

# EPAC

---

ESTACIÓN POLAR DE APOYO CIENTÍFICO PARA GLACIAR UNIÓN

**HERNIC JARA VARGAS**

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO | UNIVERSIDAD DE CHILE

UNIVERSIDAD DE CHILE  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo



#### GRADECIMIENTOS

...al mi profesor guía Francis Pfenniger por orientar este largo proceso en una temática poco común.

...al Coronel Rafael Castillo (Ministerio de Defensa), a Luis Ferrada (derecho antártico) y Carolina Martínez (Domos.com) por proporcionarme la información técnica necesaria para poder desarrollar este proyecto.

...a mis amigos, por todo el apoyo brindado durante el desarrollo de esta etapa final y de cierre de mi formación.

...a mi familia, por creer siempre en mí hasta el final y entregarme el apoyo incondicional necesario.

...a la curiosidad...

Gracias por inculcar en mí ese deseo afanoso de explorar lo desconocido...

**INDICE**

<b>0. Presentación .....</b>	<b>9</b>
0.1. Motivaciones .....	10
0.1. La Fabricación Digital y su aplicación en la Arquitectura.....	10
La Arquitectura en Zonas Extremas como Foco a Desarrollar .....	11
0.2_Tema .....	11
Arquitectura Antártica de Apoyo Científico.....	11
0.3_Lugar .....	11
Glaciar Unión, Antártica .....	11
<b>2. Arquitectura en Zonas Extremas .....</b>	<b>13</b>
2.1. Chile y su territorio Extremo .....	14
2.2. La Antártica .....	14
Geografía.....	14
Sustrato .....	14
Clima .....	15
2.3. Asentamientos Antárticos.....	17
Según Escala del Asentamiento.....	17
Según Agrupación del Asentamiento.....	17
Según Tipología del Asentamiento .....	17
2.4. Tipos de habitantes Antárticos .....	18
2.5. Requerimientos de la Habitabilidad Antártica .....	18
2.6. Para habitar zonas extremas (Antognini, 2010) .....	19
El Hábitat .....	19
El Habitante .....	20
Habitar .....	21
2.7. Interrelación de Conceptos.....	23
2.8. Puntos importantes a considerar .....	24
Habitabilidad Antártica.....	24
Antártica como lugar de interés .....	24
Aspectos Negativos del Habitar.....	24
Aspectos del Hábitat.....	24
Aspectos de las Bases .....	25
Aspectos de la Construcción.....	25
Resumen de Aspectos .....	25
<b>3. El Lugar: Glaciar Unión .....</b>	<b>27</b>
3.1. Condiciones y Aspectos Generales .....	29
Exploraciones Antárticas.....	29
De Patriot Hills a Glaciar Unión.....	29

Inauguración y Puesta en Marcha Glaciar Unión.....	29
Creación de la Oferta antes de la Demanda.....	30
3.2. Potenciales de EPCCGU .....	30
Cercanía al Polo Sur .....	30
Implementación y Mantenimiento.....	30
Investigación .....	31
3.3. ¿Por qué Glaciar Unión? .....	31
Intereses Estatales.....	31
Dotación de bases existentes .....	31
Proyección Territorio Chileno Antártico .....	32
Análisis proyección hacia el interior del Territorio Chileno Antártico .....	32
3.4. ¿Qué hay en Glaciar Unión? .....	33
Vehículos.....	33
Área de Mantenimiento y Apoyo .....	34
Área de Residuos .....	34
Área Científica .....	34
Área de Mando y Operaciones.....	34
Área de Abastecimiento .....	34
Área Energética.....	34
Área de Sanidad.....	34
<b>4. La Problemática.....</b>	<b>35</b>
4.1. Características fundamentales de la actual EPCCGU (Carácter móvil y el factor “Despliegue – Repliegue”).....	37
Dotación e Infraestructura.....	37
El Habitar.....	37
4.3. Zona escogida para la intervención .....	38
Cuadrante Glaciar Unión .....	38
4.4. Condiciones físicas del Hábitat en Glaciar Unión.....	40
Aspectos Naturales.....	40
Labor de Investigación.....	41
<b>5. La Propuesta .....</b>	<b>43</b>
5.1. Cuestionamientos Iniciales .....	45
¿Cómo optimizar la instalación existente? .....	45
¿Cómo mejorar el traslado?.....	45
5.2. EPAC   Estación Polar de Apoyo Científico para Glaciar Unión .....	45
Desglose de Programa Arquitectónico Funcional .....	45
Aspectos a considerar en la Propuesta.....	46

5.3. EPAC   Conceptualización.....	49
Oasis Polar Científico .....	49
Simulación y Reinterpretación de entorno Urbano: La Ciudadela Antártica.....	49
Los Patios como espacios comunes.....	50
Los traslados y tiempo de pausa.....	50
5.4. EPAC   Proceso de Diseño.....	50
Estructuración del Programa.....	50
Distribución de los Hábitats .....	54
Moldeado de Forma Aerodinámica.....	55
Los Referentes de Arquitectura Antártica .....	56
5.6. EPAC   Criterio Estructural y Constructivo .....	58
Entramados de Bóvedas, Domos y Cúpulas.....	58
Estructuras Inflables.....	59
Prefabricación, Transporte y Montaje.....	61
<b>6. Anexos.....</b>	<b>65</b>
6.1. Planimetrías .....	66
6.2. Vistas .....	71
<b>7. Bibliografía .....</b>	<b>73</b>
Referencias .....	74



## Abstract

La tecnología e innovación en la construcción cada vez explora nuevos nichos de acción en pos de superar los límites de lo que es posible construir y en donde construir. La tarea de construir se está dirigiendo hacia sectores en donde antes no se dominaban con tanta experticia, como es el caso de las construcciones en zonas extremas. A nivel nacional Chile se caracteriza por tener una amplia diversidad de zonas geo-climáticas, algunas catalogadas como extremas; sin embargo existe una zona en particular, fuera de Chile continental, considerado como la zona más extrema de Chile y del mundo, ésta es la Antártica.

La Antártica se caracteriza por su condición extrema sin igual en el planeta, sus casi permanentes temperaturas bajo cero, sus huracanados vientos, su aridez ambiental y su difícil acceso y estadía la convierten en un verdadero laboratorio de prueba para la arquitectura extrema. A nivel nacional, se ha adquirido un especial interés por expandir la soberanía de Chile en este territorio, en conjunto con reforzar los nichos de investigación científica-ambiental en la zona. Bajo este contexto los esfuerzos se centran en el fortalecimiento de una base en particular que se encuentra en un sector que solo pertenece a Chile, el sector de Glaciar Unión.

Glaciar Unión es la única base chilena que está situada dentro del Círculo Polar Antártico, y la más cercana al polo sur a nivel nacional. Un difícil acceso y las extremas condiciones geo-climatológicas de la zona proponen un desafío para la arquitectura que debe de dar soporte a las actividades científicas de la zona. La tecnología, tanto de materiales como de prefabricación, ha podido incursionar en el área para dar respuesta parcial a estas necesidades; sin embargo las condiciones actuales de la base en Glaciar Unión presentan una serie de problemas que afecta la calidad de vida de los habitantes y limita el desempeño de las labores en la zona. Es aquí donde este proyecto da respuesta a la problemática analizada mediante el diseño de una Estación Polar de Apoyo Científico para la Glaciar Unión (EPAC).

La EPAC toma el concepto de un "Oasis Polar Científico", incorporando elementos de carácter urbano, a modo de "Ciudadela Antártica", en un diseño de un "entorno" más que un "edificio". Se pone en principal valor el modo del habitar científico, el espacio libre, las zonas abiertas y los espacios comunes, todo esto al interior de un ambiente refugiado de las duras condiciones exteriores. El proyecto se organiza, a modo externo, en respuesta a las condiciones naturales del entorno mediante una disposición en línea y fragmentada, que definen diferentes "hábitats" según la naturaleza de su función. Cada hábitat se organiza en base a patios como espacios comunes, de encuentro y convivencia, proporcionándole al habitante un mejor habitar al otorgarles condiciones de vida inexistentes en el entorno antártico.





## 0. Presentación



Caravana científica sobre motos Ski Doo  
(Fuente: elnuevoherald.com)

## 0.1. Motivaciones

La temática del Proyecto de Título nació a partir de la continuidad del trabajo personal realizado en el seminario de investigación<sup>1</sup>. A partir de lo aprendido y desde ésta investigación, es que se extrajo una serie de aspectos posibles a desarrollar dentro del Proyecto de Título.

### 0.1. La Fabricación Digital y su aplicación en la Arquitectura

Se entiende como fabricación digital a la elaboración de elementos reales a partir de un medio virtual mediante la tecnología CAD/CAM<sup>2</sup>. La base es el traspaso de un elemento modelado por computador, que se transforma en datos de comandos a realizar por una máquina CNC<sup>3</sup> automatizada, la cual elabora el elemento idénticamente a como este fue diseñado.

Los procesos operacionales del Fabricación Digital se realizan de manera simple y repetitiva, con lo cual se pueden obtener los mismos resultados que con un proceso tradicional, pero con una optimización de las tareas y el uso de recursos. Con esto se busca mejorar el proceso constructivo mediante métodos automatizados elementales, los cuales pueden contener un menor margen de error y mayor capacidad de control, aportando así a la calidad final de la obra.

### Posibles respuestas a Problemáticas Arquitectónicas desde la Fabricación Digital

En aspecto general, la fabricación digital provee de un sistema y un medio para poder llevar a cabo elementos y/o estructuras con las siguientes características:

- > De rápida elaboración.
- > De producción personalizada en serie.
- > De fácil y rápido traslado, armado y ensamble.
- > De flexibilidad formal.
- > De bajo uso de mano de obra.
- > De poco traslado de material constructivo.
- > De poco tiempo de tareas en faena in situ.

A partir de una especialización de los procesos de fabricación digital se pueden ajustar sus potencialidades para poder cubrir requerimientos en los siguientes campos:

- > Componentes de forma libre
- > Muros funcionales
- > Paneles acústicos
- > Paneles de revestimiento
- > Edificaciones de bajo impacto ambiental.

<sup>1</sup> Trabajo referido al Seminario de Investigación “El aporte de la tecnología CAD/CAM a la calidad de los procesos constructivos de la vivienda en Chile”. Hernic Jara Vargas. 2014. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile.

<sup>2</sup> Se entiende por CAD/CAM a la relación entre el diseño asistido por computador y la manufactura asistida por computador.

<sup>3</sup> La sigla CNC se refiere al Control Numérico Computarizado que permite el manejo de máquinas automatizadas.



Imagen 1: Impresora 3D que utiliza la tecnología aditiva para realizar un prototipo material de un diseño virtual. (Fuente: 20minutos.es)

- > Edificaciones de bajo costo.
- > Edificaciones por partes con posterior ensamble.
- > Edificaciones bélicas y de defensa.
- > Edificaciones de emergencia.
- > Edificaciones en territorio hostil o de condiciones adversas y/o extremas.
- > Edificaciones con servicios básicos integrados.
- > Vivienda de emergencia.
- > Estructuras de almacenaje.
- > Campamentos de investigación.
- > Campamentos Mineros.
- > Estructuras y cierres provisorios.
- > Apoyos de sacrificio.
- > Elementos de división y cierre personalizable.

## La Arquitectura en Zonas Extremas como Foco a Desarrollar

Basándose en los campos de aplicación nombrados anteriormente, se considera pertinente abordar una temática acorde a las potencialidades de esta tecnología. Centrándose específicamente en el desarrollo de una arquitectura en zonas extremas, puesto que es en esta área en donde se considera que se podría sacar más provecho a los atributos de la fabricación digital.<sup>4</sup>

---

### 0.2\_Tema

#### Arquitectura Antártica de Apoyo Científico

Se decide generar un proyecto inserto dentro del campo de las estructuras científicas antárticas, inmersas en un entorno hostil y de condiciones geo-climáticas extremas a nivel mundial. El proyecto se define como una Estación Polar de Apoyo Científico (EPAC), de estadía permanente, funcionamiento estival ampliado, de bajo impacto territorial, de diseño compacto y configuración disgregada.

---

### 0.3\_Lugar

#### Glaciar Unión, Antártica

Se proyectará dentro del cuadrante operativo de Glaciar Unión, dotada actualmente de un campamento base en funcionamiento desde su inauguración en el 2004. El sector se caracteriza por sus bajas temperaturas, fuertes vientos y aridez, lo cual imposibilita el uso de arquitectura tradicional. Glaciar Unión es un sector dentro de la Antártica de exclusiva soberanía chilena, y a tan solo 1080 km del polo sur geográfico. El sector cuenta con una riqueza científica avalada por el INACH (Instituto Nacional Antártico Chileno).

---

<sup>4</sup> Las zonas extremas se caracterizan por un difícil acceso, complicadas condiciones de faena in situ, complicaciones para disponer de un gran número de personal en terreno, condiciones geográficas y climáticas hostiles, entre otras; las cuales serán explicadas en mayor profundidad solo para el caso del terreno seleccionado.



Imagen 2: Los Polos fríos. El Ártico y el continente Antártico. (Fuente: Google Earth)



## 2. Arquitectura en Zonas Extremas



Caminata sobre hielo de Glaciar Unión  
(Fuente: elnuevoherald.com)



## DATOS ANTÁRTICA

Superficie: 14.000.000 km<sup>2</sup>  
 Área libre de hielo durante el verano: 280 000 km<sup>2</sup>  
 Temperatura: Min.-93°C | Max. 12°C  
 Altura Media: 2000 msnm  
 Altura Máx: 4897 msnm (Macizo Vinson)  
 Humedad Relativa: Costero 12% | Interior <5%  
 Velocidad del Viento: Hasta 350 km/h  
 Precipitaciones: 00 mm. nieve = 30 mm. agua  
 Instalaciones científicas: 65 Bases | 30 Países

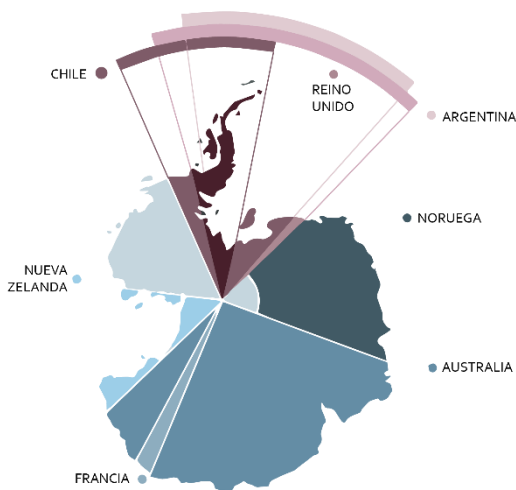


Imagen 3: Demanda de territorios antárticos.  
 (Fuente: Elaboración Propia)



Imagen 4: Afloramiento de Nunataks.  
 (Fuente: britannica.com)

## 2.1. Chile y su territorio Extremo

Chile se caracteriza por poseer, a lo largo de su territorio, zonas de carácter extremo, ya sea por su condición geo-climáticas como por la dificultad de lograr una habitabilidad óptima en ellas. Al poseer un amplio espectro de zonas climáticas dentro del territorio nacional, la forma de habitar en el territorio es igual de variado. Refiriéndonos a las zonas extremas dentro de Chile, tenemos dos polos muy marcados, el extremo norte (zonas extremas cálidas y desérticas) y el extremo sur (zonas extremas frías y húmedas). Sin embargo existe una zona, dentro del territorio y jurisdicción chilena, que presenta las condiciones más extremas de todo el planeta, la Antártica.

## 2.2. La Antártica

En el continente blanco las condiciones geo-climáticas y de habitabilidad son las más duras y extremas de todo el planeta, pues aquí se congregan los factores del entorno natural inherentes de la zona (temperatura, vientos, humedad, salinidad, sustrato, entre otros) con los requerimientos del habitar humano (autonomía, habitabilidad, construcción, sustentabilidad, etc.).

### Geografía

Lo que se conoce como continente antártico tiene una superficie de 14 millones de km<sup>2</sup>, la cual se encuentra mayoritariamente cubierta de hielo y nieve. Este territorio se encuentra inscrito en el Círculo Polar Antártico a los 66°33'S, a excepción de la Península Antártica, que se acerca más hacia Sudamérica, siendo el punto más cercano a un continente (1.000 km).

El continente blanco se divide en dos flancos, Antártica Oriental (desde 0° a los 180° W) que representa más del 70% de la superficie, y Antártica Occidental (desde los 180° a los 360° W), donde se encuentra la Península Antártica que se aproxima a Chile.

Las cadenas montañosas de la Antártica alcanzan un promedio de 3.000 msnm, las cuales se alzan mínimamente por sobre la nieve y el hielo que las recubre. En la Antártica Occidental es donde se encuentran los relieves más irregulares y accidentados, teniendo cambios abruptos entre la meseta y la península. De esta manera la Antártica se convierte en el continente con la mayor altura media de la Tierra (2.000 msnm), donde el hielo y la nieve solo dejan ver ciertas zonas del relieve como afloramientos rocosos (salientes llamadas "Nunatak").

### Sustrato

El sustrato en la Antártica se divide principalmente en 2 categorías: Afloramiento rocoso y Hielo/Nieve; cada cual con sus propias características relacionadas entre sí.

### Afloramiento Rcoso

Este tipo de sustrato se puede encontrar mayoritariamente en las zonas costeras, especialmente en la península antártica. Corresponde a terreno firme compuesto por roca sólida, con ciertas acumulaciones

menores de nieve o hielo. El afloramiento rocoso se vuelve cada vez más escaso a medida que se aproxima dentro del círculo polar antártico, pues allí los afloramientos rocosos solo se pueden apreciar en forma de Nunataks (cubiertos en gran medida con una capa de nieve de varios metros de espesor). Este tipo de sustrato se ve más expuesto a la intemperie durante la época estival, puesto que en invierno se cubre con una capa de nieve temporal, pudiendo convertir un terreno libre durante el verano en un afloramiento de Nunataks durante el invierno. Debido a esto es que los afloramientos rocosos presentan diferentes tipos de erosión dependiendo de su exposición a los elementos climáticos (constantes derretimientos de nieve, acción del viento, salinidad del ambiente, acción del agua y la humedad, etc.).

### Hielo/Nieve

Corresponde a la mayor parte de la superficie del continente blanco, es el sustrato más abundante dentro del círculo polar antártico y además el más característico. A este tipo de sustrato también se le conoce como "Hielos Eternos", pues estos se acumulan en capas sucesivas durante siglos. Las capas de nieve nuevas van sepultando a las anteriores, las cuales, cuando alcanzan una profundidad de 50 metros (de 500 a 1000 años), se convierten en hielo sólido. (Antognini, 2010).

La nieve estratificada comienza a sufrir cambios a medida que se van acumulando y descendiendo en profundidad. En un principio se produce una re-cristalización del material, volviéndose más denso al disminuir la presencia de aire. Cuando se alcanzan profundidades de 50-100m, se forma hielo libre de porosidades. El proceso de endurecimiento es proporcional a la profundidad de la capa, la cual está determinada por el tiempo. Los espesores de hielo y nieve estratificados poseen espesores variables dentro del continente antártico, siendo de unos 4km el mayor espesor y con una media de 2km. La nieve y el hielo siempre se están moviendo pero, al igual que los glaciares, su desplazamiento es lento y en grandes masas, por lo que es de esperar la aparición de grietas y colapsos del sustrato (como los desprendimientos de glaciares en las zonas costeras).

### Clima

La Antártica posee un Clima Polar, excepcionalmente frío, seco, ventoso y bastante pobre en precipitaciones. En el continente blanco, el verano es más bien un invierno menos frío, por lo que las temperaturas siempre se mantienen bajas (permanentes bajo cero en la meseta, y algunas sobre cero durante el verano en la península). Esto se debe a su latitud, lo que afecta al ángulo de incidencia solar y la poca radiación recibida (los rayos son reflejados por el hielo casi en su totalidad). Al nivel del mar y a igual latitud, la Antártica es de 10° a 17° C más fría que en el Ártico. Más hacia el interior de la meseta se han registrado las temperaturas más bajas del planeta, con unos -88,3° C, registrada en la Antártica Oriental, en la Base Rusa Vostok. La temperatura promedio registradas en el polo durante el verano y el invierno son de -28°C y -60°C, respectivamente. La precipitación es muy en escasa y difícil de medir, considerando que generalmente cae en forma de nieve en un ambiente muy ventoso. La lluvia se presenta sólo esporádicamente, y solo en la Península Antártica al Norte del

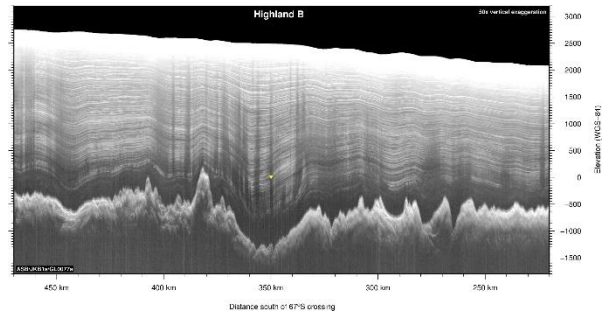


Imagen 5: Sondeo de ultrasonido del suelo antártico. (Fuente: usap.gov)



Imagen 6: Boca de sondeo y registro de estratos de hielo. (Fuente: bloglemu.blogspot.com)



Imagen 7: Sondeo mecánico con manga en hielo. (Fuente: bloglemu.blogspot.com)



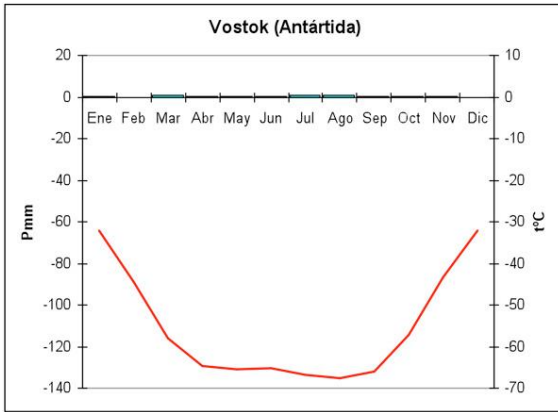


Imagen 8: Gráfico de temperatura de la estación Rusa Vostok. (Fuente: ocw.unican.es)

Círculo Polar Antártico. En la Península Antártica las condiciones térmicas no son tan extremas, y la precipitación anual es considerablemente mayor por efecto del paso de sistemas frontales. Su lado occidental se caracteriza por un clima marítimo, y en su borde oriental predomina un clima continental relativamente más frío, donde el hielo cubre el océano todo el año.

