvente de metal y hielo tendría el potencial de extraer directamente de las cuevas de hielo que se encuentran en las regiones frías del mundo (*fig. 3.7*) y en la Antártica (*Fox, 2007*).

En suma, la irregular, pero legible transmisión de la luz del hielo en su conjunto tiene una increíble calidad fotogénica, lo cual podría ser una oportunidad futura para acoger a los turistas en ciertos lugares. De este modo se podría reducir el viaje adicional al centro del continente que se genera por el deseo de observar cuevas de hielo. Además, durante la temporada de frío, los espacios no tendrían que ser sometidos a fuertes vientos, por lo tanto mejoraría el confort acústico y térmico de estos espacios.



< fig. 3.71

Un lugar, y dos atmósferas distintas transformadas por la relación de la obra con el clima. La luz, la acústica y la pérdida de relaciones con el contexto circundante son los puntos principales de esta metamorfosis del espacio.

Frei Otto (1980),  
*Aviario del Zoo de Múnich, Alemania*

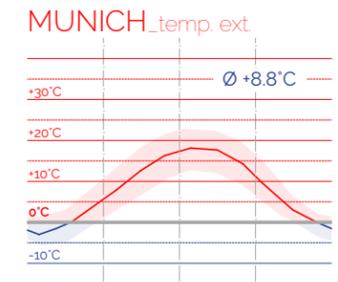
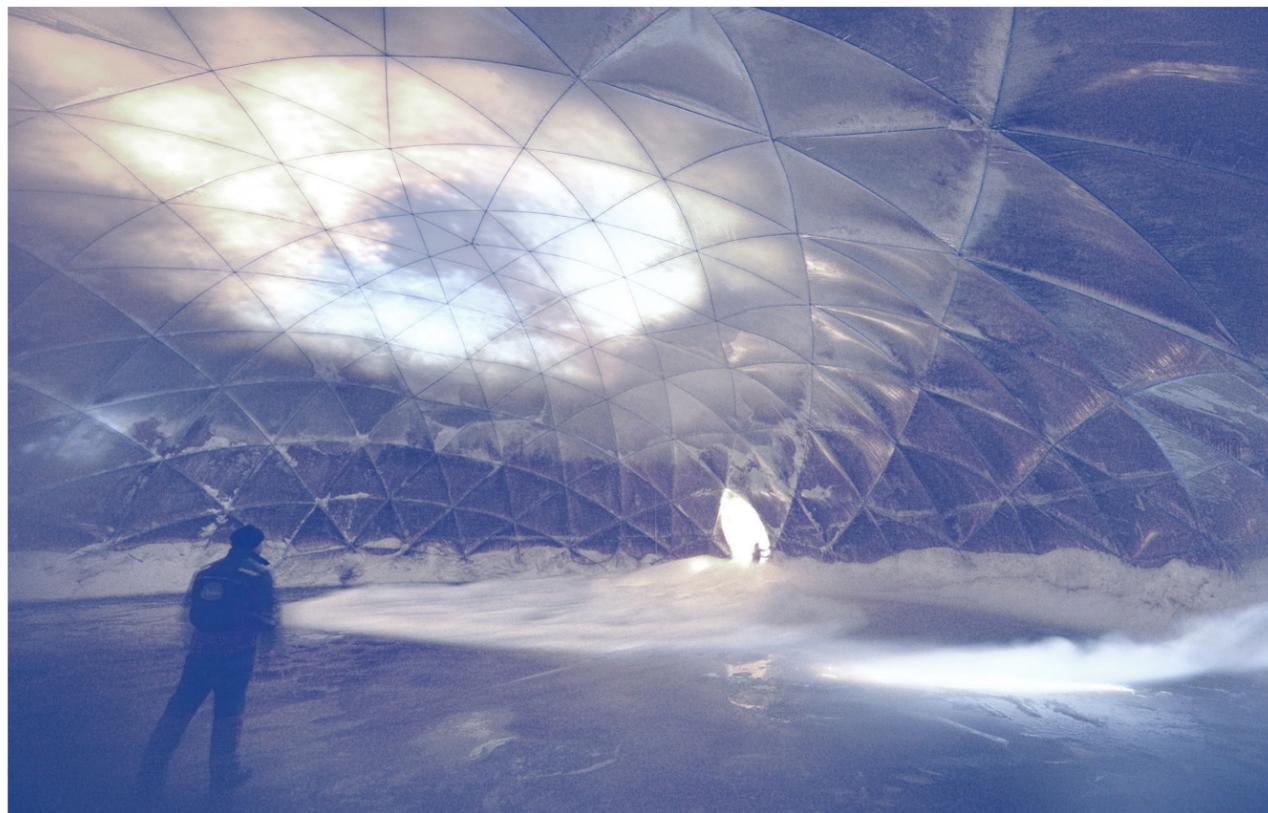
fotografía de Privat4040,  
2019  
reddit.com

### 3.7.1 REFERENTE (CUALIDADES PROYECTUALES)

El aviario creado por Frei Otto en Munich (1980) presenta con la ayuda de fotos (fig. 3.71 - 3.72) algunas facetas de la investigación de esta tesis, que son el uso de malla metálica en un ambiente donde las condiciones meteorológicas son cambiantes, lo que influye en la atmósfera espacial de los espacios bajo la envolvente. Por lo tanto, la presentación de las dos fotografías ayuda a comprender cómo el tiempo y el clima pueden transformar un lugar cuando los materiales utilizados no sólo se utilizan para protegerse del contexto, sino para servir en dualidad a las características locales del lugar.

< fig. 3.72

fotografía de Atelier Frei  
Otto Warmbronn  
archdaily.com



< fig. 3.73

Espacio interior del proyecto. Pykret Dome.

Eindhoven University of  
Technology (2014), *Pykret  
Dome*, Harbin, China

fotografía de Bart van  
Overbeeke (2014),  
archdaily.com



◀ fig. 3.72

Modelo de estudio del aspecto exterior de la envolvente protectora. El proceso de congelación de la malla duró 2 días y requirió 15 pulverizaciones de agua.

Elaboración propia

### 3.7.2 INVESTIGACIONES DE MODELOS

En un enfoque experimental del uso del hielo como capa protectora, el uso de modelos contiene varias cualidades fundamentales para la creación de un proyecto en la Península Antártica. En efecto, además de las posibilidades de comprender ciertas cualidades morfológicas estáticas a lo largo del año (*fig.3.72 - 3.73*), también se puede comprender el proceso de congelación y descongelación.

De hecho, las consecuencias de estas transiciones son que requieren diversas necesidades morfológicas, evitando las zonas en que la envolvente tendría una baja pendiente, y necesidades de infraestructura, que requieren un sistema eficiente de drenaje de agua.



◀ fig. 3.73

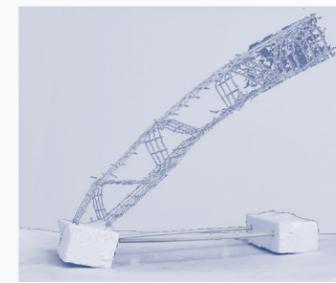
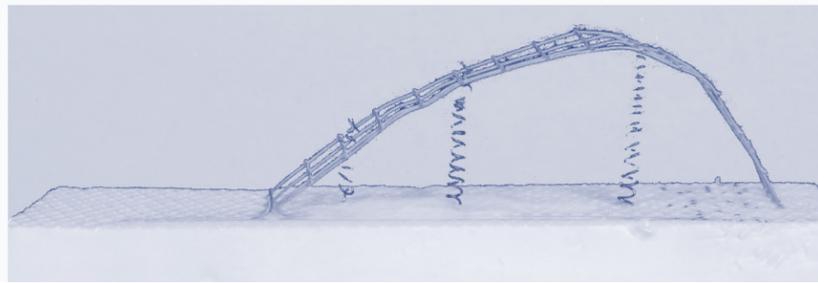
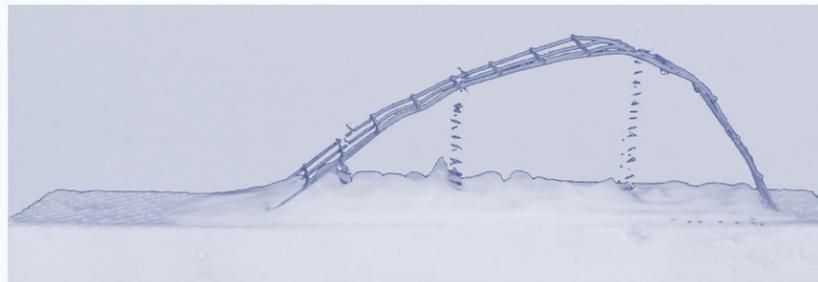
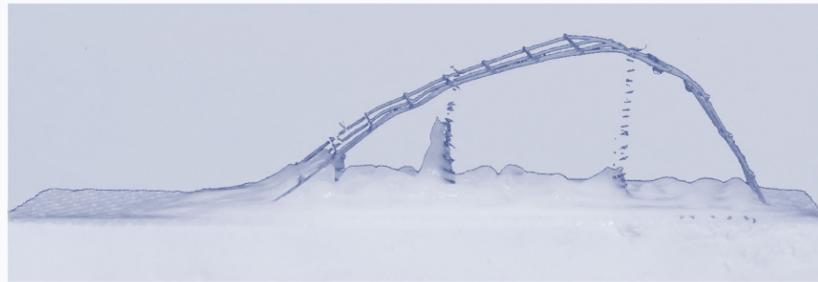
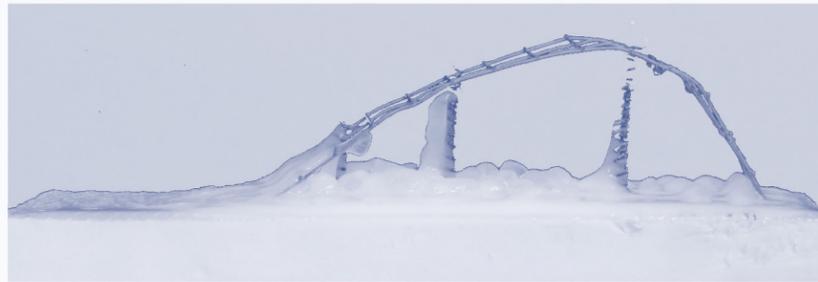
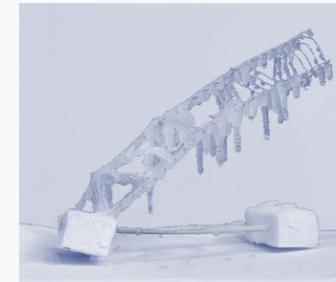
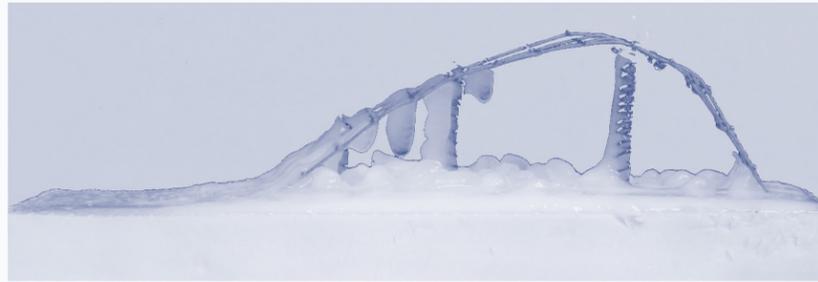
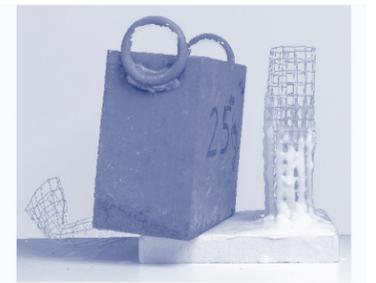
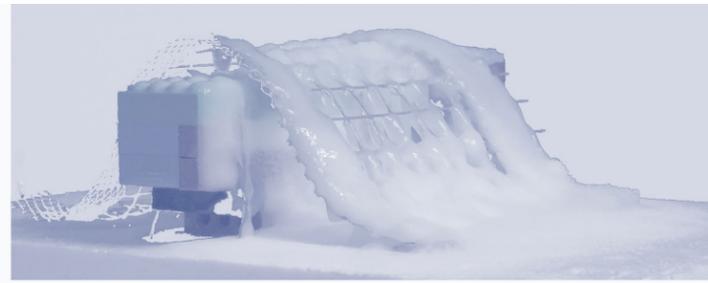
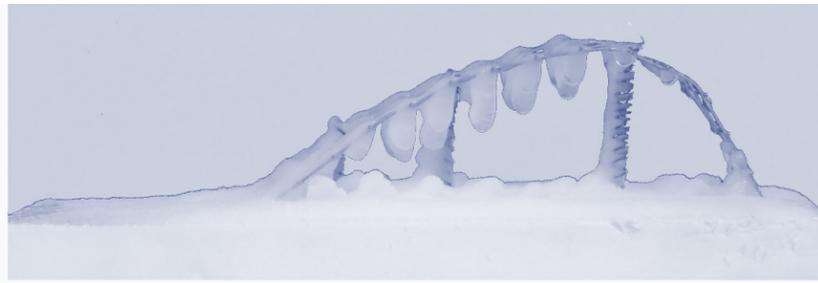
Modelo - Vista del espacio intermedio con luz cenital.

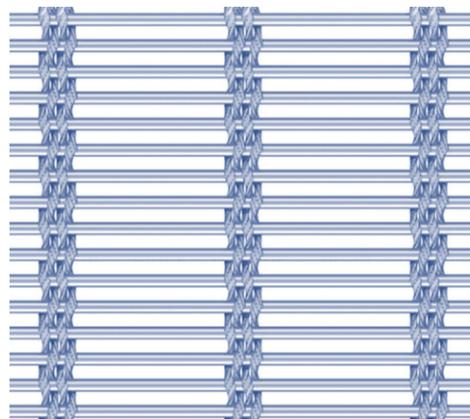
Elaboración propia

▼ fig. 3.74

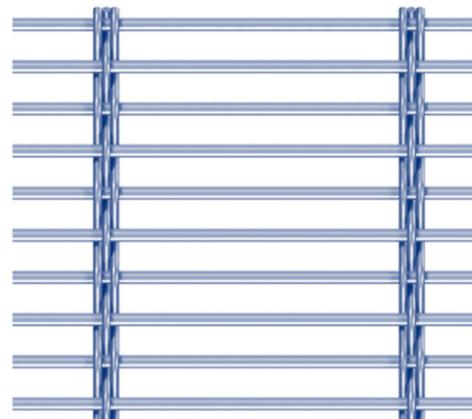
Compilación del estudio de congelación / descongelación en maqueta

Elaboración propia

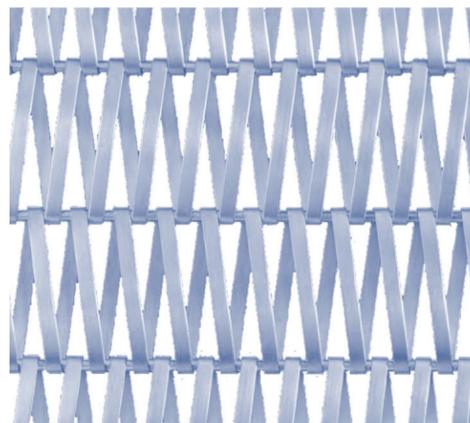




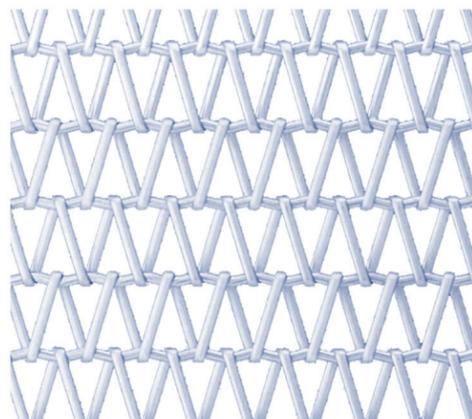
Sambesi  
42% de transparencia  
11 kg /m<sup>2</sup>



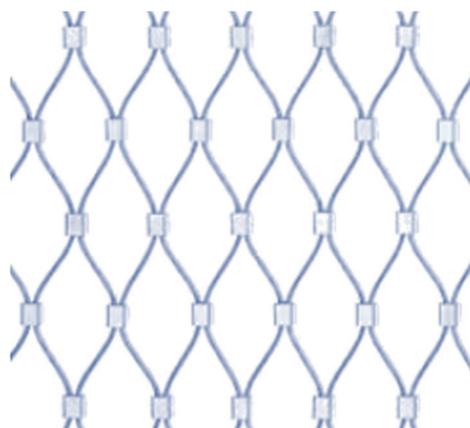
Tigris PC  
65% de transparencia  
6,4 kg /m<sup>2</sup>



Escale 5 x 1a  
33% de transparencia  
3,1 kg /m<sup>2</sup>



Licorne 24a  
62% de transparencia  
2,8 kg /m<sup>2</sup>



Webnet Jakob 1mm con mangas  
86% de transparencia  
1,06 kg /m<sup>2</sup>

< fig. 3.81

Estudio de las diferentes mallas existentes

Los criterios para elegir el tipo de malla son: tipo de material, flexibilidad tridimensional, opacidad de la malla, peso por m<sup>2</sup> (influencia para el futuro transporte), capacidad de captar la humedad, trenzado adaptado al flujo de agua

fuentes de las imágenes: empresas GKD y Jakob Rope systems

### 3.8 PROPUESTAS PARA UN TIPO DE MALLA ADAPTADA A UN USO EN ANTÁRTICA

El estudio de las distintas mallas existentes ha permitido establecer ciertas propiedades para diseñar la malla ideal para su uso en la Antártica (*fig. 3.81*).

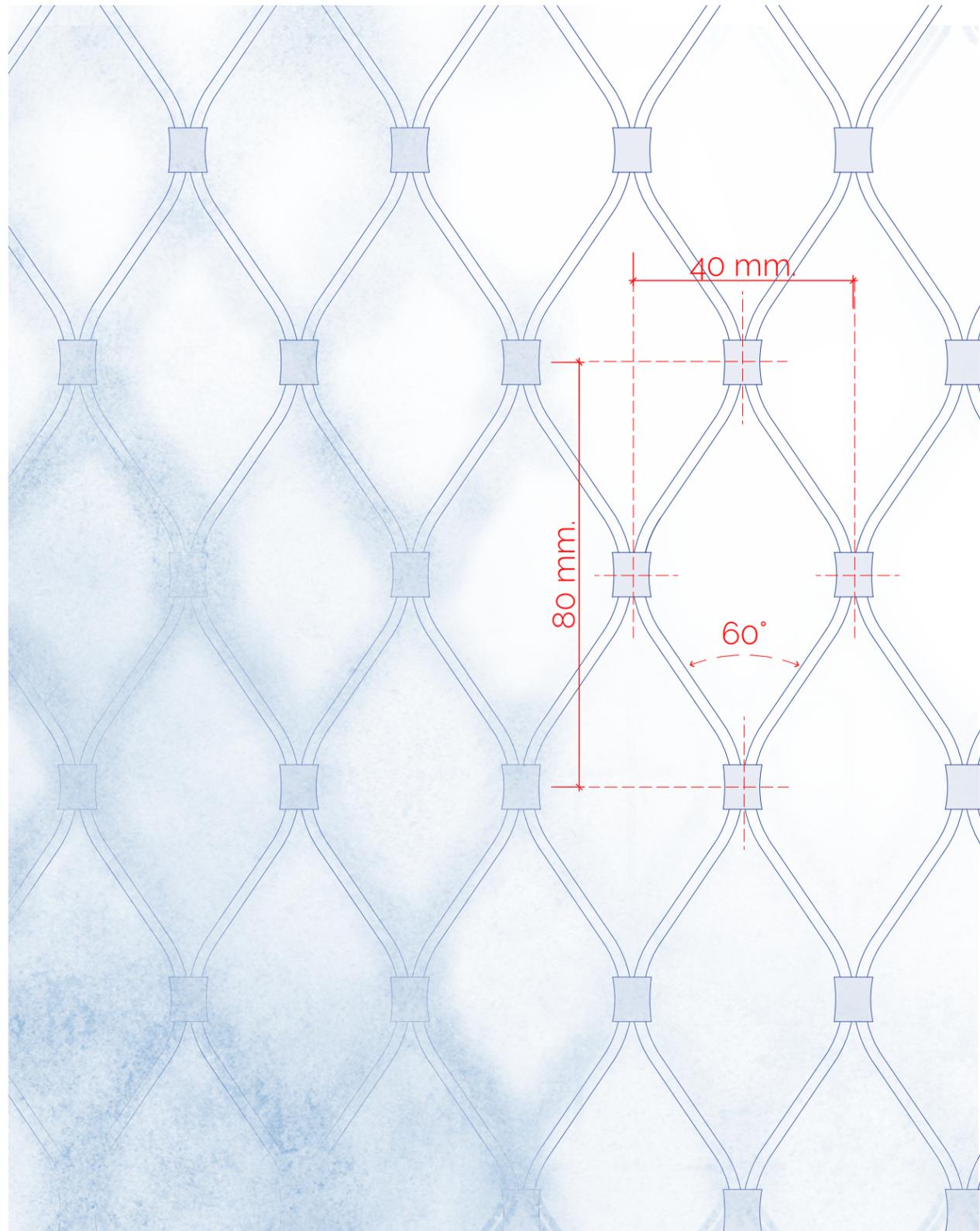
Los puntos importantes que hay que analizar son :

- la flexibilidad tridimensional de la malla
- su peso
- su transparencia
- su fragilidad
- la posibilidad de que el agua se congele homogéneamente

Por lo tanto, el uso de un sistema de malla con mangas (*fig. 3.82*), tipo Jakob Webnet, es la mejor solución constructiva. Como resultado de los análisis realizados de las referencias y de las investigaciones llevadas a cabo en el modelo, se puede afirmar que con un tamaño de malla de 80 mm. (altura). X 40 mm. (anchura), la densidad de la malla sería capaz de captar la humedad y crear así una envolvente térmica protectora.

Además, la estructura a montar para este tipo de elemento constructivo es más ligera gracias al bajo peso de la malla, 1,06kg/m<sup>2</sup>, y la flexibilidad multidireccional la hace interesante por su adaptabilidad a diversas morfologías.

Una limitación a tener en cuenta en la investigación es la proximidad al mar de la mayoría de las construcciones en la Antártica. Por ello, es esencial que el material sea resistente a la sal. Así, los materiales seleccionados son acero inoxidable para los cables y cobre estañado para las tomas.

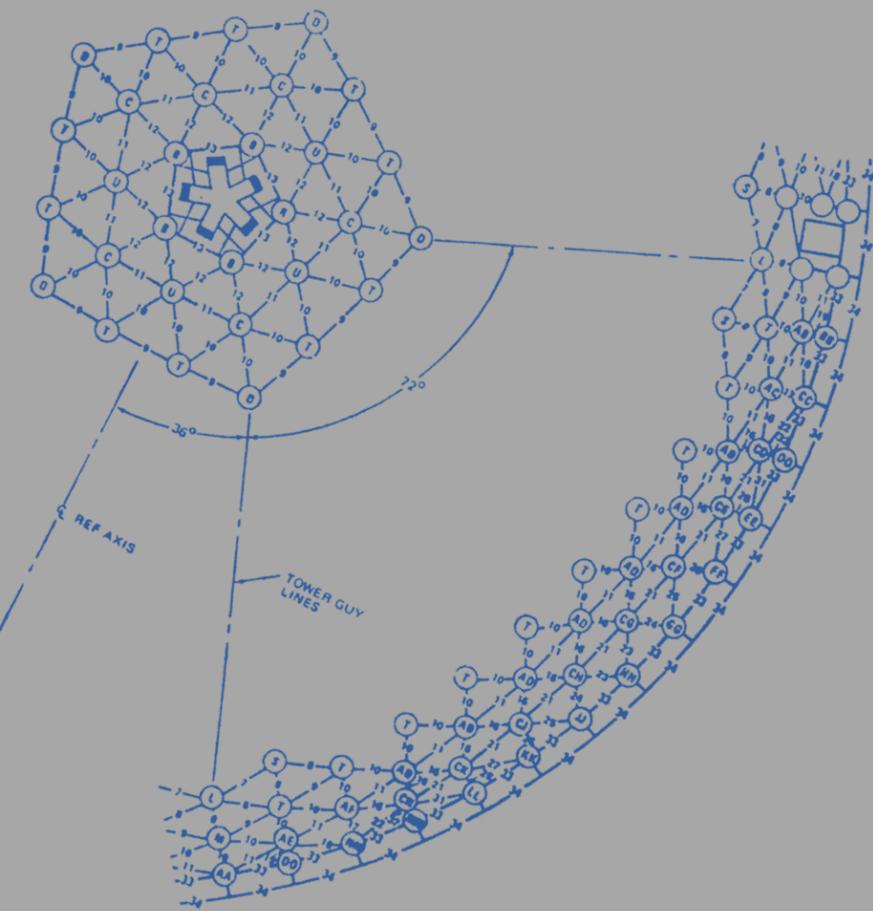


< fig. 3.82

Variante del mejor tipo de malla qui puede servir en Antartica

Elaboración propia

Para que el uso de la solución constructiva imaginada pueda crear una sinergia útil en la preservación del paisaje intacto del continente austral, es necesario estudiar cómo diseñar y montar la malla para que el sistema constructivo pueda adaptarse a la mayoría de los casos problemáticos de la Antártica. Por ello, en el siguiente capítulo se estudia la posibilidad de modular el sistema de construcción.



## CAPÍTULO 4 ADAPTABILIDAD CONSTRUCTIVA DE LA ENVOLVENTE

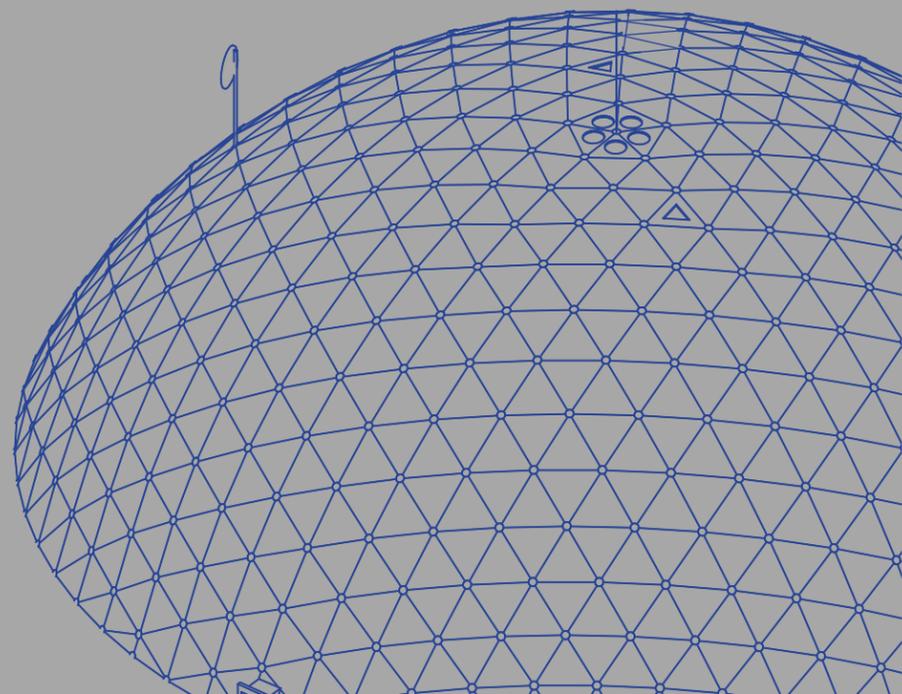
Introducción

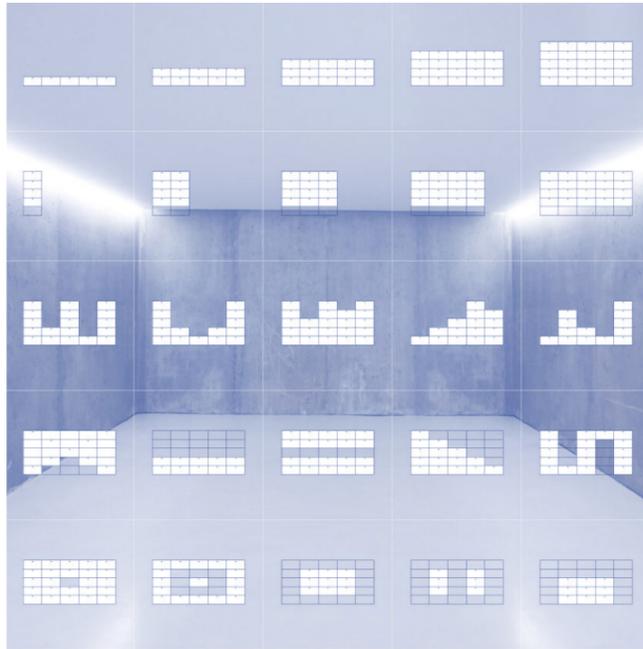
4.1 Referentes

4.2 Investigación dimensional y geométrica

4.3 Análisis de la técnica industrial de fabricación de mallas metálicas

Buckminster Fuller (1975)  
 Construido por los marinos  
 de la Armada de EE.UU.  
*Domo del Polo Sur,*  
 Antártica





< fig. 4.01

Representación del concepto de modularidad según las necesidades de una función actual y/o futura

USM (-), Sistema USM Haller, [www.usm.com](http://www.usm.com)

En este capítulo se analizan las investigaciones realizadas para evaluar las posibilidades de modular la malla metálica isomorfa a la manera del sistema de montaje de muebles de USM (fig. 4.01). ¿Por qué es posible? Porque esto podría simplificar el proceso de construcción a largo plazo, reducir los costos de fabricación y simplificar la expansión de los recintos de protección si es necesario cubrir más edificios.

Así, mediante el estudio de referencias y formas geométricas, la investigación analiza las posibilidades de este enfoque constructivo. Se inspira directamente en la ideología de crear una arquitectura capaz de evolucionar en función de las necesidades de los usuarios. A continuación, se proponen una serie de detalles constructivos para precisar la veracidad de la solución constructiva propuesta.

#### YONA FRIEDMAN - LIBRO "L' ARCHITECTURE MOBILE VERS UNE CITÉ CONÇUE PAR SES HABITANTS (1958-2020) "



< fig. 4.02

Uso de elementos de construcción modulares y prefabricado para un uso en un clima similar al de la Antártica

R. Buckminster Fuller (1952), *Prototype for First Rigid Radome, Artica*

fotografía de R. Buckminster Fuller and MIT Lincoln Laboratory (1952), [www.artandeducation.ne](http://www.artandeducation.ne)

El egocentrismo arquitectónico de algunos gobiernos de las bases antárticas tiene muchas facetas, creando la necesidad de pensar en la arquitectura de una manera diferente. Esta debe ser capaz de reducir la huella humana en el entorno natural, y también ser versátil para adaptarse a las variaciones de los futuros deseos geopolíticos.

La ideología de la arquitecta francesa Y. F. encierra algunas ideas interesantes. En su libro, explica su visión de la arquitectura móvil: "... sistemas de construcción que permiten al habitante determinar la forma, la orientación, el estilo, etc., de su apartamento y poder cambiar esta forma cuando lo decida. » .

Esta autonomía creativa es una propiedad útil para facilitar la agrupación de diversas culturas.



Situación actual.



Después de la instalación de la malla de protección

< fig. 4.11

Fotomontaje de la adaptabilidad de la envolvente a los edificios existentes para protegerlos térmicamente y crear nuevos espacios habitables.

Refugio General Jorge Boonen, en la Bahía Duse, Península Antártica.

Fotografía E. Beriain (2015), INACH,

Elaboración propia

Además, su texto transmite su pensamiento arquitectónico, que se distingue de la mayoría de los arquitectos contemporáneos de Y.F., ya que promueve con calidad la necesidad de crear obras capaces de evolucionar con sus contextos.

## 4.1 Analisis de Referencias

La búsqueda de referencias arquitectónicas se aleja del tema principal de esta investigación porque el sistema de construcción rara vez se ensambla de forma modular. No obstante, volviendo al análisis de la Freie Universität de Berlín, las fachadas diseñadas por el francés Jean Prouvé tienen la cualidad de ser modulares y siguen un principio dimensional (dimensiones del Modulor). El uso de estas dimensiones permite un fácil ensamblaje entre los módulos, así como asegurar la flexibilidad entre los módulos antiguos y los nuevos.

Por lo tanto, para aplicar este pensamiento constructivo al uso de la malla metálica en la Antártica, es necesario conocer ciertas dimensiones para diseñar las distintas superficies de manera que se adapten lo más posible a las numerosas construcciones, y así también se adecuen a los edificios existentes para mejorar su protección térmica, pero también para generar espacios intermedios (fig.4.11).