La Antártica se considera como el continente más ventoso del planeta, con vientos inestables que alcanzan en promedio 100km/h, hasta incluso 350km/h. Esto tiene lugar debido a que el aire denso se desplaza desde el interior (meseta) hacia la costa, provocando vientos que se aceleran y levantan nieve y hielo. Esto provoca una seria disminución en la visibilidad, algunas veces inferior a los 6m, y dificultades para desplazarse y respirar.

### Verano e Invierno Antártico

El clima de la Antártica se caracteriza además por poseer uno de los fenómenos más peculiares del planeta: Las 24 horas de luz y las 24 horas de oscuridad. Esto se debe a la latitud extrema de la zona, donde, debido a la inclinación de la incidencia del sol, solo existen dos estaciones muy marcadas: el verano y el invierno antártico. Ambas estaciones coinciden con los periodos de la respectiva estación en el continente, a diferencia de que su duración no es de 4 meses, si no de 6 para cada una.<sup>5</sup>

Durante el verano antártico las temperaturas son un poco más elevadas que en invierno, sin embargo se mantienen bajo cero. Este aumento de temperatura se debe al extenso tiempo de exposición solar en la zona. Esto se debe a que la inclinación del eje de la tierra en la Antártica provoca que el día sea mucho más extenso (en horas de iluminación) que en el continente, llegando a tener el "Día de las 24hrs de sol", donde el sol solo roza el horizonte y vuelve a salir.

Por otro lado, durante el invierno antártico es donde se presentan las temperaturas más bajas y las condiciones de habitabilidad más difíciles, puesto que sucede lo opuesto que en el verano. Durante el invierno antártico las horas de luz solar son escasamente reducidas, el día solar es prácticamente nulo, llegando a tener el "Día de las 24hrs de oscuridad", donde el sol solo emite un leve destallo saliente del horizonte y luego se vuelve a esconder. Durante el invierno antártico es donde se presentan la mayor cantidad de ventisca, temporales secos (solo de nieve o polvo de nieve), y los vientos huracanados más fuertes.

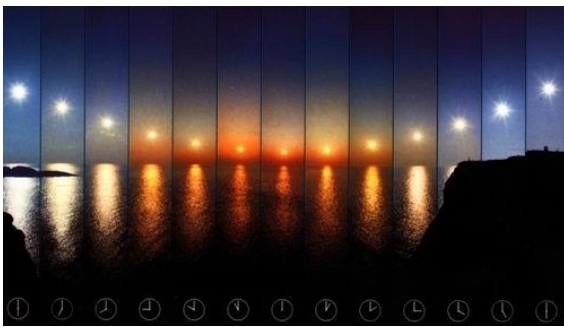


Imagen 9: Laz 24 hrs de luz en el verano antártico. (Fuente: cookingideas.es)



Imagen 10: Sol saliente rozando el horizonte durante invierno antártico. (Fuente: natureduca.com)

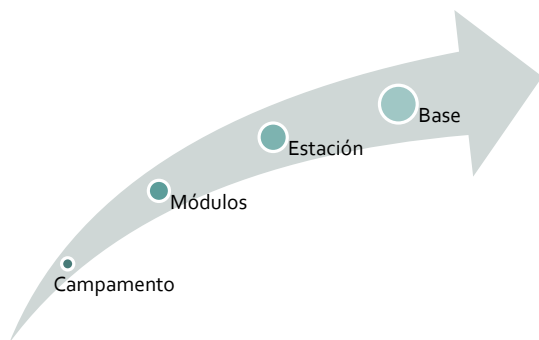
<sup>5</sup> La duración del verano y el invierno antártico se consideran de un promedio de 6 meses cada una en el polo, sin embargo esto se ve alterado dependiendo de la ubicación dentro del continente blanco.

## 2.3. Asentamientos Antárticos

Para poder comprender la forma en cómo se habita la Antártica, es necesario examinar un poco lo que se ha implementado dentro de las expediciones al interior del continente blanco. Los tipos de asentamientos existentes en la Antártica se pueden clasificar según diversos criterios como: Escala, agrupaciones, tipologías y temporalidad.

### Según Escala del Asentamiento

Conforme al tamaño de las estructuras instaladas en la zona, las cuales van desde pequeños campamentos hasta sólidas bases polares.



### Según Agrupación del Asentamiento

Principalmente se separan en 2 grupos, conforme a la naturaleza de su funcionamiento y a las condiciones climáticas presentes. Por un lado existen los asentamientos dispersos, compuestos por unidades operativas aisladas; mientras que las concentradas buscan agrupar las actividades en una sola gran estructura. Esta última se puede encontrar con espacios intermedios y/o elevadas.

### Según Tipología del Asentamiento

Conforme al tipo de construcción y manera de implementarlas en el territorio.

VIVIENDA  
MADERA

PEQUEÑOS  
PREFABRICADOS      Contenedor

Túnel

GRANDES  
PREFABRICADOS      Domo  
Módulos acoplados  
Edificio compacto



Imagen 11: Campamento australiano en Isla James Ross. (Fuente: 20minutos.es)



Imagen 12: Estación china Taishan. (Fuente:spanish.xinhuanet.com)



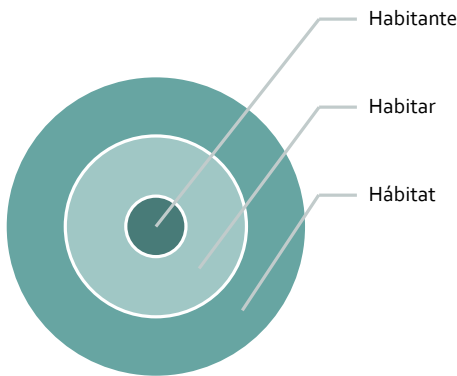
Imagen 13: Base chilena Eduardo Frei, modelo disperso. (Fuente: filaposta.com)



Imagen 14: Domo de Base Amundsen-Scott, polo sur. (Fuente: midomo.es)

## 2.4. Tipos de habitantes Antárticos

Por otro lado, es importante analizar también el espectro de habitantes que se encuentran actualmente en el continente blanco. Los tipos de habitantes antárticos se clasifica en 3 grandes grupos: Profesionales, Familiares y Uniformados.



### PROFESIONALES

- - Científicos
  - Profesores
  - Técnicos
  - Médicos
  - Otras Especialidades
- - 4 a 12 meses
  - Investigación
  - En la mayor parte de las áreas

### FAMILIARES

- - Labor Social
  - Trabajo de servicios
  - Vida similar a la continental
  - Recreación (Turismo)
- - 12 a 24 meses
  - Sin actividad específica
  - Zonas Costeras

### UNIFORMADOS

- - Transporte y Logística
  - Administración
  - Mantenimiento
  - Emergencia
  - Comunicación y Meteorología
  - Alimentación
  - Salud, etc.
- - 12 a 24 meses
  - Logística, mantenimiento, administración, etc.
  - Zonas Costeras
  - Construcción Compartida



Imagen 15: Habitantes científicos de Glaciar Unión.  
(Fuente: opi97.org)



Imagen 16: Habitantes uniformados de Glaciar Unión.  
(Fuente: cooperativa.cl)

## 2.5. Requerimientos de la Habitabilidad Antártica

Para poder entender la habitabilidad en zonas extremas, hay que entender al habitante, como éste habita, y el cómo su habitar se relaciona con el hábitat. Este tipo de relación mantiene un esquema de importancia concéntrica, donde el habitante se sitúa en el centro de la idealización del habitar antártico.

## 2.6. Para habitar zonas extremas (Antognini, 2010)

Se requiere conocer la importancia de 3 conceptos bases: El Hábitat, El Habitar y El Habitante.

### El Hábitat

#### Medio Natural

##### Condiciones Climáticas

Temperatura: Debido a las bajas temperaturas ocasionadas por el tipo de clima de la Antártica, es de vital importancia mantener un confort térmico adecuado al interior de las construcciones a habitar. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la temperatura de confort para el ser humano es de 20°C, siendo para esto necesario que los muros se encuentren menor a 16°C.

Sin embargo lo anterior se ve modificado dentro de las condiciones antárticas. Respecto a esto se podrían abordar dos posibles soluciones para mantener un confort térmico interior. La primera, es usar recursos combustibles, y/o eléctricos, y constructivos para mantener el estándar térmico; mientras que la segunda opción es disminuir la temperatura ideal a 15°C, equilibrando el interior con el exterior y generando una condición de habitabilidad distinta a la común.

Viento: El movimiento de aire está relacionado con la sensación térmica y el movimiento de grandes masas de aire frío dentro del continente antártico. El viento también influye en el movimiento de nieve, propiciando su acumulación en las zonas de sotavento. Debido a esto se ve necesario mantener los accesos libre de nieve y posicionados hacia el barlovento. El viento además también crea un efecto contra las caras de la construcción que lo enfrentan, generando resistencia a éste, permitiendo una disminución de la velocidad y una mayor acumulación de nieve.

Régimen de Humedad del Entorno: En la Antártica, sobre todo en la meseta antártica y en la Antártica oriental, la condición climática es muy seca, por lo que la humedad relativa es bastante baja (inferior al 5% en el interior). Debido a esto es que en algunas construcciones se considera la instalación de humidificadores para llevar la humedad relativa al punto de confort (20% HR aprox.)

##### Condiciones Territoriales

Sustrato: Ya que el emplazamiento se trata del continente antártico, la consideración por el sustrato es muy importante. El sustrato condiciona el emplazamiento, el diseño y la forma de enfrentarse al entorno. Existen diferentes tipos de sustratos, como los nunataks, las rocas costeras, la nieve y el hielo; cada cual con sus propias condiciones para posicionar construcciones en ellos.

Accesibilidad: Este punto es fundamental, pues la forma de acceder a la Antártica es clave para el posicionamiento de cualquier edificio o campamento. La accesibilidad influye en factores como la seguridad, comodidad, desplazamientos, reacción ante emergencias, etc.



Transporte: Al igual que la accesibilidad, condiciona el posicionamiento de una construcción, pues afecta las condiciones de ramificación de actividades, abastecimiento desde el continente, conexiones con otras bases, límite y manejo de distancias, etc.

### Medio Artificial

#### Tratado Antártico

Regula y condiciona las actividades de los países adheridos a éste dentro de la ocupación del territorio antártico. Contiene puntos fundamentales como: la desmilitarización, la libertad de investigación científica y la cooperación internacional bajo estándares pacíficos (INACH, 2015). El Tratado Antártico mantiene la integración y respecto entre las partes para y con el entorno dentro del continente blanco.

#### Protocolo de Madrid

Posterior al Tratado Antártico, incorporó nuevas directrices de regulación de la actividad humana dirigida al cuidado y conservación del medio ambiente y ecosistema antártico. Impone condiciones de análisis y evaluación de impacto ambiental con los siguientes parámetros:

- Conservación de la Flora y Fauna Antártica.
- Eliminación y Tratamiento de Residuos.
- Prevención de la Contaminación Marina.
- Administración y Manejo de Áreas Protegidas.

### El Habitante

#### Socioculturales

Experiencia: Una construcción antártica se ve condicionada por la experiencia heredada por parte de sus habitantes. Las experiencias y costumbres socioculturales son variadas a lo largo del planeta, por lo que la arquitectura se adapta según estos parámetros; sin embargo en la Antártica se ve limitado este espectro, se limitan las condiciones de diseño, provocando un proceso de adaptación del habitante.

Identidad: Radica principalmente al grado de pertenencia e identificación que el habitante antártico pueda generar con un asentamiento. Se rige por los gustos, aficiones, necesidades, comodidades, etc., de sus ocupantes, de allí la premisa de que las bases antárticas no debiesen ser todas iguales. La identidad también se ve ligada al tiempo de permanencia del habitante en el continente, pudiendo "sentirse como en casa" si esta se encuentra bien lograda.

Actividad: Dictada por la función de cada habitante dentro de sus labores al interior del continente antártico, se ve ligada estrechamente al programa arquitectónico de los recintos implementados dentro de un asentamiento. La actividad condiciona la configuración de los espacios y su carácter conforme las necesidades de esta y el tiempo de ejecución.

#### Biológicos

Alimentación: La alimentación es fundamental para permanecer con vida y saludable durante los periodos de actividad en la Antártica. El periodo de estadía dicta a su vez la necesidad real de víveres, pues existen bases permanentes, temporales, provisorias y refugios.

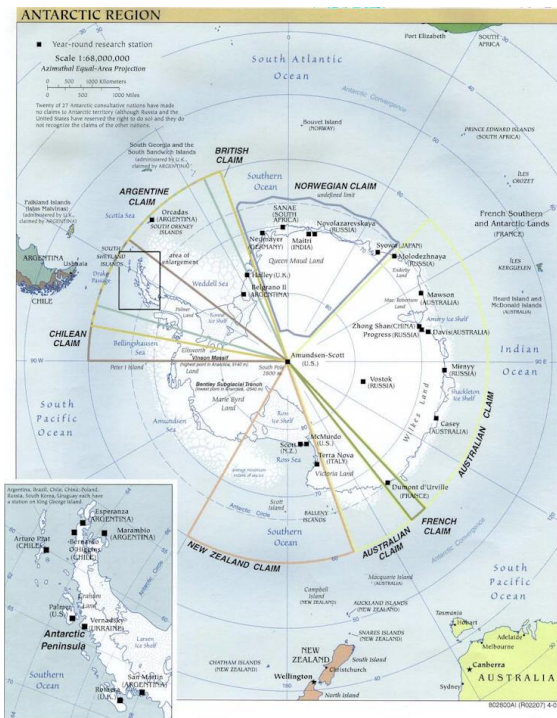


Imagen 17: Mapa de acción del Tratado Antártico. (Fuente: biotech.bioetica.org)

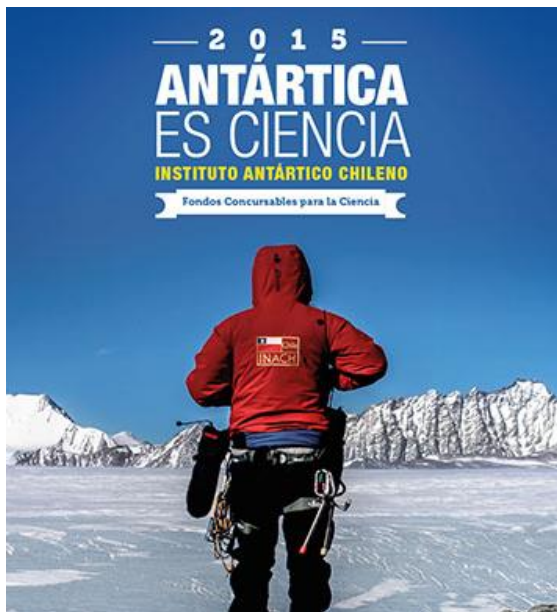


Imagen 18: Campaña de fortalecimiento científico antártico del INACH. (Fuente: radioudec.cl)

En las bases antárticas existe una escasez de verduras frescas, por lo cual se han implementado algunos sistemas de cultivo hidropónico para el cultivo “in door” (pues es ilegal la importación de suelo y cultivo directo en tierra debido al impacto ambiental y posible afección por plagas y especies externas).

Luminosidad y Oscuridad: Estos dos elementos son indispensables, a nivel biológico, para llevar una vida normal. Debido a esto es que el diseño debe proveer de ambos, ya que en la Antártica existen los dos extremos, días muy largos (verano) y noches muy largas (invierno).

### Sicológicas

Deleite: Apela al bienestar y sentido de acogida, mediante el diseño, de cada construcción antártica. El deleite y satisfacción personal hace que el habitante se sienta cómodo, a gusto, tranquilo y seguro. Recordando que el exterior es un territorio monótono y blanco, es importante considerar el deleite.

Privacidad: Permite al habitante realizar actividades de índole personal como dormir, leer, descansar, vestirse, asearse, etc. Por esto es que se deben considerar espacios comunes y privados cuidadosamente equilibrados

Relaciones Interpersonales: Como la mayor parte del tiempo se permanece al interior de la construcción, debido a las condiciones exteriores de la Antártica, el estrés y la tensión del encierro es evidente. Por esto es necesario diseñar espacios que eviten roces por el uso o conflictos por convivencia.

## Habitar

### Físico Espacial

Se refieren a las condiciones referentes a la estructura física de las diversas escalas territoriales donde se inserta el hábitat. Se evalúan en razón del dimensionamiento, distribución y uso.

Temporalidad: Se refiere al tiempo durante el cual se llevan a cabo las actividades, que condicionan a su vez el funcionamiento de la base (permanente, por temporada, provisoria, etc.). Este aspecto condiciona el diseño, los recintos, las dimensiones, requerimientos técnicos, etc.; pues a mayor sea el tiempo de funcionamiento, mayor serán los requerimientos a cumplir.

Escala: Este factor se verá condicionado en gran parte por el programa de la construcción implementar, estableciendo requerimientos de dimensiones y características acorde a lo que demanda la actividad a realizar. La escala también se liga al desempeño técnico y capacidades constructivas en una zona determinada.

Dimensiones y Comodidad: En relación con la escala, imprime consideraciones más localizadas y específicas del dimensionamiento particular de los espacios. Se ven incluidos requerimientos técnicos tanto de espacios como de habitabilidad.

### Programáticas

Flexibilidad: Apela a la capacidad de alteración y adaptación de los espacios proyectados para dar cabida a cambios planificados. Se debe prever que las actividades a desarrollar pueden sufrir cambios, por lo



Imagen 19: Envoltentes traslúcidas para aumentar iluminación interna. (Fuente: Coronel Rafael Castillo)



Imagen 20: Envoltentes opacas para disminuir iluminación interna. (Fuente: Coronel Rafael Castillo)

que un diseño flexible a nivel constructivo y programático puede permitir una mejor adaptación ante cambios futuros (crecimiento, mayor demanda de recintos, cambio de actividades, etc.).

**Diversidad:** Hace alusión a la existencia de una heterogeneidad de los habitantes (uniformados, profesionales y familiares), la cual se deberá ver reflejado en un diseño que dé respuestas a cada uno de ellos en la medida que se encuentren involucrados.

**Equipamiento:** Los equipamientos deben cumplir las necesidades de necesidades de las actividades a realizar en la Antártica, tanto las laborales-científicas como las sociales-recreativas. Este último aspecto es clave, pues hay que considerar que en un territorio tan vasto, y con un régimen de habitabilidad tan interiorizado, es necesario brindar espacios de relax, recreación y ocio, espacios de pausa entre las actividades.

### Constructivas

**Térmica:** Aspecto técnico y constructivo que se refiere a la influencia de los factores de relacionados al acondicionamiento físico ambiental y confort térmico de los recintos (renovación de aire, transmitancia térmica, diseño de envolvente, evaluación de materiales, etc.). Esto se debe evaluar de forma rigurosa, pues en la Antártica las construcciones se enfrentan a temperaturas bajas extremas (desde los 1°C a los -70°C en promedio dependiendo de la zona).

**Lumínica:** Relacionado con el aspecto biológico de Luminosidad y Oscuridad, se ve condicionada tanto por la radiación solar proporcionada desde el exterior, como por la iluminación artificial dispuesta en el interior. Se deben de considerar la orientación y tamaño de los vanos para controlar este factor, pues cabe recordar que en algunos lugares de la Antártica existen 6 meses de luz (verano) y 6 meses de oscuridad (invierno).

**Materiales:** Deben estar pensados en respuesta a las condiciones climatológicas del lugar, su capacidad de traslado y montaje, el tiempo de armado, la respuesta ante el confort del habitar, el impacto ambiental en el medio, la disponibilidad, la factibilidad técnica, etc. El aspecto monetario respecto a costos también es importante, pues construir en la Antártica es bastante más costoso y complejo que en el continente.

**Estructura:** Se refiere a la relación coherente entre los elementos que componen el cuerpo constructivo de una base, no solo referido a su capacidad de resistencia estructural, sino que también a su armonía como conjunto global. Esta debe tener materiales especiales y pensados en una correcta respuesta antes el medio y sus actividades.

**Seguridad:** Básicamente se refiere a la generación de espacios que no generen o representen un riesgo tanto para el habitante como para las instalaciones. Aquí se deben manejar las condiciones de acceso, evacuación, soporte médico, funcionamiento de alarmas, planes de acción ante emergencias, etc.

### Medioambientales

**Basura:** Debido al serio impacto ambiental que puede provocar un brote de contaminación por desechos en la Antártica, es que el

manejo de residuos generados por la actividad humana es sumamente importante. El Protocolo de Madrid establece que ningún residuo se puede reducir ni eliminar directa o indirectamente dentro del continente blanco, por lo cual éste debe ser almacenado en contenedores y lugares adecuados para luego ser trasladado a Punta Arenas para su reducción. También se establecen parámetros de clasificación y manejo de residuos según tipología y origen (sanitario, reciclable, orgánico, hospitalario, químico, etc.).

Agua: El agua es uno de los recursos vitales para la mantención de cualquier asentamiento. Este recurso actualmente se obtiene de 3 formas, transportándose desde el continente en contenedores, extrayéndola desde lagos o lagunas cercanas a las bases u obteniéndola desde el derretimiento de la nieve. Tanto la extracción desde lagos como el derretimiento de nieve, pasan por procesos de tratamiento previo al consumo humano. Otras opciones adicionales para poder suministrar este vital elemento y hacerlo rendir al máximo es el tratamiento en planta para la reutilización de hasta 5 veces antes de desecharla.

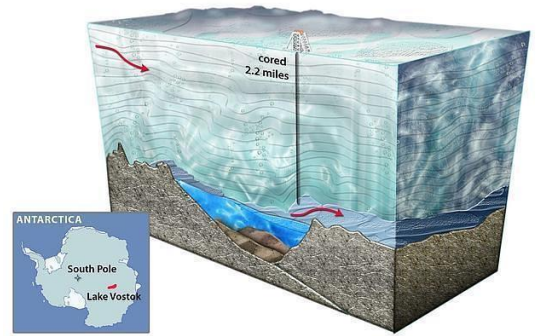


Imagen 21: Esquema de extracción de agua desde lagos subterráneos. (Fuente: abc.es)

## 2.7. Interrelación de Conceptos

Se requiere de 4 elementos relacionados entre sí:

Autonomía + Habitabilidad

Construcción + Sustentabilidad

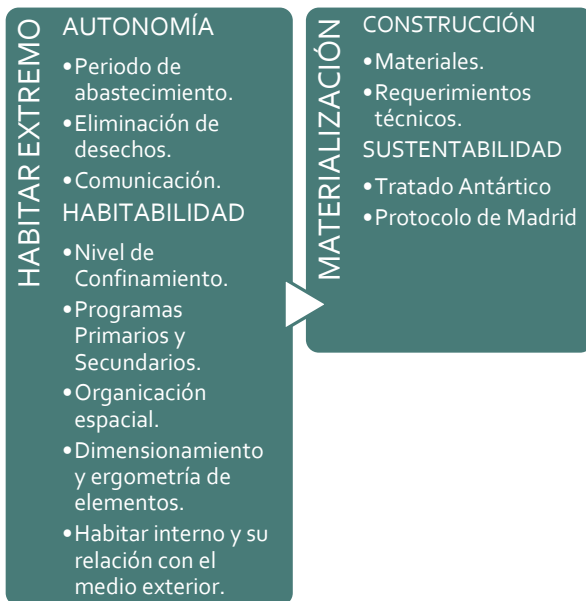


Imagen 22: Sistema de bombeo de agua desde lagos antárticos. (Fuente: uruguayeduca.edu.uy)



---

## 2.8. Puntos importantes a considerar<sup>6</sup>

Según el estudio de una encuesta que se realizó en la Antártica (Angtonini, 2010), se pudo llegar a un resumen de puntos de importancia respecto a la habitabilidad dentro del continente blanco.

### Habitabilidad Antártica

Se define por el Lugar Geográfico y el Tiempo de Permanencia.

### Antártica como lugar de interés

La Antártica se considera según sus habitantes como un lugar importante, de interés científico y geográfico, desafiante y atractivo.

### Aspectos Negativos del Habitar

Tanto habitantes como viajeros que se relacionan con el entorno antártico coinciden en una serie de características negativas expuestas a continuación:

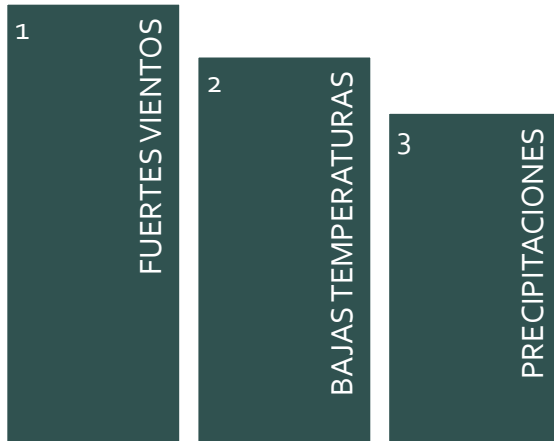
- › Carencia de vegetales, sobre todo frescos.
- › Poca diversidad en la alimentación.
- › Relaciones interpersonales tensas, debido al aislamiento.
- › Lejanía de la familia.
- › Poca comodidad de instalaciones.
- › Falta de privacidad.
- › Falta de modernización en bases (carencia de incorporación de nuevos recintos).
- › Falta de espacios de reunión y recreación (factor común entre todas las encuestas).
- › Falta de equipamiento deportivo e intelectual (factor común entre todas las encuestas).
- › Desproporciones dimensionales (Baños y Recreación).
- › Lejanía entre construcciones, debido al intersticio dentro de bases dispersas.
- › Frio y falta de equipamiento como factor de incomodidad.

### Aspectos del Hábitat

Los encuestados coincidieron en 3 puntos importantes referente a los elementos del hábitat que influyen en la vida y el habitar de las personas en la Antártica.

---

<sup>6</sup> Según encuesta realizada en terreno por Antognini C. "Habitabilidad Antártica". 2010.



### Aspectos de las Bases

Respecto a los puntos importantes a considerar que afectan a las bases.

- › Es de gran importancia la accesibilidad, el suelo (sustrato) y el transporte, en ese mismo orden.
- › Existe un rechazo importante a la estética de las bases, pues se pensó más en la funcionalidad que en el diseño.
- › Todas las bases varían sus equipamientos y características, según su localización y permanencia.
- › La variación de luz existente entre verano/invierno incomoda y altera la orientación geográfica y la percepción temporal habitante.

### Aspectos de la Construcción

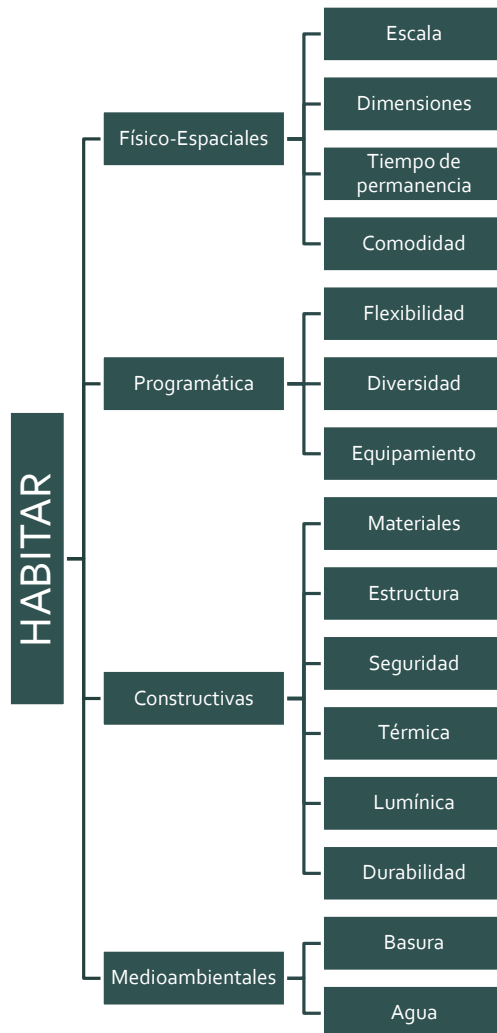
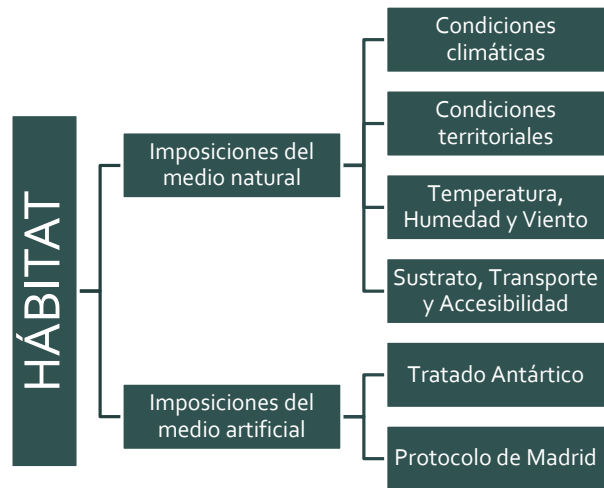
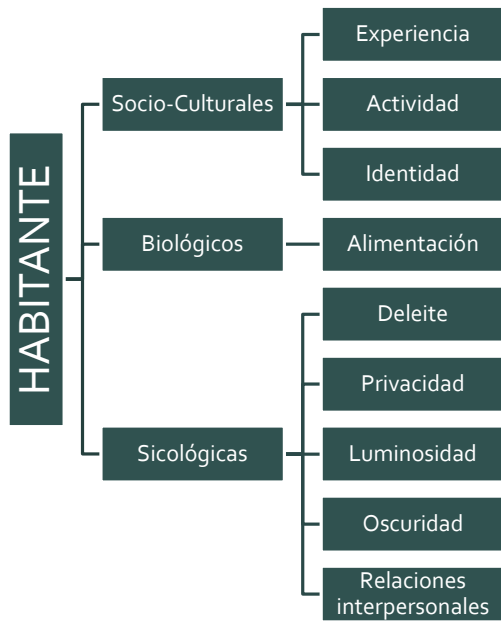
- › Falta de identidad clara en los asentamientos.
- › Existe un anhelo por un tránsito libre y más cómodo por las instalaciones, ojala con un menor grado de arropamiento.
- › Falta una renovación del material de los asentamientos, lo que evidencia una carencia en la modernización de éstas.

### Resumen de Aspectos

Si analizamos separadamente y más a fondo cada uno de los factores implicados en la habitabilidad de zonas extremas, en este caso la Antártica, obtendremos 3 grandes áreas: El Hábitat, el Habitar y el Habitante.



Imagen 23: Módulos deteriorados de la Base TT. Marsh. (Fuente: panoramio.com)



### 3. El Lugar: Glaciar Unión



Ingreso a domo almacén a través de zócalo de hielo. (Fuente: elnuevoherald.com)



### 3.1. Condiciones y Aspectos Generales

Glaciar Unión nace a partir de las consecutivas estrategias de avanzada y campañas Antárticas por alcanzar el Polo Sur geográfico. A continuación una breve cronología de las campañas antárticas y la consolidación de Glaciar Unión.

#### Exploraciones Antárticas

- 1992: Primeras expediciones del ejército a Patriot Hills.
- 1993: Expedición al monte Vinson de 5.140 metros de altitud, ubicado a 160 kilómetros al NW de Patriot Hills y el más alto del continente antártico. (con ayuda de empresa Adventure Network International - ANI)
- 1994 – 1995: Testeo de habitabilidad en condiciones antárticas. Trabajos de desarme de campamento y construcción de hangar de la Empresa ANI en Patriot Hills.
- 1995: Marcha desde Patriot Hills al Polo Sur Geográfico (1.280 km).
- 4 de enero del 1996 : Legada al Polo Sur geográfico a 2.900 msnm.

#### De Patriot Hills a Glaciar Unión

- 1995: Se logra desarrollar la capacidad para operar con material C-130 (Avión Hércules de la FF.AA.) en Patriot Hills. Esto dio origen a un "Proyecto de Desarrollo y Construcción de Infraestructura Polar" entre la Fuerza Aérea y la Universidad Federico Santa María.
- 1999: La Estación Polar Teniente Arturo Parodi Alister (EPTAP) fue instalada en Patriot Hills. (actividades científicas en el sector de Patriot Hills). Apoyo y participación del INACH (Instituto Nacional Antártico Chileno).
- 2004: La EPTAP se declara en condición "stand by".
- 2009: EPTAP fue desarmada y trasladada hacia Glaciar Unión.

#### Inauguración y Puesta en Marcha Glaciar Unión

- 2010: Se concreta traslado de EPTAP, Estación Antonio Huneeus y empresa privada estadounidense Antarctic Logistics & Expeditions (ALE), ex ANI, la cual ya operaba en la pista de aterrizaje de Glaciar Unión (turismo aventura desde el 2008).
- 4 de enero del 2014: Inauguración Oficial de la nueva Estación Polar Científica Conjunta Glaciar Unión (EPCCGU) por parte del ex Presidente Sebastián Piñera.



Imagen 24: Campamento de la Estación Polar Científica Conjunta Glaciar Unión (EPCCGU). (Fuente: Coronel Rafael Castillo)



Imagen 25: Llegada de expedición chilena al Polo sur Geográfico.

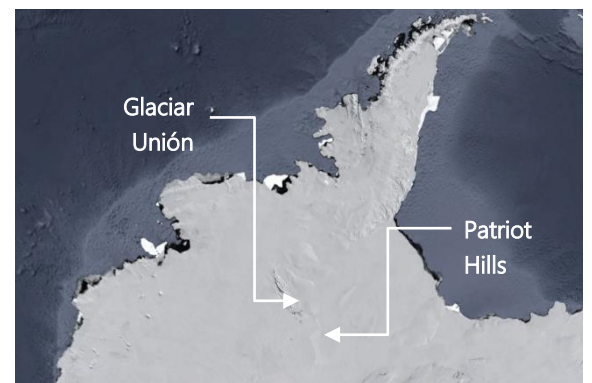


Imagen 26: Ubicación geográfica de Patriot Hills y Glaciar Unión.



Imagen 27: Inauguración de la nueva EPCCGU. (Fuente: Coronel Rafael Castillo)

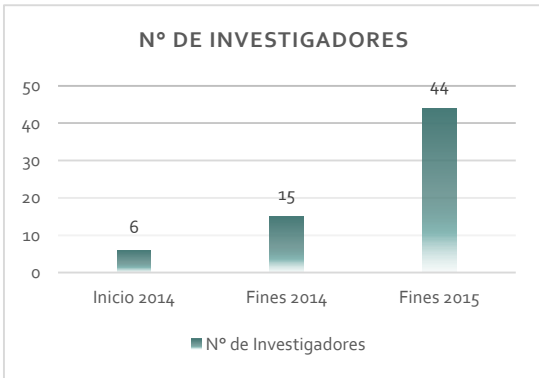


Imagen 28: Gráfico de aumento de personal en Glaciar Unión. (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de [prensaantartica.wordpress.com](http://prensaantartica.wordpress.com))

#### DATOS DE EPCCGU

Ubicación: 79°46'10"S, 82°54'26"O  
 Fecha de funcionamiento: 4 de Enero del 2004  
 Temperatura: Min. -64°C | Max. 7°C  
 Altura: 750 msnm  
 Humedad Relativa: 3-15%  
 Velocidad del Viento: Hasta 120 km/h  
 Áreas Operativas: Ejército, Armada y FF.AA.  
 Carácter: Científico | Soberanía.  
 Tipo de Asentamiento: Estival (Noviembre – Abril)  
 Distancia al Polo Sur: 1080 km.



Imagen 29: Hercules aterrizados sobre pista de hielo azul. (Fuente: [inach.cl](http://inach.cl))

### Creación de la Oferta antes de la Demanda

En Glaciar Unión se desarrolló un caso muy particular, pues se tuvo que dotar de infraestructura para producir un crecimiento en la demanda científica. Una vez implementada la infraestructura mínima necesaria, comenzó un creciente interés por realizar investigaciones científicas y viajes turísticos (empresa ALE) hacia la zona de Glaciar Unión.

- 2014: Arriba la 1ª Expedición Científica a Glaciar Unión, con 6 investigadores de la 51ª Expedición Científica Antártica del INACH.
- Noviembre 2014: Arriba la 2ª Expedición Científica a Glaciar Unión, con 15 investigadores del INACH.
- Noviembre 2015: Se inician operativos de investigación y recolección de muestras y datos en Glaciar Unión, con 44 investigadores del INACH.

### 3.2. Potenciales de EPCCGU

La implementación de la Estación Polar Científica Conjunta Glaciar Unión se realizó por diversos motivos logísticos y de posición estratégica (resumidos anteriormente en el apartado anterior). La elección, por parte de los organismos, para llevar a cabo la implementación de esta estación se debió a una serie de potencialidades que esta zona posee dentro del territorio antártico chileno.

#### Cercanía al Polo Sur

El emplazamiento de Glaciar Unión se encuentra a tan solo 1080 km del Polo Sur, lo que vuelve a esta zona como el punto estacionario más cercano al polo dentro de la soberanía chilena en la Antártica. Con esto, la base de Glaciar Unión es una de las tres en el mundo que está dentro del círculo polar antártico junto a la base americana Amundsen-Scott (en el polo sur) y la base china de Kunlun.

#### Implementación y Mantenimiento

Glaciar Unión posee una pista de aterrizaje de "Hielo Azul"<sup>7</sup> que ya tenía incorporada la empresa de turismo ALE, además el punto en donde se encuentra el campamento posee un ambiente relativamente "Benigno" (oasis desértico Antártico). En términos de mantención económica, la base posee un presupuesto anual por el Estado Mayor Conjunto, ya que nace de la unión del Ejército, la FACH y la Armada (de allí el nombre de "Estación Conjunta"). Por último, Glaciar Unión

<sup>7</sup> Según la definición del INACH y del CECs (Centro de estudios Científicos), se le llama Hielo Azul a la formaciones de hielo originado a partir de nieve compactada sobre un glaciar. El glaciar, al arrastrarlo, provoca que se evacue el oxígeno interior, lo cual aumenta el tamaño de los cristales de hielo, haciéndolo más claro. La acción del viento también ayuda a que la superficie del Hielo Azul se pule con su acabado liso característico en la zona. El hielo azul se caracteriza por ser muy resistente a la compresión, por lo cual no es extraño encontrar estaciones, campamentos o pistas de aterrizaje situadas sobre este tipo de hielo.



cuenta con la participación del Comando de Ingenieros del Ejército, el cual se encarga de evaluar y desarrollar la dotación de infraestructura y expediciones polares en la zona antártica.

### Investigación

Debido a la dotación de infraestructura comenzó a crecer el interés científico por la zona. El sector de los Montes Ellsworth posee un gran potencial en Ciencias Inertes (Vulcanología, Glaciología).

### Investigaciones actuales

Ejecución de 13 Proyectos Científicos de la Microbiota referentes a:

- Microbiología.
- Climatología.
- Propiedades Ópticas de la Criósfera Antártica.
- Búsqueda de bacterias y organismos fotosintéticos.
- Microorganismos psicrófilos (que crecen a bajas temperaturas) y termófilos (que crecen a altas temperaturas).

Estos proyectos integran el Programa Nacional de Ciencia Antártica (PROCIEN), administrado por el INACH.



Imagen 30: Toma de muestras en terreno por científico del INACH. (Fuente: inach.cl)

### 3.3. ¿Por qué Glaciar Unión?

Para el desarrollo de este proyecto de título, se escogió específicamente la zona de Glaciar Unión como emplazamiento físico y problemática del proyecto de arquitectura. Además de las potencialidades de la base, existen también otros factores que provocan un direccionamiento de los esfuerzos a intervenir aquella zona, los cuales van desde intereses estatales hasta la proyección al interior del territorio antártico.

### Intereses Estatales

Presencia soberana chilena al interior del continente antártico:

- Fortalecimiento de bases existentes
- Reapertura de bases inactivas
- Implementación de nuevas bases

### Dotación de bases existentes

Desde 1947 Chile mantiene una presencia permanente en la Antártica. En la actualidad cuenta con:

- 6 bases permanentes (5 dependen de Defensa y una del INACH)
- 2 estaciones estivales activas (una de Defensa y una de INACH)
- 5 refugios antárticos activos (3 de Defensa y 2 de INACH)
- 3 estaciones estivales y 5 refugios antárticos inactivos.



Imagen 31: Armado de monolito de inauguración de la EPCCGU. (Fuente: Coronel Rafael Castillo)





## Proyección Territorio Chileno Antártico

Alternativas analizadas:

### Área intermedia (costera)

1. Isla Adelaida, reapertura Base Carvajal
2. Isla Alejandro I, establecimiento de estación polar

### Profundidad (terrestre)

3. Glaciar Unión

## Análisis proyección hacia el interior del Territorio Chileno Antártico

Ventajas y Desventajas de Proyectos Antárticos

### Reapertura Base Tte. Carvajal

No opera desde el 2003. Con capacidad máxima para 30 personas.

Ventajas:

- Nivel de exigencia ambiental menor que crear una nueva base.
- Base de otros países como apoyo (Rothera y San Martín).
- Turismo y extracciones pesqueras.
- Disponibilidad de la pista aérea de Rothera.
- Interés científico por el cambio climático.

Desventajas:

- Pista de hielo inhabilitada por grietas.
- Acceso marítimo dificultoso.
- Problemas de conectividad y seguridad en operaciones.
- En una isla y no en el continente (15km al continente antártico).
- Solo operaría en verano.

### Isla Alejandro I, Instalación de estación polar

Punto efectivo de penetración terrestre hacia el polo.

Ventajas:

- Estación estival cercana al campo de hielo Ronne.
- Oportunidad de base conjunta.
- Permitiría acceso terrestre a Glaciar Unión y al Polo.
- sector de interés científico para la botánica, la paleontología, la glaciología, la bioprospección, etc (90% de línea investigativa del INACH).

Desventajas:

- Estudio previo para el posicionamiento.
- Sometimiento a un extenso y lento proceso de gestión y aprobación.
- Altos costos y operación no antes de 5 años.
- Disponer de medios navales para implementación.
- Conectividad limitada.
- Base de carácter estival.



Imagen 32: Base Tte. Carvajal.  
(Fuente: [noticiasffaachile.blogspot.com](http://noticiasffaachile.blogspot.com))

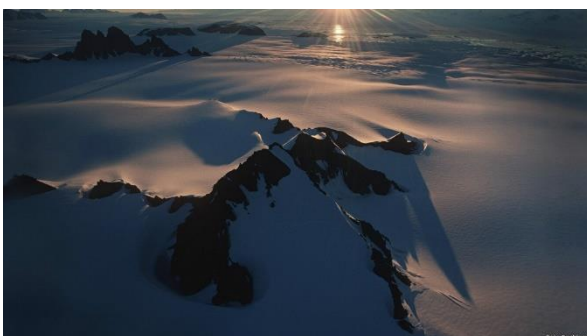


Imagen 33: Isla Alejandro I. (Fuente: [fronterasblog.com](http://fronterasblog.com))

### Glaciar Unión, Base estival

Darí­a cumplimiento a la proyección hacia el interior del continente antártico.

Ventajas:

- Condiciones climáticas benignas.
- Geopolíticamente exclusivo solo en sector de reclamación chilena.
- Continuidad con operaciones realizadas en Patriot Hills (70km) por INACH y la Defensa.
- Existencia de pista de aterrizaje de empresa " ALE Expedition"
- Proyectos científicos de tendencia emergente por el INACH.
- Parte de equipos y conocimiento ya adquiridos con anterioridad.

Desventajas:

- Sometimiento a un extenso proceso de gestión y aprobación (mayor de ser base estable, menor de ser campamento de avanzada).
- Para base permanente los costos serían elevados y no funcional hasta 5 años.
- Para una base a largo plazo se debe suplir la carencia de conocimiento y tecnología en la zona.

### 3.4. ¿Qué hay en Glaciar Unión?

Antes que todo, cabe destacar el propósito de la EPCCGU, el cual es ejercer presencia, desarrollar ciencia de avanzada y explorar al interior del Continente Antártico.