< fig. 4.12

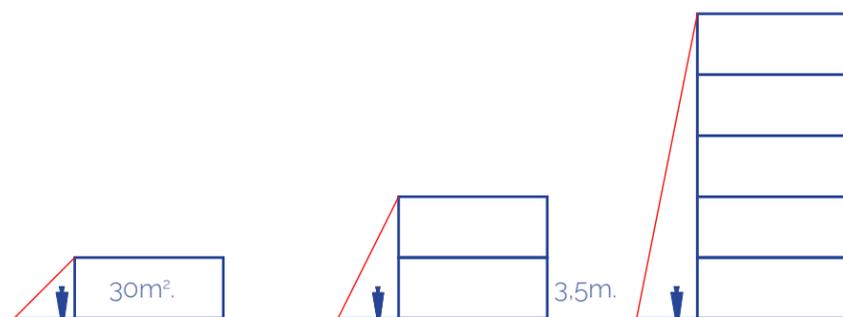
David G. Emmerich  
1960  
Coupole stereometrique  
frac-centre.fr

Capa protectora que proporciona libertad para entrar o salir del sistema diseñado

Además. La modularidad del sistema permite libertad de movimientos a los usuarios que deseen integrar el volumen protegido por la envolvente de malla. Este concepto fue abordado por David Emmerich en 1960 en su propuesta de cúpula estereométrica (fig.4.12)



superficie media edificios  
73.3m<sup>2</sup>



< fig. 4.21

Investigación dimensional de las superficies a cubrir afirmando que la altura por piso es de 3,5 m. y la superficie media por fachada es de 30 m<sup>2</sup>.

Elaboración propia

## 4.2 Investigación dimensional y geométrica

La primera parte de este tema busca la superficie media de los volúmenes construidos en la Antártica. Esto es para garantizar un alto grado de adaptabilidad.

Así, en un primer momento es posible suponer la superficie media de las fachadas. De hecho, utilizando la superficie media de los edificios en la Antártica, 73,3m<sup>2</sup>. Con la altura de los edificios de un nivel, las superficies por fachada serían de 30m<sup>2</sup>. Por lo tanto, es importante unir estos datos con las dimensiones internas de los contenedores marítimos utilizados para el transporte de mercancías en la Antártica, (ancho, 2,35m. - largo, 5,89m. - alto, 2,39m.) (fig. 4.21).

A continuación, en una segunda instancia, el estudio aborda la búsqueda de las formas isomórficas que mejor se adaptan al concepto de envoltorio modular.

Las posibilidades son múltiples, pero en el tema que plantea esta tesis es necesario tener en cuenta tres grandes criterios (fig.4.22);

- la superficie cubierta por la forma
- el perímetro de la misma
- la cantidad de ángulos creados para cada forma

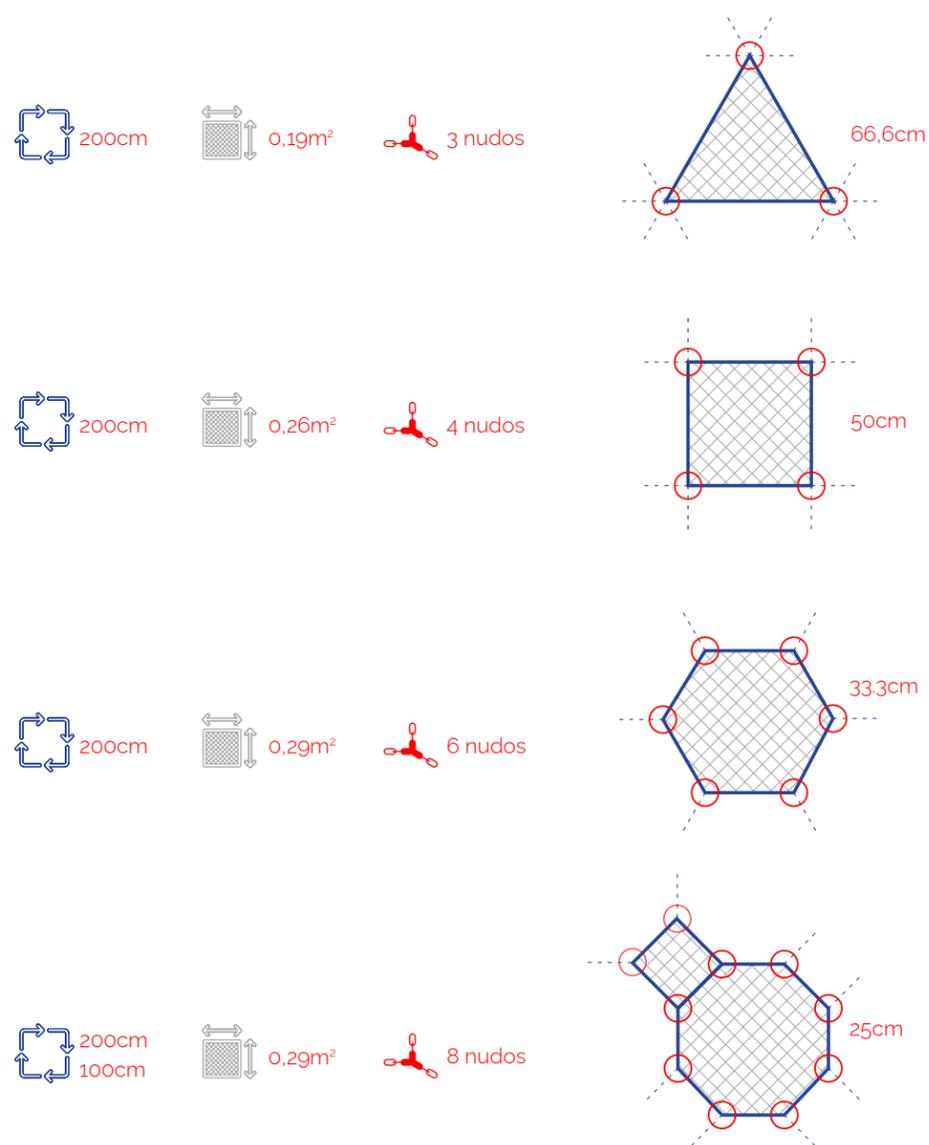
A continuación, es necesario ponderar cada una de estas categorías incluyendo una variable financiera por metro lineal y por m<sup>2</sup>, así como incluyendo también el aumento de la probabilidad de rotura debido al incremento de los puntos de articulación (fig. 4.23 - p.120).

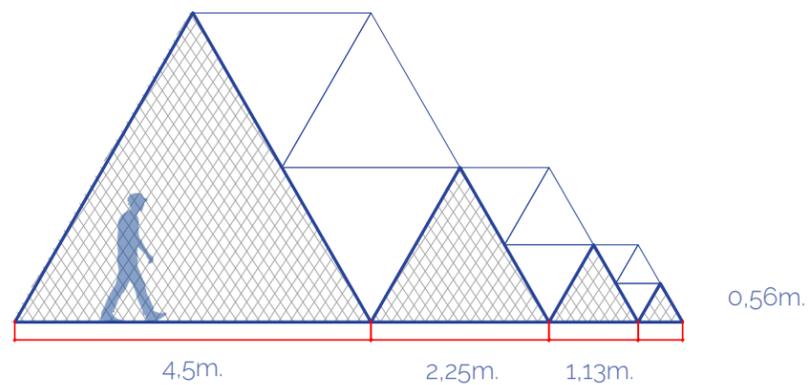
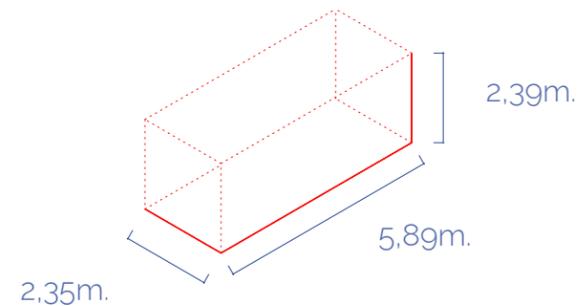
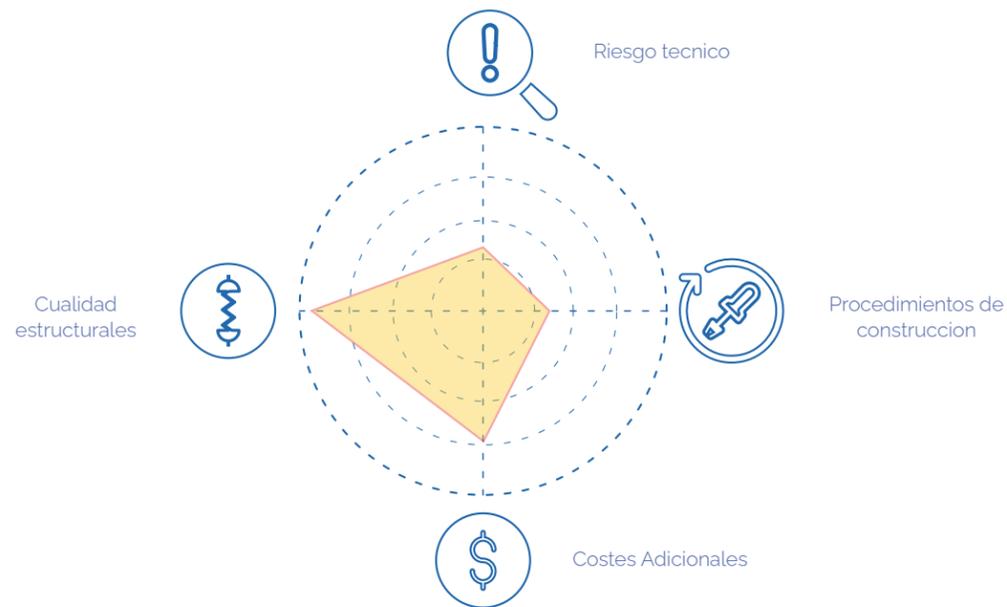
Entonces, teniendo en cuenta las dimensiones de los medios logísticos en el lugar que nos compete (fig. 4.24 - p.120), es posible proponer una forma adaptada a la función protectora de una malla metálica para la Península Antártica. De este modo, un triángulo

< fig. 4.22

Exploración de la forma. El análisis de las geometrías busca resaltar las propiedades de cada una a través de la relación entre los perímetros de cada una y la superficie cubierta. Pero también el número de ángulos (círculo rojo) que representa constructivamente el número de nodos que un conjunto requeriría para formar un todo.

Elaboración propia





< fig. 4.23

Proposición de ponderación en el diseño de los módulos de la envolvente según los siguientes temas: riesgo de rotura técnica, procedimientos de construcción necesarios, costes adicionales y cualidades estructurales/ protectoras.

Elaboración propia

< fig. 4.23

Análisis de las dimensiones de los recursos logísticos ya desplegados en la Antártica

Elaboración propia

> fig. 4.25

Dimensionamiento de los elementos de la envolvente teniendo en cuenta las dimensiones del transporte utilizando containers maritimos de 20', ya que son más fácilmente transportables por aire dentro del continente austral.

Elaboración propia

equilátero es la forma que demuestra las mejores cualidades modulares, y podría proponerse en varios tamaños (fig. 4.25).

La mayor, la talla XL (450cm, 8,77m<sup>2</sup>)(1/), la talla L (1/2), la talla M (1/4) y la talla S (1/8). Según permitiría a los módulos una total flexibilidad constructiva.

**DETALLES DE MONTAJE ÚTILES PARA LA MODULARIDAD DE LA ENVOLVENTE.**

A raíz de los resultados obtenidos sobre las geometrías de los módulos, se ha producido una serie de piezas de ensamblaje para demostrar cómo se pueden diseñar todas las piezas mecanizadas para favorecer la completa adaptabilidad entre los módulos.

A continuación, se hace una propuesta constructiva sobre la estructura fuerte de la envolvente. En efecto, los módulos de la caja se basan en una estructura de cables. Sin embargo, para permitir cierta flexibilidad volumétrica al crear los espacios intermedios, se ha imaginado un sistema estructural multidireccional.

Los elementos constructivos detallados :

Tema de los Módulos :

- Detalle de los ángulos de los módulos 1\_5
- Elemento de acoplamiento central de los módulos 1\_5
- Elemento de acoplamiento para conectar módulos de diferentes tamaños 1\_5
- Elemento de unión entre los perímetros de los módulos 1\_5

Tema de la Estructura :

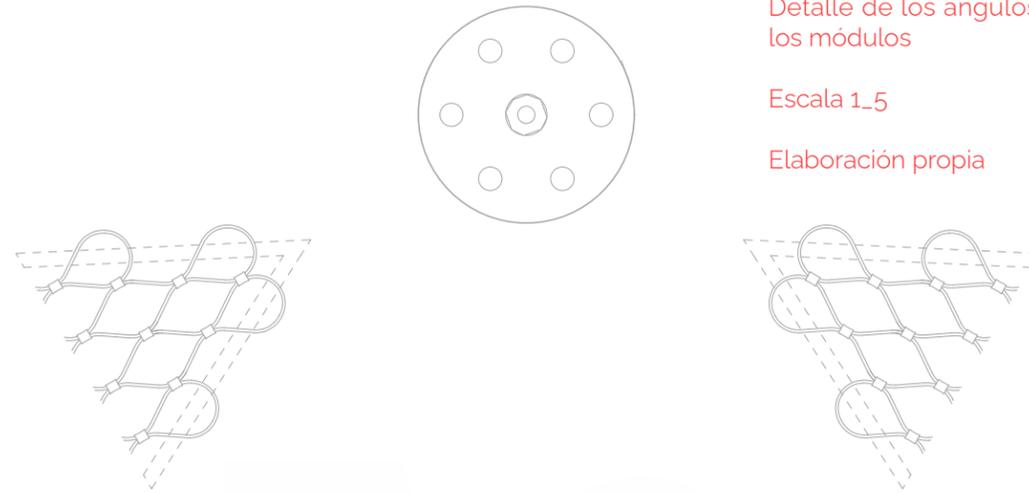
- Elemento de conexión entre los módulos y los cables de la estructura 1\_5
- Elemento para añadir refuerzos a la estructura 1\_5

◀ fig. 4.261

Detalle de los ángulos de los módulos

Escala 1\_5

Elaboración propia

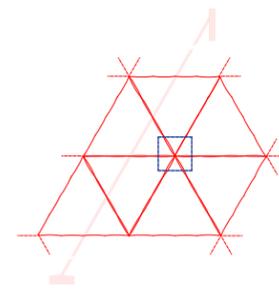
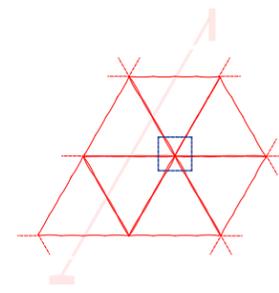
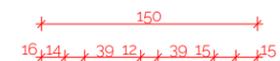
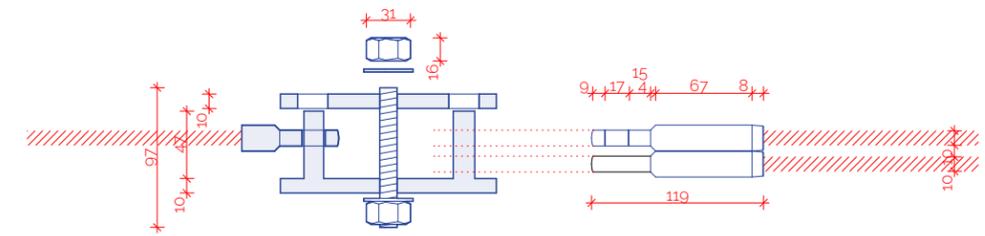
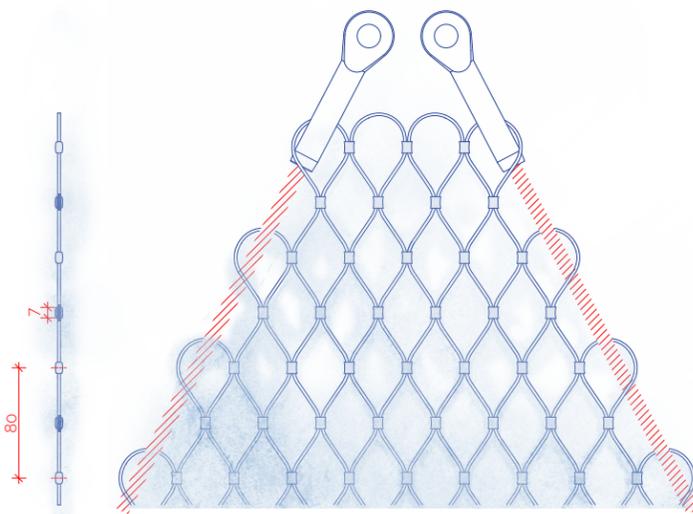
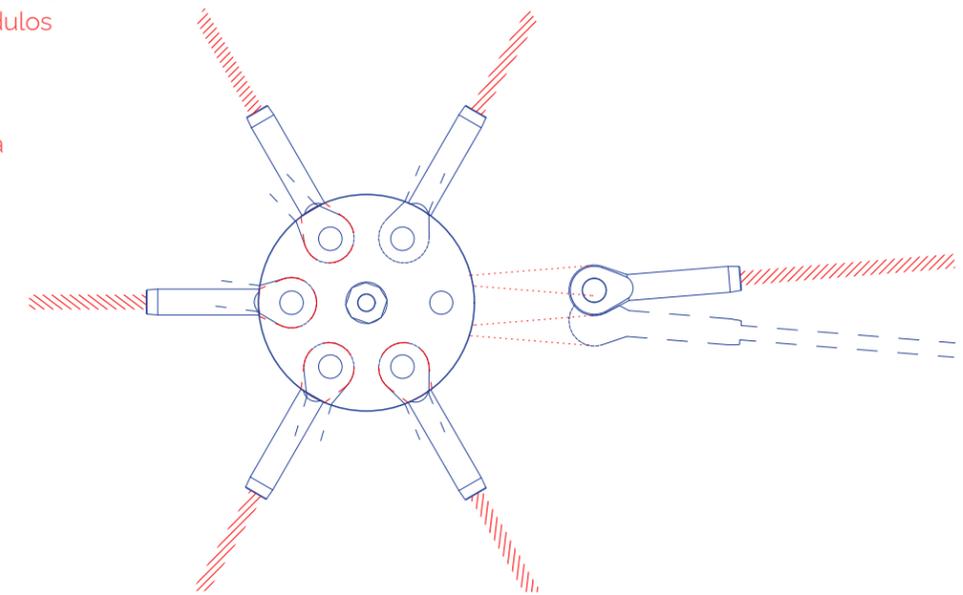


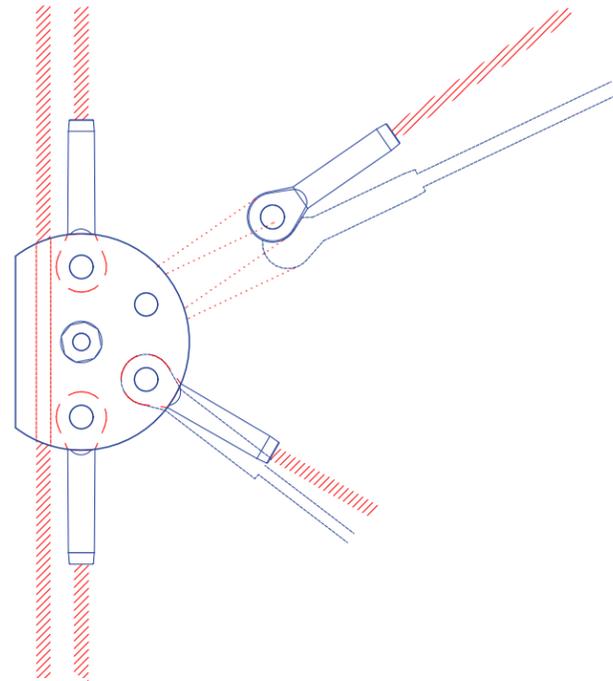
▶ fig. 4.262

Elemento de acoplamiento central de los módulos

Escala 1\_5

Elaboración propia



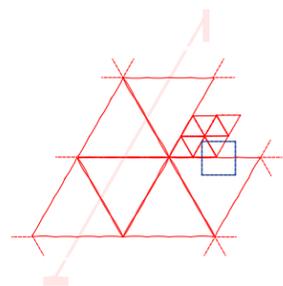
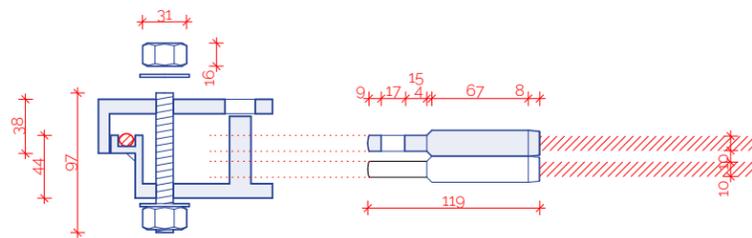


◀ fig. 4.263

Elemento de acoplamiento para conectar módulos de diferentes tamaños

Escala 1\_5

Elaboración propia

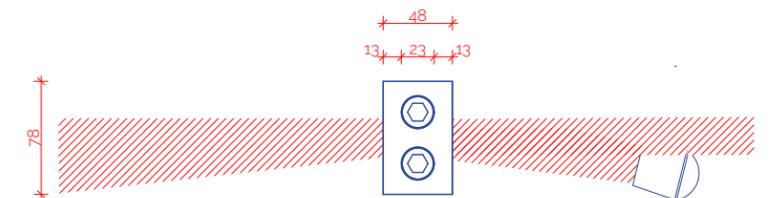
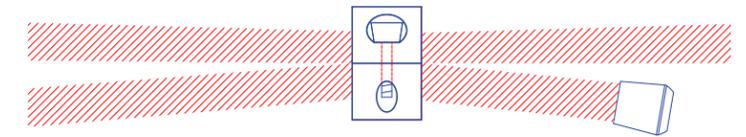
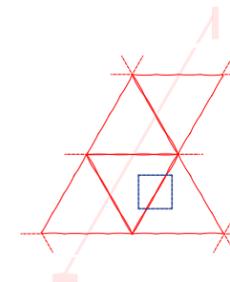
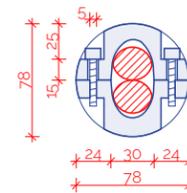


▶ fig. 4.264

Elemento de unión entre los perímetros de los módulos

Escala 1\_5

Elaboración propia

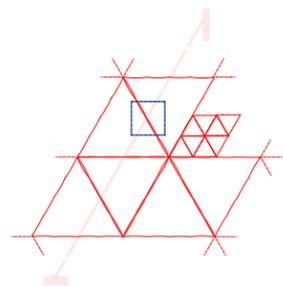
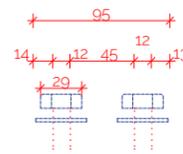
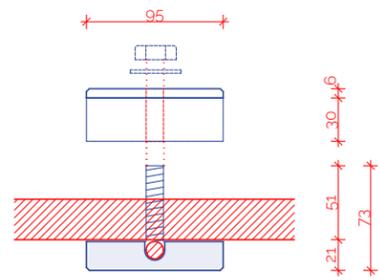
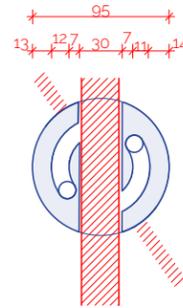
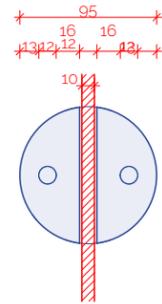
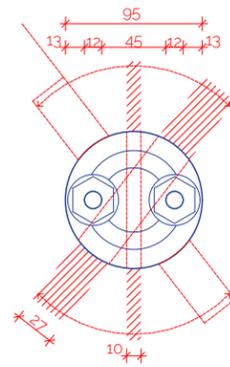


◀ fig. 4.265

Elemento de conexión entre los módulos y los cables de la estructura

Escala 1\_5

Elaboración propia

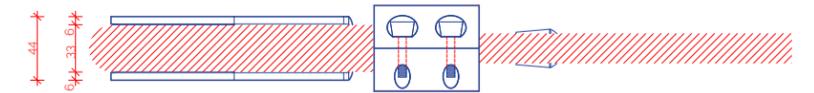
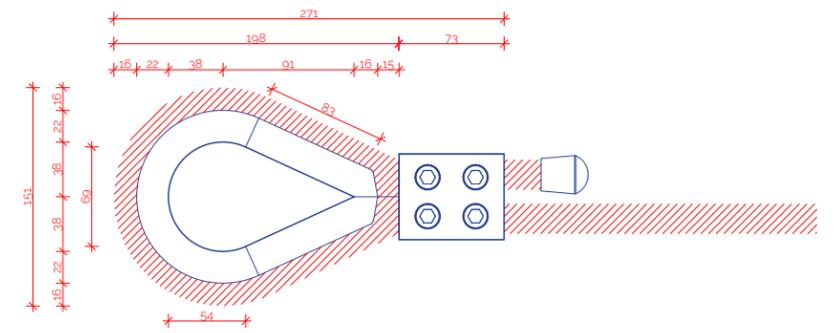
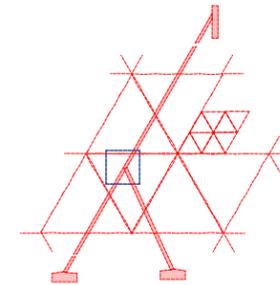
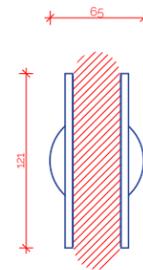


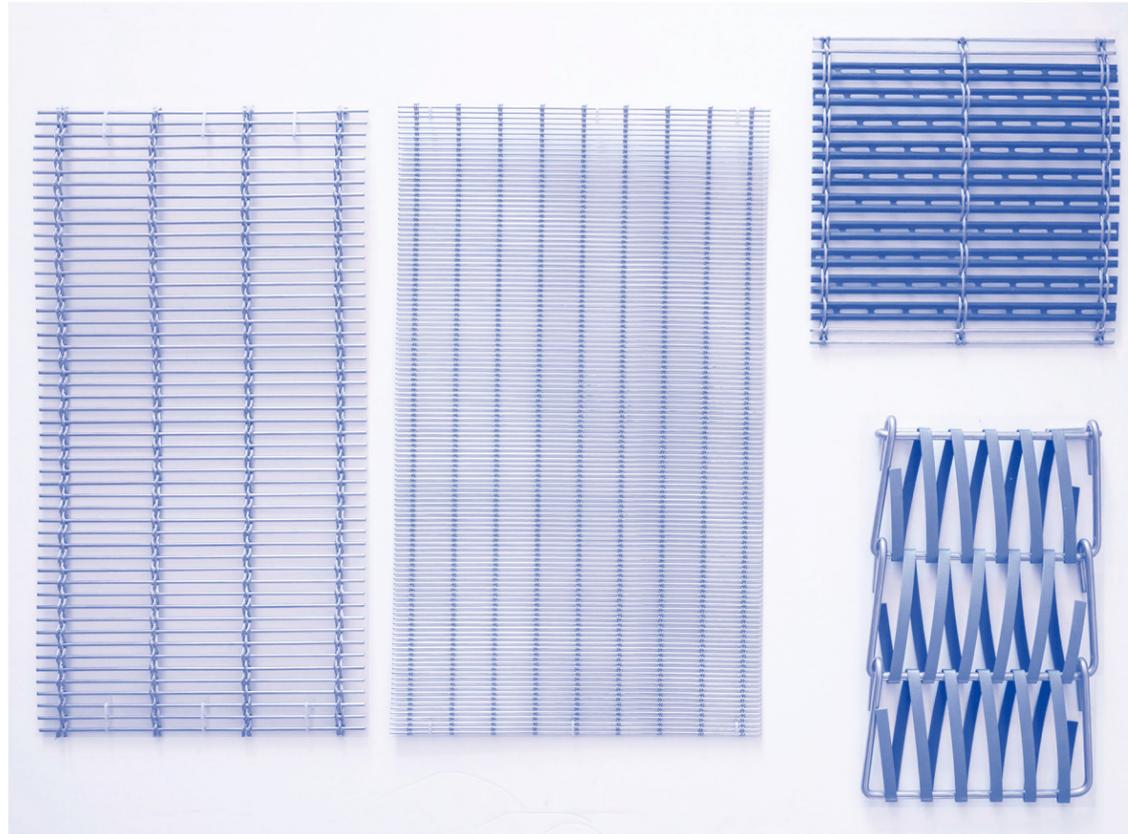
▶ fig. 4.266

Elemento para añadir refuerzos a la estructura

Escala 1\_5

Elaboración propia





< fig. 4.31

tipo de malla fabricada en la planta de Santiago y que fueron probados en el proceso de diseño de una solución constructiva.

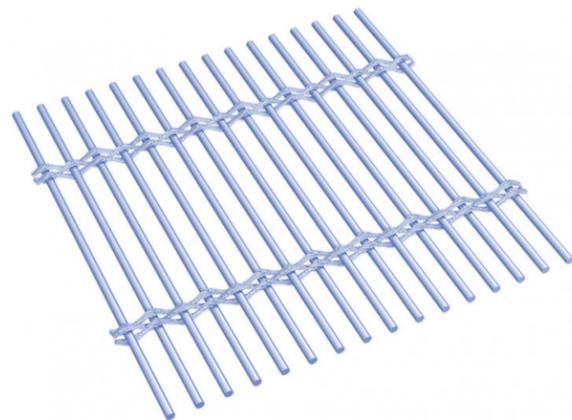
Fotografía propia

### 4.3 Análisis de la técnica industrial de fabricación de mallas metálicas

Para entender todo el proceso de fabricación de la malla, fue necesario visitar una fábrica. Así pues, al observar los diversos logros de Dominique Perrault en Francia y Suiza, parecía importante ponerse en contacto con la empresa que colaboraba con él. A partir de entonces, el representante de GKD accedió a explicar todo el proceso en las instalaciones de Santiago de Chile (p.129).

A partir de entonces, fue posible obtener más muestras pero también obtener asesoramiento sobre el tipo de malla que debería utilizarse en un entorno como el de la Península Antártica. Así pues, según su experiencia, una malla de tipo Tigris (fig. 4.32) debería ser lo suficientemente fuerte como para cumplir su función como captador de niebla (Atrapanieblas), pero también debería ser capaz de soportar fuertes vientos y permitir el paso de suficiente luz durante el período de verano.

Sumado a esto, fue interesante saber que el material proviene, en parte, de materias primas recicladas, y que también podría ser reciclado después de su uso en la Antártica. Todo el proceso de fabricación se lleva a cabo de la siguiente manera: se recibe los cables de Alemania, se endereza los cables, se limpia los mismos en un baño de ácido, se teje la malla a partir de bobinas de cable de acero y cables longitudinales, se somete la malla a la máxima tensión mediante un sistema hidráulico, para que se plegue y se embale. Estando así lista para ser instalada en un edificio por la empresa instaladora.