Desde el punto de vista de la Infraestructura y logística operativa, Glaciar Unión cuenta con las siguientes características y capacidades:

- Desarrollo de actividades científicas, exploración terrestre y aérea en círculo polar antártico.
- Operaciones de búsqueda y rescate terrestre y/o aéreo (SAR).
- Transporte y evacuación aérea desde y hacia el continente.
- Estancia estival permanente para 36 personas y 14 en tránsito (50 en total).
- Autonomía de 90 días sin abastecimiento.
- Diseño modular desplegable y guardable en un lapso corto de tiempo (temporada estival).

Esto se traduce en la siguiente potencia instalada:

#### Vehículos

- Motos Sky Doo
- Carro BERCO
- Carro Prinorth
- Tren BERCO



Imagen 34: Campamento Glaciar Unión. (Fuente: chiledesarrollosustentable.cl)



Imagen 35: Carro Berco con acople del Tren Berco. (Fuente: Coronel Rafael Castillo)



Imagen 36: Garage y taller del carro Berco. (Fuente: Coronel Rafael Castillo)



Imagen 37: Estación Polar Teniente Arturo Parodi como núcleo de operaciones y centro de acopio. (Fuente: Coronel Rafael Castillo)

### Área de Mantenimiento y Apoyo

- Talleres
- Equipo
- Aeronáutico
- Mantención

### Área de Residuos

- Sólidos
- Líquidos

### Área Científica

- Instrumental
- Almacenaje

### Área de Mando y Operaciones

- Comunicaciones
- Op. Terrestres
- Op. Aéreas
- Meteorología,
- Glaciología
- Geodesia



Imagen 38: Carpa zona cocina. (Fuente: Coronel Rafael Castillo)

### Área de Abastecimiento

- Cocina
- Bodega de víveres
- Alimentación
- Comedor
- Distracción

### Área Energética

- Eléctrica
- Solar
- Gas



Imagen 39: Generadores eléctricos y Paneles Solares a la intemperie. (Fuente: Coronel Rafael Castillo)

### Área de Sanidad

- Salud Humana
- Medio Ambiente



#### 4. La Problemática



Interior de carpas para personal científico y militar. (Fuente: elnuevoherald.com)



## 4.1. Características fundamentales de la actual EPCCGU (Carácter móvil y el factor “Despliegue – Repliegue”)

### Dotación e Infraestructura

Actualmente la base en Glaciar Unión es más un campamento que una estación polar antártica. La EPCCGU es una base fija, muy pequeña, cuyo centro neurálgico (Estación Parodi) oficia como núcleo operacional y centro de acopio. Desde éste se llevan a cabo despliegues logísticos, con un constante traslado de elementos, suministros y muestras hacia Punta Arenas.

### El Habitar

Dentro de la EPCCGU el habitar se lleva a cabo principalmente por medio de carpas plegables de textiles y PVC con armazón de acero galvanizado, equipadas para soportar hasta  $-40^{\circ}\text{C}$ . Estas offician de módulos habitacionales, como soporte de supervivencia y de carácter móvil. Las carpas suministran habitabilidad tanto para los trabajadores e investigadores como para los turistas. Debido a esto es que existe un periodo de Despliegue y Repliegue constante en cada campaña antártica. (10-15 días aprox.), lo cual merma en cierta medida el tiempo disponible para las labores en la zona.

Respecto al habitar en la zona, destaca el carácter de movilidad, pues existe un variante flujo de equipos de exploraciones e investigaciones en Glaciar Unión y sus alrededores. A partir de esto nace el concepto de “Caravana científica”, consistente en la toma de muestras en la zona y dependiente exclusivamente del Tren Berco y su disponibilidad temporal. Esto diezma el desarrollo de las actividades en la zona, pues la infraestructura y el transporte son limitados.



Imagen 40: Actividades de repliegue al finalizar campaña antártica. (Fuente: Coronel Rafael Castillo)



Imagen 41: Zona de carpas habitacionales del personal. (Fuente: Coronel Rafael Castillo)

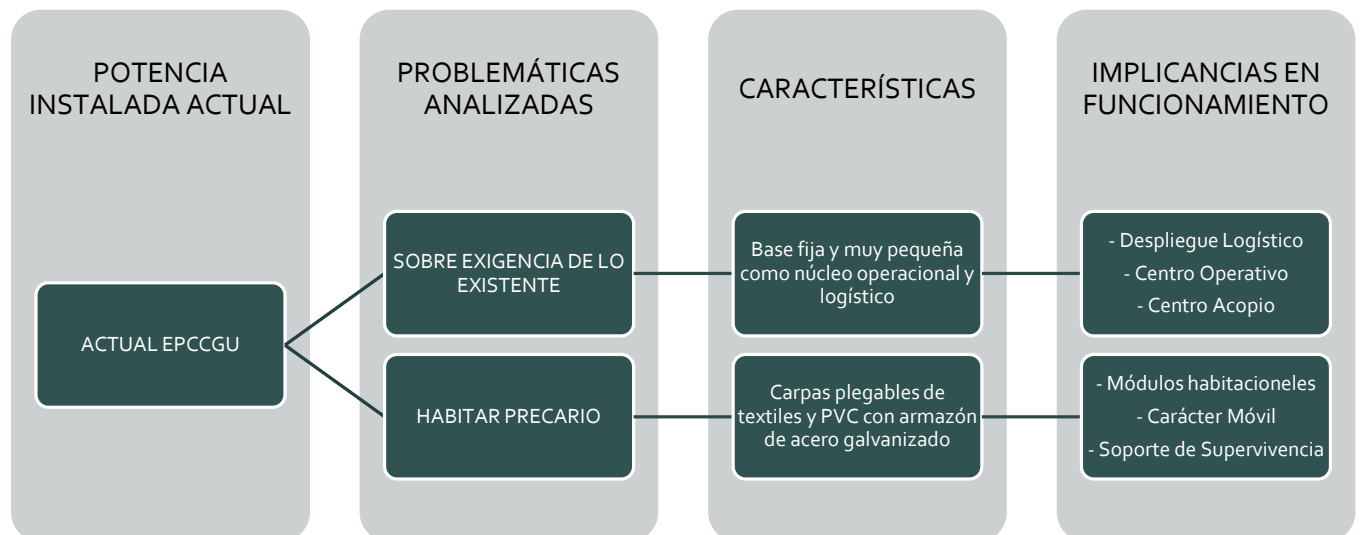


Imagen 42: Esquema de relaciones e implicancias de la problemática detectada en Glaciar Unión. (Fuente: Elaboración Propia)

### 4.3. Zona escogida para la intervención

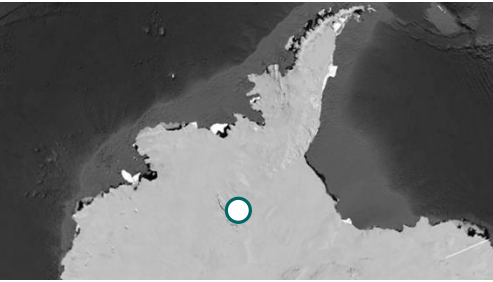


Imagen 43: Ubicación de Glaciar Unión dentro del territorio Antártico Chileno.

#### Cuadrante Glaciar Unión

Se escogió el cuadrante operativo donde se encuentra emplazada actualmente la EPCCGU, ya que en esta área se cuenta con una serie de ventajas por sobre un emplazamiento nuevo, que se debiese implementar completamente desde cero.

#### Ventajas del Emplazamiento

- › Existencia de pista de aterrizaje de hielo azul (empresa ALE)
- › Infraestructura ya instalada en la zona.
- › Rutas de navegación GPS (Sistema de Posicionamiento Global) y SIRGAS (Punto de coordenada Geodésica del IGM).
- › Emplazamiento en la zona de los Montes Ellsworth, lo que proporciona un espacio estratégico para las investigaciones científicas.
- › Punto de control y de escala principal para viajes a la zona de Patriots Hills.
- › Ambiente relativamente benigno en comparación con las ventiscas y movimiento de nieve de otros sectores (explanada semi-prottegida de vientos catabaticos<sup>8</sup>).
- › Conocimiento y dominio de la zona por parte de las expediciones polares.

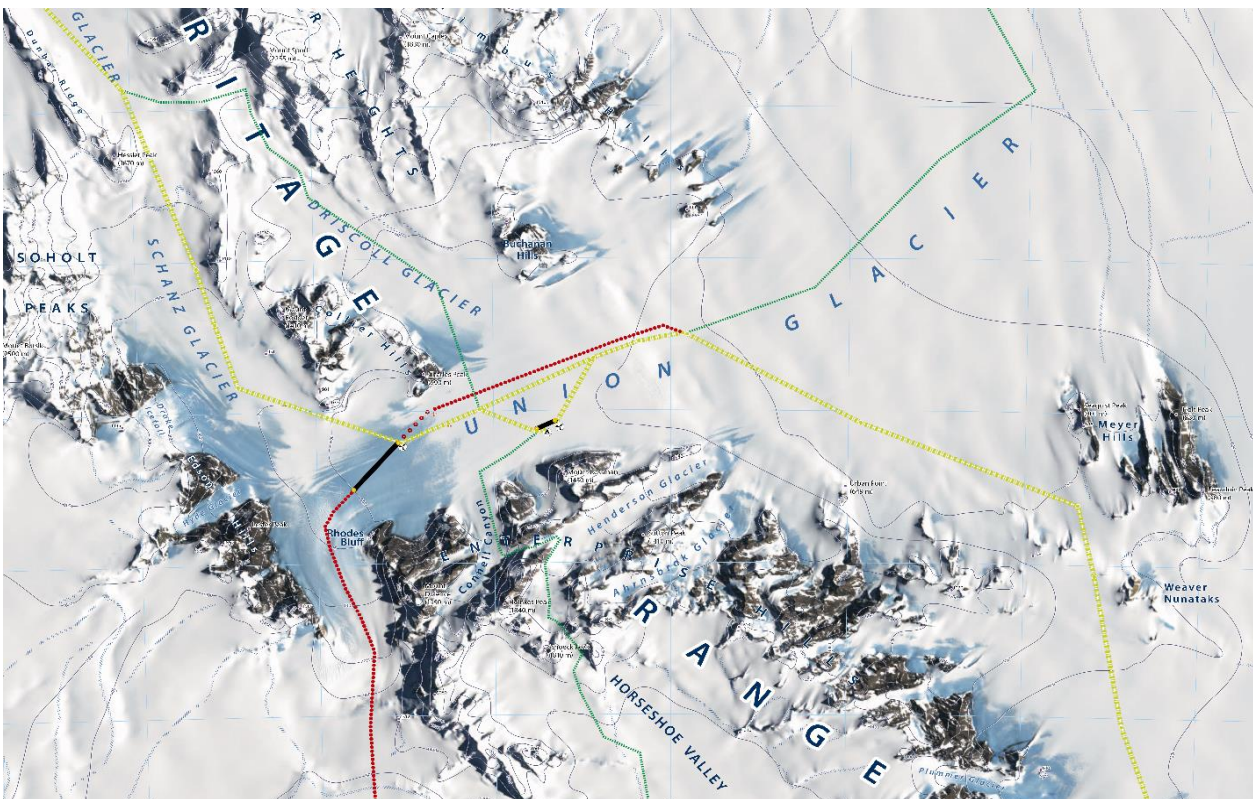


Imagen 44: Cuadrante Glaciar Unión, sector Montes Ellsworth. (Fuente: Coronel Rafael Castillo)

<sup>8</sup> Los vientos catabaticos son un fenómeno meteorológico que consiste en el movimiento del aire altamente denso, que se encuentra en los puntos altos de montañas, que desciende a altas velocidades hacia las zonas bajas.





Imagen 45: Cuadrante Glaciar Unión, sector Monte Rossman. (Fuente: Coronel Rafael Castillo)

La zona escogida posee actualmente el campamento base de Glaciar Unión, la pista de aterrizaje, balizas de navegación, 2 zonas de asistencia médica en ruta (módulos enfermería), 2 estaciones meteorológicas, pistas de prueba de vehículos polares, proyección de ruta hacia el interior de montes Ellsworth y hacia el sur (Patriot Hills).

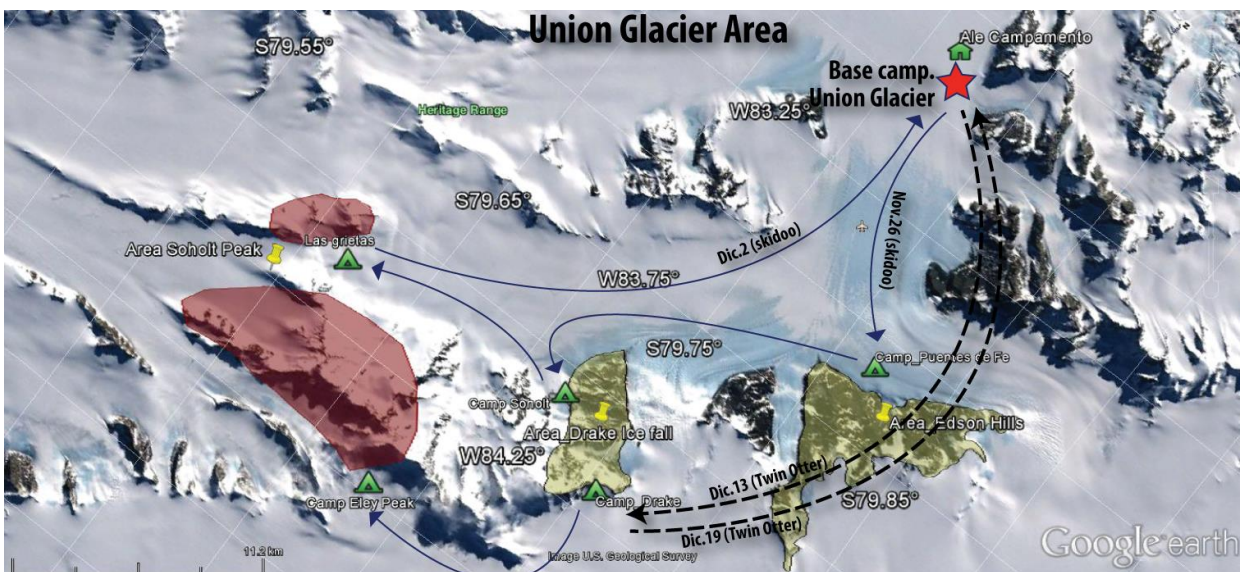






Imagen 46: Cordón montañoso de los Montes Ellsworth.  
(Fuente: chiledesarrollosustentable.cl)



Imagen 47: Ventisca polar durante traslado de materiales.  
(Fuente: Coronel Rafael Castillo)

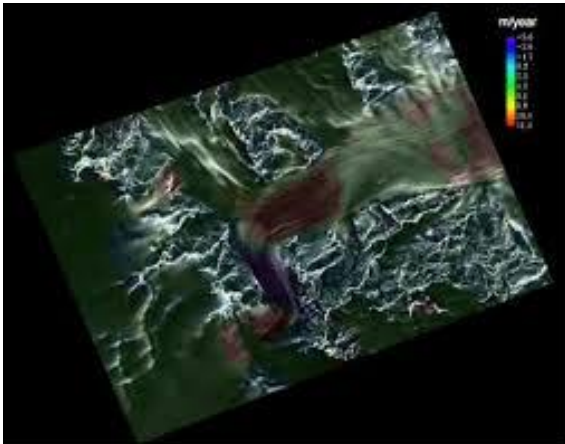


Imagen 48: Mapeo del movimiento de glaciar Unión.  
(Fuente: umag.cl)

## 4.4. Condiciones físicas del Hábitat en Glaciar Unión

### Aspectos Naturales

#### Geografía

La geografía de Glaciar Unión se compone principalmente por el cordón montañoso de los Montes Ellsworth, entre el cual se forman zonas de valles intermedios que se encuentran cercados por las montañas circundantes. Estas planicies intermedias se encuentran permanentemente con hielo nieve, mientras que los montes se elevan por sobre el hielo, dejando ver su conformación rocosa y algunos Nunataks.

#### Clima

El clima de Glaciar Unión posee las características generalizadas del clima de desierto antártico interior, con bajas temperaturas, fuertes vientos, casi nula precipitación y baja humedad.

#### Temperatura

Las temperaturas poseen una gran un amplio grado de alteración entre la estación estival y la invernal, con una media en verano de 3°C y una máxima de 7°C; mientras que en invierno existe una media de -32°C, con una mínima que alcanza los -67°C.

#### Humedad

En el sector interior de Glaciar Unión existe una humedad relativa que fluctúa entre el 5% y el 15%, la cual puede ir variando dependiendo del viento y la temperatura.

#### Viento

Glaciar Unión se caracteriza por sus fuertes vientos, que en montos de tormentas polares pueden alcanzar los 120km/h. Durante el tiempo en el que no existen tormentas, cuando se realizan las operaciones polares, el viento fluctúa entre los 20-60km/h.

#### Sustrato

El sustrato existente corresponde a suelo de hielo/nieve y afluentes de glaciares. En las zonas perimetrales de depresión de los Montes Ellsworth los glaciares se mueven en dirección Este, con una velocidad promedio de 25m/año, lo cual genera la aparición de grietas en ciertas zonas mapeadas y controladas por el DPA (Dirección de Programas Antárticos y Sub-Antárticos, de la Universidad de Magallanes).

#### Transporte

En la zona se cuenta con transporte motorizado especializado para nieve. Existen 3 categorías de transporte en la zona: Transporte ligero de personal, Transporte de carga pesada, y Transporte de traslado continental.

#### Transporte ligero

Se compone de vehículos de traslado de personal como motos Ski Doo y Cuatrimotos de Nieve (con orugas), estos a menudo se utilizan también como vehículos de transporte de elementos personales como herramientas, vestimenta, carpas, etc.

### Transporte de carga pesada

Se compone del carro Berco, un vehículo del orden de un camión pequeño dotado de orugas, que soporta acoples de trineos de carga y que puede tractar hasta 14 toneladas sobre la nieve. El carro Berco es utilizado regularmente para el traslado de cargas de materiales de construcción, módulos habitacionales, suministros, desechos, tripulación másica, etc., a través de largas distancias.

### Transporte de traslado continental

Son los medios de transporte que permiten la conectividad entre la Glaciar Unión y Chile continental. En esta categoría están las aeronaves Twin Otter, de transporte de hasta 20 pasajeros, y el Hércules C-130, con 92 o 120 pasajeros (dependiendo del modelo), o una capacidad de carga de hasta 18 toneladas.

### Accesibilidad

A Glaciar Unión se accede por vía aérea, desde Punta Arenas, con escala en la Base Frei (ubicada en la península antártica), y con aterrizaje en la pista de hielo azul ubicada a 9km de la actual base. El traslado en aeronave tiene un tiempo de viaje fluctuante entre 4,5 y 6 horas desde Punta Arenas. Una vez llegado el contingente a la pista de hielo azul, de 30x1000m, de la empresa ALE. Tanto la dotación de personal como los suministros son trasladados en el carro Berco hasta la base.

### Labor de Investigación

La tarea de investigación en la EPCCGU se lleva a cabo en distintas zonas de los Montes Ellsworth, por lo que dependen de 2 variantes significativas, el traslado y la temporalidad.

### Modo de traslado

El traslado de elementos y personal se realiza mediante una "Caravana Científica", la cual inicia el viaje desde la base hasta el terreno en donde se realizarán las extracciones de muestras y datos de las distintas ramas que estén operando en la zona. El tema de la movilidad es importante, pues esto convierte a la base Glaciar Unión en una terminal de operaciones logísticas y científicas, la cual depende en gran parte de la infraestructura instalada y de los vehículos disponibles.

### Temporalidad

Las operaciones científicas tienen un periodo de tiempo limitado en la zona, esto se debe a que éstas se llevan a cabo cuando existen condiciones climáticas benignas y libres de temporales o ventiscas antárticas. Los periodos de estadía fuera de la base principal son cortos, de entre 1 a 5 días (dependiendo de la naturaleza, condición, lugar, traslado y despliegue de la misión). Debido a esto que la capacidad de despliegue y repliegue es una determinante propia de la condición de Glaciar Unión.

### Los suministros y la conexión con Chile continental

La actual EPCCGU posee una autonomía teórica de 90 días sin abastecimiento desde el continente, sin embargo esto no siempre se logra cumplir, puesto que existen constantes viajes desde y hacia Punta Arenas durante la temporada estival. Estos viajes tienen la



Imagen 49: Aterrizaje de avión Twin Otter sobre suelo antártico. (Fuente: fach.cl)



Imagen 50: Hércules C-130 descargando material en Glaciar Unión. (Fuente: fach.cl)



Imagen 51: Caravana de traslado científico impulsada por tren Berco. (Fuente: Coronel Rafael Castillo)

finalidad de segmentar la entrega de suministros y evacuación de desperdicios, alternan la dotación de personal que ingresa a la zona y realiza constantes intercambios de envío de muestras e información hacia el continente. Esto se debe realizar puesto que la infraestructura actual no contempla instalaciones adecuadas para el análisis in situ, de igual forma ocurre con los almacenes de suministros y el manejo de desperdicios.

## 5. La Propuesta



Trabajo de perforación en hielo azul.  
(Fuente: elnuevoherald.com)



## 5.1. Cuestionamientos Iniciales

Para poder desarrollar una propuesta arquitectónica que dé respuesta a la problemática expuesta con anterioridad, primero se reflexiona en torno a los siguientes parámetros.

### ¿Cómo optimizar la instalación existente?

#### Carácter móvil y el factor “Despliegue – Repliegue”

La actual Estación en Glaciar Unión posee un marcado carácter basado en el “Despliegue – Repliegue” constante entre campañas antárticas. La propuesta busca mantener aquella forma de funcionamiento (forma de operar científico de la zona), pero optimizando la infraestructura, puesto que lo instalado actualmente no responde de buena forma y, en algunos casos, no da abasto. A través de la infraestructura se busca dar cabida al “habitar móvil” que posee la base, respetando el carácter de despliegue de las unidades habitacionales para las misiones antárticas (capsulas habitacionales), integrándolas al resto del complejo y protegiéndolas del entorno hostil donde se encuentran.

### ¿Cómo mejorar el traslado?

#### Reducir tiempo de viaje y traslados logísticos a Punta Arenas

Debido a que la Estación Conjunta Glaciar Unión es una base de temporada estival, ésta posee un tiempo limitado de acción para las campañas científicas. Debido a esto se generan constantes viajes desde y hacia Punta Arenas para el traslado suministros y material científico (muestras e insumos). La propuesta busca optimizar esta variante, reduciendo el constante traslado de elementos hacia el continente, proporcionando infraestructura destinada al manejo de suministros y al análisis y almacenamiento de muestras.

## 5.2. EPAC I Estación Polar de Apoyo Científico para Glaciar Unión

Debido a las problemáticas analizadas en la Estación Polar Científica Conjunta Glaciar Unión es que se propone genera una Estación Polar de Apoyo Científico para Glaciar Unión. Esta nueva estación busca entrar en reemplazo de lo existente, dotando de infraestructura suficiente para albergar las actividades científicas y el programa de funcionamiento existente. La EPAC también proporciona sustento a una dotación de hasta 100 personas con hasta 6 de desabastecimiento, proponiendo a Glaciar Unión como una base permanente de funcionamiento anual.

### Desglose de Programa Arquitectónico Funcional

En términos de funcionamiento de la actual Estación en Glaciar Unión, esta debe de contar con el siguiente programa mínimo para su correcto funcionamiento.<sup>9</sup> Estos se agrupan mediante la

<sup>9</sup> Según informe técnico de campañas antárticas en Glaciar Unión, facilitados por el Ministerio de Defensa de Chile, a través del contacto con el Coronel Rafael Castillo (Comandante del Departamento Antártico del Ejército de Chile)

#### Módulo Coordinación y Control

- Reuniones
- Meteorología y Glaciología
- Comunicaciones

#### Módulo Operaciones

- Operaciones Aéreas
- Operaciones Terrestres
- Búsqueda Salvamento

#### Módulo Científico

- Laboratorio
- Trabajo Administrativo
- Almacén

#### Módulo Aeronáutico

- Control de Pista
- Cargadores de Batería
- Embarque

#### Módulo Alimentación

- Cocina
- Comedor
- Bodega Víveres

#### Módulo Habitabilidad

- Dormitorio

#### Módulo Higiene

- Duchas
- WC y Urinarios

#### Módulo Sanidad

- Atención Médica

#### Módulo Abastecimiento

- Carga y Descarga
- Almacén Material Eq.
- Almacén Vestuario
- Almacén Combustible
- Almacén Líquido y Lubricante
- Almacén Repuestos

#### Módulo Mantenimiento

- Taller Aviación
- Taller Vehículos Terrestres
- Taller Electrónica

#### Módulo Energía

- Electricidad
- Solar y Gas

#### Módulo Residuos

- Residuos Domiciliarios
- Residuos Industriales
- Residuos Sanitarios

*Imagen 52: Diseño conceptual funcional del programa de la actual EPCCGU. (Fuente: Elaboración Propia a partir de informes técnicos de expediciones)*



denominación de “módulos”, puesto que el campamento completo se formula mediante módulos agrupados con diferentes funciones designadas por el Ministerio de Defensa y el Departamento Antártico del Ejército de Chile.

### Aspectos a considerar en la Propuesta

Para poder llegar a la propuesta arquitectónica de la EPAC, se consideraron 4 aspectos fundamentales, los cuales permiten mantener un lineamiento de la respuesta arquitectónica en Glaciar Unión.

#### Sobre la Habitabilidad

Se reflexionó sobre el habitante antártico y el cómo éste percibe su habitar dentro de la Antártica. ¿Qué necesita el habitante antártico? ¿Cuáles son sus problemas y expectativas del habitar? Para esto se consideraron los aspectos referentes al habitar expuestos con anterioridad (en el apartado “2.8. Puntos importantes a considerar”).

#### Aislamiento

- > Provoca efecto psicológico extremo, sobre todo en invierno (aparición del “Nevado”<sup>10</sup>).
- > Efecto de habitar satélite.
- > Monotonía, falta de equipamiento y el ciclo laboral provocan estrés.
- > Al principio se genera entusiasmo y euforia, la cual con el tiempo se transforma en una baja de moral, sobre todo en invierno con 20hrs a oscuras.

#### Relaciones Interpersonales

- > Tensión por aislamiento (aparición del “nevado”).
- > Instalaciones incómodas.
- > Falta de espacios de reunión y recreación.
- > Falta de espacios deportivos y de uso intelectual.
- > Desproporciones dimensionales entre espacios funcionales y los espacios de ocio (poco para el ocio).
- > Lejanía entre dependencias y exposición a la interperie.

#### Habitar

- > Incomodidad ante la variación de luz verano/invierno.
- > Anhelos por el tránsito libre y cómodo al interior de las bases, de preferencia con menos ropaje.
- > Búsqueda de mayor tecnología de materiales y modernidad de bases.

#### Sobre el Diseño

Se decidió un espectro de condicionantes a tener en cuenta como premisas de diseño para el correcto funcionamiento de la EPAC.

---

<sup>10</sup> En la jerga del habitante antártico, el “Nevado” es una persona que sufre de un síndrome de alteración del comportamiento debido al aislamiento extremo. Presenta mala conducta, irritabilidad, falta de claridad en el pensamiento, cambios espontáneos de humor, entre otros. El “Nevado” provoca un efecto “bola de nieve”, que a menudo se contagia entre los habitantes antárticos y altera el carácter del habitar, volviéndolo menos ameno.

**Base Compacta**

Se decide realizar una base polar compacta, mediante la cual se busca reducir los espacios intersticiales entre dependencias operativas, evitando el traslado de personal en la intemperie. Esto además proporciona un mejor comportamiento térmico, puesto que se reducen las superficies expuestas a las bajas temperaturas exteriores.

**Hermética ante las Condiciones Climáticas**

Relacionada con el hecho de ser compacta, la estación polar busca la hermeticidad controlada ante las condiciones climáticas externas, protegiendo las actividades interiores de las bajas temperaturas y los fuertes vientos.

**Soporte tanto para programas como para vehículos**

La EPAC responde a las exigencias de recintos destinados al desarrollo científico de la zona, a recintos habitacionales, a recintos de ocio y recreación comunes, a recintos de funcionamiento técnico (salas de energía, almacén de suministros, procesamiento de aguas, etc.), y a recintos de manejo de vehículos y mecanismos polares (motos ski doo, carro berco, camión Pinorth, etc.). Lo cual debe de considerar las superficies correspondientes para cada uno de ellos.

**Con capacidad de albergar Unidades extraíbles**

Para conservar el carácter móvil de las campañas antárticas en la zona de Glaciar Unión. Se mantiene el uso de los módulos habitacionales, dándole un grado de protagonismo dentro de la estación propuesta, generando espacios donde se puedan almacenar, equipar y realizarles mantenimiento después de cada misión.

**Forma aerodinámica para afrontar los vientos**

La EPAC consigue su forma a partir de su necesidad de hacerle frente a los vientos huracanados que existen en la zona cuando existe temporal polar (hasta 120km/h). Para esto se escoge el concepto de "suavidad de forma", que, según la rama de la fluidodinámica, obtiene un comportamiento aerodinámico antes la fuerza de empuje, resistencia y la presión de las superficies del volumen ante la acción del viento.

**Sobre lo Constructivo**

El aspecto constructivo y estructural de la EPAC siguió las siguientes consideraciones.

**Prefabricada y montable in situ**

Debido al corto periodo de tiempo de buen clima en verano (donde se realizan los viajes y traslado de materiales), solo se cuenta con 4 meses de actividad para poder montar cualquier instalación en la Antártica. Debido a esto es que la estación polar se ha pensado en estructura prefabricada, de traslado y armado por parte, puesto que no se pueden generar faenas de construcción directamente en el territorio antártico, solo tareas de ensamble y montaje de elementos. Además la estructura debe de ser capaz de transportarse dentro de la cabina del Hércules C-130 y ser descargada en suelo antártico.

### Sobre lo Medioambiental

Tomando en cuenta el Tratado Antártico y el Protocolo de Madrid, específicamente en las secciones con respecto a los asentamientos, la EPAC debe generar un bajo impacto constructivo en el entorno.

### Reversibilidad

Esto apela a un habitar sin huellas, en una estación con capacidad de ser desmantelada totalmente sin destruir la geografía inmediata.

### Energía Renovable

Para la obtención de energía eléctrica y calefacción se tendrá que utilizar energías renovables (solar + eólica) combinadas con combustibles fósiles (Gas, Bencina, K-J1).

La obtención de agua para usos sanitarios se realizará por medio de un sistema solar de derretimiento de nieve. Esta agua se utilizará solo para usos sanitarios e higiénicos, puesto que el agua de nieve no es apta para el consumo humano.

Se realizará un manejo adecuado de los desechos, dotando a la estación de infraestructura de almacenaje seguro de los desperdicios generados (conforme al Tratado Antártico).



Imagen 53: Preparación de despegue de Hércules C-130 desde pista de hielo azul. (Fuente: Coronel Rafael Castillo)



Imagen 54: Campamento Glaciar Unión (a la izquierda) y empresa ALE (a la derecha), con el mote Rossman al centro. (Fuente: Coronel Rafael Castillo)



Imagen 55: Vista de la instalación garaje. De izquierda a derecha, bodega, contenedor de líquidos, garaje, estacionamientos trineos de carga, sector de acopio de combustibles. (Fuente: Coronel Rafael Castillo)

### 5.3. EPAC I Conceptualización

#### Oasis Polar Científico

Se busca generar una estación que oficie de "oasis polar científico" para la dotación humana dentro del entorno adverso de la Antártica, con el fin de poder generar un "Hábitat Científico en la Antártica". Se busca amenizar la relación Hábitat-Habitante-Habitar, creando condiciones especiales y espaciales que den respuesta a necesidades específicas. Para poder cumplir con esto se toma como premisa el diseñar un "Entorno" más que un "Edificio", con dotación de espacios comunes abiertos, amplios y refugiados del exterior. Esto permite generar un hábitat en sí mismo para cada categoría de actividades y programas de la estación.

#### Simulación y Reinterpretación de entorno Urbano: La Ciudadela Antártica

Se reinterpretan los elementos del entorno urbano, el cual es inexistente en la Antártica, para poder generar una simulación urbana a pequeña escala que sea acogedora para el habitante, haciéndolo sentir cómodo en un símil a la vida continental. Con esto se busca volver lo urbano como lo humano, mediante el diseño de una ciudadela antártica a baja escala.

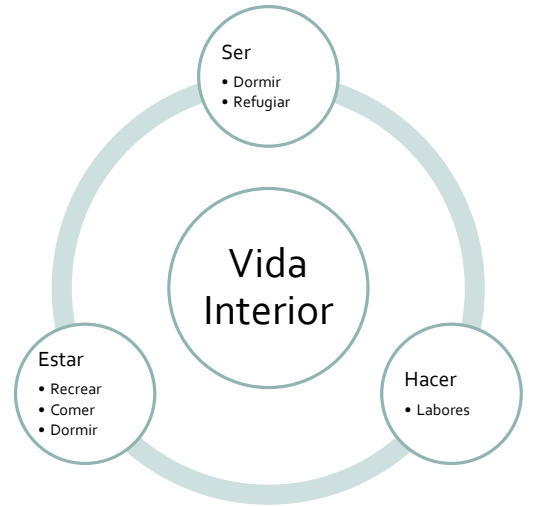


Imagen 56: Modelo de vida interior del habitante antártico. (Fuente: Elaboración Propia).



Imagen 57: Clasificación de elementos de diseño ordenadores. (Fuente: Elaboración Propia)

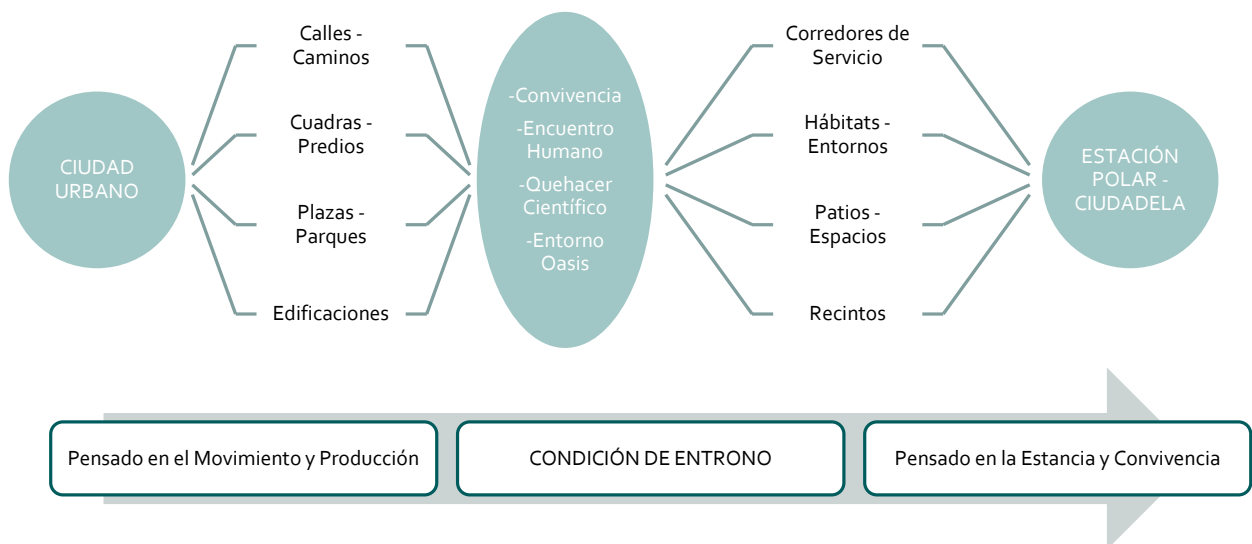


Imagen 58: Analogía de los elementos Urbanos para a la Ciudadela Antártica. (Fuente: Elaboración Propia)

## Los Patios como espacios comunes

Se pone en valor el patio como elemento ordenador y significativo en el habitar dentro del proyecto.

### Manejo de Intersticios

- El vacío moldea la distribución de recintos.
- La vida del habitante antártico se da en los patios.
- Control del estado de ánimo (socialización | refugio)
- Control del contacto propio y con el resto
- Integración de elementos carentes en entorno Antártico (tierra, vegetación, áridos, etc.)

## Los traslados y tiempo de pausa

Considerando el estilo de vida que tiene el habitante antártico (vida personal y vida laboral al mismo tiempo), se busca fragmentar los sectores tanto de residencia como de trabajo, con el fin de poder ofrecer tiempos de traslados y de pausas para las personas (inexistentes en la actualidad, pero necesario para un bienestar psicológico y social). Con esto la estación polar se asemeja más a un refugio ciudadela que a un edificio bunker.

## 5.4. EPAC I Proceso de Diseño

### Estructuración del Programa

Se analizó el programa necesario a implementar en base a las actividades y módulos instalados actualmente en Glaciar Unión, los cuales se tomaron como punto inicial de requerimientos mínimos. A partir de estos programas base, se fueron añadiendo programas propuestos que, a criterio personal, proporcionan una mejor calidad de vida de los habitantes ante las condiciones inhóspitas del lugar, dando respuesta a la problemática antes planteada.<sup>11</sup>

ÁREA	FUNCIÓN	RECINTO PROYECTADO
Coordinación y Control	Control Estación	Control de Mando
	Control de Sistemas	Unidades de Control Estación (UCE)
	Comunicaciones	
	Control de Pista	
Operaciones	Control de Embarque	Operaciones Logísticas y Comunicaciones
	Operaciones Aéreas	
	Operaciones Terrestres	
Científico	Búsqueda y Salvamento	Unidades Científicas
	Meteorología, Glaciología, Vulcanología, etc.	
	Reuniones	Salas de Reuniones
	Laboratorio	Laboratorio Científico

<sup>11</sup> Algunos de los recintos y programas se extrajeron desde el análisis de referentes de estaciones polares construidas en la Antártica, las cuales se explicarán en el siguiente apartado.

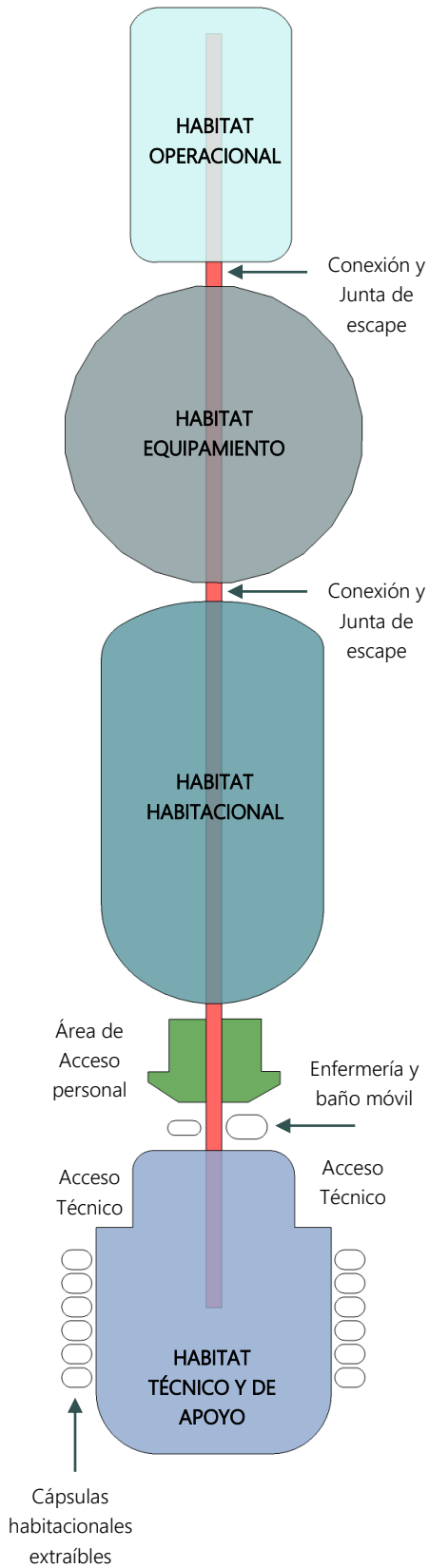
	Trabajo Administrativo	Departamento del Medio Ambiente Antártico
Alimentación	Preparación Bodega de Víveres	Cocina con almacén
	Comedor	Comedor
	Cultivo de Frutas y Hortalizas	Zonas de Cultivo
	Bodegaje de cultivo	Taller y almacén de cultivos
Habitabilidad	Habitacional Interno	Dormitorios
	Habitacional móvil	Unidades Extraíbles
Higiene	Duchas	Baños
	WC	
	Lavado de ropa	Lavandería
	Zona de cambia ropas	Sala de Cambio
Sanidad	Atención Médica Interna	Enfermería Fija
	Atención Médica en misiones	Enfermería Móvil y Unidad de Rescate
Abastecimiento	Carga y Descarga	Zona Descarga de Suministros   Zona de Despacho
	Almacén Material y Equipo	Almacén de Herramientas y Equipo
	Almacén Líquido y Lubricante	
	Almacén Repuestos	
	Almacén de Vehículos Polares	Garage de Vehículos y Mecanismos Polares
	Almacén Vestuario	Almacén Vestuario
	Almacén Combustible	Almacén Gas   Bencina   K-J1
	Almacén de Alimentos y Bebestibles	Depósito de Suministros
Mantenimiento	Taller Aviación	Taller Mecánico y Aeronáutico
	Taller Vehículos Terrestres	
	Taller Electrónica	
Energía	Cargadores de Batería	Sala Energía
	Electrógeno	
	Fotovoltaico	
Residuos	Residuos Sanitarios	Almacén de Residuos
	Residuos Químicos y Hospitalarios	
	Residuos Metálicos	
	Residuos Plásticos	
	Residuos Orgánicos	
	Residuos de Vidrio	
	Evacuación de Residuos	



	Tratamiento y Compactación de Residuos	Sala de tratamiento y compactación
	Tratamiento y Reutilización de Aguas Grises	Sala de Tratamiento de Aguas Grises
Recreación	Mesas Pool	Salón de Juegos
	Tenis de Mesa	
	Taca-Taca	
	Zona Multimedia	Salón de descanso
	Sector Sillones	
	Juegos de Mesa	
	Zona deportiva y Ejercicio Físico	Multicancha deportiva
Bodegaje de elementos deportivos	Depósito de Implementos deportivos	

Este desglose programático define la funcionalidad bruta de la estación, el cual se hace pasar por un filtro de categorías propuestas y separadas en "Hábitats", las cuales son definidas por el carácter del habitar que se quiere potenciar dentro de la estación.

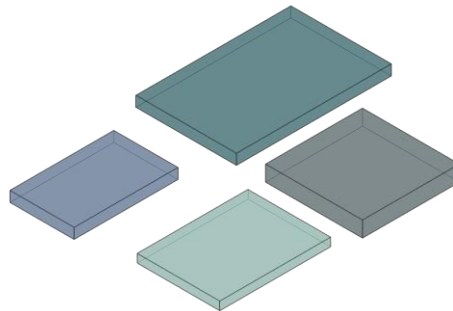
HABITAT	RECINTOS	CARACTERÍSTICAS DEL HABITAR
HABITACIONAL	Dormitorios fijos	Habitar privado   Reposo y Descanso   Aislación y Refugio   Concepción de Barrio
	Servicios Sanitarios	
	Lavandería	
	Salas de Basura	
EQUIPAMIENTO	Cocina y almacén	Soporte de Servicios   Recreación y Dispersión   Espacios de uso colectivo   Carácter Público   Habitar Esporádico   Zonas Compartidas   Compensación de Encierro   Mantención de Moral   Reducción de Estrés
	Comedor	
	Servicios Sanitarios	
	Salón de Juegos	
	Salón de descanso	
	Multicancha deportiva	
	Depósito de Implementos deportivos	
	Taller y almacén de cultivos	
OPERACIONAL	Salas de Basura	Habitar Laboral   Uso Privado   Entorno Aislado   Uso Científico   Carácter Funcional
	Control de Mando	
	Unidades de Control de Estación (UCE)	
	Operaciones Logísticas y Comunicaciones	
	Departamento del Medio Ambiente Antártico y Archivo	
	Unidades Científicas	
	Salas de Reuniones Científicas	
	Laboratorio	
	Servicios Sanitarios	
TÉCNICO Y DE APOYO	Sala de Basura	Funcionamiento Técnico   Sustento de Estación   Habitar Esporádico   Uso restringido   Soporte de Operaciones Polares
	Depósito de Suministros	
	Almacén de Desperdicios	
	Almacén de Vestuario	
	Garaje de Vehículos y Mecanismos Polares	
	Taller Mecánico y Aeronáutico	
	Almacén de Herramientas y Equipo	
	Almacén de Combustibles	
	Sala de Energía	
	Tratamiento de Aguas Grises	
	Tratamiento y Compactación de Desechos	
	Servicios Sanitarios	
	Baño Móvil	
	Enfermería móvil y unidad de rescate	
	Cápsulas Habitacionales Móviles	
	Enfermería fija	
Chifloneras de Acceso		
Cambia ropas y Almacén de personal		



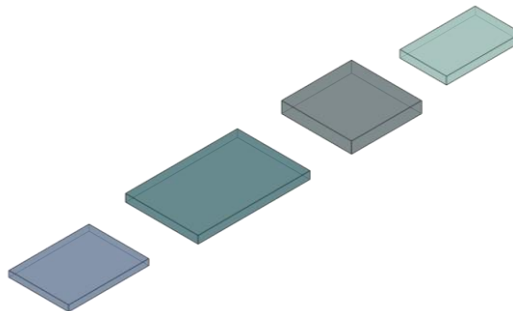
Con esto, el proyecto se organiza en 4 macro-áreas o "Hábitats" que proporcionan sustento a la totalidad de las actividades mapeadas dentro de los programas. El subdividir la estación por hábitats independientes, pero relacionados entre sí, permite generar un control de las actividades por zonas, además de permitir al habitante separar sus experiencias y formas de habitar dependiendo de la labor a desempeñar.