< fig. 4.32

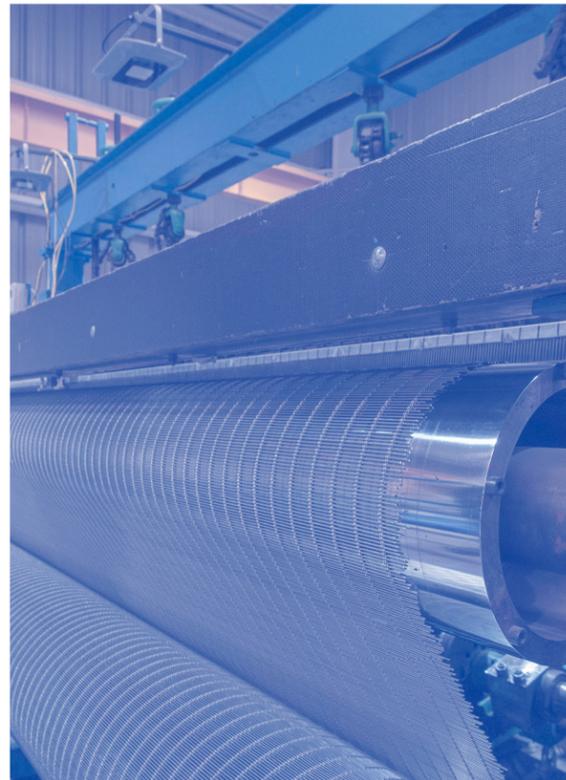
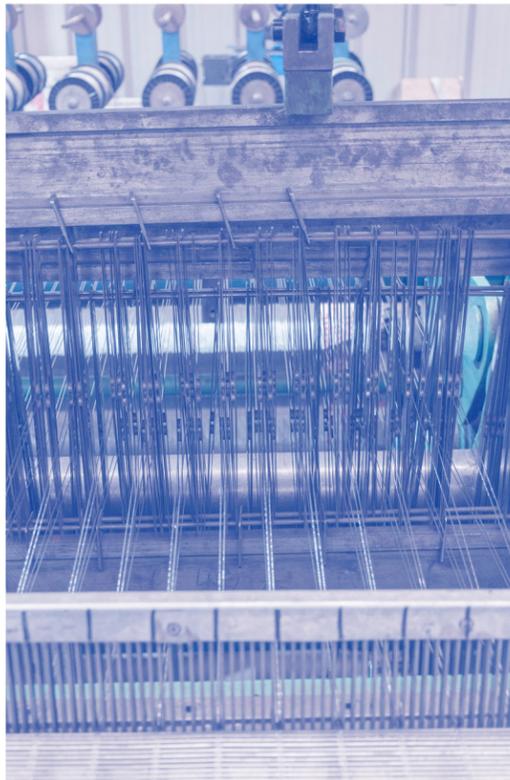
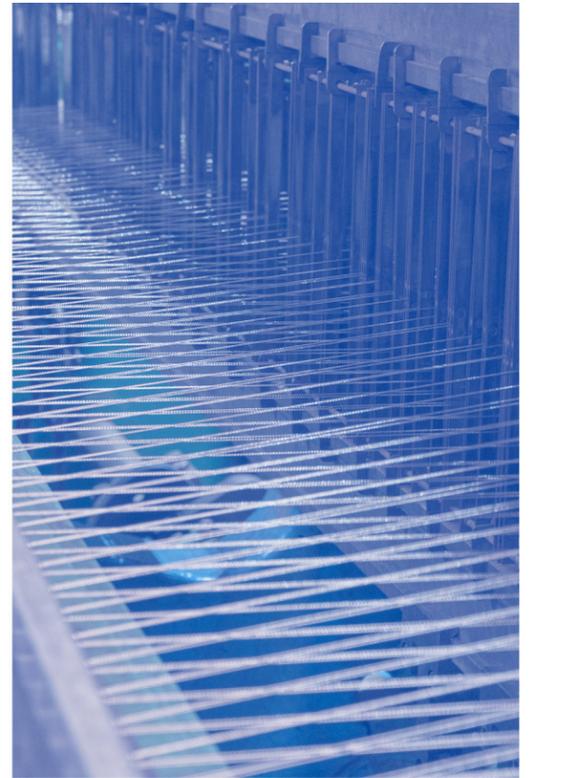
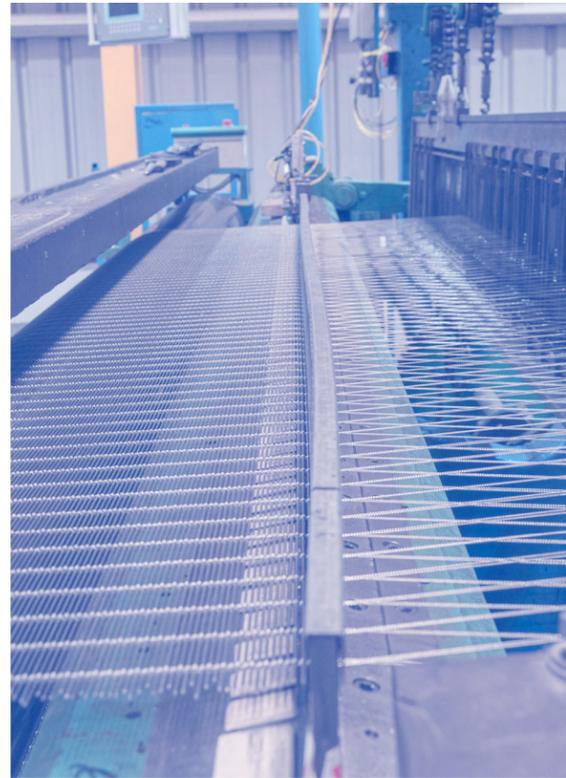
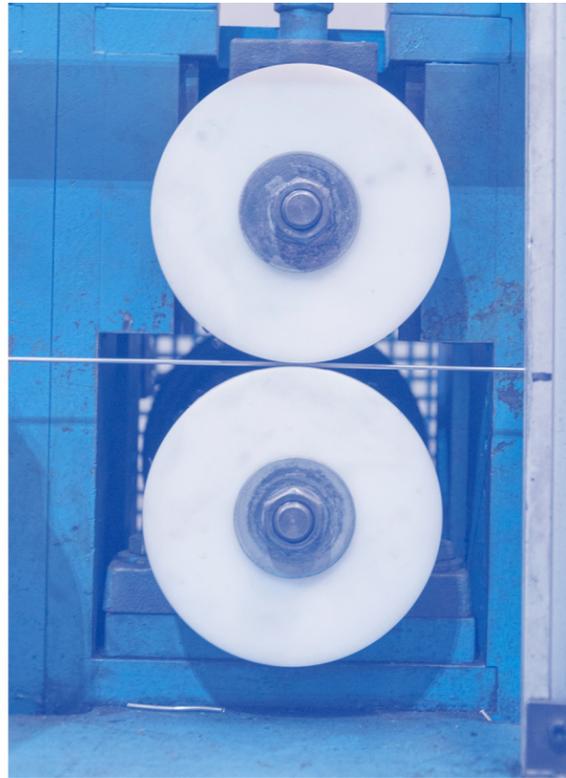
El trenzado de la malla de acero, GKD Tigris

Fotografía empresa GKD, [www.gkd.de](http://www.gkd.de)

✓ fig. 4.33

Proceso de fabricación de la malla GKD Tigris en 10 pasos

fotografía propia

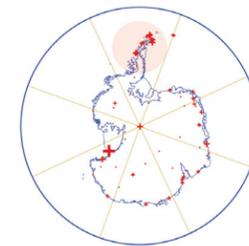
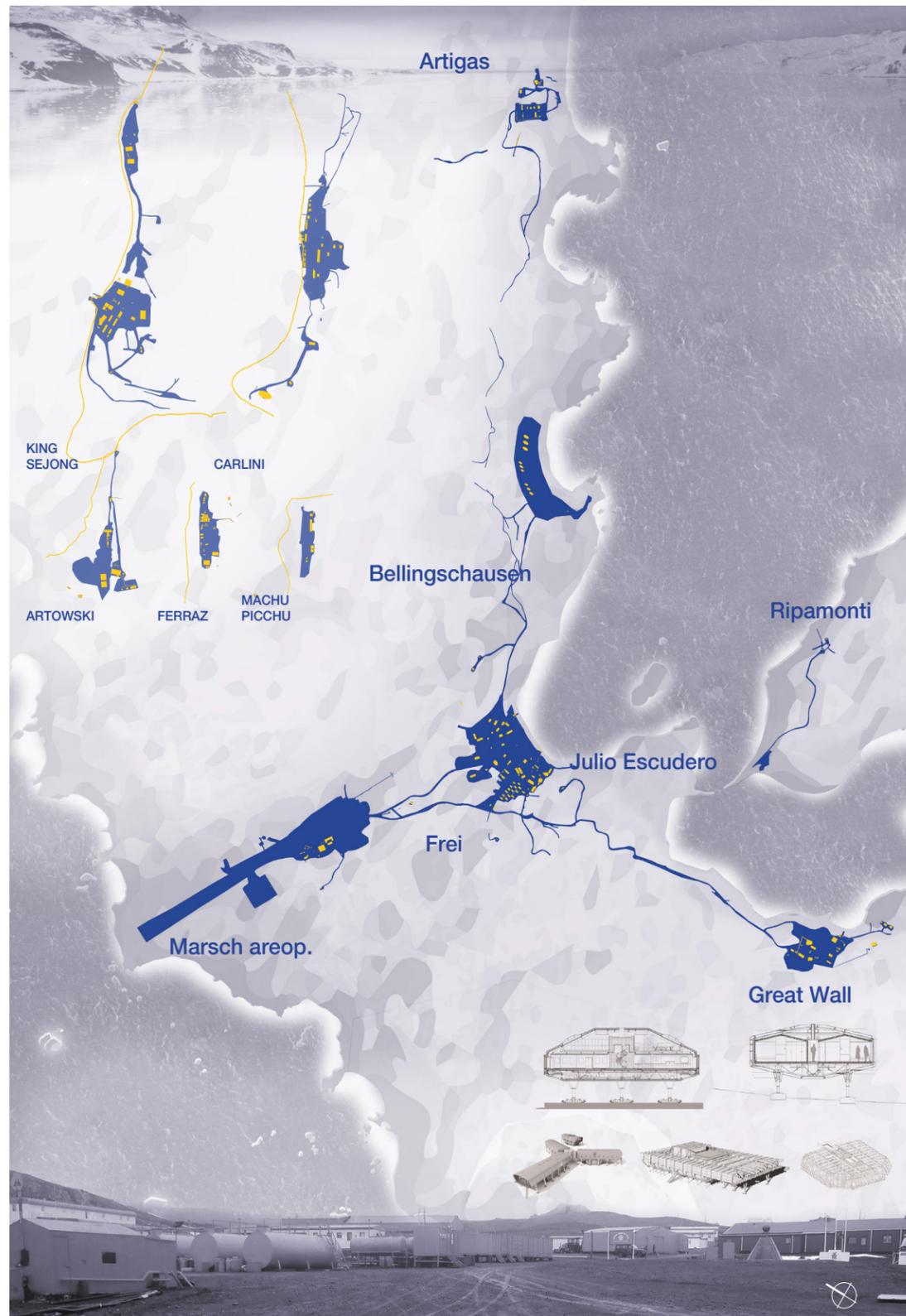




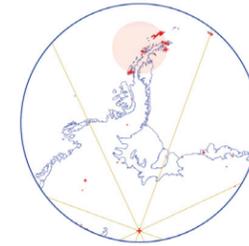
## CAPÍTULO 5 CASO BAHÍA FILDES Y PROYECTO DE UNA NUEVA BASE TRANSNACIONAL

Introducción

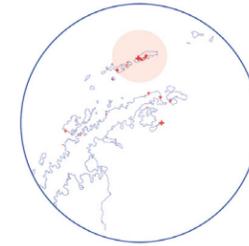
- 5.1 Historia del sitio
- 5.2 Estado actual de las bases (Países, instituciones  
utilizadoras, funciones que deben cumplirse)
- 5.3 Funciones programáticas actuales de las bases
- 5.4 Condiciones climáticas in situ
  - 5.4.1 Humedad
  - 5.4.2 Vientos
  - 5.4.3 Temperaturas
  - 5.4.4 Precipitaciones
- 5.5 Funcionamiento internacional y arquitectura modular
- 5.6 Proyecto



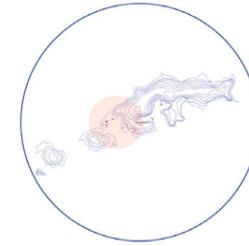
Península Antártica



Islas Shetland Sur



Isla del Rey Jorge



Bahia Fildes

< fig.5.01

Problema de la expansión urbana de las bases situadas en la Isla de Jorge., Antártica

(datos de la investigación S. Brooks y al, 2019)

Elaboración propia

La Península Antártica es una región de importancia relevante para el continente, ya que contiene una gran densidad de bases científicas y militares (de seguridad y vigilancia). Así pues, este capítulo se centra en el análisis de la Isla Rey Jorge del sur, ya que está densamente ocupada por varias naciones (fig.5.01), y el fenómeno de contaminación muy alta.

Primero se presentará las propiedades geopolíticas de la región y luego se analizará las características arquitectónicas de las bases actuales. Esto con el fin de entender cómo podría crearse un funcionamiento transnacional de las bases, y qué cambios arquitectónicos provocaría esto. Para ello, se hace un análisis de referencia programático.

En un segundo paso, se aborda el tema de la arquitectura y sus características climáticas. Esto se hace para comprender plenamente en qué condiciones la malla de metálica debe resistir estructuralmente.

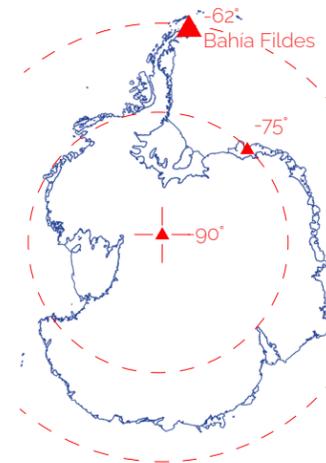
Concluyendo, en una tercera parte, se investiga la arquitectura modular para poder proponer una solución constructiva modular en su conjunto, es decir, desde la envolvente hasta los espacios de trabajo. Los resultados de esta investigación serán expuestos en la parte final de este capítulo: el proyecto.



Clasificación de las bases y refugio en Bahía Fildes con el año de inauguración

Imágenes y fechas provienen de los documentos de la INACH (2019) y COMNAP (

Elaboración propia



## 5.1 Historia del sitio (caso de estudio)

La ubicación geográfica de Bahía Fildes, a sólo 978 km. de Ushuaia (Argentina), hace de esta región la puerta de entrada a la Antártica para las expediciones científicas y turísticas. El aeropuerto de la región registra 300 vuelos anuales (COMNAP, 2019) y 100 barcos visitan la región (IAATO, 2017). También es una de las mayores regiones libres de hielo de toda la Antártica (Braun y al., 2017).

Sin embargo, la cronología en la que las naciones se asentaron en la región de Bahía Fildes muestra claramente que las agrupaciones transnacionales podrían haberse realizado ya. Esto fue ya en el asentamiento de Chile en 1969 junto a la base rusa Bellingshausen, construida en 1968.

Esto muestra muy claramente la necesidad de diseñar un sistema modular, que deje cierta libertad de movimiento a las naciones que han integrado una base internacional.



< fig. .5.21

Plan que muestra la extensión del problema de la expansión urbana de las bases situadas en el sur de la Isla de George, en Bahía Fildes

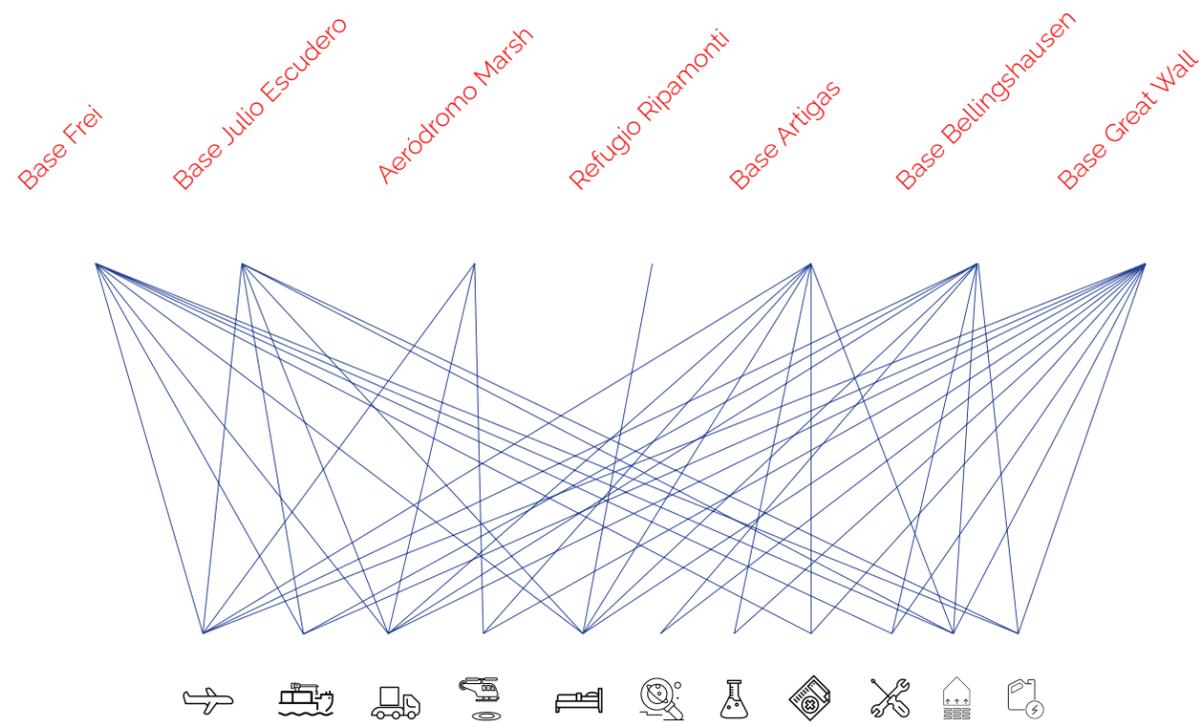
Elaboración propia

## 5.2 Estado actual de las bases de Bahía Fildes

El sitio en el que se centra el trabajo de esta tesis tiene múltiples desafíos, por lo cual es tan interesante. Siendo posible ver en el mapa (*fig. 5.21*) la contaminación del suelo, así como la superficie ocupada por los edificios. Por lo tanto, esta contaminación física como visual se extiende por la zona de Bahía Fildes al sur de la Isla del Rey Jorge. La expansión urbana es muy significativa allí. Con un total de 509 edificios, de varios tamaños, el terreno está ocupado por siete bases, operadas por cuatro naciones, las cuales son China, Chile, Rusia y Uruguay).

De hecho, la relación total entre la superficie de suelo contaminado y la ocupada por los edificios es de 33 (!) (*Brooks y al, 2019*). Por lo tanto, es lógico favorecer un proyecto de agrupación de las bases. Esto teniendo en consideración que para permitir que las naciones que actualmente operan las bases mantengan su soberanía, un proyecto arquitectónico debe ser moldeable para permitir una flexibilidad itinerante a los gobiernos que asuman un proyecto arquitectónico internacional.

Esto a fin de demostrar la mejora que podría aportar la consolidación y el ejercicio de densificar los edificios. Minimizando el impacto en el terreno, para el funcionamiento de un puerto y aeropuerto. Por lo tanto, la superficie necesaria aumentaría de los 644.485 m<sup>2</sup> actuales a 330.500 m<sup>2</sup>. Este ejercicio demuestra así una premisa de la capacidad que tendría una densificación de las bases.



< fig. 5.31

Diagrama de la Redundancia de funciones programáticas en las bases presentes cerca la Bahía de Fildes

Elaboración propia

### 5.3 Funciones programáticas actuales de las bases

La contaminación del suelo y el paisaje, junto a la expansión urbana generan una contaminación indirecta. Así, la redundancia programática de los edificios y sistemas técnicos conduce lógicamente a una sobrecarga de necesidades materiales y financieras. Como puede verse en el diagrama (fig. 5.31), sin contar el refugio Ripamonti, las funciones de las bases de la región de Bahá Fildes se superponen. Llamando la atención como, las funciones científicas y de alojamiento son altamente redundantes.

En consecuencia, las expansiones urbanas crean un aumento de las necesidades de infraestructura, como las vías de acceso que deben crearse para llegar a las bases adicionales, por ejemplo, o indirectamente el mantenimiento que requieren estas vías de acceso y los materiales necesitan. El problema es también el mismo en lo que respecta a las instalaciones técnicas de los edificios, como los sistemas de calefacción que todavía funcionan principalmente con combustibles fósiles (COMNAP, 2017). Como resultado, esta dispersión de los edificios también conduce a un aumento de los requisitos logísticos y por lo tanto a una mayor contaminación ambiental.

### 5.4 Condiciones climáticas en Bahía Fildes

Desde el punto de vista climático, la región de la Bahía de Fildes tiene la especificidad de estar compuesta principalmente de suelo rocoso y de tener condiciones climáticas "suaves"- a escala de la Antártica. El promedio anual en la base de Frei es de -2,3°. Sin embargo, una importante limitación del sitio es la alta velocidad media del viento de 32 km/h, con velocidades máximas de 129,64 km/h (Dirección meteorológica de Chile).



< fig. 5.401  
fig. 5.402

Efectos del Snow Drift en Bahía Fildes,

fotografía INACH (2013)

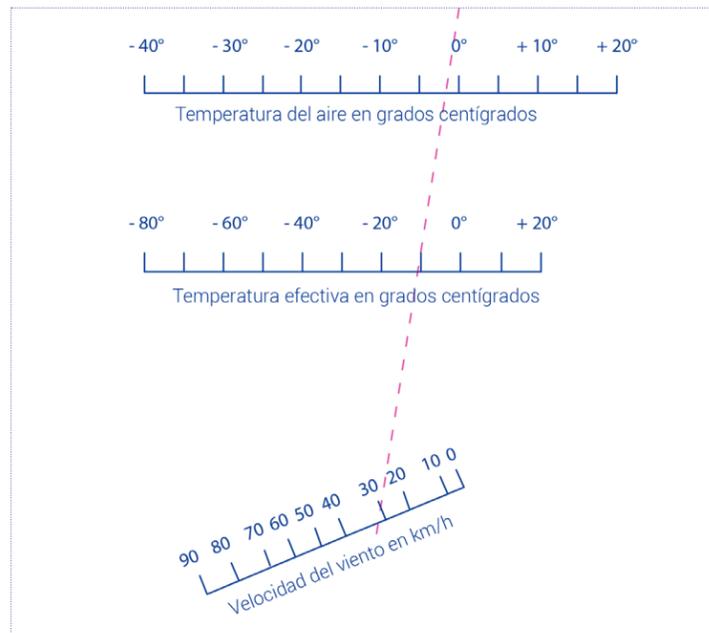


Diagrama de la sensación de temperatura (efectos de la sensación de frío)

BAHÍA Fildes

Temperatura promedio  
-2,1 °C

Viento promedio (2019) : 32 km/h

Sensación  
-10,1 °C

*Elaboración propia*

La sensación de temperatura :

Para cuantificar este efecto, los meteorólogos calculan la temperatura percibida o el índice de sensación térmica utilizando una relación matemática empírica que tiene en cuenta la temperatura del aire y la velocidad del viento.

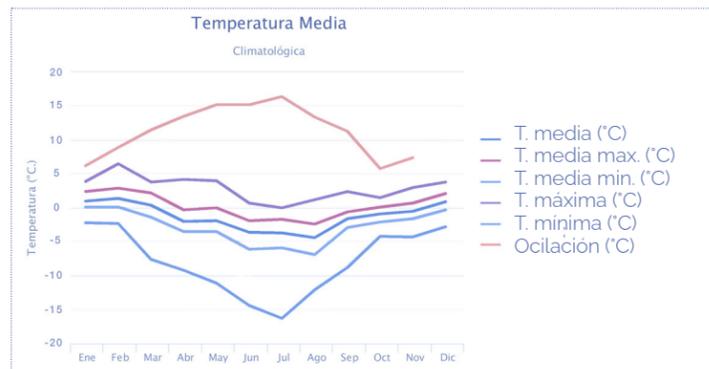
Esta información es particularmente útil en las regiones de clima riguroso (Canadá, Estados Unidos septentrional...). Permite tomar medidas preventivas contra los daños causados por el frío (congelación, hipotermia, etc.). Por ejemplo, con una temperatura del aire de -10°C y una velocidad del viento de 30 km/h, será de -20. Esto significa que la sensación en la envolvente será cercana a la que se experimenta bajo una temperatura de -20°C en un día sin viento.

La necesidad de crear una arquitectura resistente, el aislamiento acústico debe ser cuidadosamente pensado para no afectar la vida interior de los edificios. Además, los efectos del viento tienen otra consecuencia, ya que crean un efecto de deriva de la nieve (fig. 5.4), por lo tanto, la aerodinámica debe ser pensada para evitar sus problemas teniendo en cuenta la velocidad del viento, y su dirección (noroeste en el caso de la base de Frei).

El análisis de los datos meteorológicos de la región nos permite comprender cuáles son las limitaciones naturales a las que se enfrenta un sistema constructivo como la malla. Pero también, a cierta escala, para comprobar que la hipótesis planteada de utilizar la malla metálica como envolvente tiene una posibilidad real de funcionar.

#### 5.4.1 TEMPERATURAS

La temperatura media tiene una preponderancia importante para el funcionamiento de la malla metálica como envolvente protectora. En el caso estudiado, es de -2,1°C, con algunas olas de calor por encima de 0°. (fig. 5.41) No obstante, es interesante comprender que las diferencias de temperatura en verano e invierno no son tan grandes como en otras regiones nevadas, y permitirían que el sistema de construcción anteriormente propuesto formara rápidamente una capa de hielo protectora.



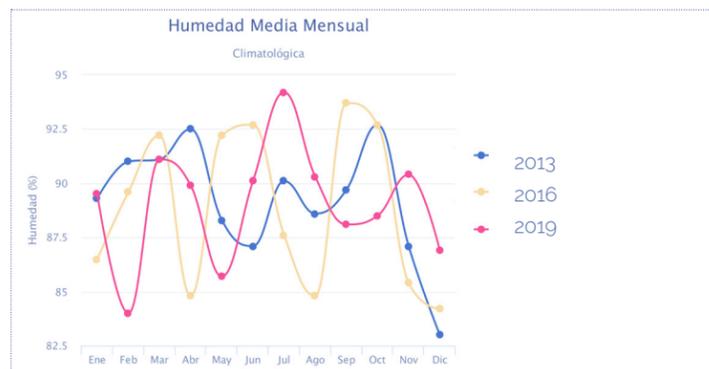
Promedio (2019) : -2,1 °C



Promedio diario max (2019) : +3,2 °C (nov)



Promedio diario min (2019) : -11,9 °C (julio)



Promedio (2019) : 89,1%



Maxima (2019) : 100% (ene)



Minimo (2019) : 58,0 (feb)

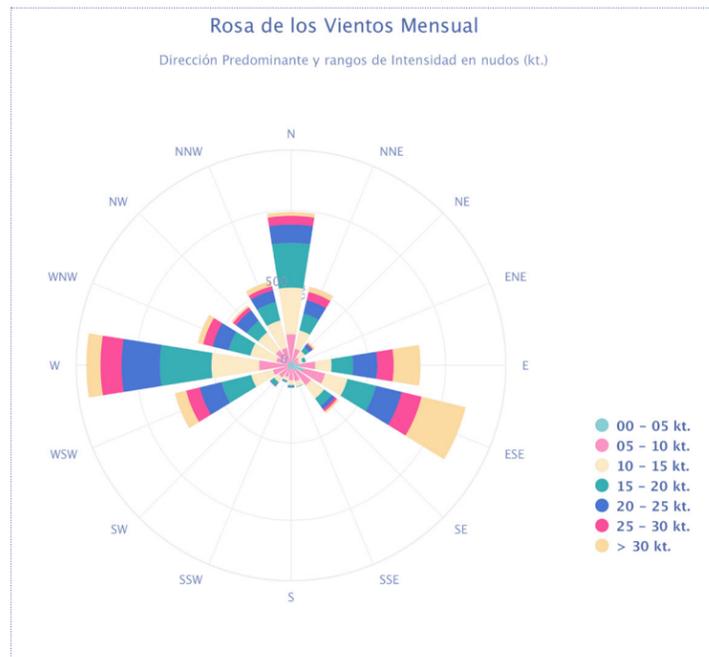
◀ Diagramas climáticos de Bahía Fildes,

◀ fig. 5.41  
fig. 5.42  
fig. 5.43

Dirección meteorológica de Chile (2019), Inach

#### 5.4.2 HUMEDAD

La humedad media en esta región es alta, alcanzando el 89,1% en 2019, y en comparación con 2013 y 2016, el valor medio no ha disminuido en más de un 7,4%. Además, el clima local no experimenta un período seco, ya que el promedio diario mínimo en 2019 fue del 58% y la humedad es bastante constante a lo largo del año (fig. 5.42).



Max. 129,6 km/h (2019)



Velocidad promedio (2019) : 32 km/h



Dirección del viento predominante : Oeste



Cantidad total (2019) : 641,7 mm.  
Santiago (2019) : 44,7 mm.



Mayor cantidad (agosto) : 80 cm.



Promedio (2019) : 460,6 cm.

< fig. 5.431

Diagrama de la fuerza y dirección del viento en Bahía Fildes

Dirección meteorologica de Chile (2019)

### 5.4.3 VIENTOS

La región no experimenta vientos muy fuertes en comparación de otros lugares de la Antártica, pero la velocidad media es alta, alcanzando los 32 km/h, con dos direcciones principales que son de este a oeste y de noroeste a sudeste (fig. 5.431). Esto significa que la temperatura que se siente en el exterior se reduce en gran medida. Pero también hay que tener en cuenta el factor de molestias por ruido, ya que además de los 300 despegues aéreos desde el aeropuerto de la isla, el viento creará una molestia adicional para los habitantes de las bases. Además, es importante señalar el hecho de que la velocidad máxima registrada en agosto de 2019 fue de 129,64 km/h.

### 5.4.4 PRECIPITACIÓN

< fig. 5.441

Patrón de precipitación media en Bahía Fildes en los últimos 30 años y del año 2019

Dirección meteorologica de Chile (2019)

La nieve y la lluvia son comunes en esta región, principalmente en los meses de invierno (fig. 5.441 y 5.442). Por ello es importante considerar el peso de la nieve sobre la estructura, donde sus las cualidades aislantes proporcionarían un aislamiento térmico del espacio intersticial hasta que esta se derrita y se convirtiera en hielo y reforzando la capa protectora.

< fig. 5.442

Diagrama de las nevadas mensuales en Bahía Fildes en 2019

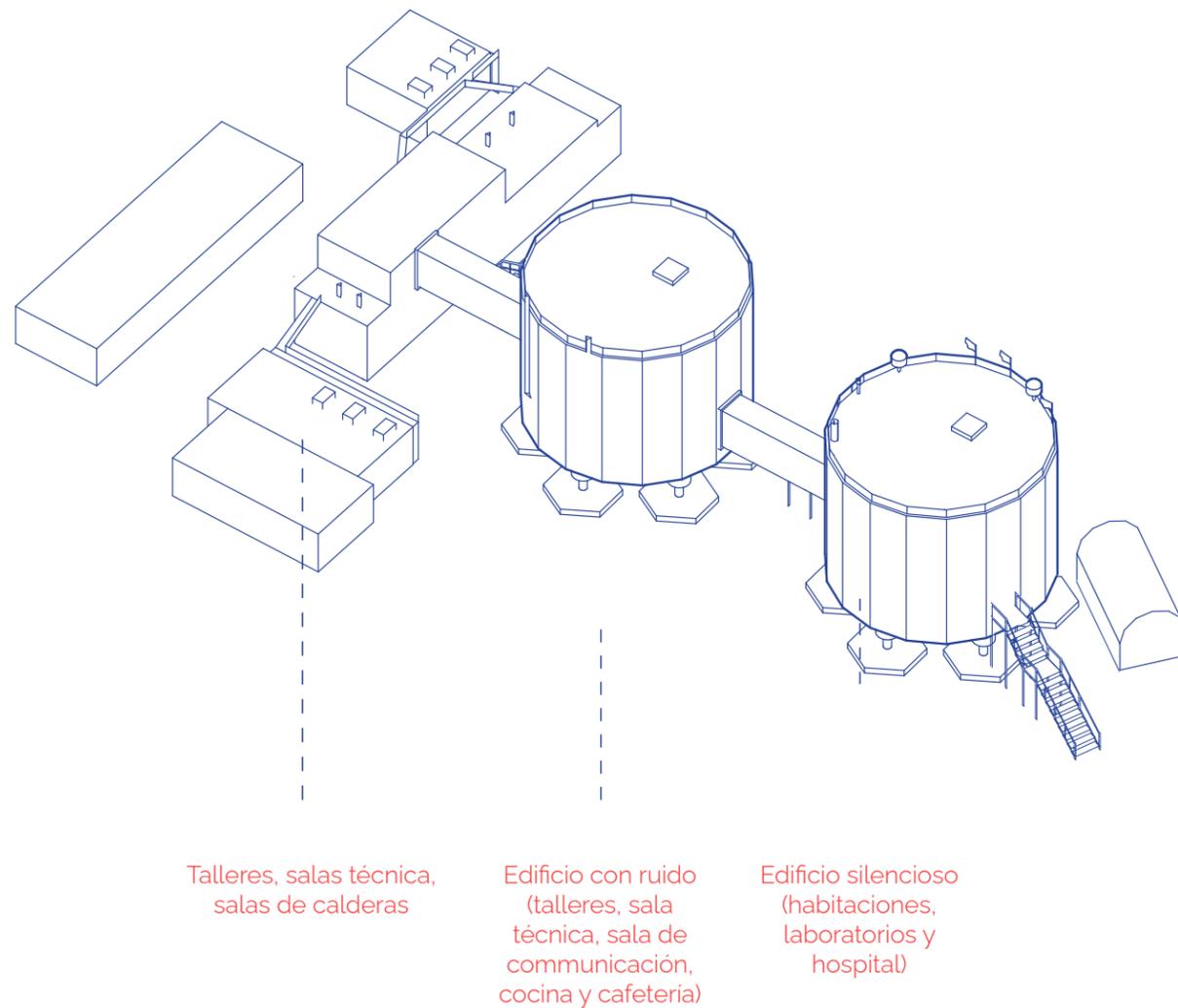
Dirección meteorologica de Chile (2019)



► fig. 5.43

Sitio de Bahía Fildes en dos situaciones climáticas distintas.

Ortofotografía de la INACH (2019)



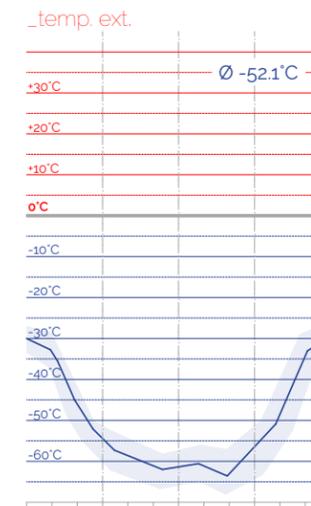
< fig. 5.51

Base Concordia, (1995)  
Antártica

Axonometría de la base de Concordia, que es operada transnacionalmente por Francia e Italia. Construido en 1995. Regido por un decreto.

Elaboración propia

### BASE CONCORDIA



## 5.5 Funcionamiento internacional y arquitectura modular

Para comprender los espacios importantes de una base que opera a nivel transnacional, el estudio de la base franco-italiana Concordia permite comprender algunos puntos importantes para el diseño de tal proyecto. En efecto, el estudio (*Tafforin, 2009*) muestra que la creación de un lugar único para la actividad comunitaria contribuye a reforzar el sentimiento de pertenencia al "grupo de los invernantes" durante una misión polar, independientemente de la nacionalidad de los habitantes. La tipología de la base Concordia, así como la organización programática (*fig. 5.51*) no refleja ninguna característica de un funcionamiento distinto entre la cultura francesa e italiana.

El interés de este subcapítulo es también estudiar los sistemas de construcción modular que podrían utilizarse para construir una nueva base en Bahía Fildes. Por un lado, parece interesante entender qué sistema existe en Chile en la actualidad. De hecho, los módulos Techno Fast ya se utilizan ampliamente allí, como por ejemplo para el hotel minero "Los Pelambres" situado en Salamanca.

Esto recalando que la noción de que el principal objetivo de la utilización de los módulos es la capacidad de un sistema constructivo para ser utilizado por todas las naciones presentes en la Antártica. Esto con el fin de maximizar las capacidades evolutivas de las bases, así como para predisponer los sistemas a una flexibilidad de uso que permita una mejor reorganización geográfica según las necesidades de los programas científicos, turísticos y militares. Así pues, es preferible favorecer los tamaños de los módulos que tengan la capacidad de ser utilizados por el mayor número, y el contenedor marítimo es el más adecuado para este fin.



< fig. 5.54

Sistemas constructivos de la base Bharati (India) la empresa KAEFER,

BOF arkitekten (2012) Base Bharati (gov. India, Antártica)

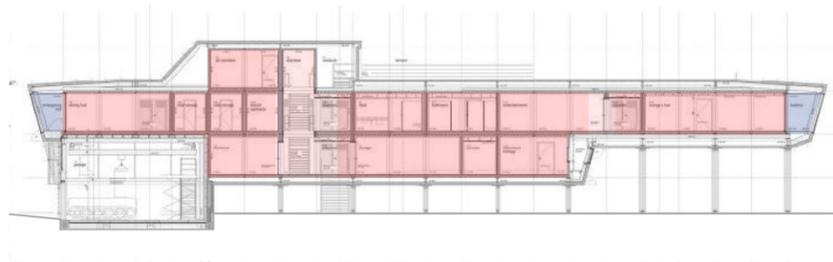
fotografía tomada durante la construcción, empresa Kaefer, Anónima (2012),, [www.dlupal.com](http://www.dlupal.com)



< fig. 5.55

Espacios intermedios de la base

BOF arkitekten (2012) Base Bharati (gov. India, Antártica)



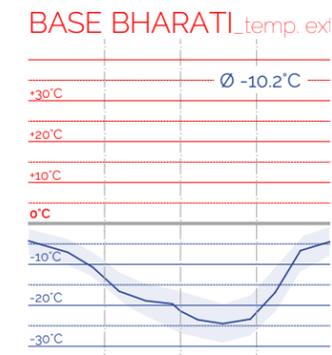
- Núcleos del edificio
- Espacios de circulación
- Espacios intermedios

Por ello, para entender cómo se puede construir una arquitectura parcialmente modular en la Antártica, es importante el estudio de la base Bharati.

### BASE BHARATI - BOF ARCHITEKTEN - ANTARTICA - 2012

La adición de una referencia ubicada en condiciones climáticas y logísticas cercanas al estudio de caso es para comprender las limitaciones técnicas y logísticas que no existen en las regiones de las otras referencias analizadas anteriormente. Además, el libro tiene una característica interesante para el tema de este capítulo, ya que está diseñado alrededor de un núcleo habitable compuesto de 134 containers de 20'. El conjunto se envuelve entonces en una capa protectora, aerodinámica y aislante (fig. 5.54). Así, se crean espacios entre la envolvente protectora y el núcleo del edificio (fig. 5.55). A pesar de que sólo tiene una función secundaria (vía de escape), es interesante comprender la disposición de estos espacios residuales (fig. 5.56).

Por lo tanto, se podrían extraer dos temas útiles del análisis de esta construcción. La primera es la razón por la que se utiliza este tipo de contenedor, que es corto en longitud y alto, esto permite que los módulos sean transportados por helicóptero. Significando esto que durante la construcción, aunque el portacontainers permaneciera atascado en el hielo, la construcción podía continuar después del transporte de algunos de los módulos. El segundo tema está directamente relacionado con la comodidad de los usuarios, donde, la instalación de máquinas para regular la humedad ambiental permitió evitar que se afectara la salud de los usuarios.



< fig. 5.56

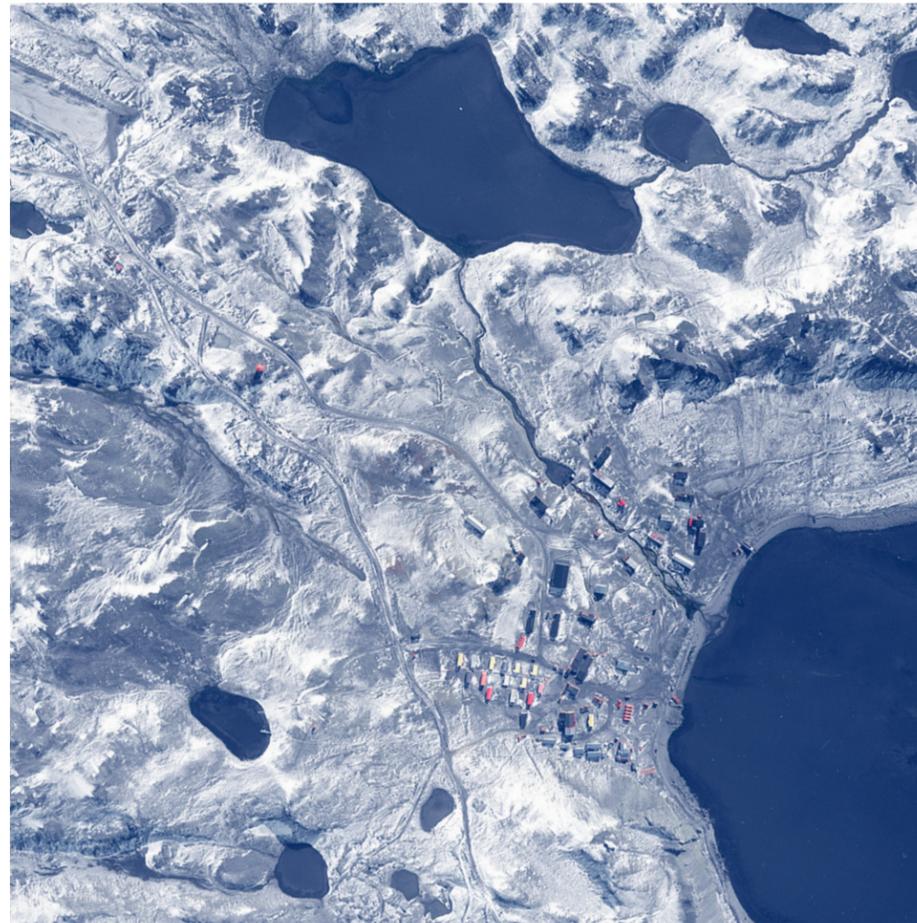
Diagrama - sección de la base Bharati con análisis de los espacios intermedios

Elaboración propia

< fig. 5.80

Vista satelital del contexto arquitectónico y paisajístico en el que se desarrolla el nuevo proyecto básico (Bahía Fildes),

INACH (2019)



1,2 km.

## 5.6 Proyecto

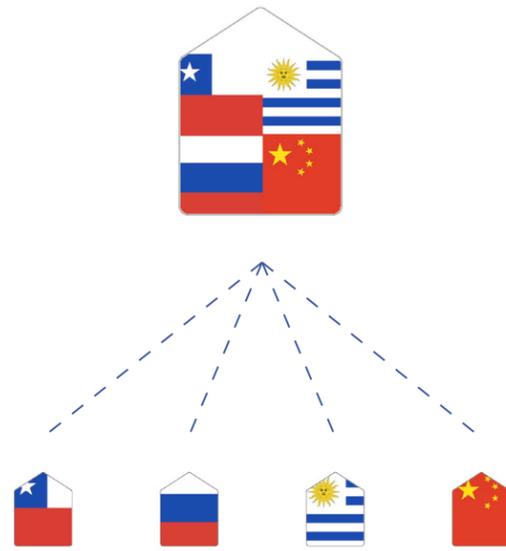
Como puerta de entrada sudamericana al continente austral, la Península Antártica tiene una importante función logística y de seguridad para el desarrollo exitoso de la exploración científica alrededor y dentro del continente. Desde el punto de vista arquitectónico, en los últimos años las bases científicas se han convertido en máquinas de alta tecnología, similares a las hipotéticas máquinas diseñadas por Peter Cook. Sin embargo, los logros recientes tienen ahora un nuevo papel, el de ser un escaparate para las naciones que los explotan (*Dessibourg, 2020*).

Esta tendencia de promover el poder de la nación a través de la arquitectura no es nueva, pero parece haber evitado afectar la arquitectura en la Antártica. En contraste con el importante papel de los relatos de las expediciones, que ya había sido bien entendido por Scott en 1908 cuando se llevó a un fotógrafo con él para recaudar fondos para sus futuras expediciones (*Fox, 2007, cap. 1 - p.8*).

Esto nos permite preguntarnos sobre el sesgo que el gobierno chileno pretende tomar entre las dos posibilidades siguientes.

El primero es crear un emblema de la arquitectura futurista. Y la segunda es favorecer una arquitectura simple, pensada según un estudio que se ocupa de las consecuencias indirectas que la construcción de una nueva base tendría sobre el medio ambiente.

Así, la estrategia del proyecto aborda la posibilidad de crear una nueva base transnacional en Bahía Fildes, que durante los períodos fríos y ventosos está cubierta por una capa de hielo para proporcionar protección térmica, pero también para generar espacios que mejoren la habitabilidad de la base.



< fig. 5.81

Concepto de agrupación de las bases en la región de la Bahía Fildes

Estrategia 1

### ESTRATEGIA 1 - CREAR UNA AGRUPACIÓN TRASNACIONAL

Teniendo en cuenta el hecho de que el gobierno chileno quiere replantear sus instalaciones en la región que atendemos, la idea del proyecto es crear una arquitectura que sea innovadora en su flexibilidad y capacidad para facilitar las colaboraciones de infraestructura entre las naciones presentes en la Antártica. Para ello, el concepto es fomentar la agrupación de todas las naciones presentes en la región dentro de una única base.

### ESTRATEGIA 2 - PRESENTAR UN TIPO DE ARQUITECTURA MODULAR ADAPTADA AL CONTINENTE AUSTRAL

Para ello, el uso de módulos prefabricados hechos de containers marítimos es la solución más adecuada. Las razones de la elección de este tipo de elementos de construcción se justifican por las capacidades logísticas ya presentes in situ para el movimiento de este tipo de elementos a escala territorial y local.

Así, el uso de containers facilitaría una mejor adaptabilidad y transformabilidad de las bases durante las próximas integraciones de las naciones que deseen establecerse en esta región.

Además, el uso de este tipo de módulo para diversos fines en la Antártica ya se ha hecho en el proyecto de la base Bharati y Neumayer 3.

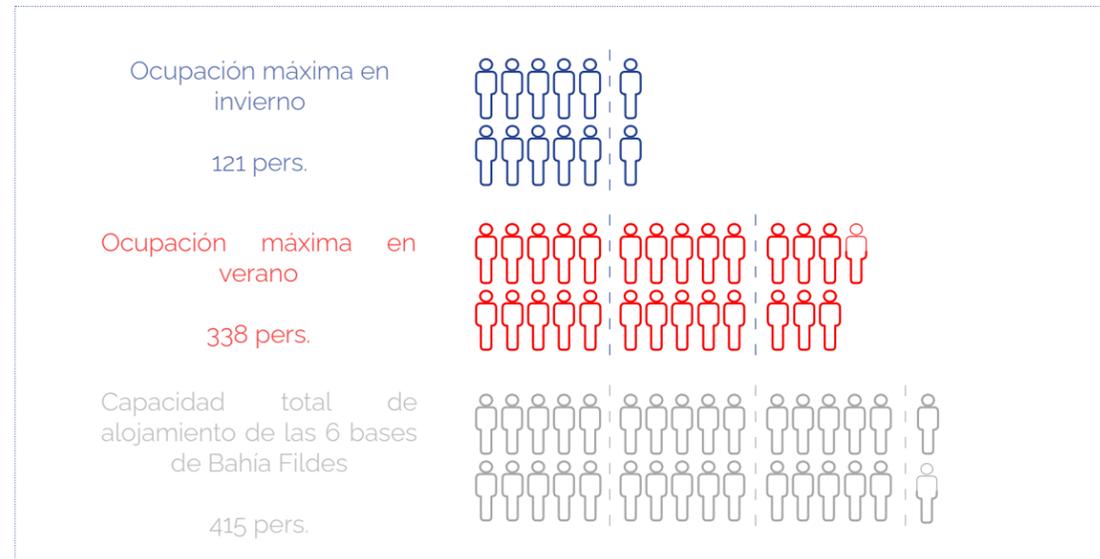


< fig. 5.82

Estudio de los medios logísticos para el transporte de contenedores marítimos en la Antártica

Fotografía de la oficina BOF arkitekten

Estrategia 2



Conservación de la totalidad de los espacios científicos

- 25% de empleados de apoyo debido a la eliminación de puestos de trabajo redundantes

NUEVA BASE TRASNACIONAL DE BAHÍA FILDES  
306 pers.

Conocer la cantidad de contenedor que se necesita (el ratio pers. / containers)

< fig. 5.83

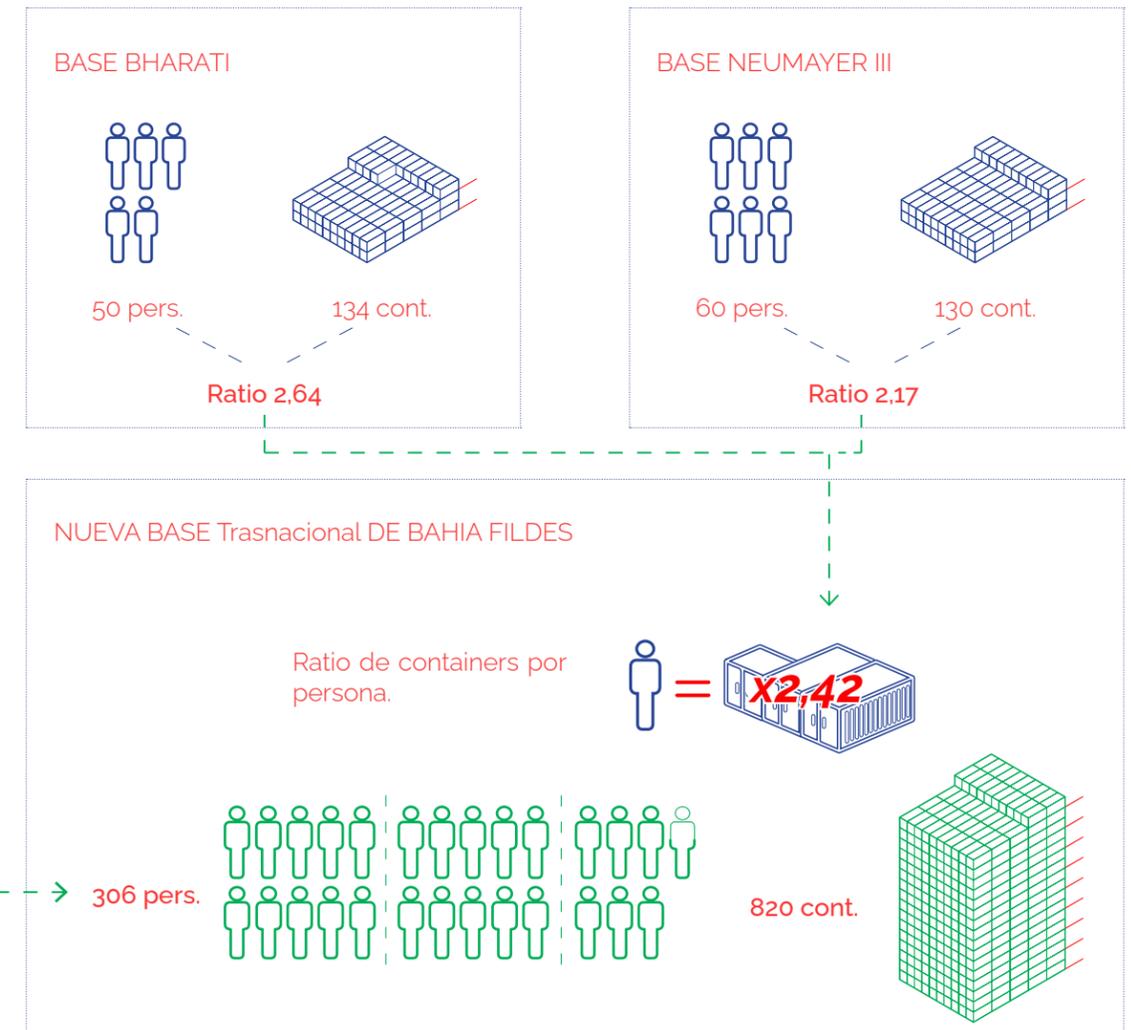
Estudio de la superficie necesaria para dar un espacio de vida a 264 personas en una nueva base en Bahía Fildes.

Estrategia 3

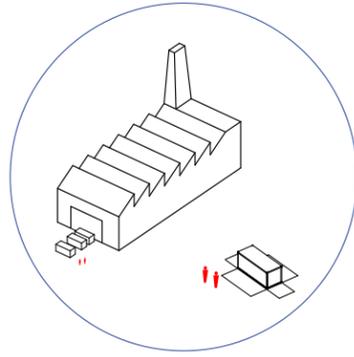
**ESTRATEGIA 3 - DIMENSIONAR CORRECTAMENTE LAS SUPERFICIES DE LA NUEVA BASE SEGÚN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO ELEGIDO**

Mediante un análisis detallado de las superficies de la base Bharati (2012), es posible hacer una propuesta en cuanto a la cantidad de containers de 20 pies necesarios para la creación de una nueva base en Bahía Fildes.

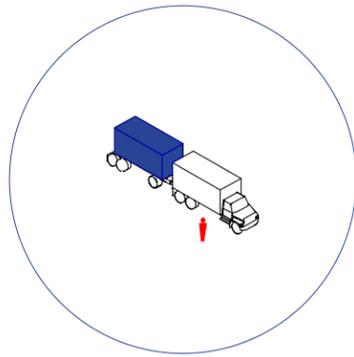
Para ello, se incluyen diversas variables en el proceso, como el número de trabajadores estacionales que ocupan las bases, pero también el despido de los espacios técnicos.



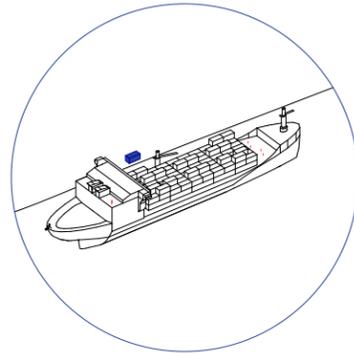
1  
Producción  
en fábrica  
del módulo  
habitante



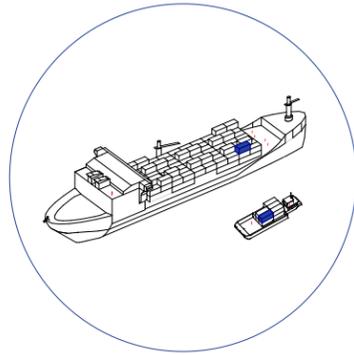
2  
Transporte  
al puerto en  
camión



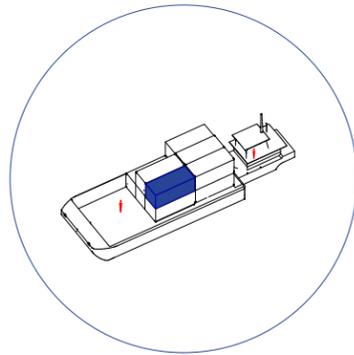
3  
Carga en  
el porta-  
contenedores



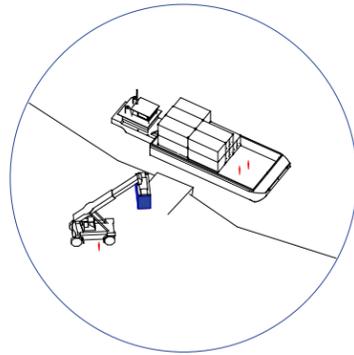
4  
Carga en barco  
con pequeño  
calado



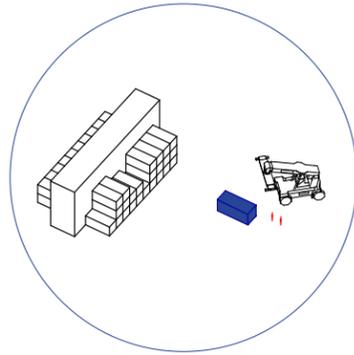
5  
Entrega de los  
módulos en  
el puerto de  
Bahía Fildes



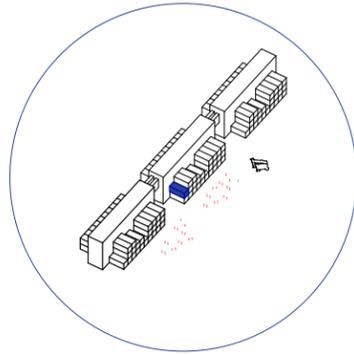
6  
Tomando el  
relevo por el  
carro porta-  
contenedores



7  
Apilamiento de  
los módulos in  
situ



8  
Posibilidad  
de construir  
el edificio en  
varias fases /  
temporadas



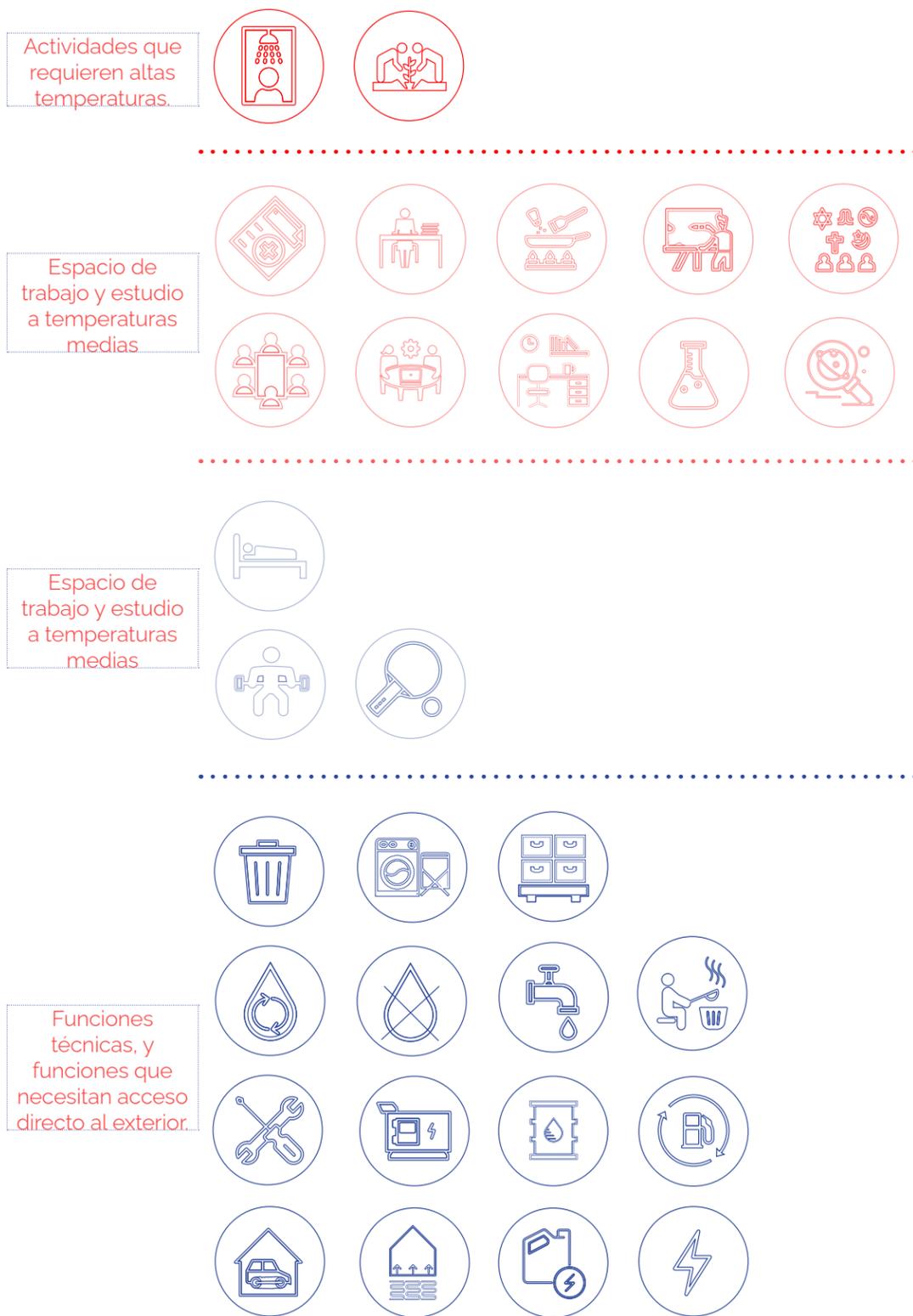
< fig. 5.84

Estudio de los medios técnicos disponibles en la Antártica para elegir un sistema modular para diseñar las zonas habitadas de las nuevas bases.

Estrategia 4

#### ESTRATEGIA 4 - GARANTIZAR UN PROYECTO LOGÍSTICAMENTE REALIZABLE CON ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS ADAPTADOS A LA ANTÁRTICA.

El análisis de las referencias construidas en la Antártica, así como la entrevista con el arquitecto de la base Bharati (*Anexo 01*), nos permitió comprender la forma en que se transporta y luego se construye un edificio en un entorno climático como la Península Antártica. Esto permitió presentar cómo se llevaría a cabo el proceso logístico durante la construcción en Bahía Fildes.



< fig. 5.85

Organización interna del programa según la temperatura, la necesidad de luz natural, el aspecto social de la función y la necesidad de estar en contacto con el exterior.

Estrategia 5

**ESTRATEGIA 5 - APLICAR LAS INVESTIGACIONES ANTERIORES SOBRE LOS ESPACIOS INTERMEDIOS GENERADOS POR LA ENVOLVENTE DE HIELO**

Utilizando las soluciones arquitectónicas planteadas en el capítulo 01 (Espacios intermedios de baja temperatura), es posible proponer funciones programáticas que pueden ser utilizadas para mejorar el desarrollo de la vida en la Antártica, pero también para mejorar las relaciones sociales entre los ocupantes de las bases.

Así, la integración en el proyecto de Bahía Fildes de cinco funciones en los espacios intermedios permite generar una serie de actividades físicas, sociales, culturales y logísticas. Inspirándose en la vida urbana en un entorno frío, se propone crear espacios para el hockey sobre hielo, la escalada en hielo, exposiciones de arte para la terapia de luz, y zonas de aparcamiento, para proteger los vehículos de las precipitaciones.

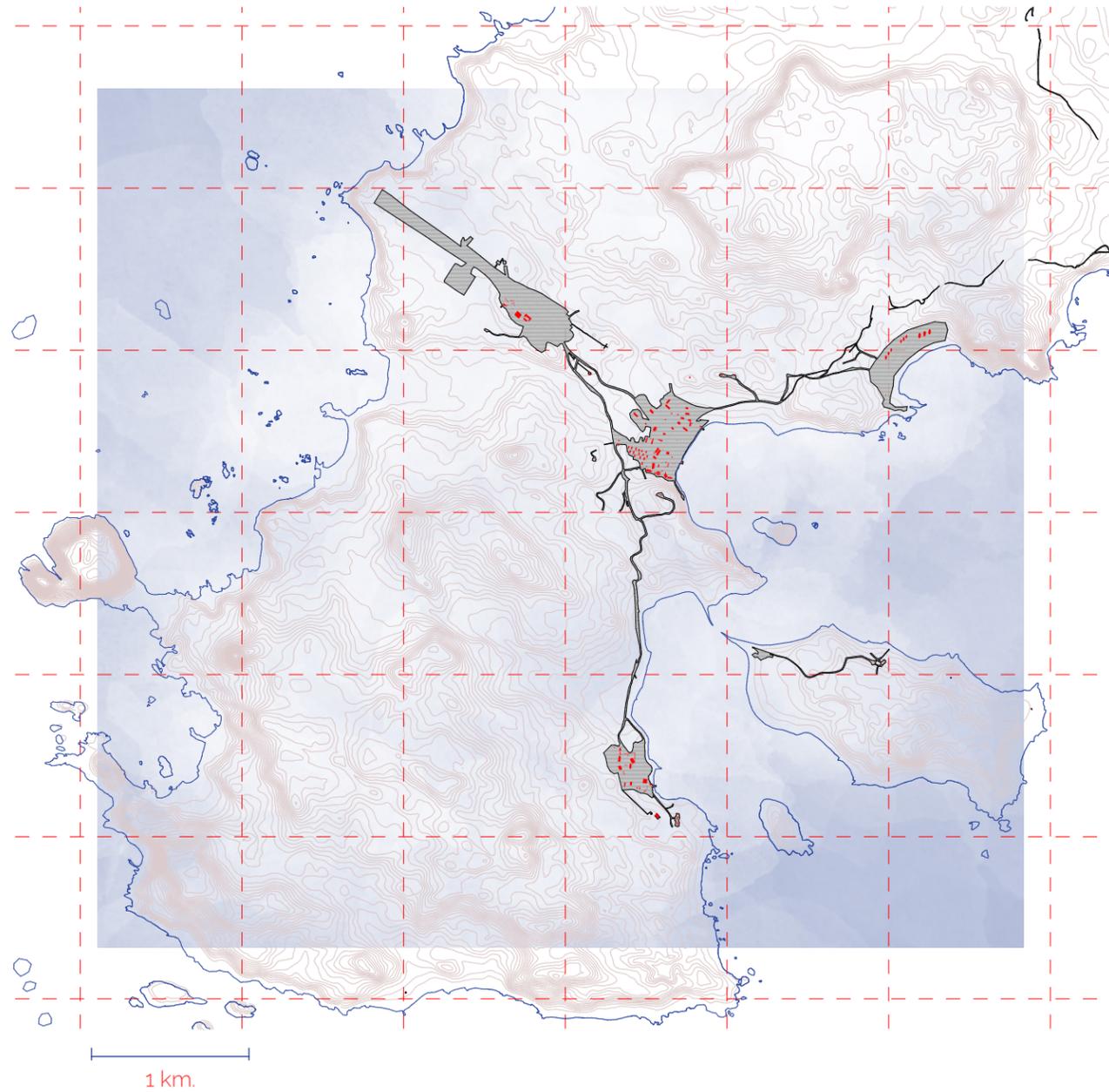
Estas funciones nos permiten presentar algunos ejemplos de uso programático de los espacios intermedios generados por la formación de hielo en la malla metálica durante los períodos fríos.

De esta manera, las expansiones espaciales generarán la formación de mayores volúmenes en la espacialidad intermedia entre el núcleo y el exterior. Esto sirve directamente para implementar las nuevas funciones mencionadas en los espacios intermedios.

Por lo tanto, el uso de la malla metálica como elemento constructivo está justificado, ya que es ésta la que genera una serie de consecuencias útiles para la protección térmica de las estructuras, pero también para la mejora del hábitat en la Antártica.

**EL CAPARAZÓN DE HIELO**





## El caparazón de hielo

### Escala urbana

Selección de una ubicación para la nueva base de acuerdo con la situación urbanística actual de la región.

### Escala del edificio

Elección de una morfología adaptada a las estrategias proyectuales planteadas y a las condiciones multicriterio del lugar.

### Espacios intermedios

Disposición de los espacios con funciones predefinidas e indefinidas para generar contactos sociales entre los habitantes

### Estructura del proyecto

Propuesta de una estructura que permita la instalación de la envolvente, así como futuros cambios volumétricos.

### Accesos

Propuesta de un sistema constructivo de acceso que permita la máxima continuidad entre el exterior y el interior

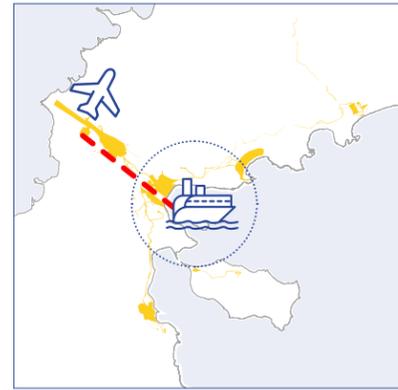




Implantaciones según la topografía de la región



Distancias actuales entre las bases y el único acceso aéreo a Bahía Fildes, el aeródromo Rodolfo Marsh.