### Distribución de los Hábitats

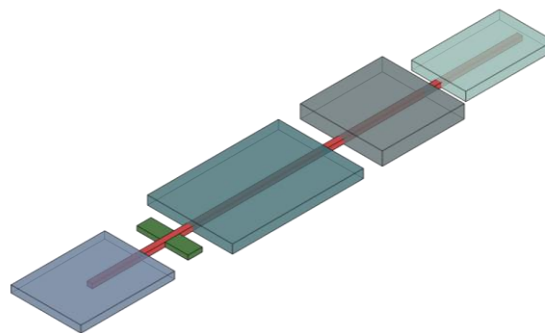
Se decide por distribuir los hábitats de forma lineal, en dirección sur-norte (debido a los fuertes vientos catabáticos sur)<sup>12</sup>, generando "capsulas" de hábitats interconectados entre sí.



Se seleccionan los programas y se agrupan en 4 hábitats según naturaleza de los espacios y recintos.



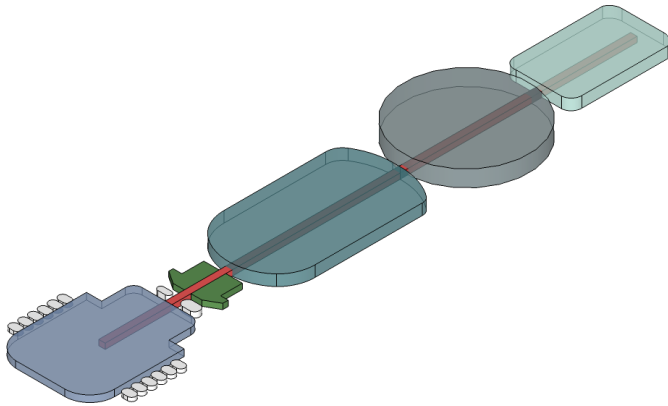
Los hábitats se disponen de forma lineal, siguiendo la dirección del viento (para oponer menos resistencia), y separados entre sí. Cada



<sup>12</sup> La influencia de los vientos y el comportamiento aerodinámico de la estación será explicada en la sección "Moldeado de Forma Aerodinámica".

zona funciona como un distrito o barrio de naturaleza propia en la estación total.

Se genera un eje de principal a través de todos los hábitats. Este eje oficia de eje urbano, circulación principal, conexión entre las zonas funcionales, y columna vertebral de toda la estación (desde flujo de personal a movimiento de suministros).



Se agregan los elementos restantes, como la zona de acceso y las capsulas de apoyo extraíbles. Por último se adecúa cada hábitat conforme a los requerimientos del programa interno, la distribución espacial y la aerodinámica.

### Moldeado de Forma Aerodinámica

Como ya se expuso con anterioridad, el elemento viento es un factor importante dentro del cuadrante de Glaciar Unión, es por esto que la forma de las envolventes debe de seguir algunos criterios básicos de aerodinámica.

### Comportamiento aerodinámico según formas

El comportamiento aerodinámico de una forma va a depender de los siguientes aspectos:

- Velocidad del Viento (km/H)
- Superficie del cuerpo expuesta al viento (M<sup>2</sup>)
- Relación de aspecto de la forma o perfil (largo/ancho)
- Coeficiente de resistencia aerodinámica (valor adimensional que depende de la forma del objeto y la incidencia del viento) Resistencia al viento

Se considera como la fuerza que sufre un elemento al ser sometido a un flujo de aire. Depende principalmente de dos factores: la velocidad del viento y la superficie del elemento (km/h \* m<sup>2</sup> = Fuerza de Resistencia). La resistencia se da mayoritariamente en las caras que se encuentran perpendiculares al flujo de aire, siendo este factor también determinante del "empuje" que este cuerpo pueda sufrir debido al viento.

### Flujo y Succión

La forma de un objeto altera la manera en cómo se desplaza el viento a lo largo de la superficie, la velocidad del flujo va a depender de la naturaleza de la superficie (material, rugosidad y fricción), donde a

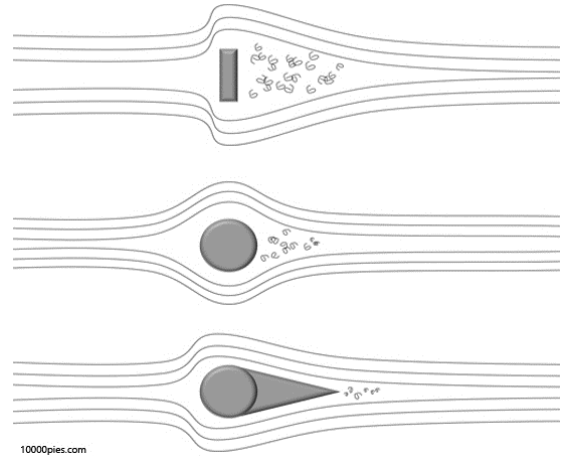


Imagen 59: Comportamiento del flujo de aire con diferentes formas. (Fuente: 10000pies.com)

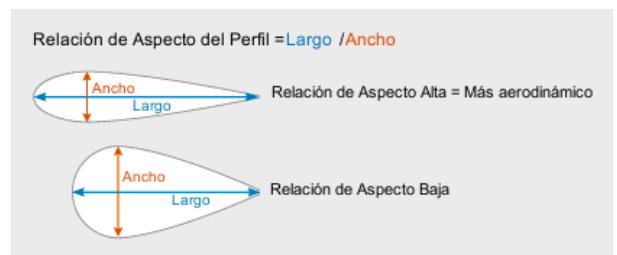


Imagen 60: Relación de aspecto aerodinámico de una forma. (Fuente: ceepo.es)

Shape	Drag Coefficient
Sphere	0.47
Half-sphere	0.42
Cone	0.50
Cube	1.05
Angled Cube	0.80
Long Cylinder	0.82
Short Cylinder	1.15
Streamlined Body	0.04
Streamlined Half-body	0.09

Measured Drag Coefficients

Imagen 61: Coeficientes de resistencia aerodinámica según forma y geometría. (Fuente: zonagravedad.com)



Imagen 62: Vista general de la base británica Halley. (Fuente: bas.ac.uk)



Imagen 63: Secciones de módulos operativos y comunes. ((Fuente: bas.ac.uk)



Imagen 64: Armado y montaje de módulos operativos de la base Halley. (Fuente: bas.ac.uk)



Imagen 65: Pilotes neumáticos con esquíes de los módulos de la Halley. (Fuente: bas.ac.uk)

menor obstáculos, mas óptimo es el flujo. La zona que enfrenta el viento se le denomina "frente de ataque", mientras que la zona opuesta se le llama "borde de fuga". Cuando el flujo de aire pasa desde el frente de ataque al borde de fuga, se crea un efecto de succión que genera turbulencia, la cual puede arrastrar la estructura de la estación y/o permitir una gran acumulación de nieve.

Otro aspecto en el que influye la velocidad de arrastre del flujo de viento, es en la acumulación de nieve, a mayor velocidad del viento, menor acumulación de nieve, puesto que éste se encarga de removerla.

### Consideraciones de forma

Debido a esto es que se busca minimizar los puntos en donde el viento se pueda estancar. Se opta por generar formas que minimicen la resistencia al viento, asimilándolas a las formas con menor coeficiente aerodinámico, evitando caras y bordes rectos, y disponiendo la estación en dirección del viento (generando la relación ancho-largo a favor de una baja resistencia ante los vientos catabáticos sur). Esto también aplica a las cubiertas, las cuales siguen una línea curva para facilitar el paso del viento.

Por último se establecen la totalidad de accesos y/o exclusas resguardados del viento, ya sea por posicionamiento como por dirección.

### Los Referentes de Arquitectura Antártica

La EPAC tomó su forma, estructura y organización a partir del análisis de referentes de construcciones antárticas contemporáneas.

#### Estación de Investigación Halley (Halley VI)

Corresponde a una base permanente del "British Antarctic Survey" del Reino Unido, ubicada en la barrera de hielo Brunt frente a la costa Caird del mar de Weddell en la Antártida. La etapa mas nueva de esta base británica comenzó a operar el 28 de febrero de 2012, y consta de una cadena de 8 módulos, cada uno sobre pilotes con esquíes para evitar la acumulación de nieve. La cadena de módulos es capaz de ser trasladada por separado sobre la nieve, siendo tractada por una ruta establecida.

En el aspecto constructivo, la estación Halley se diseñó a modo de módulo cápsula, con una estructura reticulada de acero tipo jaula, donde en el interior se disponen paneles prediseñados según los recintos interiores. La envolvente externa esta elaborada en paneles con capas de aislamiento y terminaciones integradas, la cara expuesta a la intemperie es de chapa moldeada y protegida por sistema dúplex (galvanizado-pintura epóxica).

Cada módulo posee un soporte basal de estereométrica, la cual descarga las fuerzas hacia 4 pilotes con esquíes, en el caso de los módulos de operación es, y 6 pilotes en el módulo común de equipamiento (el único color rojo).

La Halley se caracteriza por fragmentar sus funciones en una suerte de "tren" de módulos acoplados, lo cual permite futuras expansiones lineales y poder trasladar la estación por módulo hacia donde se



requiera. La disposición modular también permite suplir fallas focalizadas sin necesidad de inhabilitar toda la estación.

### Base Antártica Princesa Isabel (Princess Elizabeth)

Esta base antártica estival de Bélgica está ubicada a unos 200 km de la costa de la Princesa Ragnhild en la Tierra de la Reina Maud. Se encuentra en funcionamiento desde el 15 de febrero de 2009. Esta estación se caracteriza por ser la primera base que combina una construcción de bajo impacto ambiental y uso sustentable de energías renovables.

La estación se encuentra diseñada para soportar vientos de hasta 300km/h gracias a su diseño compacto y aerodinámico, pues concentra todas las actividades en una sola estructura de 3 niveles internos. Toda la base se encuentra situada sobre un nunatak, mediante una estructura de entramado de acero que permite elevarla para evitar la acumulación de nieve.

La estación Princesa Isabel se encuentra modulada en paneles de capas combinadas, completamente prefabricados, a modo de gajos, que se montaron en terreno. La envolvente exterior se compone de una chapa moldeada y protegida por sistema dúplex (galvanizado-pintura epóxica). En términos de sistema estructural interno, la base se encuentra fabricada en madera laminada, para minimizar el impacto ambiental de los materiales y por el comportamiento térmico.

La base actual está pensada para albergar a 16 científicos durante la temporada estival. En el invierno sigue en funcionamiento pero remoto, esto es posible gracias al uso de fuentes de energía renovables y limpias. La base Princesa Isabel funciona en su totalidad con fuentes naturales, cuenta con una central eólica, paneles fotovoltaicos y paneles solares para la calefacción. El manejo de los residuos también se realiza con especial cuidado, se reutilizan las aguas grises y el aire es filtrado y tratado antes de devolverse al exterior.

### Base Amundsen Scott (South Pole Station)

La Base Amundsen-Scott es la estación Estadounidense que se encuentra situada en el Polo Sur Geográfico. Es el lugar más meridional del planeta. Está habitado de manera permanente, puesto que las condiciones en el polo no son tan extremas como en los demás sectores del Círculo Polar Antártico (con vientos de 90km/h como máximo registrado). Estados Unidos ha mantenido la instalación continuamente en funcionamiento en el Polo Sur desde 1957. La base es una construcción dispersa, con varios complejos independientes como el amarradero central, la galera y las unidades de comunicación, las cuales han sido restauradas en varias ocasiones.

Dentro de la base destacan dos construcciones, La Cúpula y la Base Elevada.

La cúpula de 50m de diámetro se compone por un reticulado geodésico, posee 6m hasta la cúspide y un acceso de 14m x 24m elaborado en acero. La envolvente fue desarrollada en paneles de polímero sintético traslúcido, resistente al frío e impermeable. Con el paso del tiempo esta entrada ha ido quedando enterrada bajo la nieve,



Imagen 68: Vista aérea de la base Princesa Isabel. (Fuente: antarcticstation.org)



Imagen 67: Vista exterior de la base Princesa Isabel. (Fuente: antarcticstation.org)



Imagen 66: Proceso de montaje y armado de la base Princesa Isabel. (Fuente: antarcticstation.org)



Imagen 69: Complejo de la Base Amundsen Scott. (Fuente: southpolestation.com)

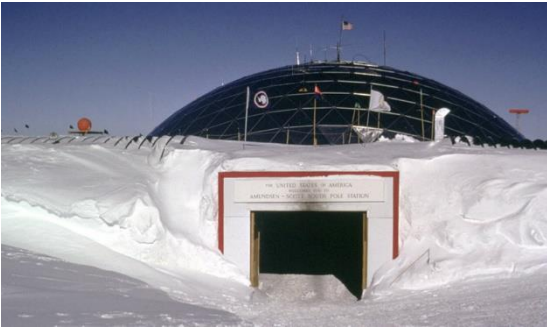


Imagen 70: Tunel de acceso a la Cúpula de la Base Amundsen Scott. (Fuente: southpolestation.com)



Imagen 71: Interior de la cúpula, Base Amundsen Scott. (Fuente: southpolestation.com)



Imagen 72: Edificio elevado, Base Amundsen Scott. (Fuente: southpolestation.com)



Imagen 73: Hito ceremonial, Polo Sur geográfico. Base Amundsen Scott. (Fuente: southpolestation.com)

creando la ilusión de ingreso a través de un subterráneo. La cúpula ha sido utilizada como almacén de suministros, combustibles, equipamiento, y para numerosos y complejos proyectos de astronomía y astrofísica.

La base elevada contiene dos plantas y se caracteriza por estar elevada sobre una serie de pilotes con altura ajustable, lo que mantiene un control del nivel de nieve. El diseño total es modular, lo que contempla la posibilidad de futuras expansiones e incremento de población (en el tiempo estival logra albergar aproximadamente 200 personas). Las paredes del complejo tienen las paredes inclinadas, con esto se consigue una aceleración del viento, lo que disminuye la acumulación de nieve.

En esta base también se encuentra el punto de las banderas de los firmantes originales del Tratado Antártico y el hito (escultura) que indica el llamado Polo Sur Geográfico Ceremonial.

## 5.6. EPAC | Criterio Estructural y Constructivo

La Estación Polar de Apoyo Científico para Glaciar Unión posee un sistema constructivo mixto, compuesto de estructuras geodésicas y reticuladas espacialmente en conjunto con sistemas de estructuras neumáticas. Ambos sistemas son autoportantes y trabajan en conjunto, cumpliendo una función específica dentro del proyecto.

### Entramados de Bóvedas, Domos y Cúpulas<sup>13</sup>

"Un domo geodésico es una estructura semiesférica compuesta por un complejo grupo de triángulos. Es considerada la estructura más ligera, fuerte y eficiente en cuanto a costo y comodidad de construcción. Un domo geodésico es capaz de cubrir más espacio sin apoyos internos que cualquier otra cubierta." (domos.com, 2016).

### Estructura Autoportante

Los entramados de domos y cúpulas, ya sean regulares o irregulares, nacen del principio de triangulación geodésica, donde el entramado espacial permite generar una estructura de la forma deseada sin soportes o apoyos intermedios. En el caso de requerir cubrir una luz mayor, en una forma no generada por revolución, se puede generar un entramado doble, lo que asegura un buen comportamiento estructural. Para la estación polar se proyecta la utilización de una doble capa de entramado, puesto que se deben cubrir luces de entre 40m y 50m.

### Cerramientos y Envolventes

La capa externa que oficia de envoltente para las estructuras de entramado se compone por lo que los fabricantes llaman "Telas Técnicas". Estas se componen por un tejido base protegido por ambas caras, recubierto de PVC con aditivos, estabilizadores de rayos UVA, retardantes de fuego, colorantes y fungicidas. Las telas técnicas de alta

<sup>13</sup> Según testimonios y explicaciones técnicas en una entrevista realizada a Carolina Martínez Dorlhiac (Co-fundadora de Domos Chile y actual jefa de diseño y ejecución en Domos.com)



calidad están cubiertas de PVDF (polímeros fluorinados) que facilitan la limpieza de la membrana de PVC).

Las telas técnicas poseen una gran resistencia estructural y a partir de éstas se pueden generar membranas dobles con material aislante intermedio, como las que Domos Chile implementó en los domos instalados actualmente en Glaciar Unión. Este manto es similar a la estructura de un abrigo tipo parca, completamente impermeable, de terminación lisa, que es capaz de mantener recintos a 0°C con -30°C en el exterior (considerando que también existe aporte de temperatura humana por parte de los habitantes).

### Soportes y Anclajes a suelo

La estación, al estar en contacto directo con el hielo y al verse enfrentada a fuertes vientos (empuje, succión y turbulencia), se ve en la necesidad de anclarse al suelo para evitar su desplazamiento e inestabilidad estática.

Los anclajes al suelo actualmente se realizan mediante un sistema muy simple pero altamente eficaz, el cual consiste en la instalación de estacas de anclaje directamente al interior del suelo de hielo sólido. Para esto se realiza una perforación en el suelo con un taladro perforador de hielo, con una profundidad de 1m, donde posteriormente se introduce una barra de acero estriado, alrededor de la cual se vacía agua hasta rebalsar la perforación, al cabo de unos minutos el agua se solidifica, volviéndose parte del hielo y generando un soporte sólido de anclaje (con comportamiento similar al fundar en hormigón). Dependiendo de la función del anclaje y de necesidad de una futura remoción, es que las inserciones de las barras estriadas pueden variar de posición vertical a horizontal (siendo las horizontales más fáciles de remover, pero igual de resistentes). Estos anclajes pueden sostener la estructura mediante amarres con cuerdas de remolque tensadas (como vientos esquineros) y como fijaciones de estacas directas al suelo (similares a los pernos de expansión).

### Uso en EPAC

Se utilizará el sistema de reticulado geodésico doble en todos y cada uno de los domos que cierran los hábitats. El reticulado doble permitirá un mejor comportamiento estructural ante las condiciones de empuje del viento. Sobre los reticulados se instalarán los forros desarrollados por Domos Chile, alternando zonas traslucidas y opacas dependiendo del habitar interior. Esto permitirá mantener una superficie exterior lisa para minimizar la acumulación de nieve.

Para el caso de la EPAC, se utilizará este sistema de anclaje y fijación por todo el perímetro, con cuerdas de remolque de alto tonelaje, y se instalarán anclajes de suelo siguiendo una cuadrícula ortogonal a lo largo del piso de la estación. Esto permitirá generar el soporte adecuado para que la estructura resista la fuerza del viento sin comprometer la integridad física de la estación ni de los habitantes.

### Estructuras Inflables

Las estructuras inflables, o también conocidas como estructuras neumáticas, son aquellas estructuras que se sostienen por una presión diferencial de aire entre el interior y exterior, generada por inyectores de



Imagen 74: Estructura de entramado de domo geodésico. (Fuente: domos.com)



Imagen 75: Manto de tela técnica aislante e impermeable desarrollada por domos.com (Fuente: Coronel Rafael Castillo)



Imagen 76: Anclajes de vientos a hielo de las estructuras. (Fuente: Coronel Rafael Castillo)



Imagen 77: Perforación en hielo con taladro para insertar barras de anclaje. (Fuente: geociencias.unam.mx)



Imagen 78: Perforación en nudos para pasada de amarres de anclajes a hielo. (Fuente: Coronel Rafael Castillo)



Imagen 79: Instalación de domo geodésico de reticulado doble en la Antártica. (Fuente: 7dias.com.do)

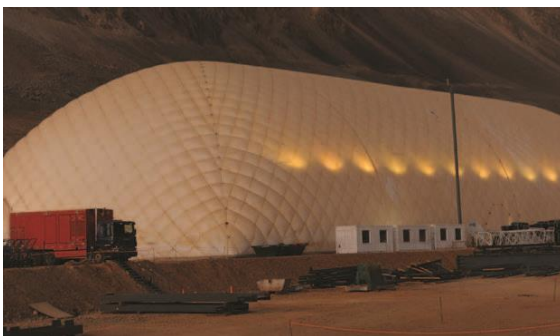


Imagen 81: Domo inflable de 43m de ancho x 110m de largo y 17m de alto, para bodegaje en Pascua-Lama. (Fuente: somosbarrick.com)



Imagen 80: Estructura neumática abovedada para evento. (Fuente: vilssa.com)

aire. Debido a esto no requieren de apoyos intermedios. Son estructuras livianas, flexibles y de forma libre.

### Principios de Funcionamiento

Las estructuras inflables son estables y auto portantes, se sostienen gracias un ventilador que mantiene el aire a una presión constante en el interior. También se puede generar un sistema de llenado total y encapsulado (parecido al inflado por válvulas), sin embargo debe presentar recambios de aire cada cierto tiempo para evitar pérdidas de presión debido a los diferenciales de temperatura.

Debido a su configuración, las estructuras inflables no necesitan cimentación masiva, puesto que el aire se encarga de dar soporte estructural, aunque evidentemente si es necesario un sistema de anclaje al terreno para evitar desplazamientos y arrastres por aire.