Conexión más cercana que conecta el acceso marítimo y aéreo - Base Frei

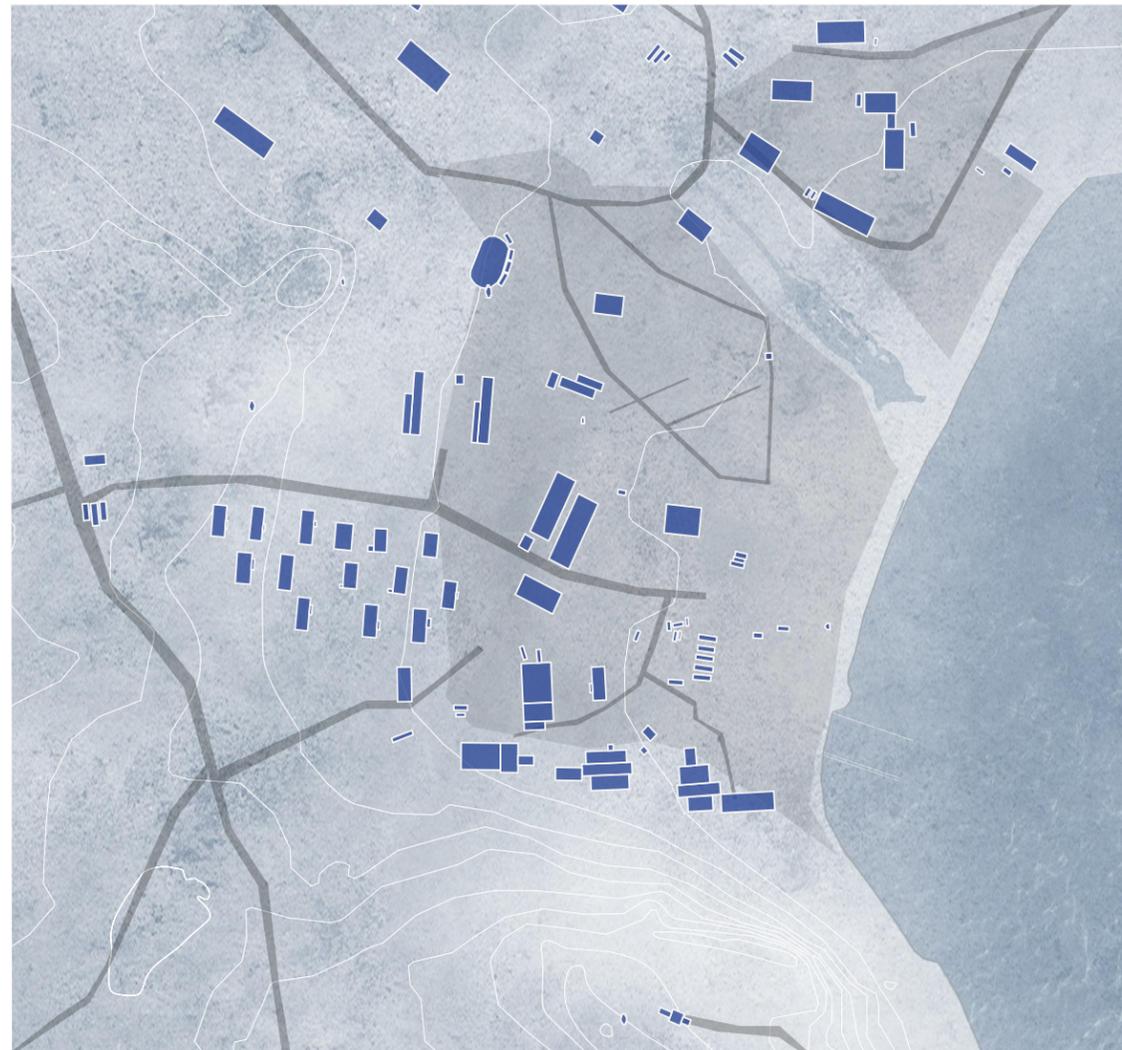


Contaminación del suelo existente en el lugar del proyecto

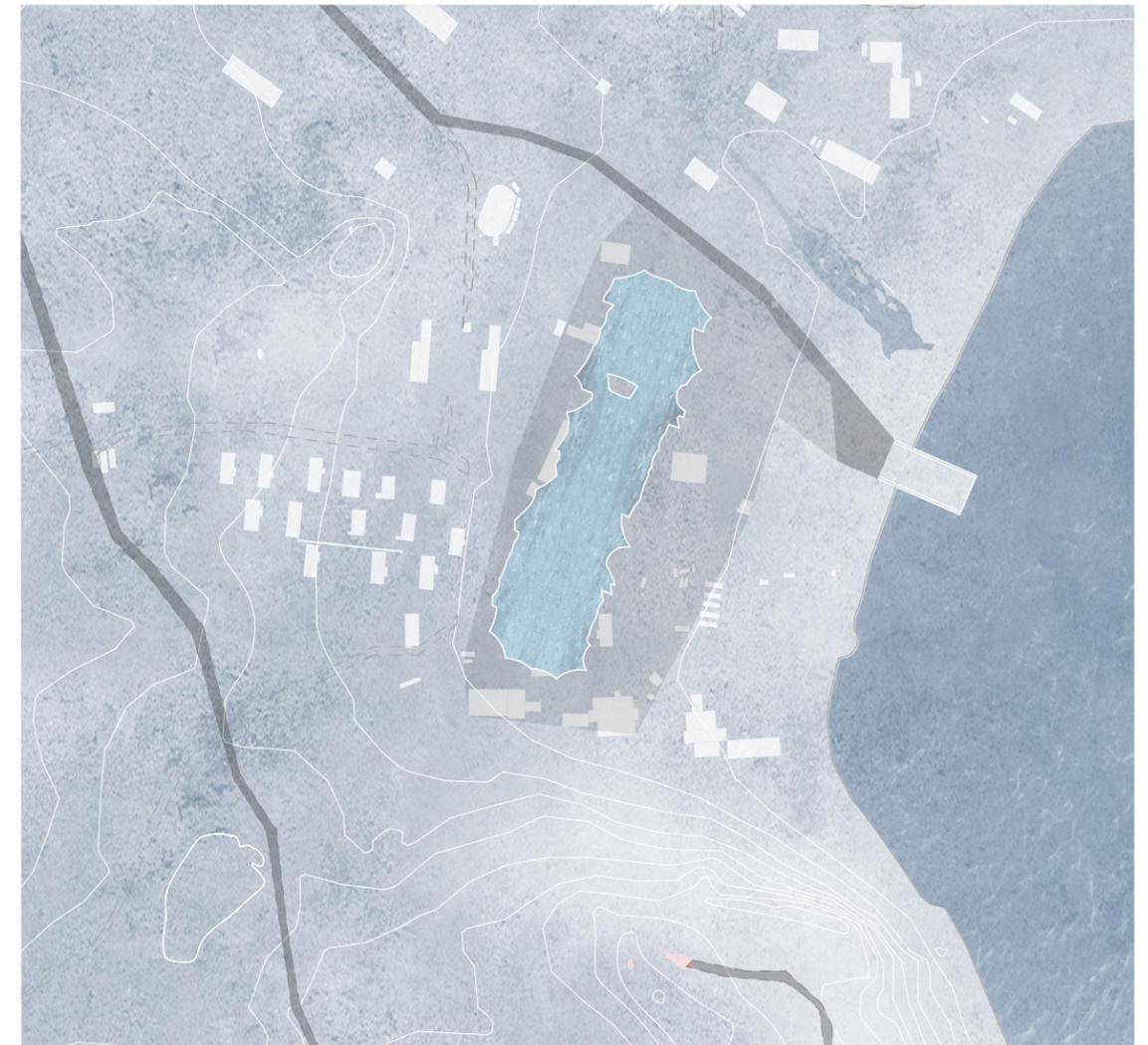


Organización actual de las distintas funciones de los edificios de las Bases Bellingshausen, Escudero y Frei

- ▲ Viviendas, edificios habitacionales y espacios comunitarios
- ▲ Planta de tratamiento, instalaciones combustibles, generadores
- ▲ Edificios Institucionales
- ▲ Funciones no detalladas pero edificios presentes en las investigaciones sobre contaminación humana en la Antártica (Brooks y al, 2019)



Situación actual



Situación con la nueva base transnacional de Bahía Fildes



Instalación de los módulos de malla metálica (envolvente)

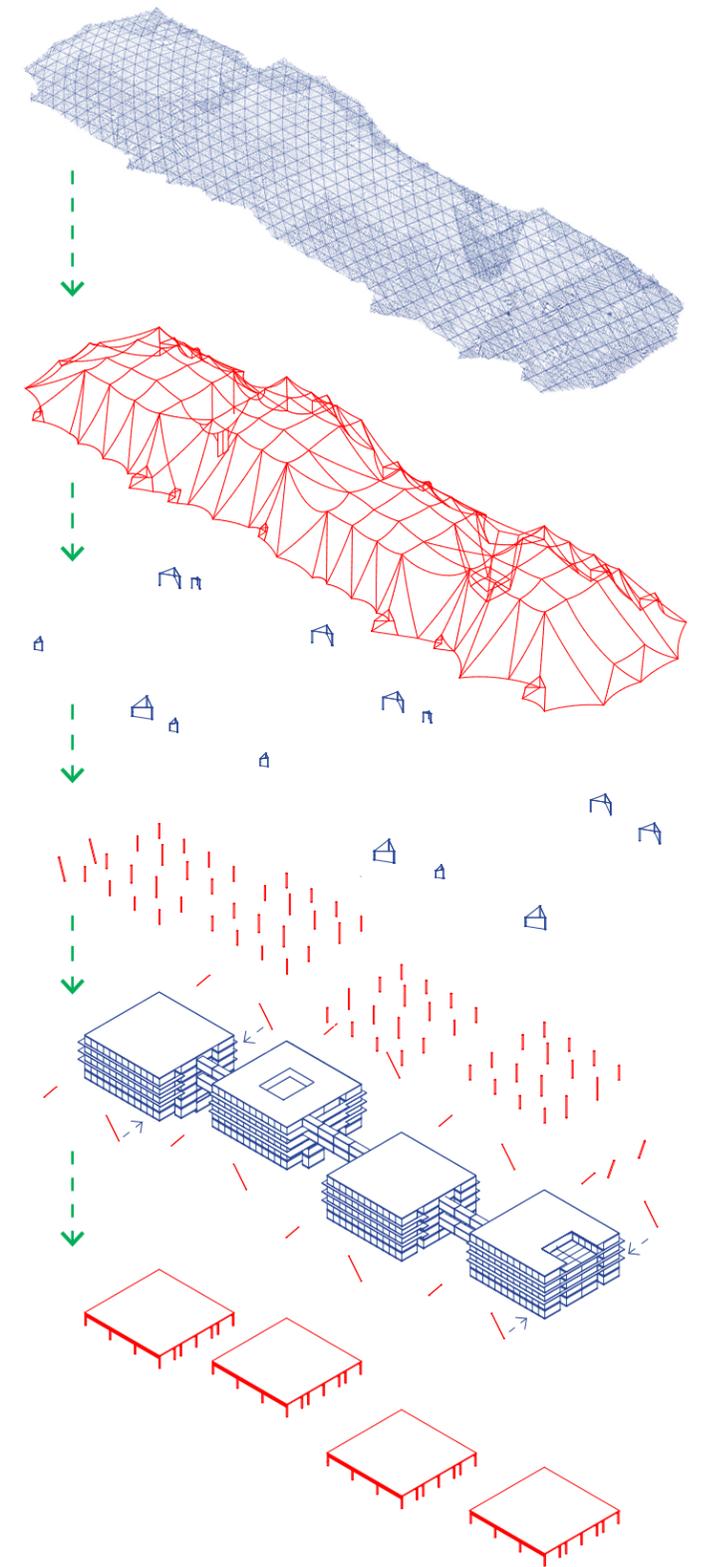
Construcción de la estructura tensada con cables de acero

Montaje de los accesos

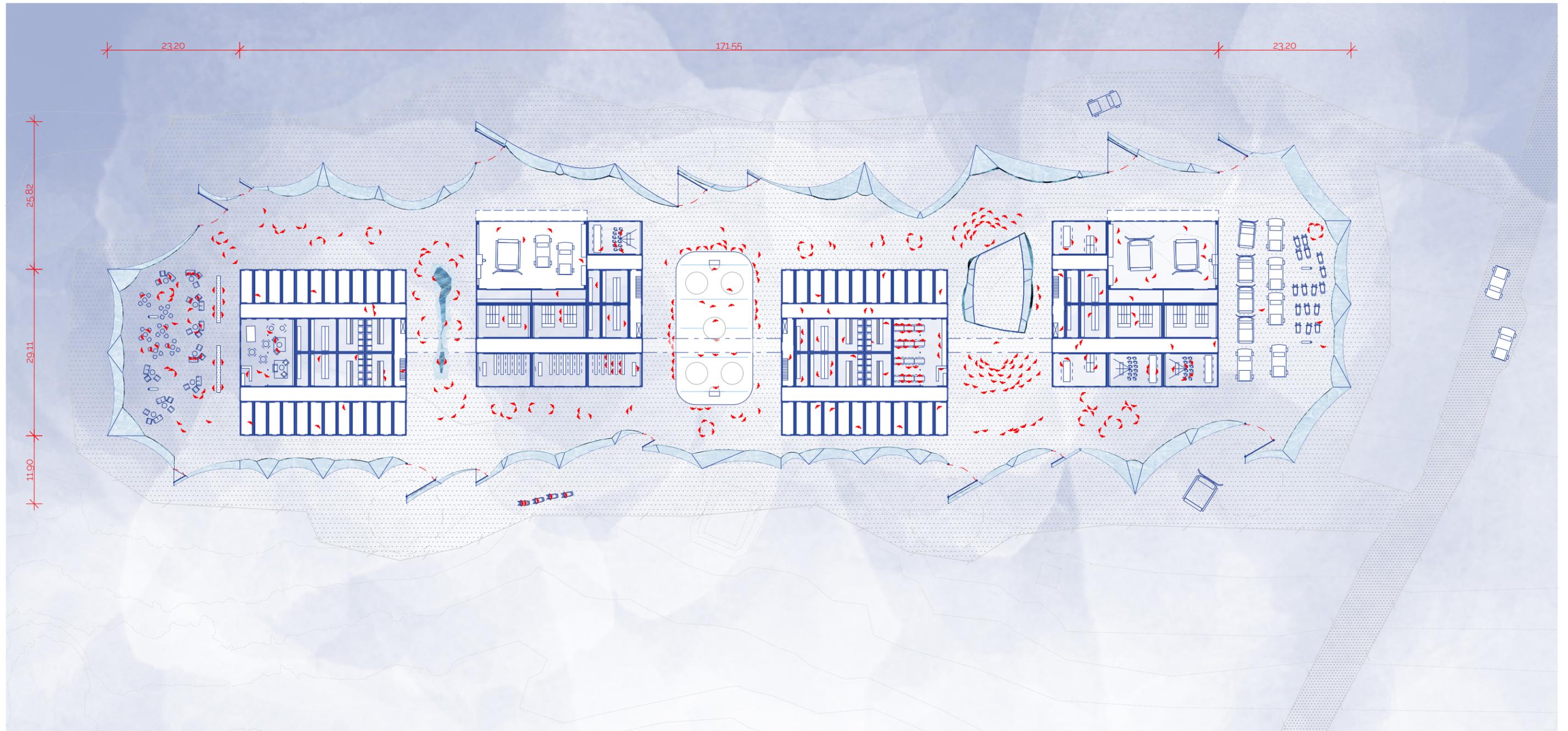
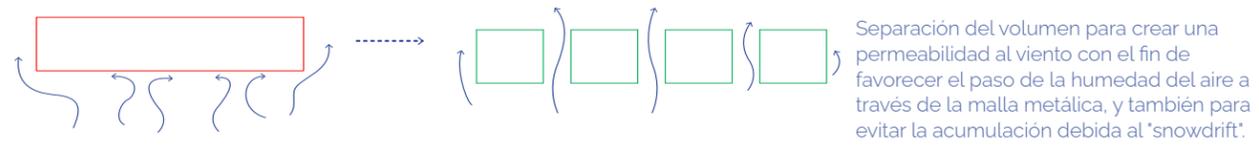
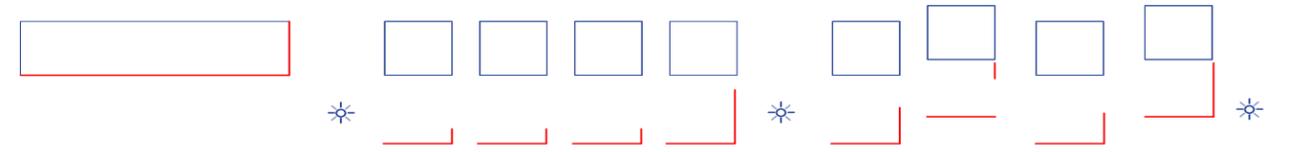
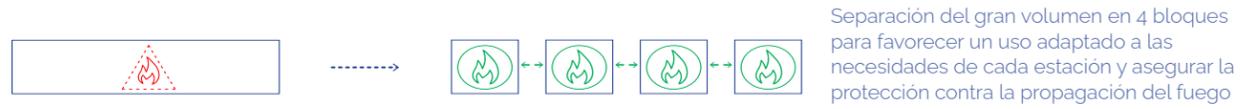
Instalación de una estructura sobre los núcleos para instalar la envolvente adicional.

Montaje de los módulos con elementos constructivos de seguridad en el ámbito del transporte marítimo

Creación de plataformas para minimizar el impacto en el suelo de la construcción de la nueva base.



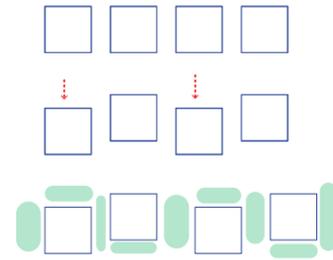
Distintas etapas de la formación de una envolvente protectora de hielo.



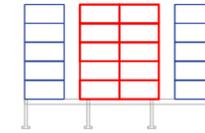
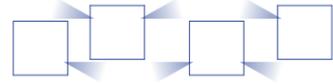
Organización de la tipología según las actividades "diurnas/nocturnas".



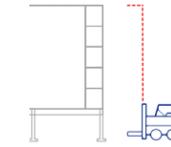
Dinamización de la implantación para crear una nueva diversidad de espacialidades



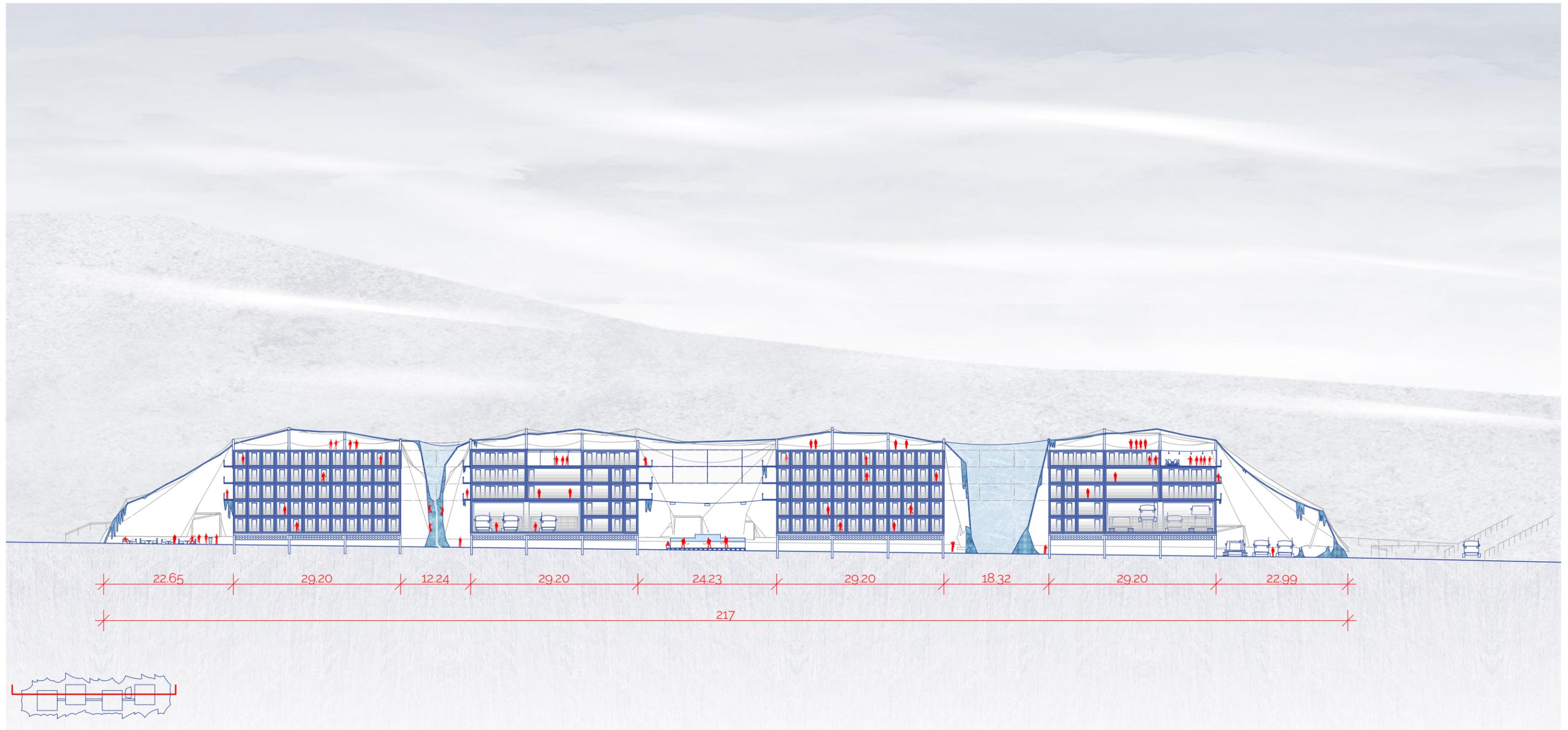
Creación de relaciones visuales entre los bloques



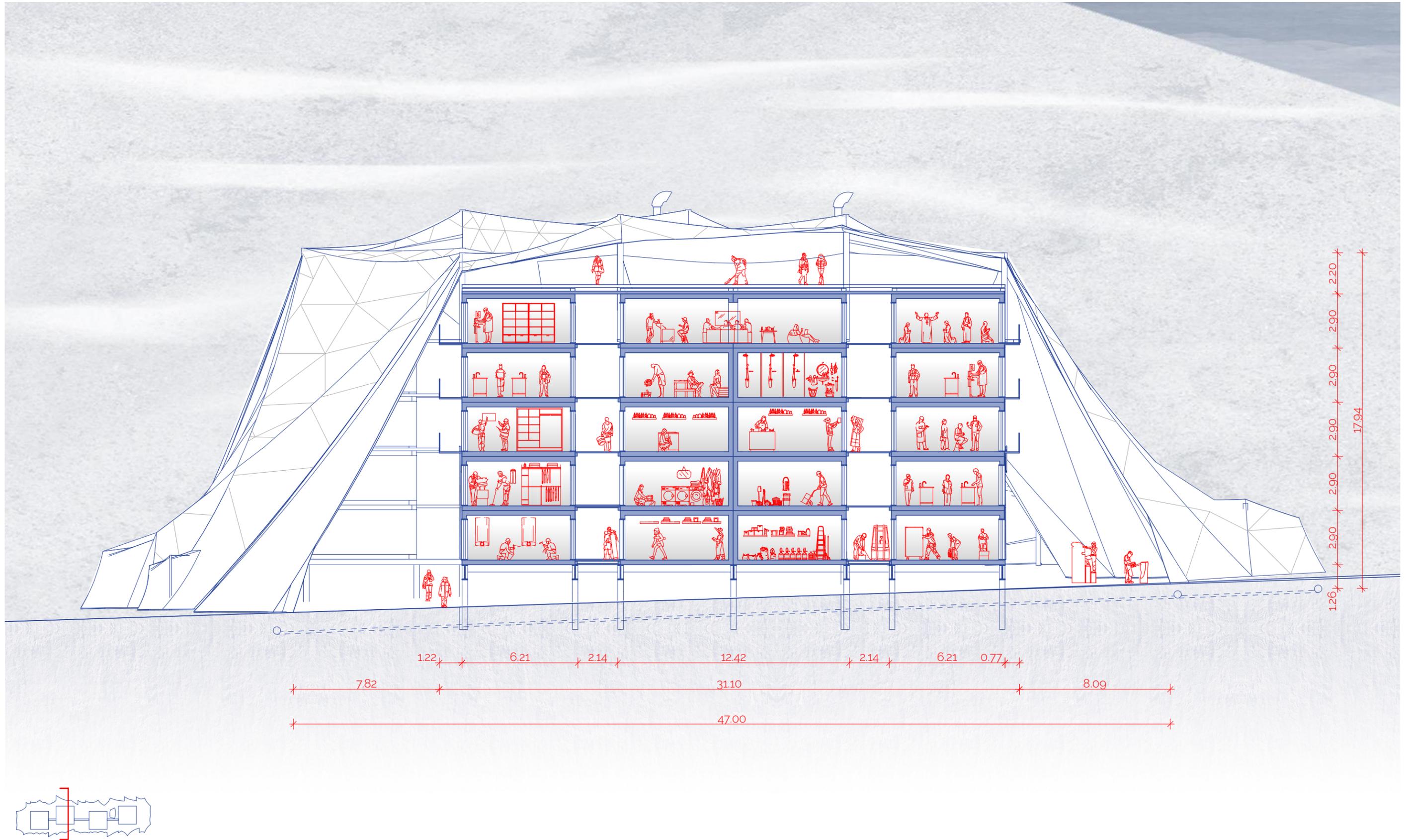
Tras el análisis de las referencias de Bharati y Neumayer III, el dimensionamiento de las áreas de servicio y la implantación en el centro del núcleo.



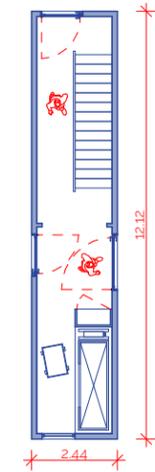
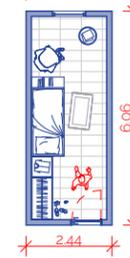
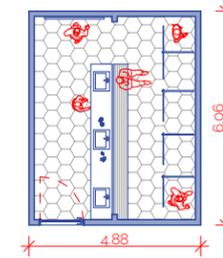
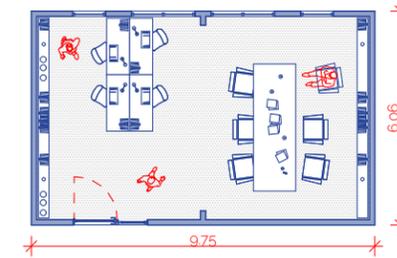
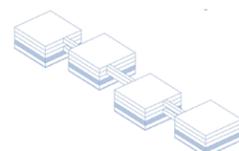
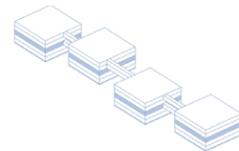
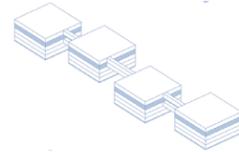
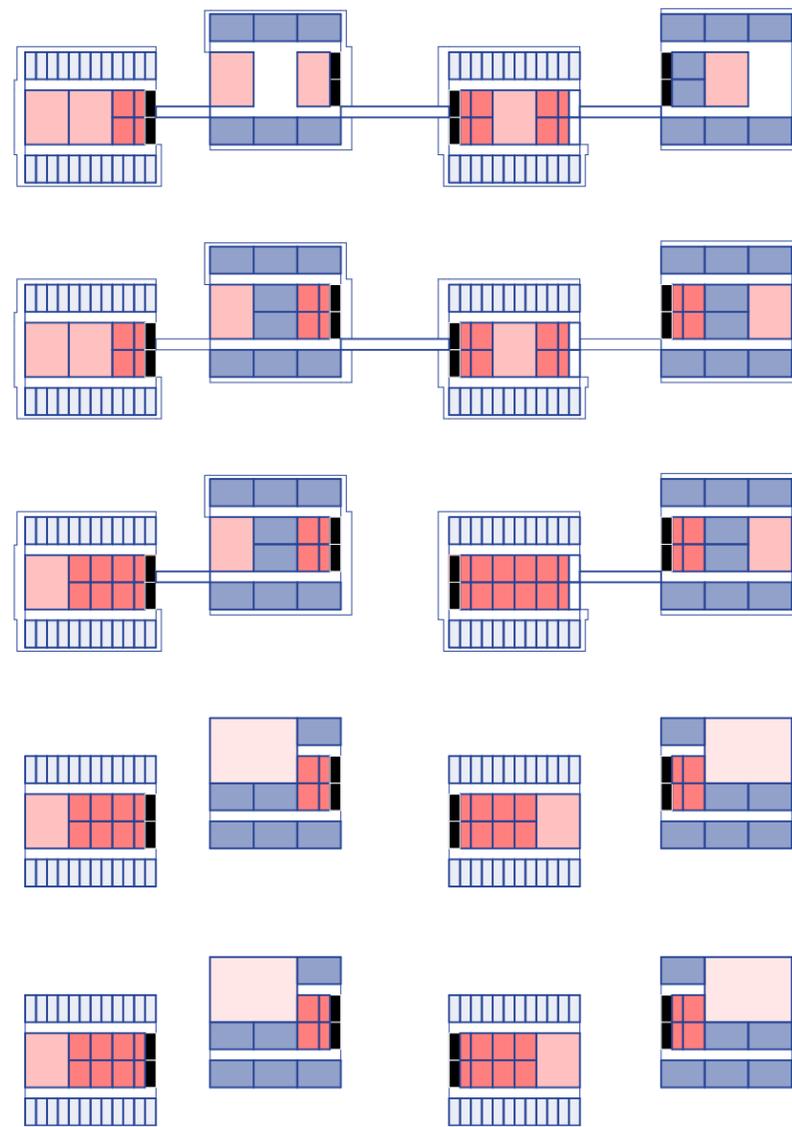
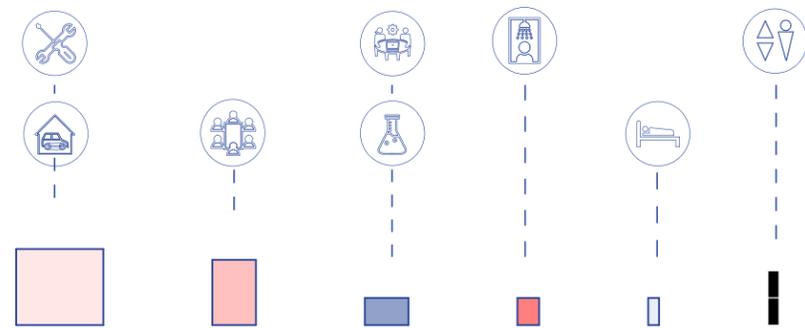
Altura del edificio adaptada a las máquinas de elevación que se pueden utilizar en la Antártica



Sección longitudinal 1\_650



Corte lateral con detalles de la vida interior del nucleo 1\_200

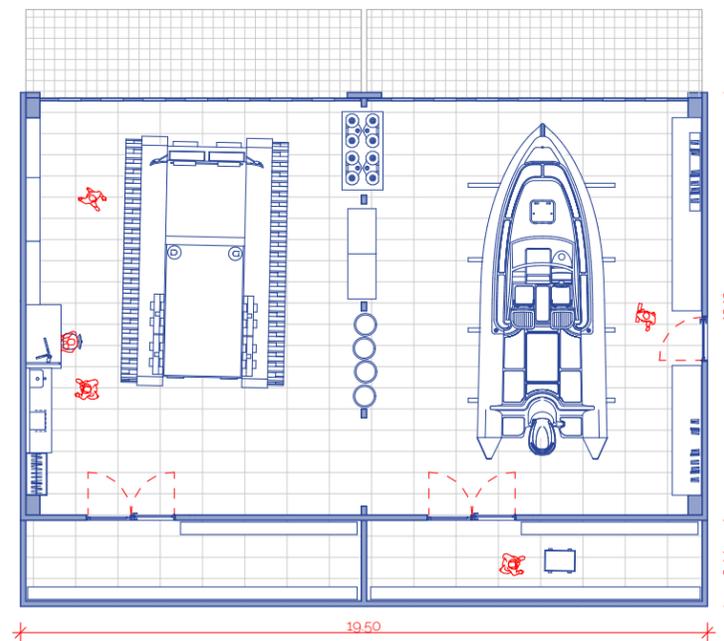


Espacio Lab / admin.  
59 m<sup>2</sup>  
4 containers

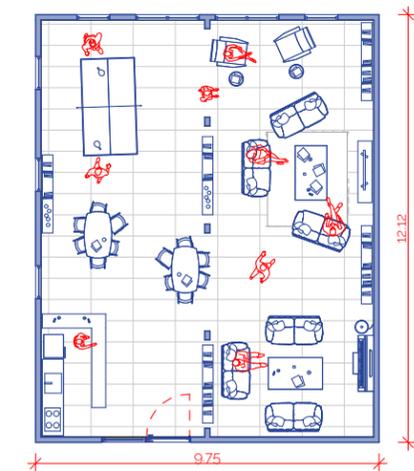
Baños  
29 m<sup>2</sup>  
2 containers

Dormitorio  
14,5 m<sup>2</sup>  
1 cont.

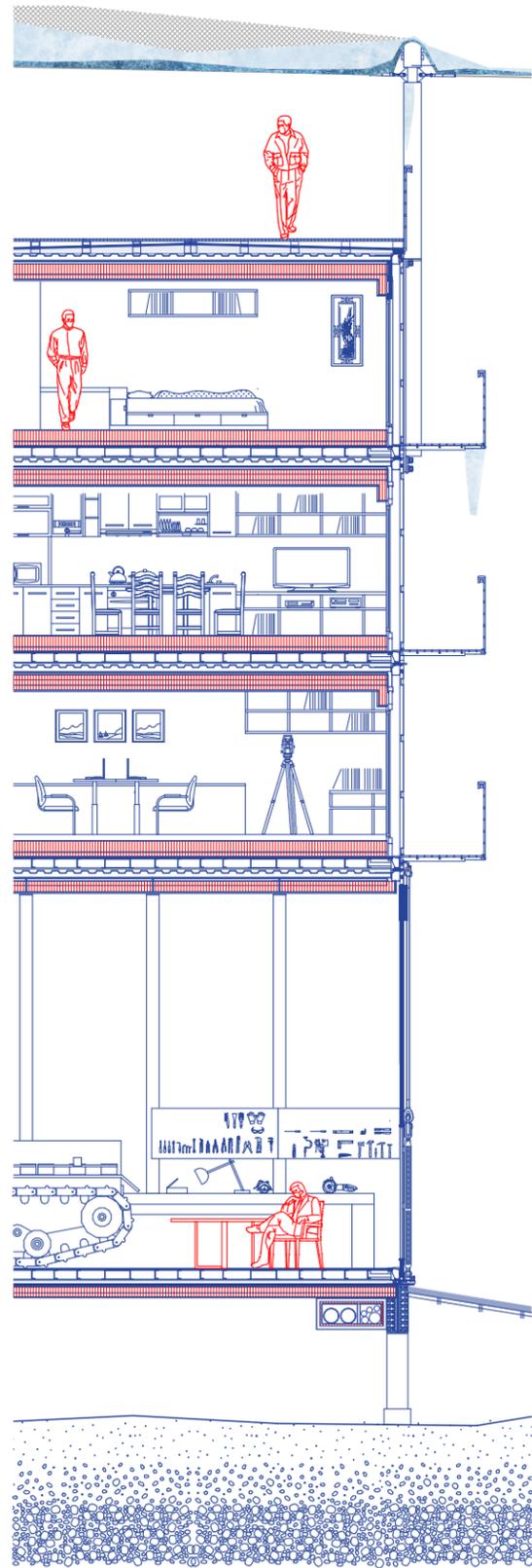
Bloque de circulación vertical  
29 m<sup>2</sup>  
2 containers



Taller  
236 m<sup>2</sup>  
32 containers  
(doble altura)

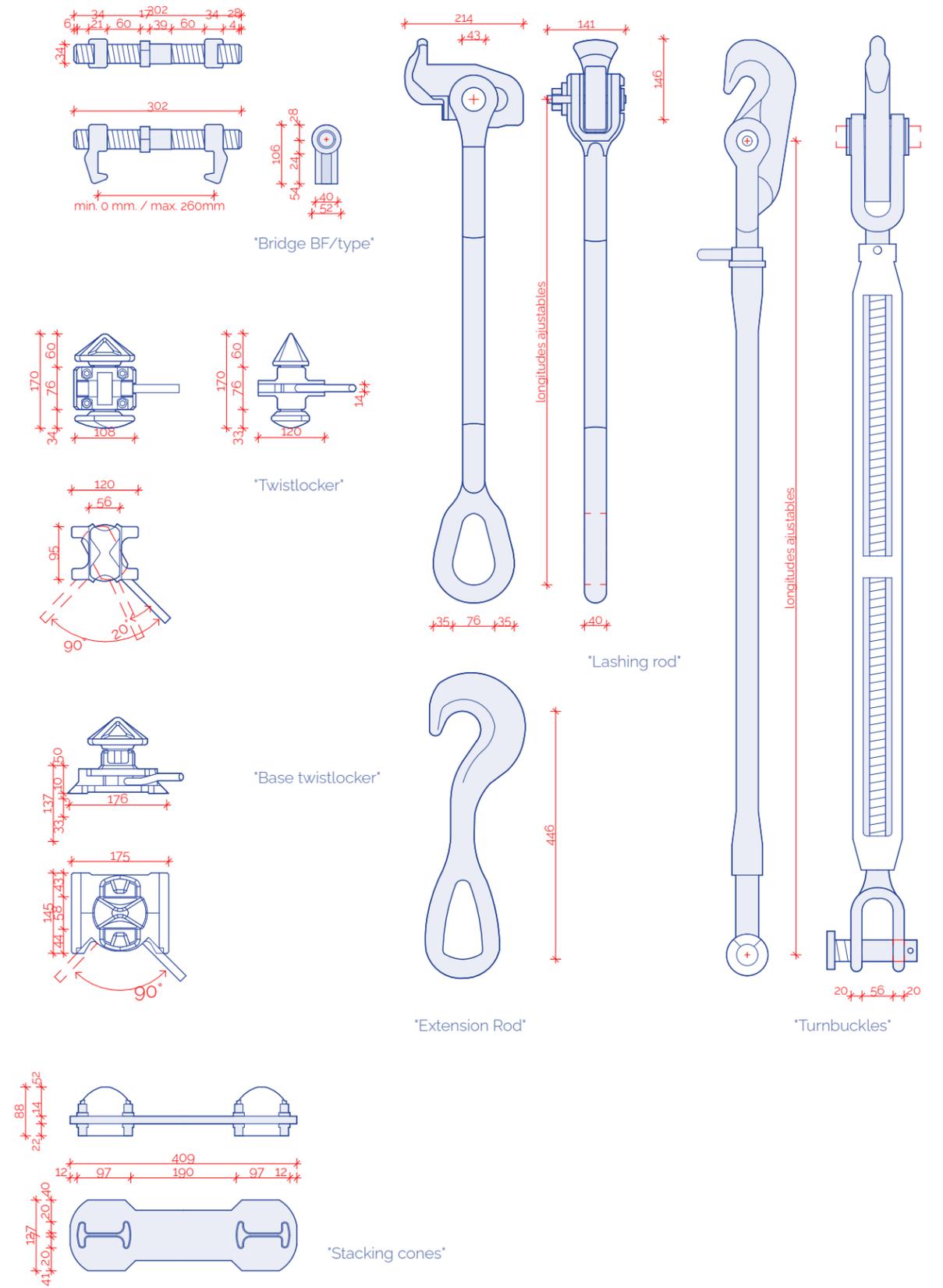
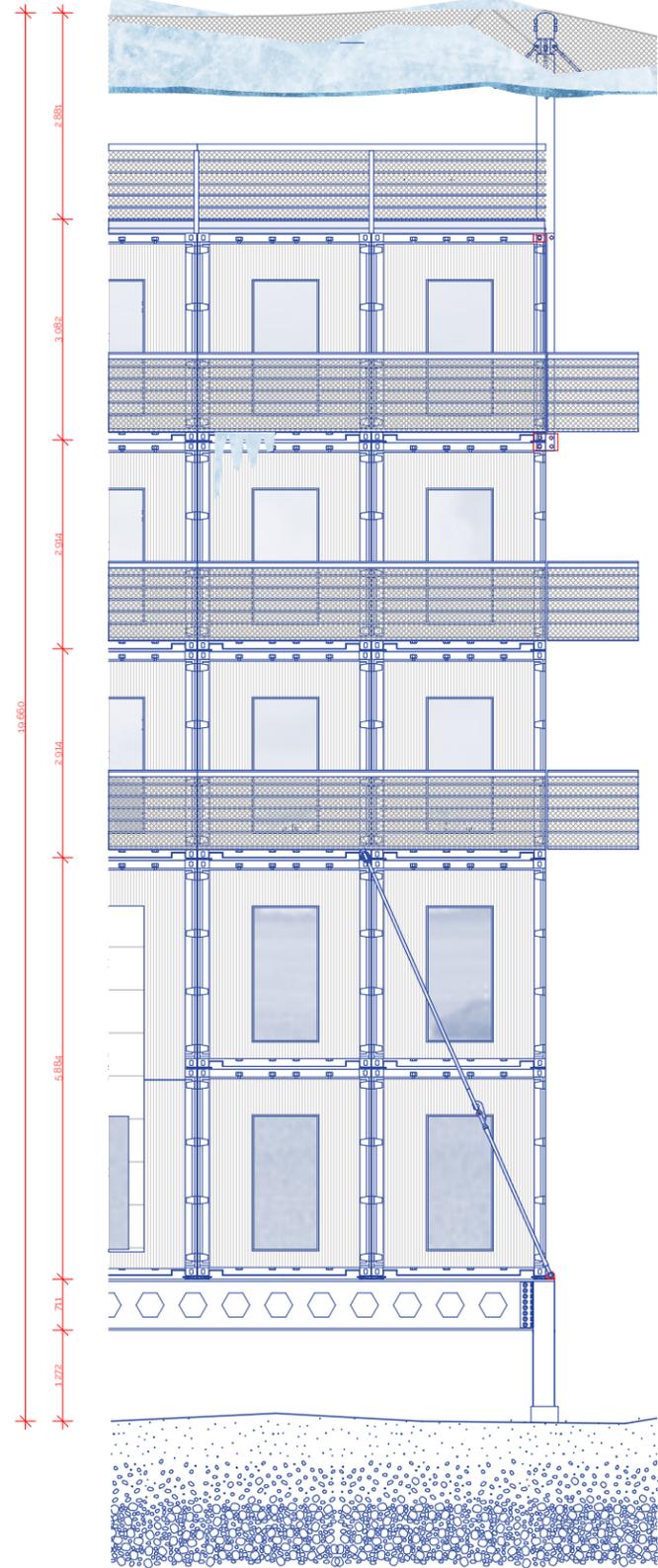


Espacio de relajación  
118 m<sup>2</sup>  
8 containers



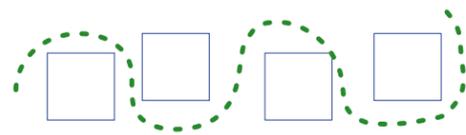
Elevación del núcleo del edificio

Escala 1\_100

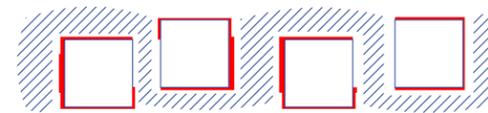


Detalles de los elementos necesarios para la construcción del núcleo de containers maritimos

Escala 1\_10



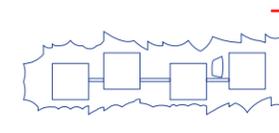
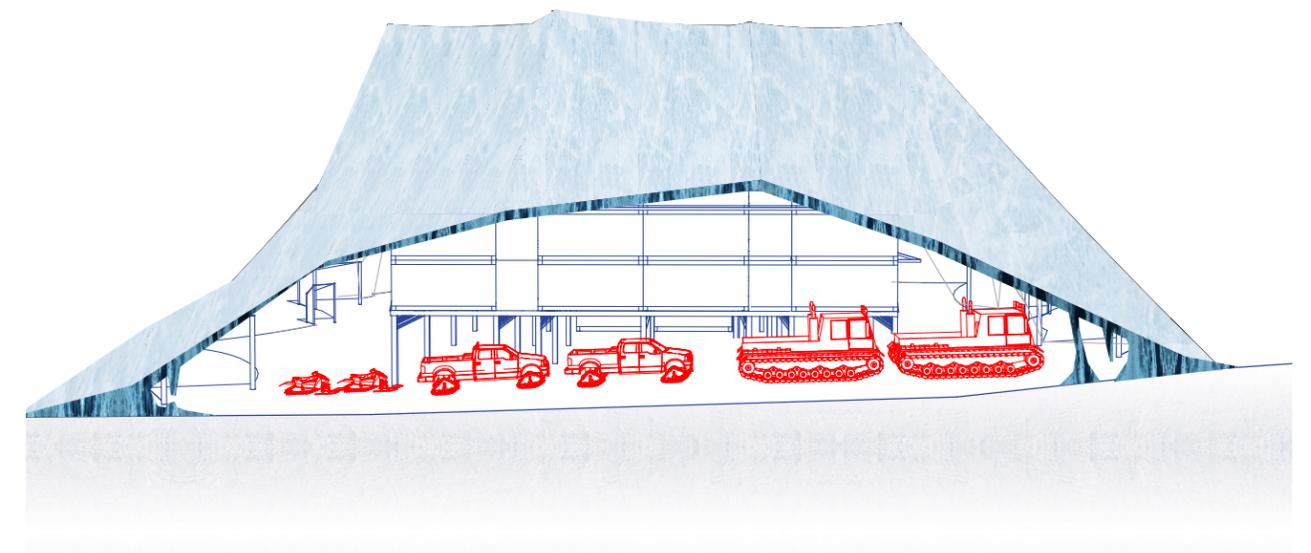
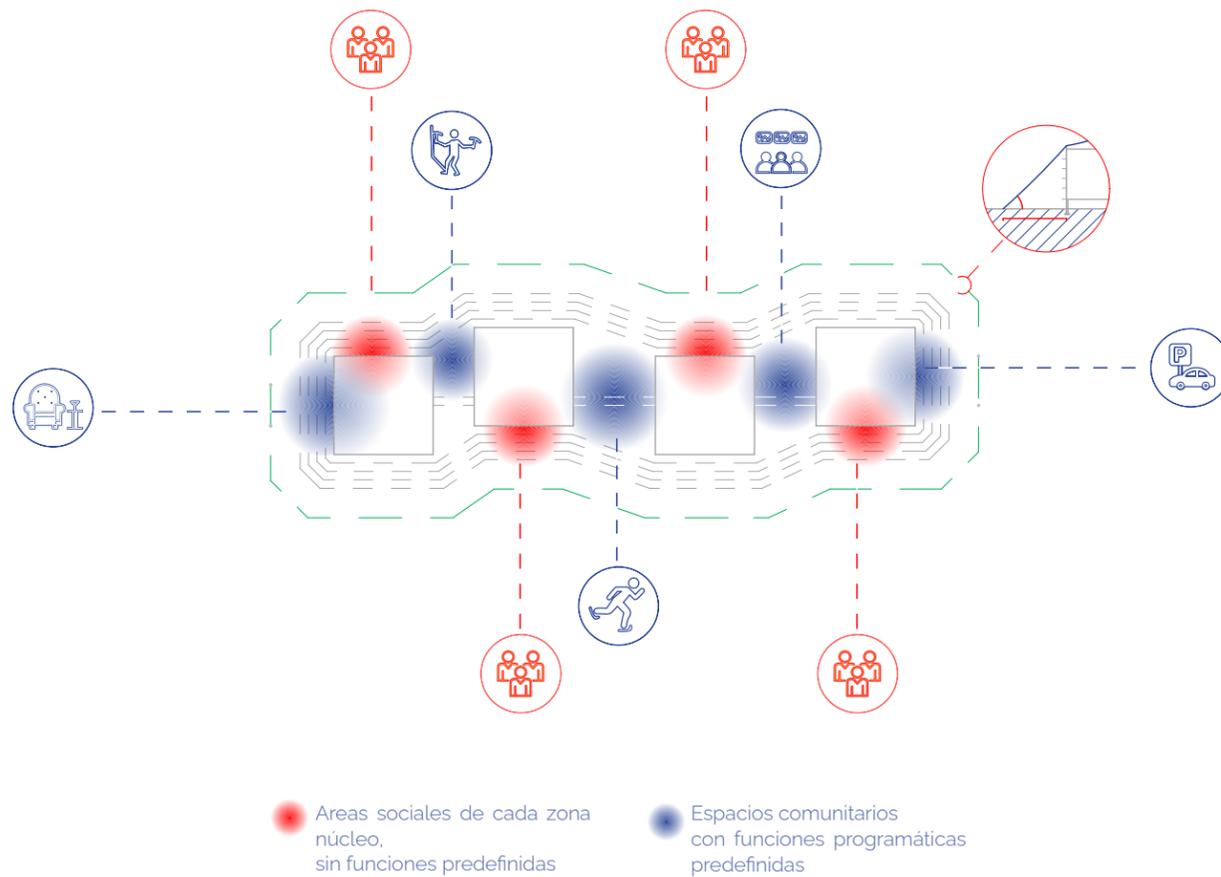
Disposición de las actividades en el espacio intermedio para conectarlas visualmente. Se trata de reforzar la ideología de una vida comunitaria trasnacional



Colocación y dimensionamiento de los balcones en relación directa con los tipos de actividades propuestas en el espacio intermedio, es decir, según el nivel de privacidad de los mismos. Así, por ejemplo, cerca del campo de hockey, los balcones son más grandes para acoger al público.

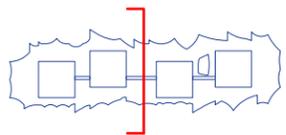
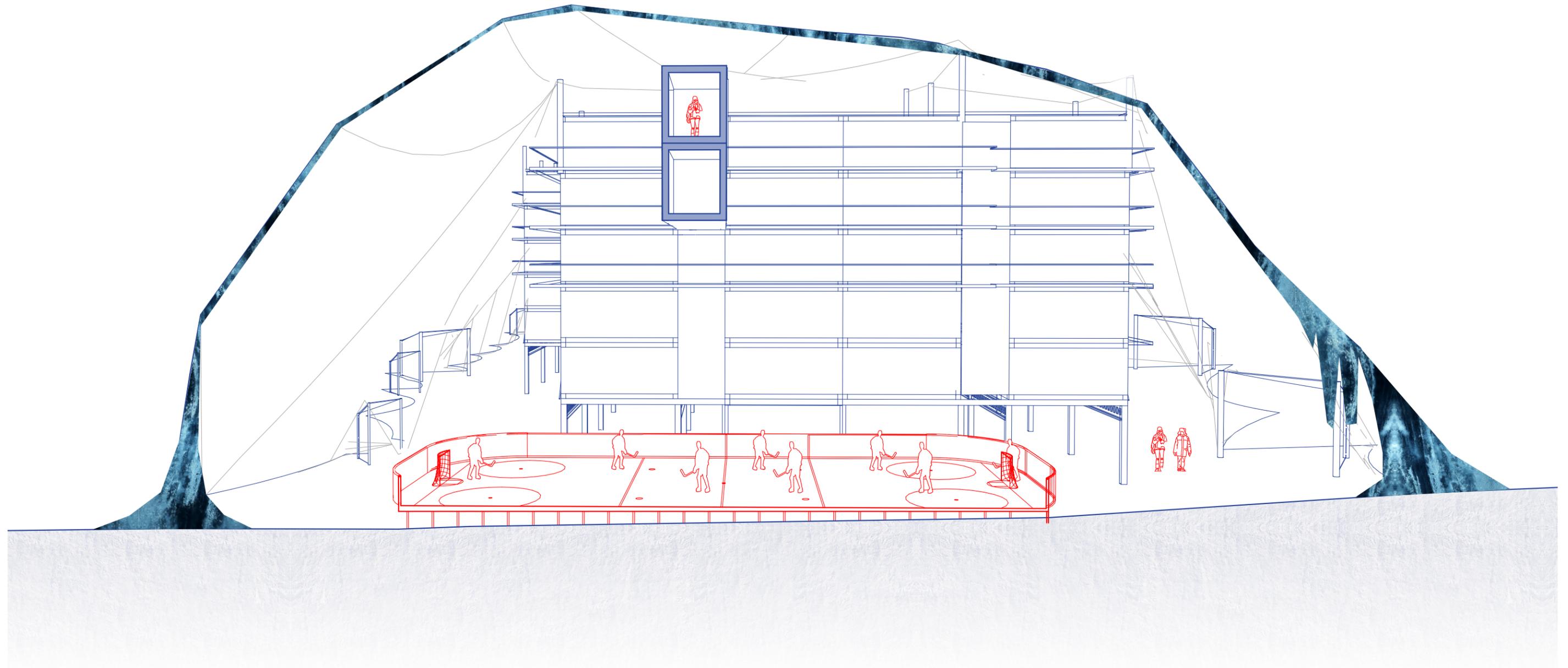
### ELABORACIÓN DE ESPACIOS INTERMEDIOS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA QUE PERMITA SU FUTURA TRANSFORMACIÓN.

La investigación de esta tesis se refleja en el proyecto a través de la creación de espacios intermedios que favorezcan una cohabitación multicultural de calidad. Así, se imaginan varias funciones y se colocan entre el exterior y los núcleos día/noche. Además, los elementos constructivos están diseñados para poder adaptar la volumetría de los espacios intermedios si es necesario.

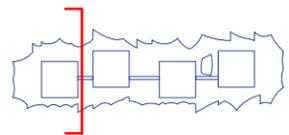
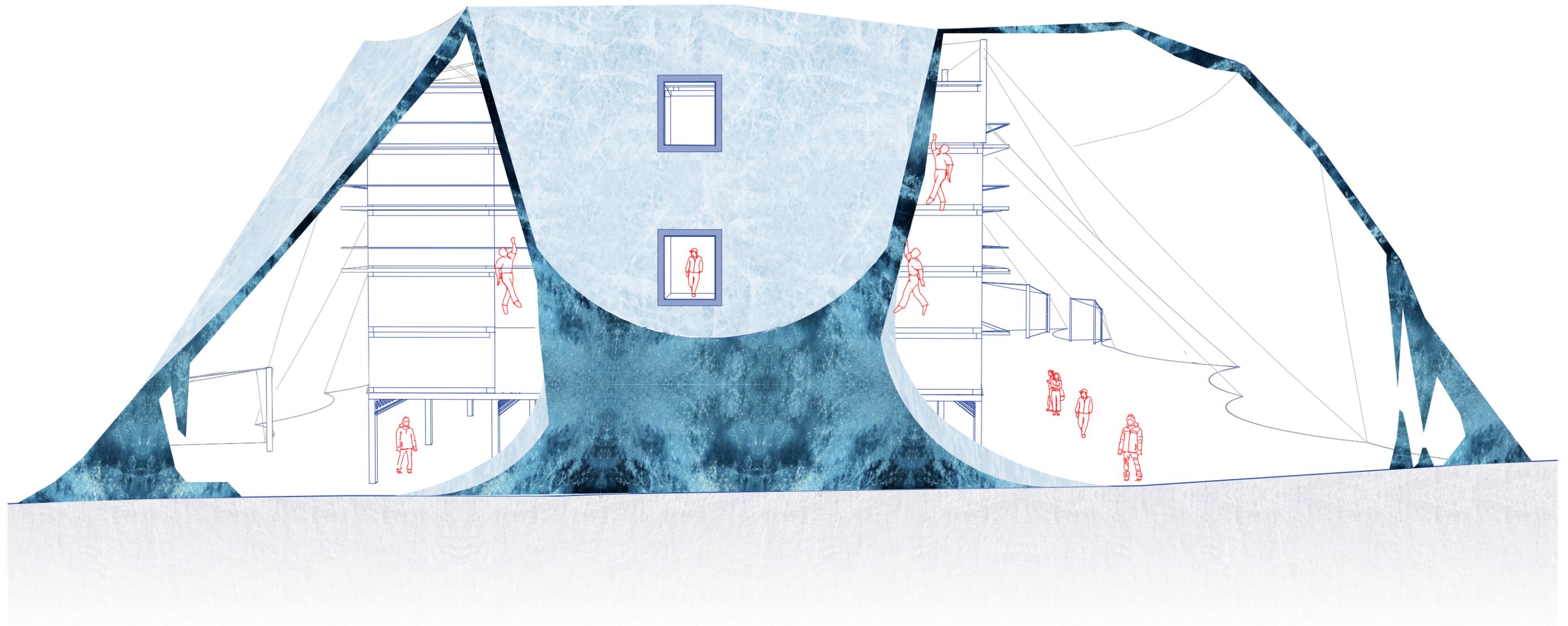


Organización programática de los espacios intermedios

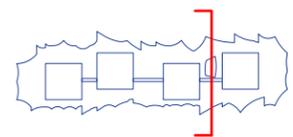
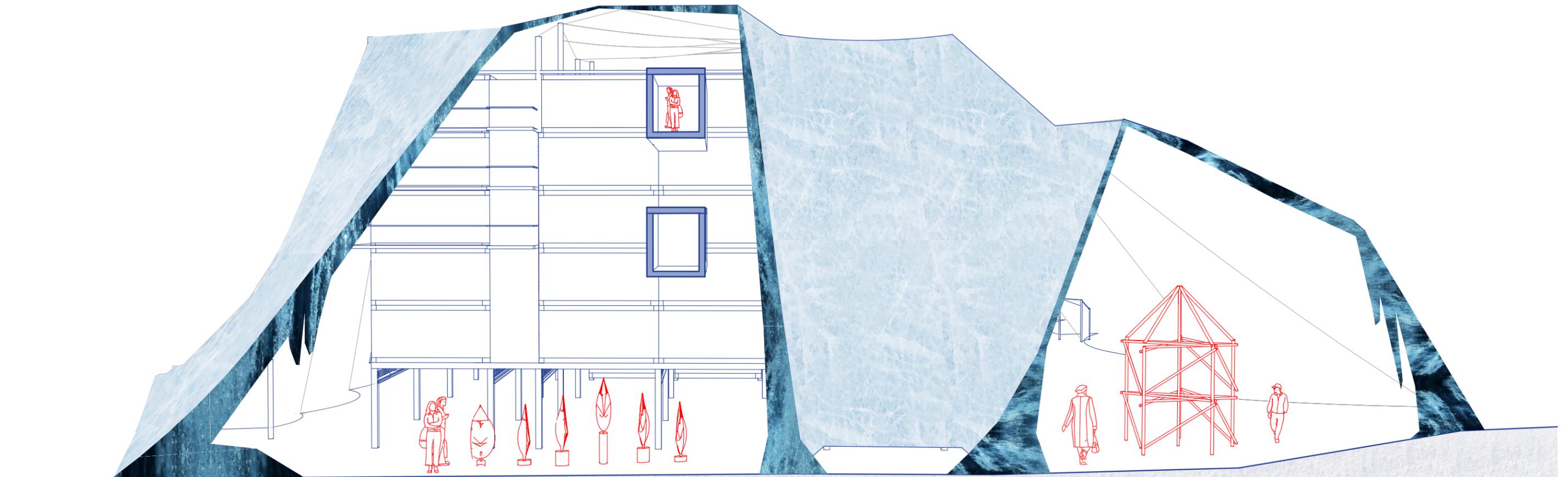
Corte del espacio intermedio - Estacionamiento



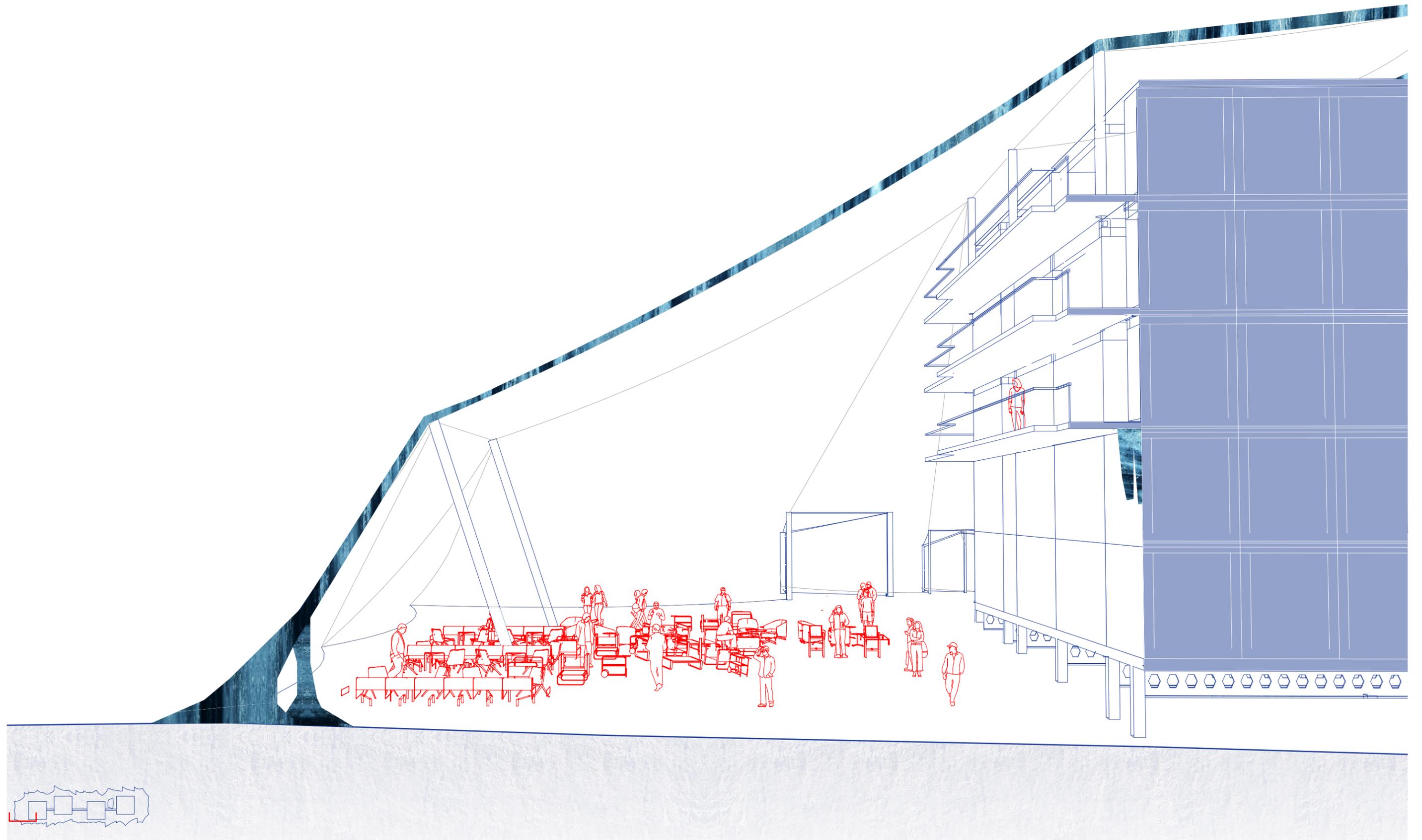
Corte del espacio intermedio - HOCKEY



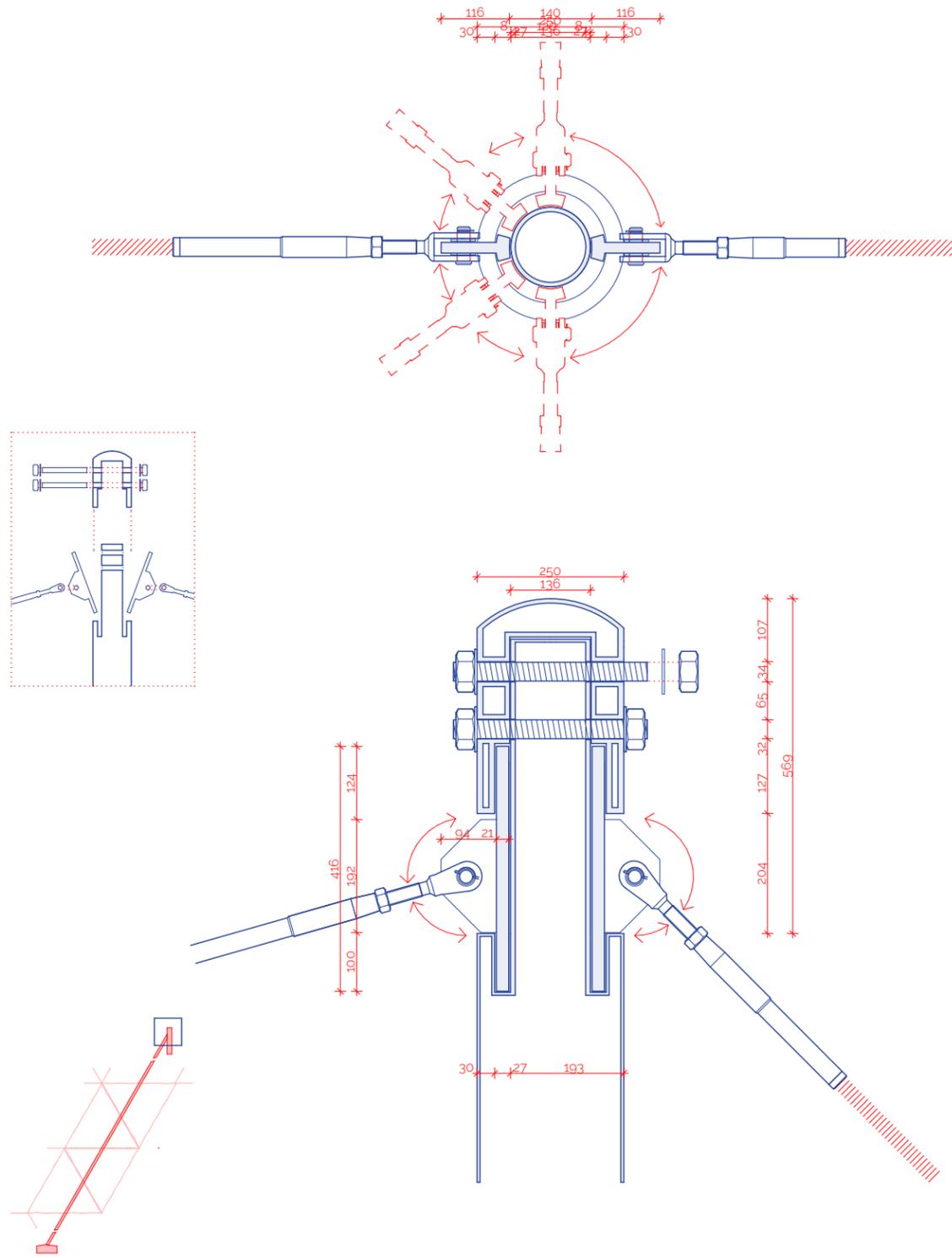
Corte del espacio intermedio - ESCALADA DE HIELO