### Versatilidad de Fabricación, Transporte y Montaje

Los edificios montados a partir de estructuras inflables se llevan realizando desde finales del siglo XX y suelen ser una alternativa válida para construcciones efímeras, que requieren un rápido montaje, un fácil traslado y un coste no muy alto.

Mediante estas estructuras se pueden conseguir formas libres a pedido, puesto que las capas de tela doble se pueden unir entre sí con diversas curvaturas. Estas estructuras, cuando están desinfladas, pueden ser plegadas hasta conseguir un tamaño bastante reducido, lo cual facilita temas de embalajes y transportes.

Otro aspecto que le otorga versatilidad a estas estructuras, es su capacidad de ser trasladadas e infladas in situ, con poco personal y obteniendo su forma definitiva y estable al cabo de unas horas de inflado, sin necesidad de complejas faenas in situ.

### Comportamiento en Situaciones Extremas

Las estructuras inflables se pueden utilizar prácticamente en cualquier entorno y son recomendadas tanto para aplicaciones civiles como militares y científicas, con un alto grado de personalización. Las telas utilizadas principalmente se componen de capas de poliéster de alta resistencia, reforzadas con PVC, aditivos de polímeros impermeables, pudiendo ser opacas o translúcidas dependiendo de la necesidad del entorno.

Debido a poseer una capa intermedia de aire, estas estructuras tienen un buen comportamiento acústico y térmico, pudiendo tolerar temperaturas de  $-30^{\circ}\text{C}$  a  $+70^{\circ}\text{C}$  (vilssa.com, 2016). Además si a esto se le considera la posibilidad de tener capas translúcidas, pueden ser utilizadas para generar un efecto invernadero y aumentar la temperatura interior.

Los edificios inflables de células de aire independientes (neumáticos celulares) pueden actuar como estructuras permanentes, con una alta resistencia a la torsión, pudiendo resistir vientos de hasta 150km/h y carga de nieve de hasta  $140\text{kg/m}^2$  (vilssa.com, 2016). Con esto también pueden soportar cargas en el techo y paredes para la iluminación, elevación y otros requisitos de cableado.

Los edificios realizados en estructura inflable, y expuestos al aire libre, pueden tener una duración de 10 años en los trópicos y 20 años en las



condiciones europeas. Cuando son instaladas en ambientes interiores pueden durar casi indefinidamente.

### Uso en EPAC

Se utilizarán estructuras neumáticas celulares como capa intermedia alojada entre el reticulado geodésico doble, esto permite proteger la estructura inflable de la acción de los fuertes vientos, mientras proporciona aislamiento acústico y térmico, que en conjunto con la envolvente exterior proporciona el hermético de la base. El posicionar la estructura inflable en esta capa intermedia permite prever eventualidades y desperfectos sin que la estructura colapse en sí misma sobre los recintos interiores. Además permite la desactivación del sistema de bombeo neumático durante los meses de inactividad en invierno, dejando a la estructura geodésica y a la envolvente exterior a cargo de la integridad estructural sin habitantes.

En términos de soporte, la estructura neumática celular deberá contar con perforaciones en los puntos donde ambas capas geodésicas se unen, lo cual permite mantener la capa inflable estable y en su lugar, tanto durante la instalación como durante su funcionamiento.

Se prevé además el uso de capas translúcidas para permitir el ingreso de luz natural al interior y poder generar el efecto invernadero para el confort térmico de los hábitats.

### Prefabricación, Transporte y Montaje

Para la EPAC la prefabricación y modulación de elementos es fundamental, puesto que la totalidad de la estación debe de llevarse en partes al interior del Hércules C-130. Tampoco está permitido realizar faenas in situ que no puedan ser desmanteladas en su totalidad (conforme al criterio de reversibilidad constructiva), por lo que construcciones en hormigón, cimentaciones convencionales y estructuras permanentes quedan descartadas.

### Fabricación Modulada

#### Reticulado Geodésico

La estructura de entramado de doble capa se elabora según especificaciones del fabricante, reduciendo todo el ensamble a elementos lineales y piezas de acero, como las barras, los nudos y elementos de sujeción. Estos elementos se embalan en cajas que luego pueden ser cargadas en el Hércules.

#### Estructura Inflable

La capa neumática celular se elabora por forma total a cubrir, fabricando una para cada hábitat, con un total de 3 estructuras independientes.<sup>14</sup> Estas estructuras inflables se transportan desinfladas y plegadas a un tamaño compacto, donde posteriormente son embaladas en cajas para su transporte.

<sup>14</sup> Se excluye el hábitat técnico y de apoyo puesto que se considera un área no habitable, dedicado en su mayoría a maquinarias y elementos de funcionamiento de la estación, por lo que no requiere mayores condiciones de habitabilidad como los demás hábitats.



Imagen 83: Estructura neumática celular de alta resistencia. (Fuente: [arquitecturainflable.wordpress.com](http://arquitecturainflable.wordpress.com))



Imagen 82: Proceso de inflado de estructura neumática. (Fuente: [blog.360gradosenconcreto.com](http://blog.360gradosenconcreto.com))

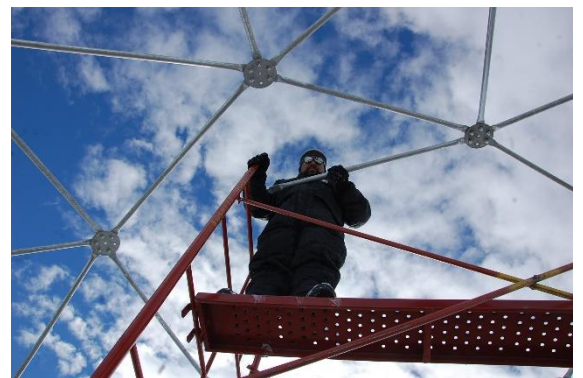


Imagen 84: Armado de barras que componen el reticulado geodésico. (Fuente: Coronel Rafael Castillo)



Imagen 85: Ejemplo de panel a utilizar en los recintos interiores. (Fuente: Coronel Rafael Castillo)



Imagen 86: Sistema de piso modular elevado. (Fuente: comercialdpf.com.br)



Imagen 87: Sistema de placas de piso técnico modular autotrabados. (Fuente: Coronel Rafael Castillo)

### Recintos interiores

Los recintos interiores están dimensionados para que se puedan prefabricar en paneles de 3,6m x 1,2m (tamaño industrializado), aprovechando así las medidas estándar en el mercado de las planchas de madera. Esta modulación permite un apilamiento dentro del Hércules que no desperdicia espacio (múltiplo de 3,6m), pudiendo optimizar así la carga en la cabina y el posterior ensamble en obra. Los paneles modulares contienen todas las capas de los recintos, como los soportes internos, la aislación térmica y los acabados tanto interiores como exteriores (a modo de fabricación de Tecno Fast).

### Soporte y Panelización de Suelos

El suelo base de la estación se compone por una capa de placas de acero, aislada del suelo hielo por una barrera sintética de goma, resistente a la humedad y la abrasión. Estas placas serán el soporte principal para la instalación de los suelos modulados elevados, sobre los cuales se dispondrán las diversas tipologías de piso (placas técnicas, madera, tierra y hierba). Este soporte elevado también permite facilitar el paso de las instalaciones y redes interiores, dando la opción de mantenimiento. Y al estar elevado, evita puentes térmicos hacia el hielo base.

Las placas técnicas son un sistema de piso modular resistente al peso, a la abrasión, antideslizante y que resiste incluso el daño que pudiera causar la tracción con clavos de las orugas de los vehículos. Consisten en placas moduladas de 0,4m x 1m, trabajadas con manillas entre sí. Este sistema se encuentra actualmente instalado en los pisos de las estructuras de Glaciar Unión, y ha demostrado tener un muy buen comportamiento y durabilidad.

### Carga en Cabina de Hércules C-130

Todos los elementos y embalajes que se envíen o retiren de Glaciar Unión deben de ser capaces de transportarse en el C-130. El número de viajes dependerá de la cantidad de carga total transportada en el avión.

La cabina de carga del Hércules C-130 tiene una dimensión basal de 3m de ancho x 12,19m de largo, con una altura de 2,74m. En esta crujía alcanzan los paneles dimensionados de los recintos interiores y los embalajes que sean necesarios.

### Montaje In Situ

Tiempo de instalación y mano de obra necesaria

El montaje se debe de hacer en un tiempo estimado de 5 meses, de Noviembre a Marzo, que son los más óptimos en término de condiciones climatológicas y soporte aéreo. El diseño seccionado de la EPAC permite montar cada zona en etapas diferidas, lo que evita comprometer el proceso en caso de alguna eventualidad en la faena o pausas por condiciones climáticas.

A su vez el tiempo de instalación depende la cantidad de personal encargado del montaje, en este caso se dispone de una dotación de 60 personas que pueden desempeñar tareas de montaje en terreno antártico.





Imagen 90: Interior vacío de la cabina de carga del Hércules C-130. (Fuente: ejercitodelaire.mde.es)



Imagen 89: Procedimiento de carga de material en Hércules C-130. (Fuente: ejercitodelaire.mde.es)



Imagen 88: Esquema de dimensiones en alzado interiores de cabina de carga del Hércules C-130. (Fuente: fierasdelaingenieria.com)

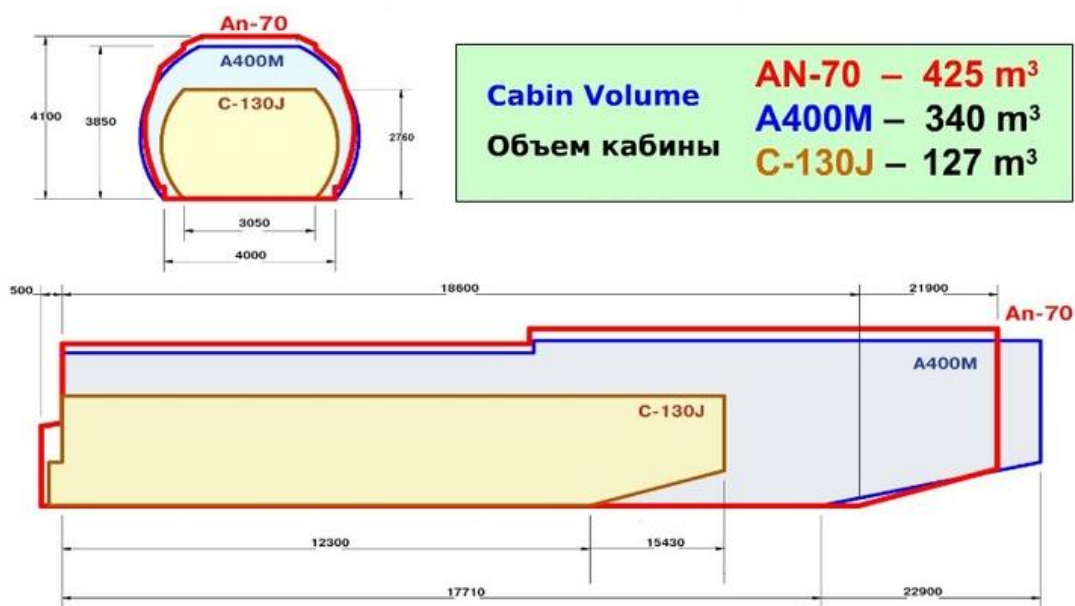


Imagen 91: Dimensiones de cabinas de cargas de aviones comúnmente utilizados en el transporte de material, entre ellos el C-130. (Fuente: bemil.chosun.com)

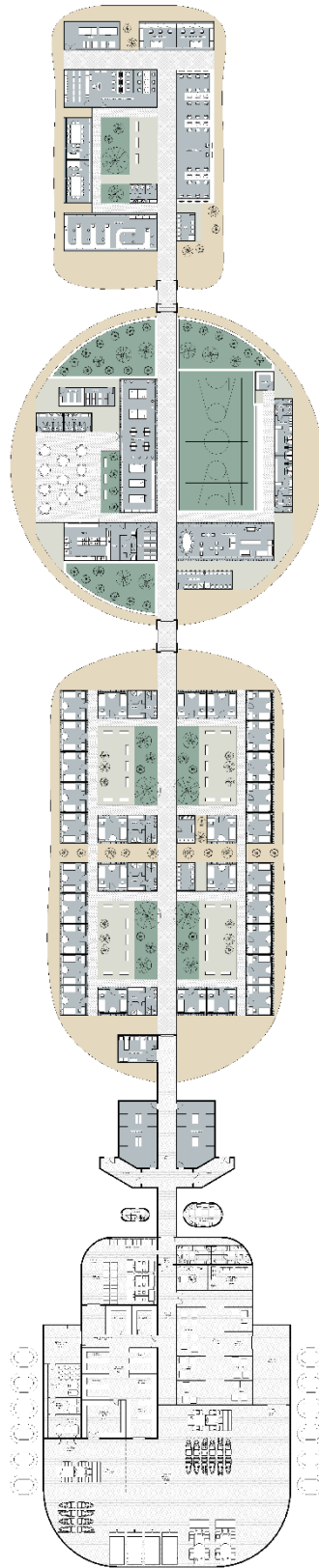


## 6. Anexos

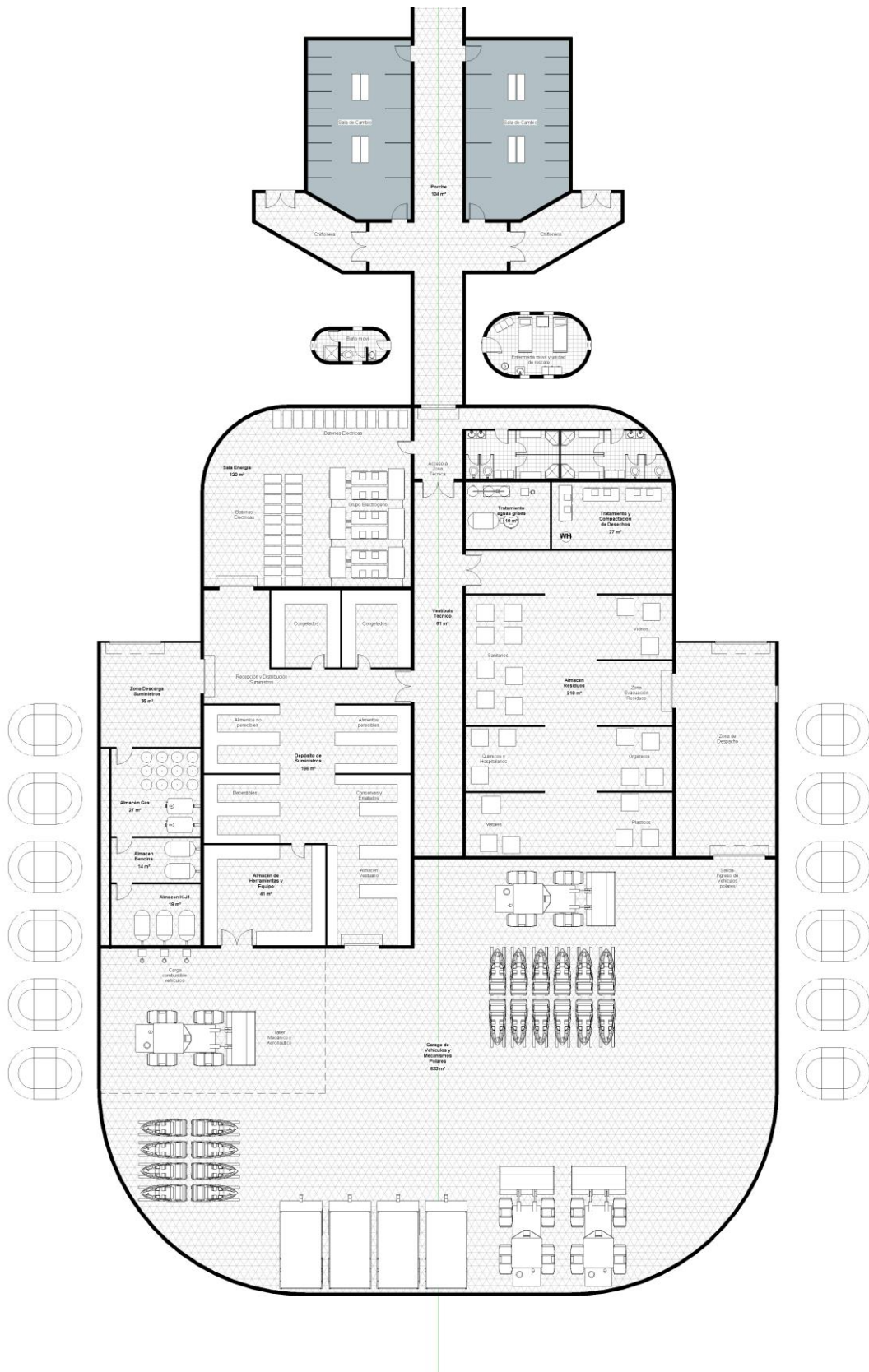


Punto de altura solar máxima durante un día de verano en Glaciar Unión. (Fuente: [elnuevoherald.com](http://elnuevoherald.com))

6.1. Planimetrías

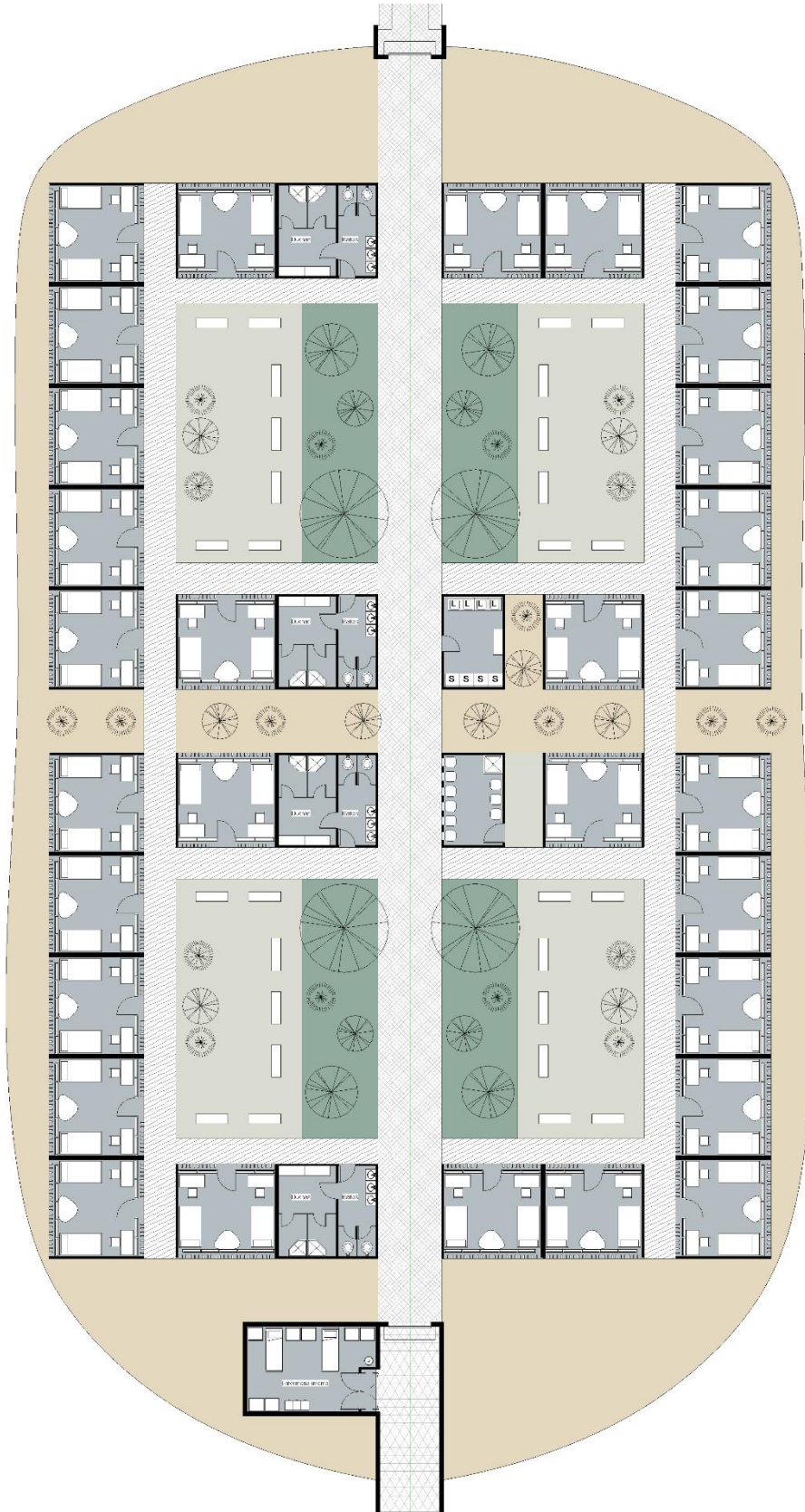


Plano 1: Planta general EPAC



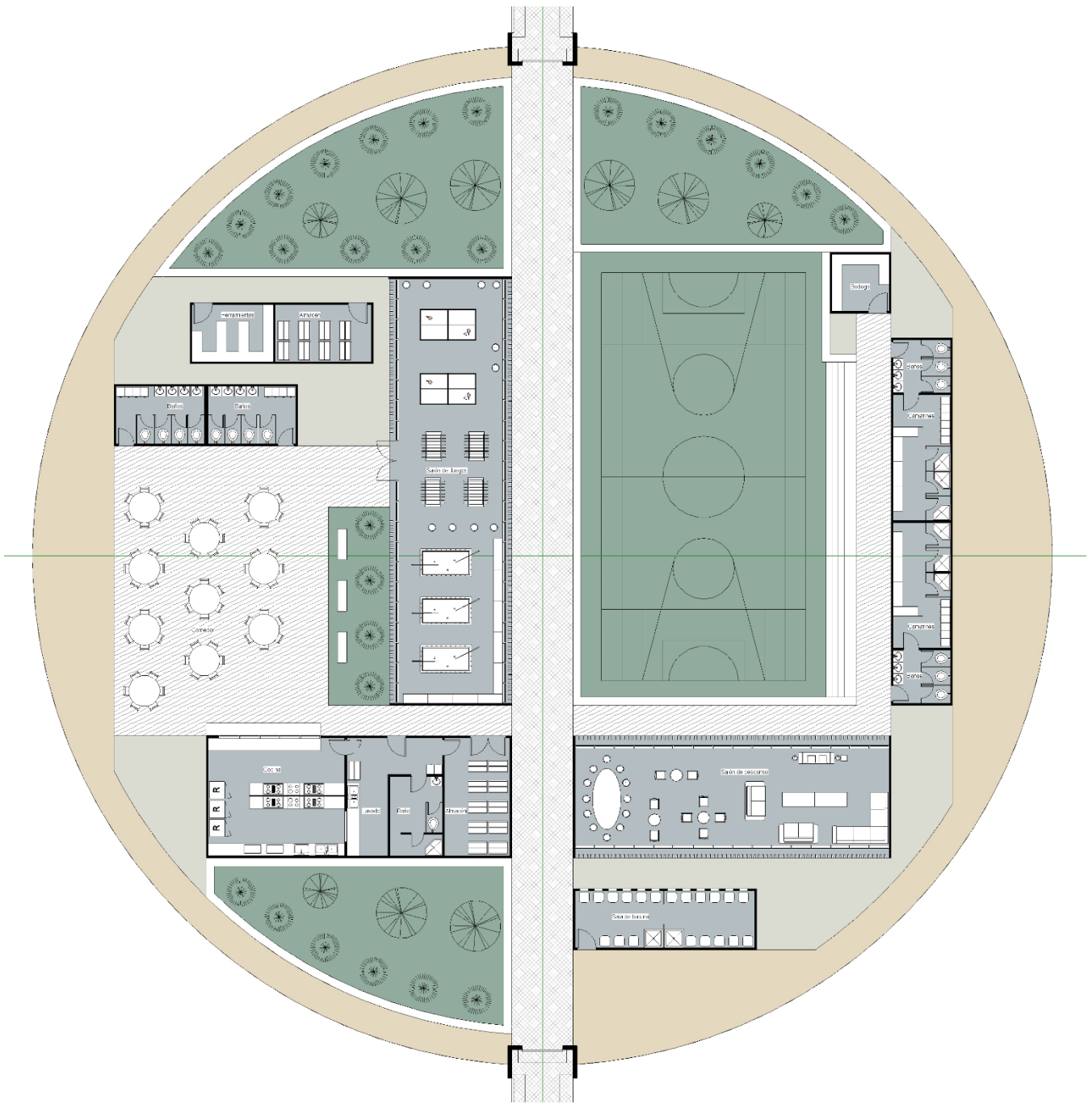
Plano 2: Planta de Hábitat Técnico y de Apoyo