Corte del espacio intermedio - Espaceio de Arte

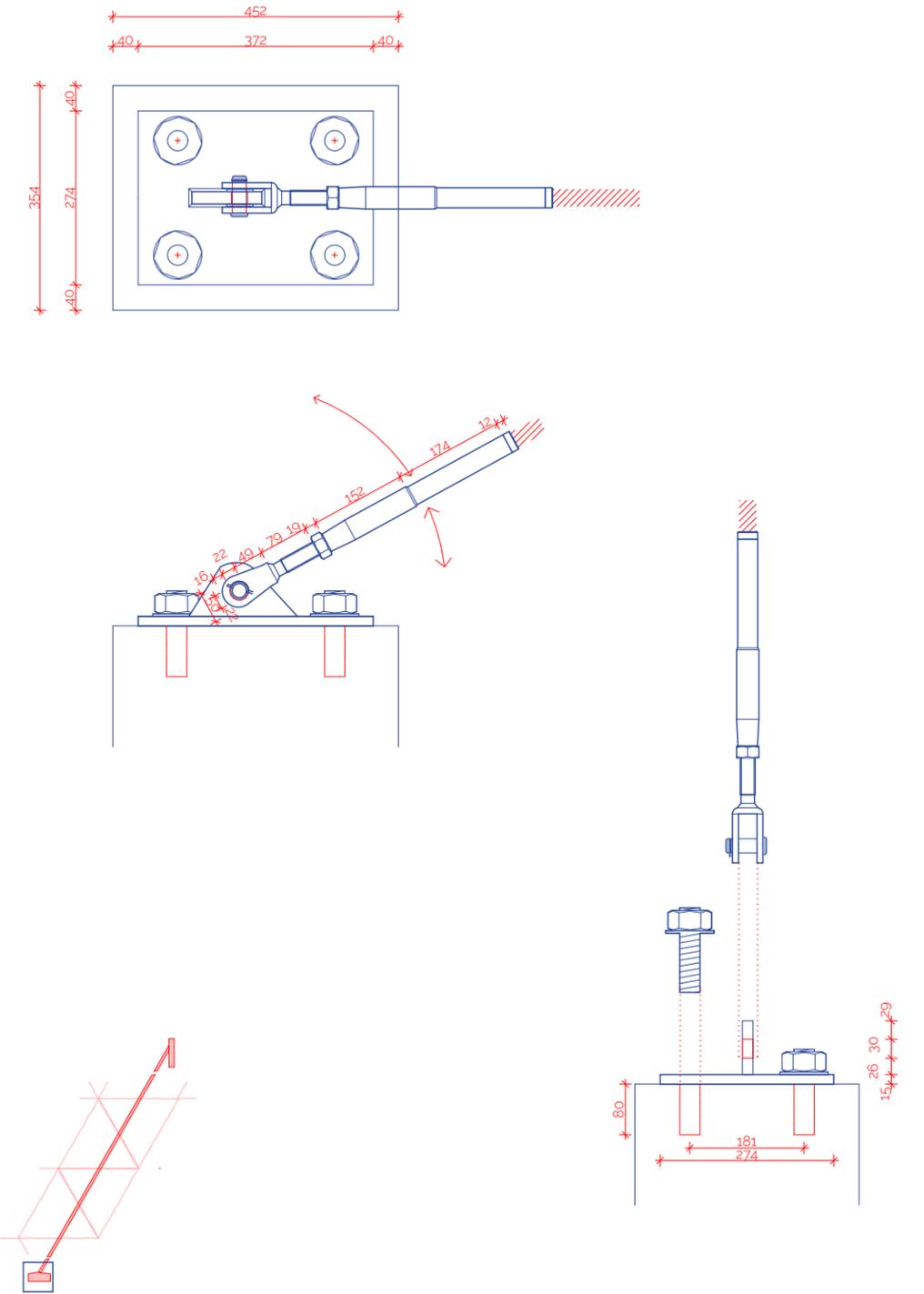


Corte del espacio intermedio - Area de descanso



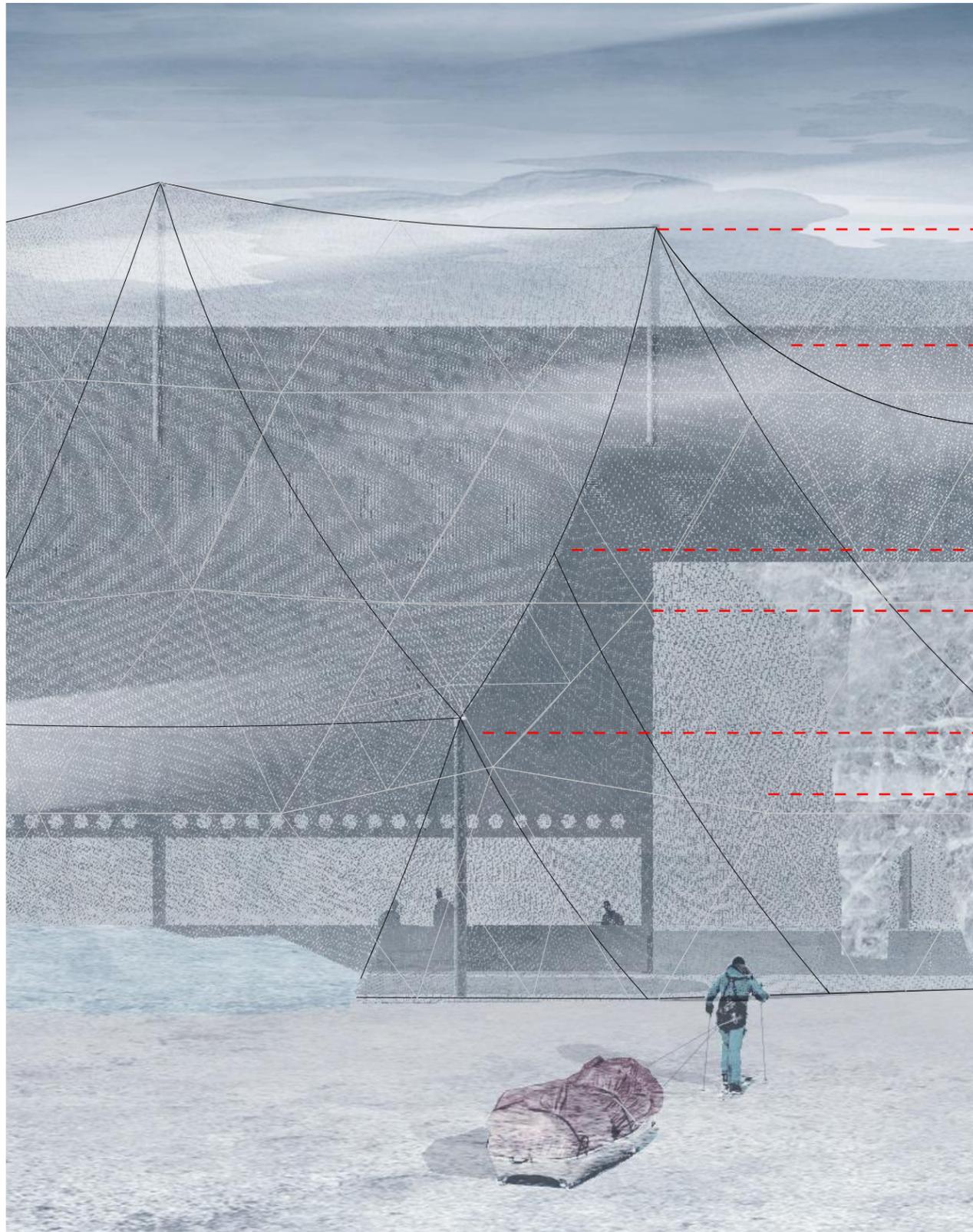
Propuesta de un sistema constructivo para una estructura multidireccional

Escala 1\_10



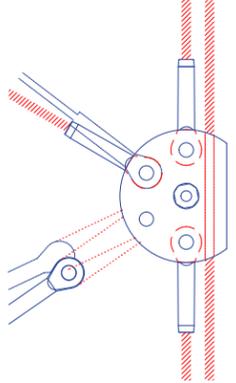
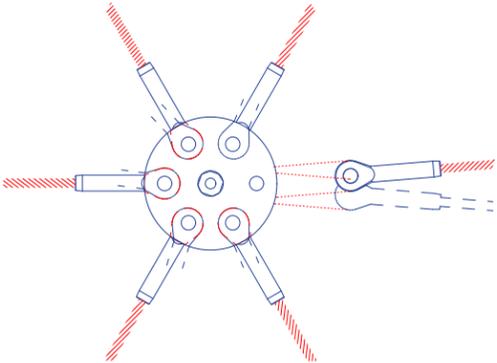
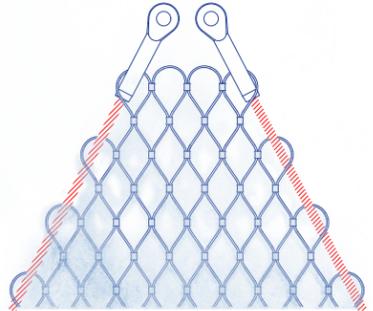
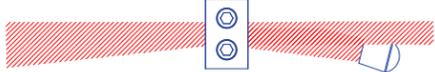
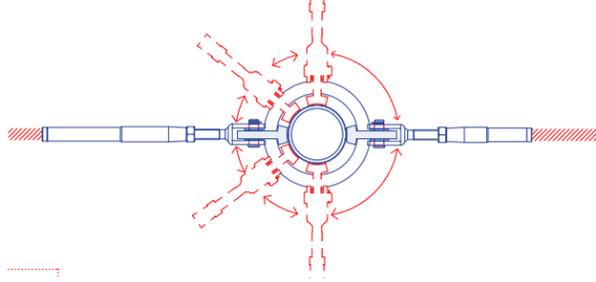
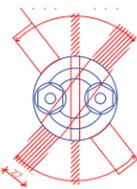
Detalles de la fijación al suelo del cable estructural

Escala 1\_10

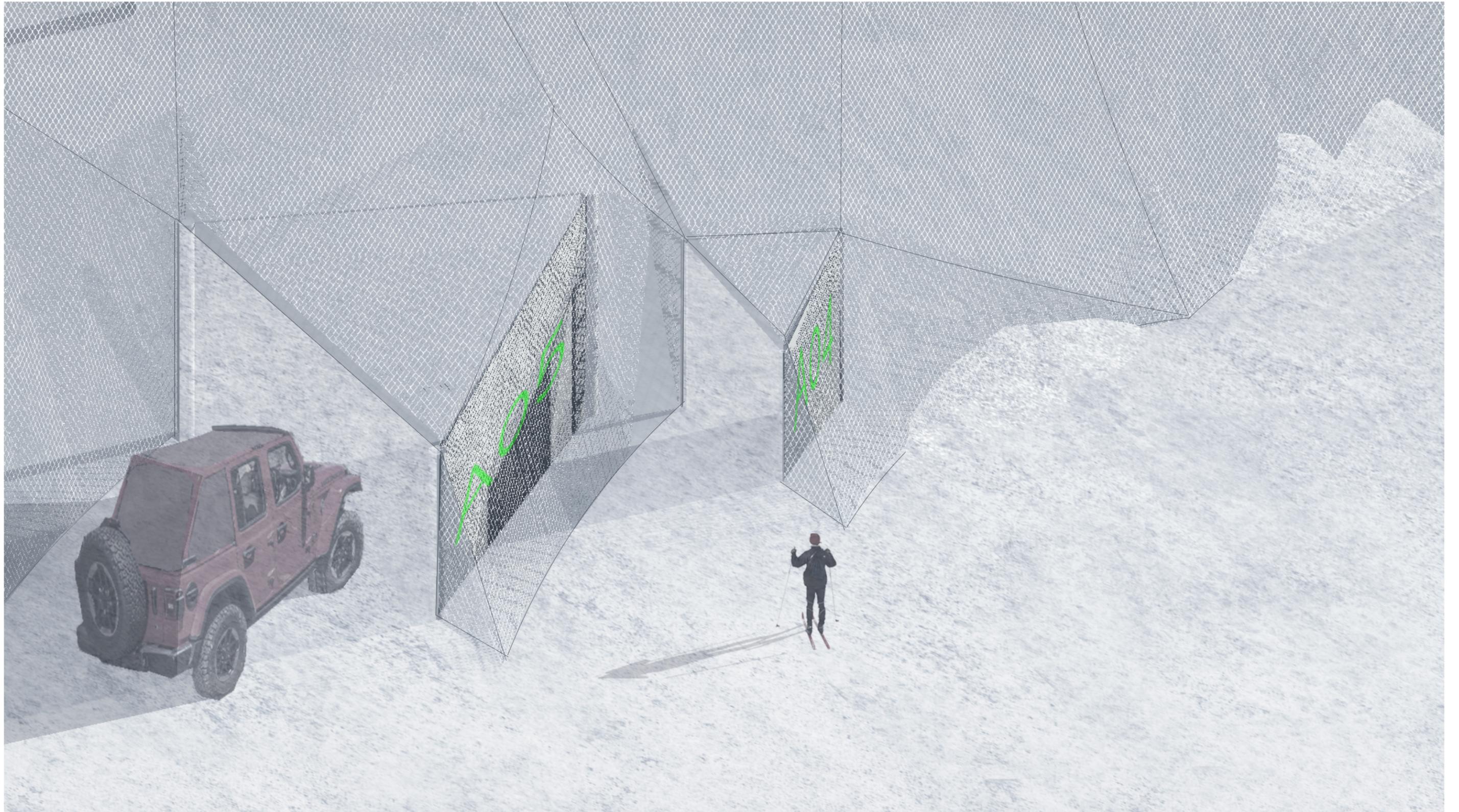


**PUERTA DE ACCESO AL ESPACIO INTERMEDIO**

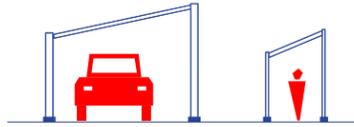
El objetivo de esta investigación fue diseñar un sistema de acceso a la nueva base, teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas de Bahía Fildes y las irregularidades climáticas que pueden hacer peligrosa la vida fuera de las bases (viento, baja visibilidad, frío),



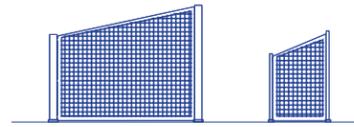
VISTA DE LOS PORTALES DE ACCESO



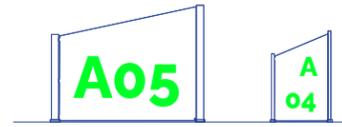
Axonometria de los accesos



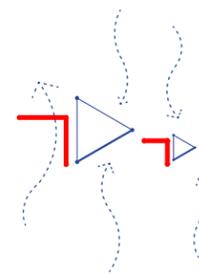
2 dimensiones para separar los flujos de peatones y vehículos para mejorar la seguridad, especialmente cuando la visibilidad es escasa y hay ruido del viento.



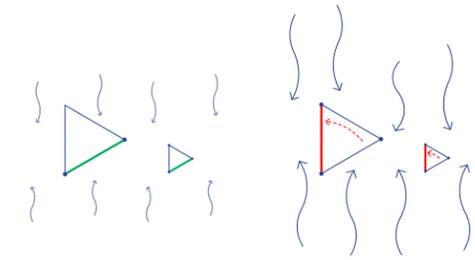
La placa de cierre está perforada con aberturas de 5 cm. x 5 cm. para reducir su resistencia a los vientos, y así reducir los esfuerzos en la estructura de las portales de acceso.



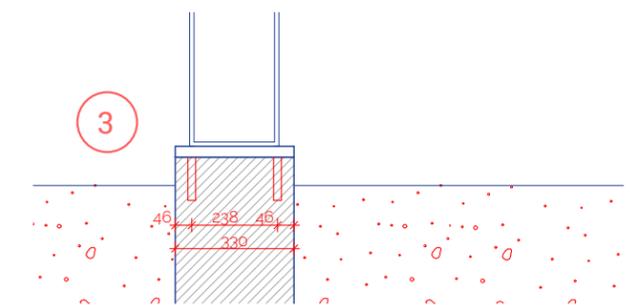
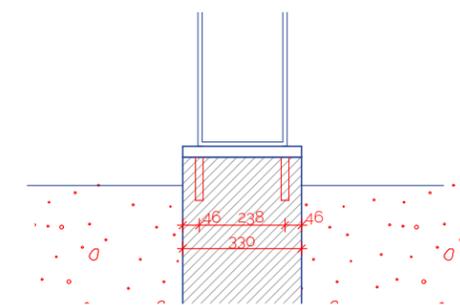
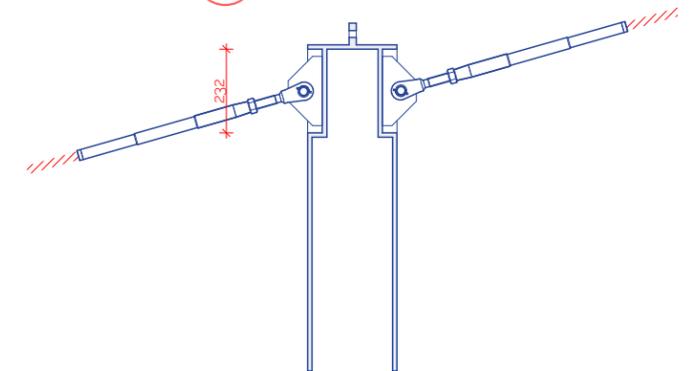
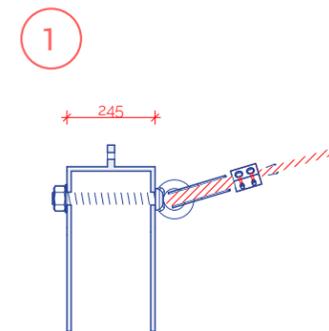
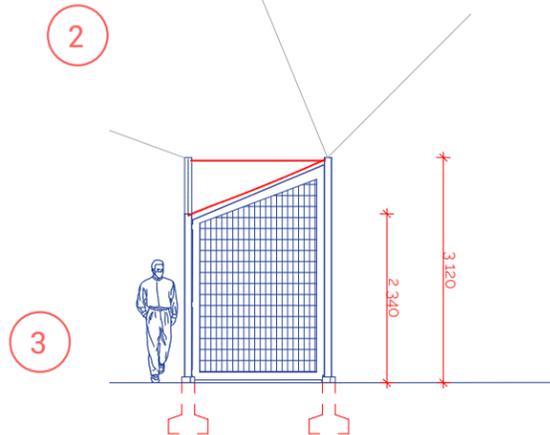
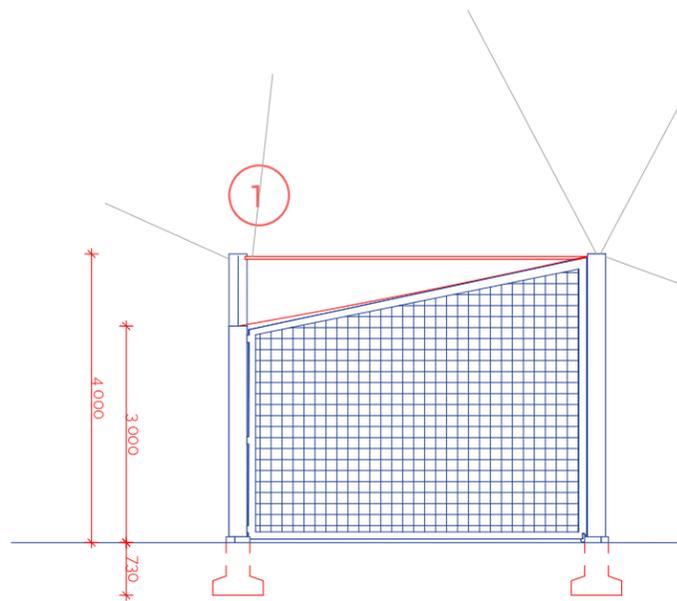
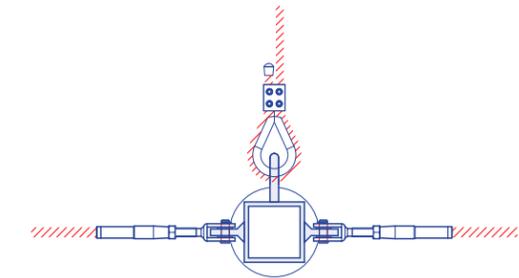
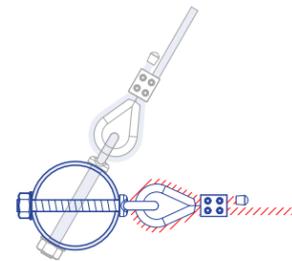
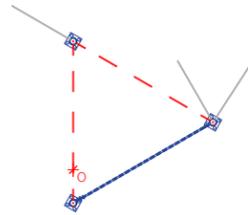
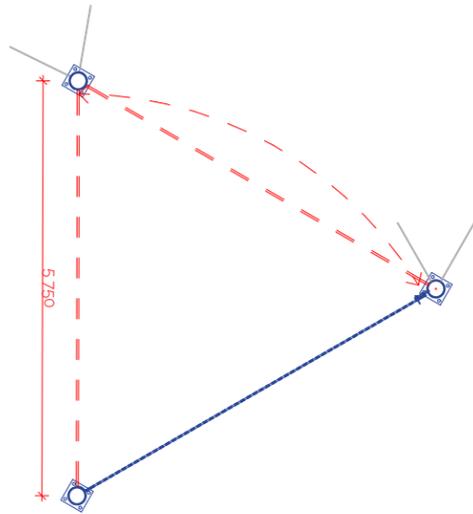
Señalización de los accesos para facilitar la orientación en el sitio. El color se ha elegido por sus buenas cualidades de visibilidad en el contexto colorimétrico de la Antártica.

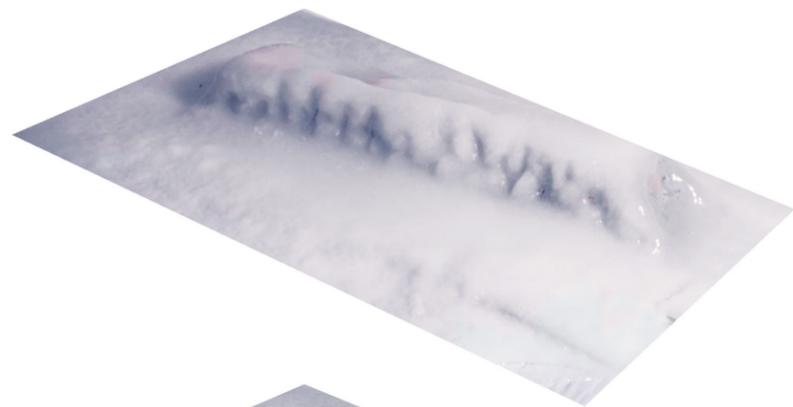


Entrada a 90° de las corrientes de viento predominantes para evitar las corrientes de aire interiores cuando el envoltorio está cubierto de hielo. Esta técnica se inspira en la construcción de iglús.



Sistema de cierre de portales en caso de tormenta





< fig. p.01.1

El primer modelo contiene los cuatro núcleos proyectados, así como la piel de malla metálica.

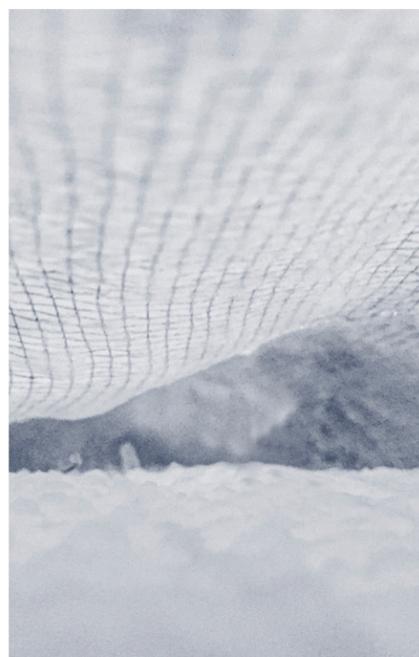
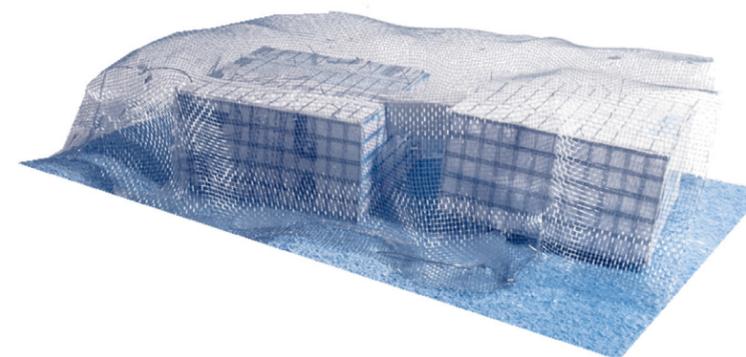


> fig. p.02.1

El segundo modelo demuestra la buena relación entre la altura y la profundidad de los volúmenes proyectados (bloques).

### SERIE DE TRES MAQUETAS

Realizada para estudiar las distintas percepciones del proyecto a diferentes escalas con el fin de juzgar las cualidades volumétricas y arquitectónicas.



< fig. p.01.2

Vista del espacio entre la envolvente y el techo del núcleo

> fig. p.02.2

Vista exterior nocturna del proyecto





◀ fig. p.03.1

El último modelo reproduce el espacio intermedio entre el núcleo y el exterior. La luz del día se simula en varios momentos del día para comprobar los tipos de luz que aportan una atmósfera particular y atractiva al espacio comunitario creado.

Así, estas realizaciones a pequeña escala demuestran que el uso de la malla metálica en la Antártida, como elemento constructivo, genera múltiples posibilidades y cualidades creativas.

▶ fig. p.03.2

Vista del espacio intermedio entre la envolvente y la fachada del núcleo



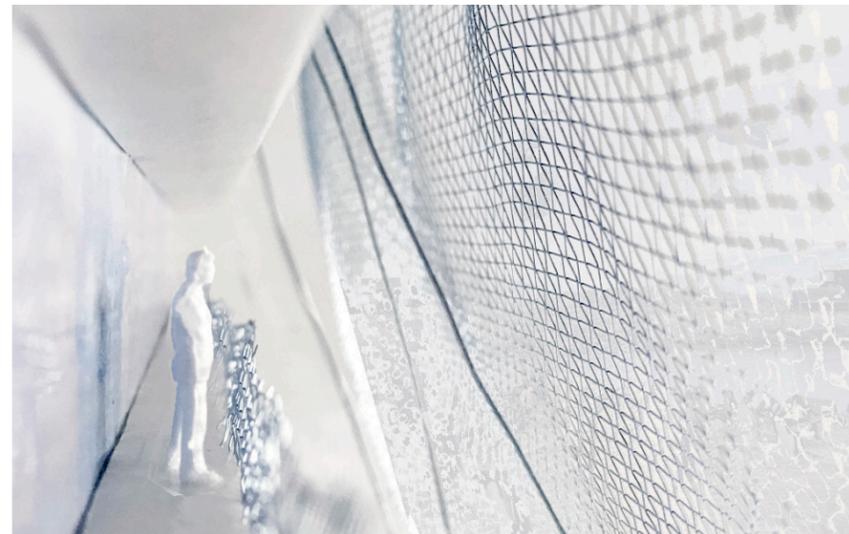
▶ fig. p.03.3

Vista nocturna del espacio intermedio entre la envolvente y la fachada del núcleo



◀ fig. p.03.4

Vista del espacio intermedio entre la envolvente y la fachada del núcleo



**CONCLUSIÓN**

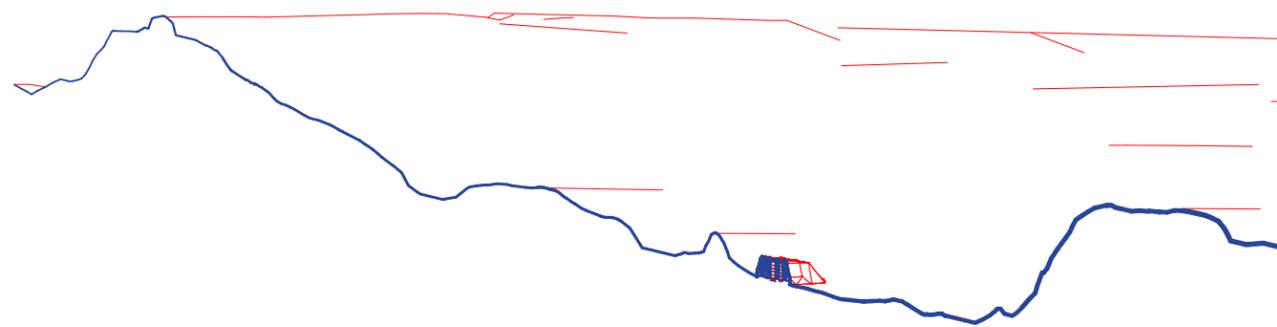
**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

ENTREVISTAS

ANÁLISIS DE LOS DATOS DE CONSTRUCCIÓN DE LOS EDIFICIOS  
EN LA PENÍNSULA ANTÁRTICA

ANÁLISIS TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE CON / SIN HIELO



## CONCLUSIÓN

El resultado de la investigación realizada en esta tesis demuestra varios hechos útiles para el futuro de la arquitectura en la Antártica. Donde su estudio multicriterio genera la clarificación de pistas proyectuales que pueden utilizarse para el diseño de futuros proyectos en la Antártica.

Así, el tema de los espacios intermedios demuestra que crear lugares protegidos de los vientos fríos, pero cuya temperatura no supere los 3°C., sigue siendo capaz de acomodar varias funciones programáticas- predefinidas o no- mejorando al mismo tiempo el desarrollo de los habitantes de las bases.

En cuanto al diseño constructivo de estos espacios, puede ser garantizado por la malla metálica. Teniendo en cuenta que en algunas regiones del continente meridional, parece aconsejable añadir minerales una vez que se ha formado la primera capa de hielo. Esto prolonga el estado estático del hielo, y por lo tanto extiende la protección proporcionada a los núcleos construidos protegidos por la envoltura de hielo.

Finalmente, el dimensionamiento de los módulos que componen la envoltura en 4 tallas entre 4,5 m. y 0,56m. sirve para asegurar la durabilidad del sistema diseñado. Además, esto demuestra la posibilidad de diseñar la arquitectura para la Antártica pensando en los elementos constructivos a escala internacional para permitir una flexibilidad a largo plazo de las instalaciones, pero también una simplificación de los medios técnicos de sustitución y mantenimiento.

En conclusión, esta tesis en su conjunto ha aportado nuevos conocimientos sobre cómo reducir materialmente la expansión urbana en la Antártica a corto plazo, pero los resultados obtenidos también pueden adaptarse a otras regiones del mundo con ciertas similitudes climatológicas.

## BIBLIOGRAFÍA

Alençon Castrillón, R., & Kramm Toledo, F. (2008). *Acondicionamientos : Arquitectura y técnica (Serie arquitectura y técnica* (Pontificia Universidad Católica de Chile. Escuela de Arquitectura); 2). Santiago, Chile: Eds. ARQ.

Aldo van Eyck (1961) artículo *The medicine of reciprocity tentatively illustrated*. Fuente: Vincent Ligtelijn y Francis Strauven (ed.), Aldo Van Eyck: Collected articles and other writings.

Antognini Garfias, C., (2011) *Estación de investigación Antártica Inach*, Universidad de Chile

Banham, R. (2011), *Scenes in American Deserts: The vast and the empty*, EE.UU., en Landform Building: Architecture's New Terrain " Allan, Stan ed. Lars Müller

Bermejo, R. (1990), *Les ressources minérales de l'antarctique, mythe ou réalité ?*. en L'Antarctique et ses ressources minérales : Le nouveau cadre juridique. Graduate Institute Publications. doi :10.4000/books.iheid.4360

Braun, C. & Esefeld, J. & P., Hans-Ulrich. (2017). *Monitoring the consequences of local climate change on the natural resources of the ice-free regions of Maxwell Bay (King George Island, Antarctic)*, German Federal Environment Agency

Brodsky, A. (2012). *Everything is temporary*. Conferencia, ETH Zurich, www.architecturalpapers.com

Brooks, S.haun & Jabour, Julia & Van den Hoff, John & Bergstrom, Dana. (2019). *Our footprint on Antarctica competes with nature for rare ice-free land*. 10.1038/s41893-019-0237-y.

Convey P., Hughes A., Tin K. & T. (2012): *Continental governance and environmental management mechanisms under the Antarctic Treaty System: sufficient for the biodiversity challenges of this century?*, Biodiversity, DOI:10.1080/14888386.2012.703551

Corner, J. (1999), *Eidetic Operations and New Landscapes. Recovering landscape: essays in contemporary landscape architecture*. Princeton Architectural Press. Nueva York., EEUU

Corner, J. (1999), *The Agency of Mapping: Speculation, Critique and Invention*, GB. En "Mappings". Denis Cosgrove, ed. Reaktion Books

Débora Domingo-Calabuig, Ana Ábalos Ramos, Raúl Castellanos-Gómez (2013), Artículo "*The Strategies of Mat-Building*" AR - Architectural Review 08/2013

Dessibourg, O., (2020) artículo "*En Antarctique, les stations deviennent les porte-drapeaux des grandes nations*", en el periódico Le Monde. Francia

Edward .A.Arens, Philip. Williams. (1977), *The Effect of Wind on Energy Consumption in Buildings*, Environmental Impact Planning Corporation, EEUU

Fox, W. L. (2007), *Terra Antarctica: Looking into the Emptiest Continent*, Counterpoint,, Londres, Inglaterra

Friedman, Y. (2020), *L'architecture mobile: vers une cité conçue par ses habitants (1958-2020)*, ed. L'éclat, Alemania

Futura Planète (2020), *Planète Antarctique*, periodico futura-sciences.com

Gates y al, (1986), *Simulated Atmospheric Rime Icing of Some Wind Speed Sensors*, en *Journal of Atmosphere and oceanic technology* - Vol. 3. University of Alberia, EEUU

Gettelman A. y al (2006), "*Relative humidity over Antarctica from radiosondes, satellites, and a general circulation model*", en el *Journal of Geophysical Research*, Vol. 111, D09S13, doi:10.1029/2005JD006636, 2006

Goksoyr, E y E.-C.,(2017) *Plastic Island*, Suecia, tesis de magister, Universidad de Gotenburg press

Gombrich E. H. (1992), "Truth and the Stereotype an Illusion Theory of Representation " En: Philip Alperson (ed.), "*The Philosophy of the Visual Arts* ". Oxford University Press. pp. 72--87

Hans-Ulrich P. y al (2013), *The current environmental situation and proposals for the management of the Fildes Peninsula Region*, ed. Umweltbundesamt, Dessau - Rosslau, Alemania

Hemmings, Alan D. H.,(2011) *Why did we get an International Space Station before an International Antarctic Station?* , The Polar Journal, 5-16., www.semanticscholar.org

Jara Vargas Hernic, (2016) *EPAC - Estación Polar de Apoyo Científico para Glaciar Union*, Universidad de Chile

Journal officiel de la république française, (2018). *Décret no 2018-186* du 15 mars 2018, www.legifrance.gouv.fr/jo\_pdf.do?id=JORFTEXT000036714561.

Lacerda, A.L., Rodrigues, L.D., Sebillé, E.V., Rodrigues, F.L., Ribeiro, L., Secchi, E.R., Kessler, F., & Proietti, M.C. (2019). *Plastics in sea surface waters around the Antarctic Peninsula*. Scientific Reports, 9., www.researchgate.com

Lazzara y al (2012), artículo "*Fifty-year Amundsen-Scott South Pole station surface climatology*", en *Atmospheric Research* 11/2012, ed. Elsevier.

Lipenkov, V., Barkov, N., Duval, P., & Pimienta, P. (1989). *Crystalline Texture of the 2083 m Ice Core at Vostok Station, Antarctica*. *Journal of Glaciology*, 35(121), 392-398. doi:10.3189/S0022143000009321

Lüscher, Max (2014), *La Ley de la armonía en nosotros*, ed. Orjikh Editores, Santiago, Chile

Makkonen, L. (1994). *Ice and construction*. E & FN Spon, Londres, Inglaterra

Organización Mundial de la Salud. (2014). "*Combined or multiple exposure to health stressors in indoor built environments*". Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.

Palmai, G. (1963). *Psychological Observations on an Isolated Group in Antarctica*. *British Journal Of Psychiatry*, 109(460), 364-370. https://doi.org/10.1192/bjp.109.460.364

Pertierra LR, Hughes KA, Vega GC, Olalla-Tañrrega MA (2017) *High Resolution Spatial Mapping of Human*

*Footprint across Antarctica and its Implications for the Strategic Conservation of Avifauna*. PLoS ONE 12(1): e0168280. doi:10.1371/journal.pone.0168280

Protocolo de Madrid (1991), Secretario del Tratado Antártico, [www.ats.aq](http://www.ats.aq)

Slcasada (2018), *Free University Berlin: Team X and the Postwar University as an Ideal City*, NC State University press

Smithson, A. (1974), *How to Recognize and Read Mat-Building. Mainstream Architecture as it has Developed*

Tafforin, C. (2009). *Life at the franco-italian Concordia station in Antarctica for a voyage to Mars: Ethological study and anthropological perspectives*. Ethospace, Groupe de Recherches et d'Etude en Ethologie Humaine et Spatiale, Francia

Thorns, E. (2018). *Hiroshi Sambuichi: Tomo algo que a la gente le gusta, y los vuelvo aún más conscientes de ello*. [Hiroshi Sambuichi: 'I Take Something that People Already Like, and Make Them Even More Aware of It'] , Plataforma Arquitectura. (Trad. Marin, Camila) Accedido el 11 Ene 2021.

*Towards the Mat-Building*. Architectural Design. September, 1974.

Traducción del libro de Alexander von Humboldt - Ensayo sobre la geografía de las plantas (Stephen T. Jackson, Sylvie Romanowski), (2009) Von Humboldt, A., Bonpland, A. *Essay on the Geography of Plants*, The University of Chicago Press, EE.UU.

Tratado Antártico, (1959), Secretaria del Tratado Antártico, [www.ats.aq](http://www.ats.aq)

Ungers O.M., (1976), *Designing and Thinking in Images, Metaphors and Analogies*, en Morphologie: City Metaphors . Walther König, Köln, Alemania.

Wiley M. (2019), *Tourism in Antarctica has seen a 50% spike over the past four years, and luxury travel companies are tripping over each other in the race to capitalize on it*, artículo online en el periódico Business Insider

Zimmer, M., Cabral, J., Borges, F., Côco, K., & Hameister, B. (2013). "Psychological changes arising from an Antarctic stay: systematic overview. Estudos De Psicologia (Campinas)," 30(3), 415-423. <https://doi.org/10.1590/s0103-166x2013000300011>

## Base de Datos GIS

, Internation Association Antarctica Tour Operators. (2017). Data annual information, Londres

Programa de investigación noruego, Norsk Polarinstitut. - [www.npolar.no/quantarctica/](http://www.npolar.no/quantarctica/).

Programa de investigación estadounidense , United States Geological Survey - <http://maps.apps.pgc.umn.edu/antarctica/25>

## FILMOGRAFÍA

European Space Agency (2013) " Winter at the Concordia station in Antarctica".

Karkhu, J. (2020), *Antarctique : les Conditions de Vie sur une Base Scientifique*, [www.youtube.com](http://www.youtube.com)

Lund, C. (2017). *Sambuichi One with the Earth's Cycle* [Video]. Dinamarca: Louisiana Channel, Louisiana Museum of Modern Art.

Werner H. (2007) " *Encounters at the end of the World*".

## INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

Dirección Meteorológica de Chile - Servicios Climáticos, [www.climatologia.meteochile.gob.cl](http://www.climatologia.meteochile.gob.cl)

# ANEXOS

## 01 Entrevista con Bert Bücking, socio de BOF architekten, la oficina que construyó la base de Bharati (India) el 05 de junio 2020.

En resumen, ¿cuál era el concepto de la estación de Bharati?

Plug and play.

¿Cuáles fueron los principales criterios al diseñar la forma y la tipología?

Movilidad, durabilidad, redundancia, prefabricación, comodidad, una temporada para la construcción.

En cuanto al tema de la movilidad, las restricciones locales llevaron el proceso de diseño inmediatamente hacia una solución constructiva prefabricada. El respeto al Tratado Antártico también hizo necesario pensar en la "ingeniería sostenible". La seguridad es realmente importante porque las personas que se alojan en la estación deben ser capaces de ser autónomas durante meses en caso de problema, ya que la mayoría de las estaciones están totalmente aisladas geográfica y logísticamente durante el período invernal. Por lo tanto, la maquinaria debe ser redundante para asegurar un funcionamiento continuo. En el caso de la base de Bharati, tuvimos que instalar la misma máquina tres veces para que sólo se utilizara una. Se trataba de tener dos en reserva en caso de incendio o de problemas técnicos que no se pudieran resolver en el lugar. La duración de la construcción es también uno de los principales criterios.

De hecho, la mecánica actual de los elementos técnicos es tan sensible a las temperaturas por debajo de 0°C., que la construcción debe ser completada durante la temporada de verano, que sólo dura cuatro meses. Por lo tanto, los módulos y las unidades prefabricadas

son las únicas soluciones de construcción. Por lo tanto, el uso de containers para el transporte y la construcción era la mejor solución.

Las construcciones actuales en la Antártica tienen una envolvente aislada para combatir las condiciones climáticas y están sobre pilares para que no sean enterrados por la nieve que se ha acumulado debido al efecto "Snow Drift". Otro tipo de estructura es construir una estación en los esquís, como la estación británica Halley 6. Pero en realidad, el sistema no funcionó bien. De hecho, la base fue transportada una vez a 20 km, pero esto llevó seis meses.

¿Cuáles fueron las ventajas de utilizar containers para el proyecto?

La mayor ventaja de utilizar containers para este proyecto es que el 80% de la construcción se puede hacer durante el proceso de prefabricación en el continente (en nuestro caso en Alemania). Los containers se utilizan como maletas para transportar productos y luego sirven como estructura primaria de la base. La versión alta (HC) de los containers marítimos es suficiente para proporcionar una altura cómoda (2,45 m. terminada) para el residente de la estación. Luego, en un segundo paso, se construye un caparazón alrededor de los containers para proteger el núcleo de las condiciones climáticas.

Sin embargo, en nuestro caso nos quedamos sin tiempo, así que construimos sólo una maqueta de la parte más complicada del edificio en Alemania antes de enviar todos los materiales en un barco al sitio en la Antártica. Una vez en el lugar, no hay puerto, así que se descargan los containers directamente en el hielo congelado. Esto puede ser complicado porque, en caso de problema, el transporte de los containers por helicóptero o avión es muy caro.

En nuestro caso, tuvimos que usarlo para mover alrededor del 10% de los containers porque se nos estaba acabando el tiempo porque el barco de transporte se atascó en el hielo. Cabe señalar que el helicóptero sólo puede cargar containers de 20 pies. Por lo tanto, es importante tener en cuenta esta variable al diseñar una nueva base.

Este fue uno de los principales argumentos para usar containers de 20' en lugar de 40'. Además, la forma de la estación sólo era posible con containers de 20 pies como nosotros. En efecto, éstas permitieron un cambio en las circulaciones internas del edificio sin generar una deformación morfológica no aerodinámica del proyecto. Para asegurar la calidad de la

resistencia de la base contra vientos fuertes, se probó un modelo en un túnel de viento para comprender la presión en la fachada y las propiedades aerodinámicas del volumen diseñado.

### **¿Qué te inspiró a diseñar la base de Bharati?**

La influencia del diseño viene de mis estudios en la universidad. El tema principal que me interesaba no eran los containers, sino las estructuras modulares de Archigram, así como el metabolismo de la Torre de Cápsulas en Tokio. Después de mis estudios, nunca pude construir un proyecto en mi carrera hasta el proyecto de la base de Bharati.

### **¿Cómo tuvo que lidiar con dos diferencias culturales, la india y la alemana, durante todo el proceso?**

Cuando empezamos el proyecto, yo personalmente me hice la misma pregunta. Sin embargo, fue el mejor trabajo en equipo que he tenido. Al principio necesitábamos adaptarnos, y luego las diferencias entre el rigor del pensamiento alemán y la capacidad de adaptación de los indios realmente encajaban.

Cuando se construía la base de Bharati, la estación más cercana era una base rusa y nos ayudaron cuando lo necesitábamos. Sin embargo, en nuestro proceso de construcción de la nueva base rusa (base de Vostok), el proceso de diseño fue diferente.

### **¿Cuáles fueron las principales limitaciones para llevar al sitio los materiales necesarios para la construcción?**

El tiempo de acceso a la obra era corto y el peso estaba limitado para el transporte en avión, 4,5 t máximo.

### **¿Qué normas de construcción utiliza para el diseño y la construcción en la Antártica?**

Utilizamos las normas europeas porque nos resulta más fácil, sin embargo, no diría que son las mejores. Una vez más, el Tratado Antártico no dice nada sobre las normas, pero se debe hacer todo lo posible para asegurar que la construcción tenga la capacidad de ser removida del lugar donde se construye. Y así, aunque sabemos que las dimensiones de los containers no son funcionales, especialmente para el diseño de los espacios vitales, son un tipo de módulo de vivienda que es fácil de mover. Son la mejor solución constructiva que

puede ser transportada tan fácilmente en las naves.

### **¿Cuáles son los principales problemas energéticos?**

El uso de combustibles fósiles fue necesario porque la estación está abierta todo el año. Para el concurso de diseño de una nueva estación para Brasil, buscamos producir suficiente energía sólo a partir del viento. Sin embargo, el problema era que no podíamos garantizar que tendríamos suficiente viento cada día, así que calculamos el volumen de una batería para ahorrar una semana de energía. Esta habría tenido el mismo volumen que la nueva estación... Actualmente, el diesel y el queroseno deberían ser, por lo tanto, la principal fuente de energía, pero se pueden añadir paneles solares o turbinas de viento para minimizar el impacto ambiental.

También debemos añadir un punto sobre la necesidad de suministro de humedad a través de un sistema de aire acondicionado, para asegurar un mejor confort para los usuarios, y así evitar las consecuencias de las molestias para los usuarios (dolor de ojos, etc.). También se ha instalado un sistema de desalinización en la base para proporcionar suficiente agua potable.

### **¿Cómo diseñó el edificio principal para que fuera cómodo para vivir?**

Diseñamos el proyecto preliminar con la comodidad en mente. Sin embargo, nos sorprendió el plan de asignación de habitaciones que el Programa Antártico Indio nos pidió que diseñáramos porque estaba compuesto por muchas salas de entretenimiento, como una sala de ping-pong y una sala de fitness. La explicación se puede entender a través de la película de Werner Herzog "Encuentros en el fin del mundo" (2007), en la que hay una extraña percepción de cómo la gente actúa y vive en la Antártica.

### **¿Tiene una historia específica que contar sobre la arquitectura interior?**

Las habitaciones contienen 2 camas individuales. Ambos se utilizan durante los programas de verano y sólo uno durante las temporadas de invierno. Dentro de las tipologías de base, se han reunido 12 containers para crear una gran sala de estar, y la estructura para ello está escondida en el techo. El revestimiento de las columnas se realizó en el sitio y toda la construcción es de acero.

### **¿Cuál era la idea de crear espacios residuales entre el cuerpo del edificio y su envolvente?**

Lo llamamos "interespacio" o "casa en casa". Colocamos los elementos técnicos y también fue una solución para resolver el problema de la humedad entre la atmósfera húmeda y la cálida en el interior, que contrasta con el frío (hasta -40°C) y el clima seco del exterior.

Tesis de sobres prefabricados para la construcción de containers.

### **¿Cree que hay una posibilidad de que la arquitectura en la Antártica pueda ser más flexible?**

Me gustaría decir que sí, pero creo que no. Debido al necesario equilibrio entre los dos temas siguientes; el primero es crear una base de alta densidad que ayude a tener superficies de fachada bajas que puedan reducir el consumo de energía, y el segundo es la seguridad contra incendios. Sin embargo, con el tamaño del módulo Halley 6, podrían ser fácilmente movidos. Así que la solución única sería tener containers de hasta 20 pies de tamaño para que puedan ser transportados por avión o helicóptero.

### **¿Podría la creación de una envolvente prefabricada y modular contribuir a la generalización de esta flexibilidad constructiva?**

En el campo de la construcción en la Antártica, el revestimiento de la fachada debe ser lo más grande posible porque cada agujero se convertirá en un problema en el futuro. Pero la idea de diseñar las dimensiones de los módulos según las dimensiones internas de los containers parece inteligente.

### **¿Puede darnos algunos detalles técnicos sobre la fachada de la base de Bharati?**

El aislamiento del panel de fachada estándar de la casa de refrigeración, Romanowski PUR. La materialidad de los elementos que cubren la fachada son de acero galvanizado. El grosor del aislamiento es de 8 cm para el propio contenedor y de 17 cm para la pared exterior (base de Bharati). Para la base de Vostok, el grosor de la envolvente se ha adaptado a la temperatura más fría con un grosor de 25 cm. Pero es bueno entender que la producción de electricidad para una base antártica crea tanto calor que no es necesario tener un gran espesor de aislamiento para calentar el espacio lo suficiente.

## **02\_ ENTREVISTA CON GAÉTAN HEYEMS**

### **(CIENTÍFICO FRANCÉS) DE LA BASE DUMONT D'URVILLE, EL 14 DE NOVIEMBRE 2020**

#### **¿Se quedó en otras bases durante su estancia en la Antártica?**

No, sólo me quedé en Dumont d'Urville en Terre Adélie.

#### **¿Cuál fue la duración total de su estancia?**

Un año, del 9 de diciembre de 2018 al 8 de diciembre de 2019

#### **¿Cuál era su trabajo dentro de la base?**

Jefe de la estación de Météo France, a cargo de un equipo de 3 personas

#### **¿Cuántas personas eran en promedio en la base?**

Cuando se llega en diciembre, es la campaña de verano, hay unas 50 personas en la base, hasta 80/90 durante la rotación del barco de suministros, y 23 durante el invierno, desde finales de febrero hasta principios de noviembre.

#### **¿Cuánta gente estaba promediando por habitación?**

Tenía mi propia habitación, compartida por unos días con mi predecesor/sucesor.

#### **En su opinión, ¿ha sentido algún efecto mental y físico debido a las condiciones de vida dentro y fuera de la base?**

La duración del día afecta al comportamiento, incluyendo el sueño y el estado de ánimo. En el verano, con el día polar, el sueño perturbado, la plena forma física. En medio del invierno, ocurre lo contrario.

Desde un punto de vista fisiológico, estamos bien equipados para hacer frente al frío, siempre

que seamos cuidadosos y comprobemos las condiciones meteorológicas antes de salir. A nivel físico, he hecho deportes de interior. En el plano mental, en este contexto nos afecta a menudo el síndrome mental de invernada, es decir, que por el hecho de estar aislados en una burbuja en un ambiente extremo, nuestro comportamiento social se ve algo alterado. Pero esto no es algo penalizador, mientras permanezcamos aislados. Es la transición al final lo que puede ser un poco difícil.

**¿Tiene la impresión de que las diferencias de temperatura entre el interior y el exterior todavía tienen el efecto de romper la monotonía del confinamiento?**

Sí, son dos mundos diferentes. No se sale sin guante y gorro en invierno, con mal tiempo, una máscara, con mucho frío, pares extra de calcetines, calentadores, guantes extra... y cuando el sol está cayendo, indispensables gafas de gato 4 y crema solar..

**¿Cuáles fueron las actividades sociales que ayudaron a mejorar la cohesión entre las personas que se quedaron en la base?**

El "Medio Invierno", una tradición en la Antártica que es para celebrar el solsticio de invierno. Muchos eventos en esta ocasión, juegos al aire libre, fiestas de disfraces. También hay competiciones con otras bases: los "juegos australianos" que reúnen a las diferentes bases francesas subantárticas + antárticas en eventos deportivos o no deportivos, el Festival de Cine Antártico, un momento de intensa creación artística para realizar dos cortometrajes en competencia con las otras bases antárticas.

Y luego en la vida cotidiana, la comodidad de la estancia, donde tomamos las comidas y pasamos las tardes viendo una película, o jugando al billar o a los dardos. Las actividades en grupos pequeños también ayudan (emisiones en una estación de radio amateur, salidas en grupo en témpanos de hielo, etc.).

**¿La arquitectura del lugar ha influido en su vida en la comunidad? Si es así, ¿a qué nivel en una escala de 10?**

A decir verdad, nunca he hecho el comentario, pero sigue siendo importante. Yo diría que 4 de cada 10. Los edificios están separados porque el principal riesgo es el fuego. El techo está hecho de chapa especialmente perfilada para adaptarse a las condiciones de viento a veces extremas. La nieve que se acumula a favor del viento en los edificios a menudo tiene

que ser removida. Otras bases tienen edificios sobre zancos, o sótanos; este no es el caso de la base de Dumont D'Urville.

**En su opinión, ¿hay actividades que podrían llevarse a cabo en espacios entre el interior y el exterior de la base, a una temperatura de 0°C, pero protegidas del viento?**

Entonces la temperatura exterior es mucho menos de 0°C en invierno, la temperatura media durante todo el año es de -12°C, y durante los meses más fríos es más bien de -18°C.

**Si se crean espacios intermedios a una temperatura de 0°, ¿qué funciones podrían tener, los ve como espacios individuales o comunitarios, y qué funciones podrían tener estos espacios intermedios (un tipo de deporte, almacenar equipos, aparcar vehículos, ...)?**

Pienso inmediatamente en ciertas ocasiones, cuando es de día y está soleado: un espacio dedicado a la relajación, o dedicado al trabajo, por lo tanto más comunal: equipo deportivo, almacén técnico, etc....

### 03. CONSTRUCCIONES PRESENTES EN LA PENÍNSULA ANTÁRTICA

Análisis de los años de construcción, funciones, número de turistas anuales, capacidad de alojamiento y temperaturas medias de las infraestructuras científicas y militares de la Península Antártica (clasificadas según la latitud).

Latitud	Nombre	Fechas	util. anual	Staff - log.	Científico	Acceso aero	Tourismo	season 2018-2019	max capacidad	temp. promedio
-60°	Orcadas	1903						2265	65	-3.6
	Signy	1947						37	8	-2.2
	Signy (H), Gran Bretaña	1947	Estacions Historicas							
	Sandefjord Bay (C), Gran Bretaña	1946-1946	Estacions Historicas							
	Carlini	1953						382	80	-1.6
	Camara	1953							22	-2.4
-62°	Decepcion	1948						635	30	-3
	Ferraz	2020							56	-2
	ST-Kliment Ohridski	1988							22	-9.8
	Frei	1969						7568	150	-2.3
	Prat	1947							30	-2.3
	Prof. Julio Escudero	1975							90	-2.3
	Dr. Guillermo Mann	1966							8	0.4
	Ripamonti	1982							4	-
	Risopatrón	1949							6	-2.3
	Great Wall	1994						8370	60	-2.5
	Maldonado	1990							34	-
	Dallmann	1994							16	-2.4
	Machu Picchu	1989							30	2.1
	Henryk Arctowski Alargada	1977						2857	40	-1.6
	King Sejong	1988							68	-1.8
	Bellingschausen	1968						1887	40	-2.8
	Gabriel de castilla	1990							36	-0.7
	In. field camp	siglo 19							12	-2.5
	Juan Carlos 1	1988							50	-2.5
	Artigas	1984							60	-0.9
	Decepción, Argentina	1948-1969	Estacions Historicas							
	Admiralty Bay (G), Gran Bretaña	1949-1960	Estacions Historicas							
	Václav Vojtěch, Czech Republic	1989-1997	Estacions Historicas							
	Teniente Cámara, Argentina	1953-1959	Estacions Historicas							

Latitud	Nombre	Fechas	util. anual	Staff - log.	Científico	Acceso aero	Tourismo	season 2018-2019	max capacidad	temp. promedio
	Deception Island (B), Gran Bretaña	1944-1967	Estacions Historicas							
	Presidente Pedro Aguirre Cerda, Chile	1955-1967	Estacions Historicas							
	Petermann Island, France	1909-1909	Estacions Historicas							
	Ferraz	1984-2012	Estacions Historicas							
	Monte Friesland		Hitos Geograficos							
-63°	Esperanza	1952						1259	90	-4.5
	Petrel	1952							45	-7.1
	O'Higgins	1948						652	60	-9.8
	Gregor Mendel	2006							20	-6.8
	Ruperto Elichiribehety	trans. 1997							8	-4.8
	Petrel, Argentina		Estacions Historicas							
	Hope Bay (D), Gran Bretaña		Estacions Historicas							
	View Point (V), Gran Bretaña		Estacions Historicas							
	Monte Foster		Hitos Geograficos							
	Monte Taylor		Hitos Geograficos							
	Primer aterrizaje reclamado	1821	Hitos Geograficos							
	Primer avestamiento	1820	Hitos Geograficos							
-64°	Brown	1951						25302	22	-2.4
	Marambio	1969							165	-7.9
	Matienzo	1961							12	-5
	Melchior	1947					18	15	-2.9	
	Primavera	1978						18	-3	
	Gabriel González Videla	1951					11037	15	-6.7	
	Yelcho	1962						28	2	
	Palmer	1968					2361	46	-2	
	Melchior, Argentina	1947	Estacions Historicas							
	Snow Hill, Suecia	1902-1903	Estacions Historicas							
	Primavera, Argentina	1978-1981	Estacions Historicas							
	Portal Point (J), Gran Bretaña	1957-1957	Estacions Historicas							
	Metchnikoff Point, Gran Bretaña	1984-1984	Estacions Historicas							
	Danco Island (O), Gran Bretaña	1956-1958	Estacions Historicas							

Latitud	Nombre	Fechas	Utilización					season 2018-2019	max capacidad	temp. promedio
			util. anual	Staff - log.	Científico	Acceso aero	Tourismo			
-65°	Presidente Gabriel Videla	1951								
	Almirante Brown, Argentina	1951								
	Port Locktoy (A), Gran Bretaña	1944-1963								
	Anvers Island (N), Gran Bretaña	1955-1957								
	Monte Haddington									
	Vernadsky	trans. 1995					6021	24	3.8	
	Matienzo, Argentina	1959								
	Booth Island, Francia	1959-1975								
	Winter Island, Gran Bretaña	1935-1960								
	Prospect Point (J), Gran Bretaña	1957-1958								
-66°	Detalle Island (W), Gran Bretaña	1956-1958								
-67°	Carvajal	1961						46	-9.8	
	Dirk Gerritsz	2013						10	-5	
	Rothera	1975					142	136	-3.7	
	Horseshoe Island (Y), Gran Bretaña	1955-1969								
	Adelaide (T), Gran Bretaña	1961-1976								
-68°	San martin	1951					91	21	-4	
	Stonington Island (E), Gran Bretaña	1945-1974								
	East Base, Estados Unidos	1940-1948								
-69°	Wordie Ice Shelf									
-71°	Fossil Bluff Camp	1961						8	-	
	Fossil Bluff (KG), Gran Bretaña	1961-1975								
	Monte Jackson									
-73°	Monte Coman									
-74°	Sky blue Camp	1993						8	-	
	Monte Rex									
-75°	Eights, Estados Unidos	1964-1964						8	-	

## 04\_ ANÁLISIS TÉRMICO SIN Y CON UNA CAPA DE HIELO (U-WERT)

### Mur extérieur

Mur extérieur  
établi le 21.10.2020

#### Isolation thermique

U = 0,15 W/(m²K)

MuKEn14 Umbau\*: U<0,25 W/(m²K)

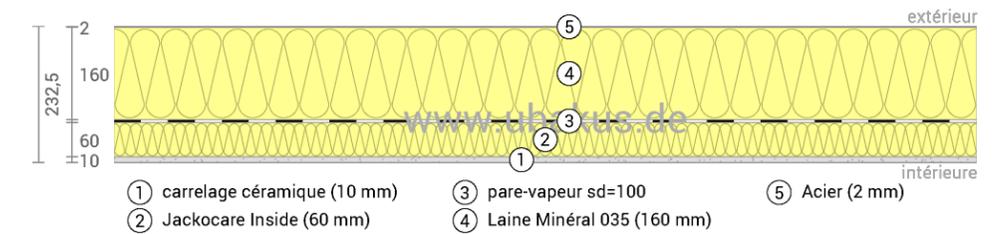
bon mauvais bon mauvais bon mauvais

#### Hygrométrie

Sèche en 91 jours  
Condensation: 7,9 g/m²

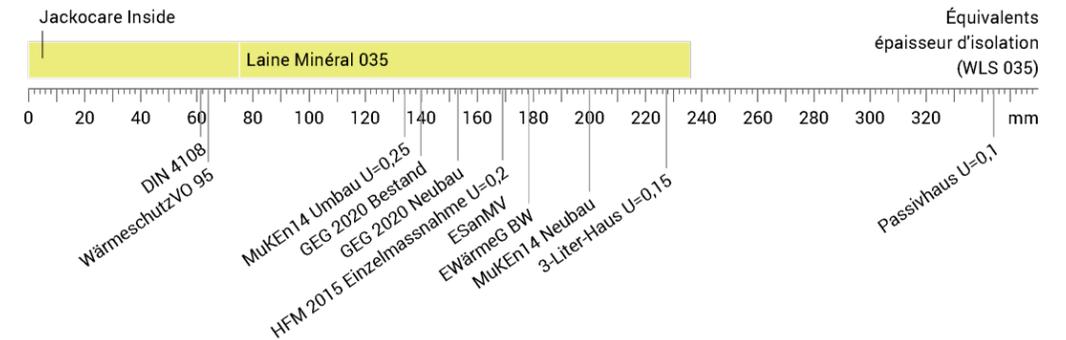
#### Confort d'été

Atténuation d'amplitude thermique: 9,6  
Déphasage: 7,1 h  
Capacité de chaleur interne: 19,4 kJ/m²K



### Effet d'isolation de couches individuelles

Pour la figure ci-dessous, les résistances thermiques des couches individuelles ont été converties en millimètre d'épaisseur d'isolation. L'échelle se réfère à une isolation de conductivité thermique de 0,035 W/mK.



Air ambiant: 22,0°C / 40%  
Air extérieur: -2,1°C / 89,1%  
Temp. de surface: 21,1°C / -2,0°C

Valeur sd: 2105,3 m

Épaisseur: 23,2 cm  
Poids: 41 kg/m²  
Capacité thermique: 30 kJ/m²K

# Mur extérieur

MUR EXTERIEUR  
établi le 21.10.2020

## Isolation thermique

**U = 0,14 W/(m²K)**

MuKEN14 Umbau\*: U<0,25 W/(m²K)

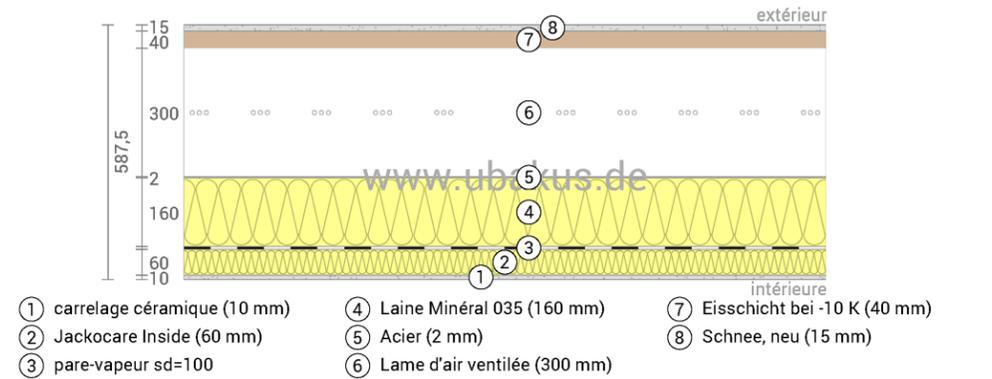


## Hygrométrie

Sèche en 91 jours  
Condensation: 7,9 g/m²

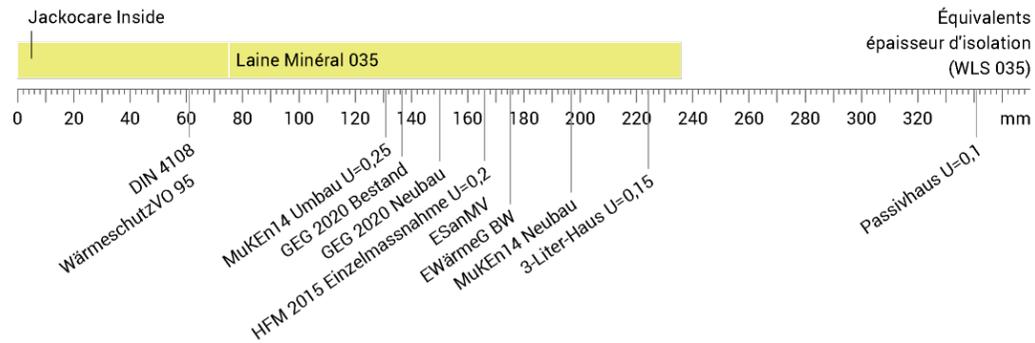
## Confort d'été

Atténuation d'amplitude thermique: 9,6  
Déphasage: 7,1 h  
Capacité de chaleur interne: 19,4 kJ/m²K



## Effet d'isolation de couches individuelles

Pour la figure ci-dessous, les résistances thermiques des couches individuelles ont été converties en millimètre d'épaisseur d'isolation. L'échelle se réfère à une isolation de conductivité thermique de 0,035 W/mK.



Air ambiant: 22,0°C / 40%  
Air extérieur: -2,1°C / 89,1%  
Temp. de surface: 21,1°C / -2,0°C

Valeur sd: 2105,3 m

Épaisseur: 58,8 cm  
Poids: 81 kg/m²  
Capacité thermique: 30 kJ/m²K

\*Comparaison avec les valeurs limites selon MuKEN14, art. 1.7 al.2 pour les conversions pour opake Bauteile gegen Aussenklima oder weniger als 2 m im Erdreich. Page 1

*Gracias a las personas de Chile y de Suiza que me apoyaron para que pudiera aprovechar la oportunidad de venir a estudiar una nueva cultura arquitectónica.*