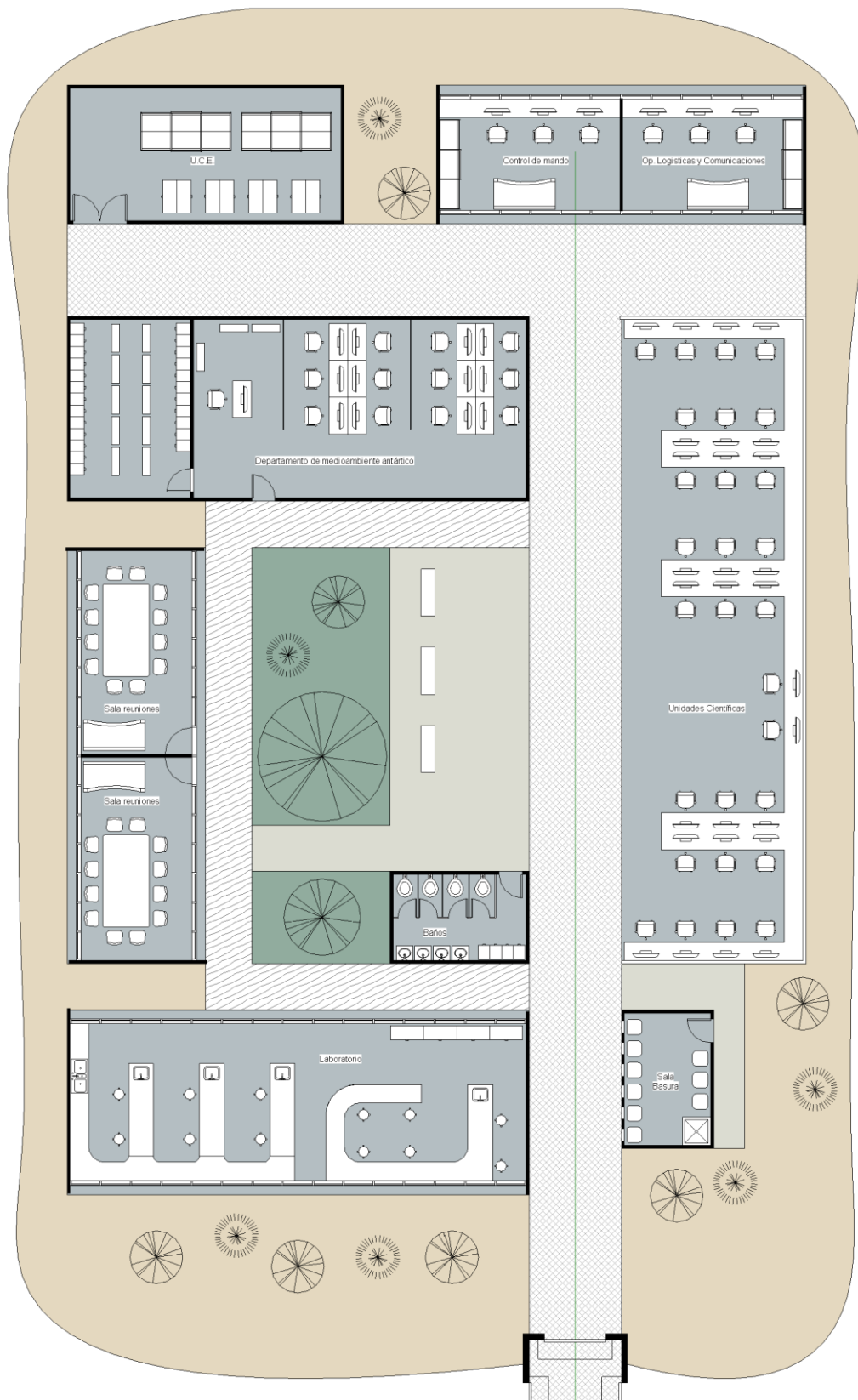


Plano 3: Planta de Hábitat Habitacional





Plano 4: Planta de Hábitat de Equipamiento



Plano 5: Planta de Hábitat Operativo

6.2. Vistas

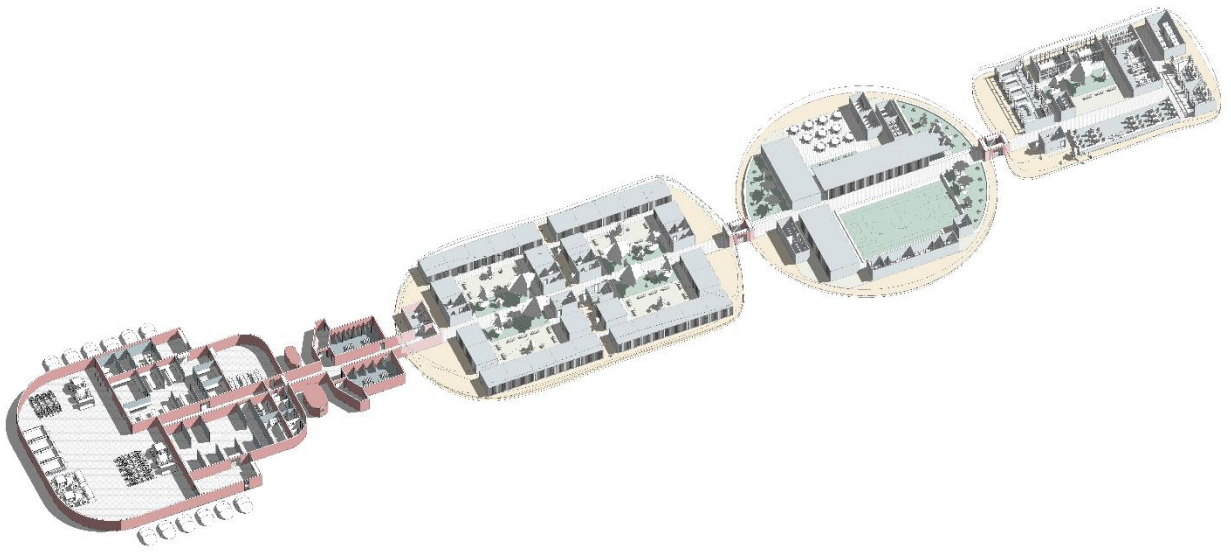


Imagen 92: Axonométrica general EPAC

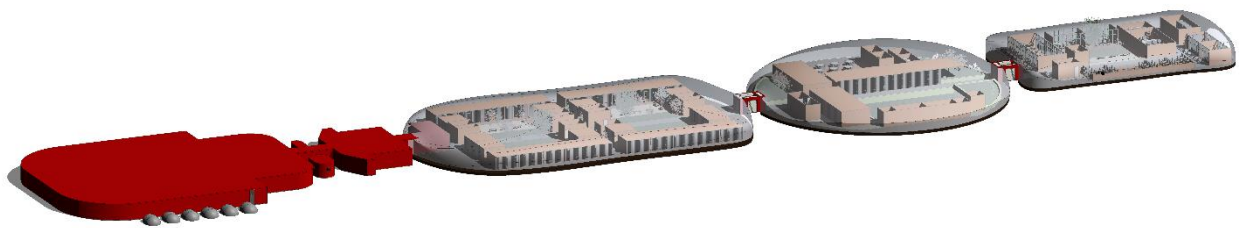


Imagen 93: Vista Exterior Este EPAC

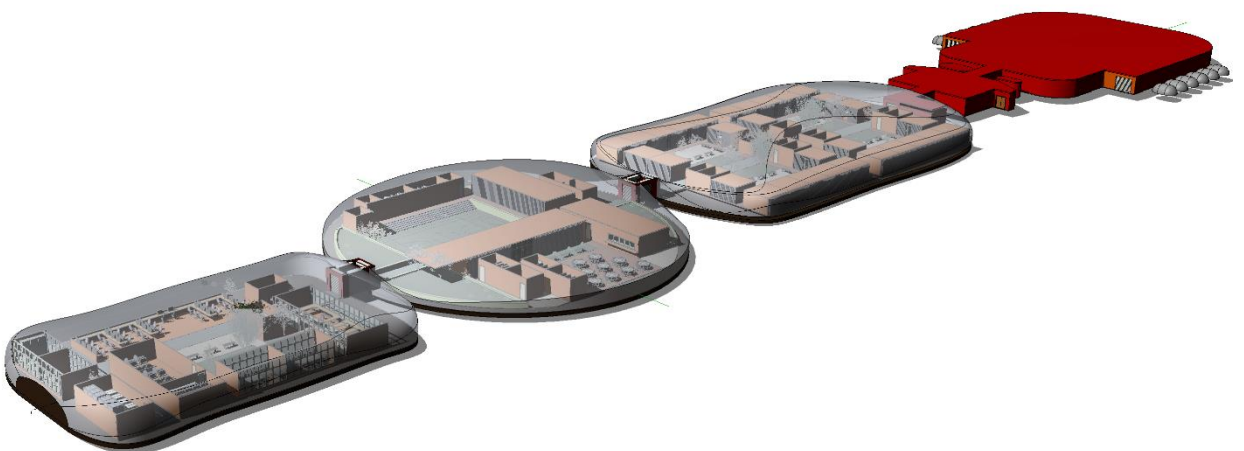


Imagen 94: Vista Exterior Norte EPAC



## 7. Bibliografía



Recolección de muertas en hielo azul.  
(Fuente: elnuevoherald.com)



---

## Referencias

- AcuaCycle. (10 de Septiembre de 2015). *GSBR Proyectos*. Obtenido de <http://gsbrproyectos.com/Espanol/EAREcP02.html>
- ALE. (s.f.). *Flights and logistic services for deep-field science and expeditions*. Obtenido de Antarctic Logistics & Expeditions: <http://antarctic-logistics.com/>
- Antognini, C. (2010). *Habitabilidad Antártica*. Santiago.
- Antognini, C. (2011). *Estación de Investigación Antártica INACH*. Santiago.
- Aradas, A. (11 de Agosto de 2013). *Antártica: ¿cómo se vive en una de las zonas más remotas del mundo?* Obtenido de BBC: [http://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/07/130423\\_sociedad\\_villa\\_estrellas\\_aa](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/07/130423_sociedad_villa_estrellas_aa)
- Arboles Frutales. (s.f.). *Árboles frutales de clima frío, ¿cuál elegir?* Obtenido de Arboles Frutales: <http://arbolesfrutales.org/arboles-frutales-de-clima-frio-cual-elegir/>
- Arqze. (16 de Junio de 2015). *Arquitectura para Zonas Extremas*. Obtenido de <http://www.arqze.com/>
- Barbe, J. (14 de Noviembre de 2009). *El C-130 Hercules en el Ejército del Aire español*. Obtenido de Gaceta Aeronáutica: <http://www.gacetaaeronautica.com/gaceta/wp-101/?p=1133>
- Barrick Gold. (Julio de 2012). *Un mega domo inflable en Pascua-Lama*. Obtenido de Somos Barrick: <http://www.somosbarrick.com/pascua-lama/2012/07/un-mega-domo-inflable-en-pascua-lama/>
- Bascuñan, J. (2011). *La Fuerza Aérea de Chile a la luz de la política antártica institucional*. Santiago: Academia Nacional de Estudios Políticos y Estratégicos .
- Castillo, R. (23 de Junio de 2015). *Instalación y avance antártico hacia Glaciar Unión*. (H. Jara, Entrevistador)
- CECS. (2010). *Union Glacier 2010 CECS & Antarctic Logistics & Expeditions (ALE)*. Obtenido de Centro de Estudios Científicos: <http://www.cecs.cl/expediciones/index.php?idMision=1>
- Chile Desarrollo Sustentable. (22 de Diciembre de 2015). *Glaciar Unión, un oasis para la ciencia en medio de la Antártida profunda*. Obtenido de Chile Desarrollo Sustentable: <http://www.chiledesarrollosustentable.cl/noticias/noticia-pais/glaciar-union-un-oasis-para-la-ciencia-en-medio-de-la-antartida-profunda/>
- EFE. (17 de Noviembre de 2014). *Científicos nacionales realizan la mayor expedición científica en "Glaciar Unión"*. Obtenido de EL Dinamo: <http://www.eldinamo.cl/ambiente/2014/11/17/cientificos->



nacionales-realizan-la-mayor-expedicion-cientifica-en-glaciar-union/

EFE. (4 de Enero de 2014). *Presidente Piñera inicia su cuarto viaje a la Antártida para inaugurar base científica*. Obtenido de El Dinamo:

<http://www.eldinamo.cl/pais/2014/01/04/presidente-pinera-inicia-su-cuarto-viaje-a-la-antartida-para-inaugurar-base-cientifica/>

Ejército de Chile - Comando de Apoyo a la Fuerza. (2010). *Informe técnico visita de reconocimiento Union Glacier, Continente Antártico*. Santiago: División Logística.

Ejército de Chile. (2013). *Informe actividades de trabajo de mediciones en GU*. Instituto Geográfico Militar, Comando de Industria Militar e Ingeniería. Santiago: Gobierno de Chile.

El Mostrador. (7 de Diciembre de 2015). *Ministro Gómez: "La presencia de Chile en el Glaciar Unión es vital"*. Obtenido de El Mostrador:

<http://www.elmostrador.cl/noticias/pais/2015/12/07/ministro-gomez-la-presencia-de-chile-en-el-glaciar-union-es-vital/>

El Nuevo Herald. (4 de Enero de 2016). *GALERÍA: Fin del mundo, la estación polar Glaciar Unión*. Obtenido de El Nuevo Herald: <http://www.elnuevoherald.com/noticias/mundo/america-latina/article50772790.html>

Euronews (Dirección). (2010). *Biosfera 2: La utopía de una biosfera artificial* [Película].

FF.AA. (s.f.). *Noticias FFAA Chile*. Obtenido de Fuerza Aérea de Chile: <http://noticiasffaachile.blogspot.cl/>

Fuentes, M. (4 de Enero de 2014). *Chile asienta nueva base polar en Antártica para reafirmar demandas soberanas*. Obtenido de 7Días:

[http://www.7dias.com.do/destacada/2014/01/04/i155064\\_chile-asienta-nueva-base-polar-antartica-para-reafirmar-demandas-soberanas.html#.Vo3r1fnhDIV](http://www.7dias.com.do/destacada/2014/01/04/i155064_chile-asienta-nueva-base-polar-antartica-para-reafirmar-demandas-soberanas.html#.Vo3r1fnhDIV)

Fuerza Aérea de Chile. (25 de Noviembre de 2014). *PILOTOS DE TWIN OTTER INAUGURARON PISTA DE NIEVE EN ESTACIÓN POLAR CIENTÍFICA CONJUNTA*. Obtenido de FACH: [http://www.fach.cl/noticias/2014/noviembre/25\\_pista/25\\_pista.html](http://www.fach.cl/noticias/2014/noviembre/25_pista/25_pista.html)

Geographic, N. (Dirección). (2010). *Radiografía de la Tierra: Biosfera 2* [Película].

Gimenez, J., & Gómez, J. (2011). GENERACIÓN EÓLICA EMPLEANDO DISTINTOS TIPOS DE GENERADORES CONSIDERANDO SU IMPACTO EN EL SISTEMA DE POTENCIA. *Dyna*, 95-104.

González, C. (13 de Diciembre de 2015). Glaciar Unión, una base chilena bajo el hielo. *La Tercera*, págs. 74-75.

IED. (3 de Febrero de 2015). *LA FLOTA DE TRANSPORTE DE LA FUERZA AÉREA DE CHILE*. Obtenido de Centro de Investigación en

Defensa:

<http://www.ied.cl/chileadquiereotros2transportesc130hhercules/>

INACH. (11 de Mayo de 2015). *Instituto Antártico Chileno*. Obtenido de <http://www.inach.cl/inach/>

Jaña, R., & Arigony, J. (2013). *Apoyo Científico para Instalación Estación Polar Conjunta Glaciar Unión*. INACH, FACH, Santiago.

Labrín, S. (12 de Octubre de 2015). *La desconocida vida en la Antártica*. Obtenido de La Tercera: <http://www.latercera.com/noticia/nacional/2015/10/680-651018-9-la-desconocida-vida-en-la-antartica.shtml>

Martínez, C. (9 de Diciembre de 2015). Instalación y Sistemas constructivos implementados en Glaciar Unión. (H. Jara, Entrevistador)

Master en Automoción. (2012). *Aerodinámica Exterior*. Escuela de Ingenierías Industriales.

Ministerio de Defensa. (2011). *ELEMENTOS DE ANÁLISIS SOBRE PRESENCIA ANTÁRTICA NACIONAL*. Santiago: Gobierno de Chile.

Ministerio de Defensa. (Agosto de 2013). ESTACIÓN POLAR CIENTÍFICA CONJUNTA,. Santiago, Chile.

Ministerio de Defensa. (2010). *SOPORTE OPERATIVO Y LOGÍSTICO PARA LAS ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN EN ESTACION CIENTÍFICA CONJUNTA GLACIAR UNIÓN*. Santiago: Gobierno de Chile.

Olivares, J. (2011). Estudio aerodinámico aplicado en el campo de la automoción. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

ONI Escuelas. (2012). *Clima Antártico*. Obtenido de Olimpiadas Nacionales de Contenidos Educativos en Internet: <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi98/Base-Antartica-Esperanza/clima.htm>

Patagonia Argentina. (s.f.). *El clima en la Antártida*. Obtenido de Patagonia Argentina: [http://www.patagonia-argentina.com/e/tierradelfuego/antartida/ant\\_clima.php](http://www.patagonia-argentina.com/e/tierradelfuego/antartida/ant_clima.php)

Poblete, F., Castilo, P., & Fernández, R. (2013). *Proyecto: Geological and paleontological evolution of the Magellan and Larsen Basins during the Mesozoic and Cenozoic: source areas and possible similarities*. INACH, Santiago.

Prensa Antártica. (s.f.). Obtenido de Prensa Antártica - Provincia Antártica Chilena: <https://prensaantartica.wordpress.com/>

Profesor en línea. (1 de Abril de 2015). *Antártica chilena o Territorio Antártico chileno*. Obtenido de [www.profesorenlinea.cl](http://www.profesorenlinea.cl/): <http://www.profesorenlinea.cl/Chilegeografia/AntarticaChilena.htm>

Rodrigo Chipoco. (5 de Diciembre de 2015). *DOMOS - Estructuras de Aire*. Obtenido de RC - Ingeniería y Construcción, Inspección

Técnica de Obras:  
<http://www.chipoco.cl/proyectos.php?idcat=1&id=15>

Rojo, P. (2013). *Informe Actividad de Reconocimiento del Sitio Científico Cercano a Glaciar Unión. Evaluación para posible sitio de observación astronómica*. Ministerio de Defensa, INACH. Santiago: Gobierno de Chile.

Subsecretaría de Defensa. (2013). *EVALUACIÓN INICIAL DE IMPACTO AMBIENTAL. Proyecto "Estación Polar Científica Conjunta en Glaciar Unión". Territorio Chileno Antártico*. Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Defensa. Santiago: Gobierno de Chile.

Universidad de Chile. (20 de Septiembre de 2015). *Laboratorio de Glaciología*. Obtenido de [http://www.glaciologia.cl/web/glaciologia\\_es/](http://www.glaciologia.cl/web/glaciologia_es/)

Universidad de Magallanes. (12 de Mayo de 2015). *Universidad de Magallanes*. Obtenido de <http://www.umag.cl/>

Universidad Técnica Federico Santa María. (21 de Enero de 2014). *USM Noticias*. Obtenido de [www.noticias.usm.cl](http://www.noticias.usm.cl)

Villalón, E. (2013). EL EJÉRCITO DE CHILE, CAMINO AL POLO SUR. *Estudios Hemisféricos y Polares*, 211-229.

Vilssa. (25 de Noviembre de 2013). *LAS ESTRUCTURAS INFLABLES. UN NUEVO CONCEPTO DE EDIFICIO*. Obtenido de Vilssa - Arquitectura, Construcción y Diseño: <http://vilssa.com/las-estructuras-inflables-un-nuevo-concepto-de-edificio>