

“GEO-HELICOIDES”. PARQUE PARA LA RESTAURACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA VEGETACIÓN

NATIVA. CUENCA SAN AGUSTÍN, CIUDAD DE VALPARAÍSO, CHILE

Flavio Santisteban AlarcónUniversidad Diego Portales, Chile. Primer lugar del Concurso Internacional Wildfire Exchange 2024 en la categoría “Proyectos Académicos de Diseño”.¹RESUMEN

El cambio climático y la intervención antrópica han generado que en todo el año se prolongue la escasez hídrica en el ecosistema de las quebradas de Valparaíso en Chile, lo que ha llevado a la degradación de sus suelos, que su vegetación nativa enferme y tenga una baja significativa en su cobertura, lo que a su vez crea las condiciones óptimas para la propagación de incendios.

El proyecto busca captar la humedad relativa alta (mayor a 65%) a través de la canalización de los vientos predominantes (suroeste), que mantienen una temperatura ambiente media de 13,9 grados Celsius, mediante un dispositivo de 30 metros de altura (Geo-Helicoide) que canalizará la corriente de aire verticalmente hacia una cámara enfriada por las temperaturas anuales y constantes del subsuelo (6 a 7 grados Celsius), donde condensará el vapor de agua por la diferencia de temperaturas que existe entre el ambiente y el subsuelo. Finalmente, el agua se recolectará para luego infiltrarla hacia la capa de granito meteorizado del subsuelo con el objetivo de mantener hidratados puntos críticos de la quebrada y, también, para utilizarla junto a un sistema de riego en áreas de influencia para la restauración que requiera hidratación inmediata. A esta última estrategia se le vincula el proyecto de arquitectura principal, el cual es un vivero debido a su rol en la restauración ecológica y en la educación a las comunidades.

La idea proyectual propone identificar las zonas más degradadas para ubicar el dispositivo hídrico multifuncional que aprovecha, principalmente, el fenómeno de *condensación geotérmica* en verano y el de *vaguada costera* mediante un sistema de *atrapanieblas* en invierno para recolectar agua durante todo el año, con el fin de recuperar y mantener la estabilidad de la vegetación nativa a partir de distintas áreas de restauración tanto por riego como por infiltración. El objetivo es aumentar la humedad del subsuelo en las quebradas de Valparaíso disminuyendo la escasez hídrica y, en consecuencia, la probabilidad de incendios durante todo el año.

Palabras clave: escasez hídrica, incendios, vegetación nativa, restauración ecológica, dispositivo hídrico, condensación geotérmica, hidratación, infiltración.

ABSTRACT

Climate change and human intervention have caused a year-round water shortage in the ecosystem of the ravines of Valparaíso in Chile, which has led to the degradation of its soils, the disease of its native vegetation and a significant decrease in its coverage, which in turn creates the optimal conditions for the spread of fires.

The project seeks to capture the high relative humidity (greater than 65%) by channeling the prevailing winds (southwest), which maintain an average ambient temperature of 13.9 degrees Celsius, using a 30-meter-high device (Geo-Helicoide) that will channel the air flow vertically towards a chamber cooled by the annual and constant temperatures of the subsoil (6 to 7 degrees Celsius) where it will condense the water vapor due to the temperature difference that exists between the environment and the subsoil. Finally, the water will be collected and then infiltrated into the subsoil layer of weathered granite with the aim of keeping critical points of the ravine hydrated and also, to use it together with an irrigation system in areas of influence for restoration that require immediate hydration. The main architectural project is linked to this last strategy, which is a nursery due to its role in ecological restoration and community education.

The project idea proposes identifying the most degraded areas to locate the multifunctional water device that mainly takes advantage of the phenomenon of geothermal condensation in summer and that of the coastal trough through a fog-catching system in winter to collect water throughout the year, in order to recover and maintain the stability of native vegetation from different restoration areas both by irrigation and infiltration. The objective is to increase the humidity of the subsoil in the ravines of Valparaíso, reducing water scarcity and, consequently, the probability of fires throughout the year.

Keywords: water scarcity, fires, native vegetation, ecological restoration, water device, geothermal condensation, hydration, infiltration.

¹ Esta publicación es posible gracias a un acuerdo de colaboración entre la Revista PLANEEO y el proyecto Wildfire Exchange (WildfireX), consistente en la publicación de un dossier especial con los dos trabajos ganadores del Concurso Internacional Wildfire Exchange 2024. Para mayor información acerca del proyecto WildfireX, se invita a visitar su sitio web: <https://wildfirex.cl/>

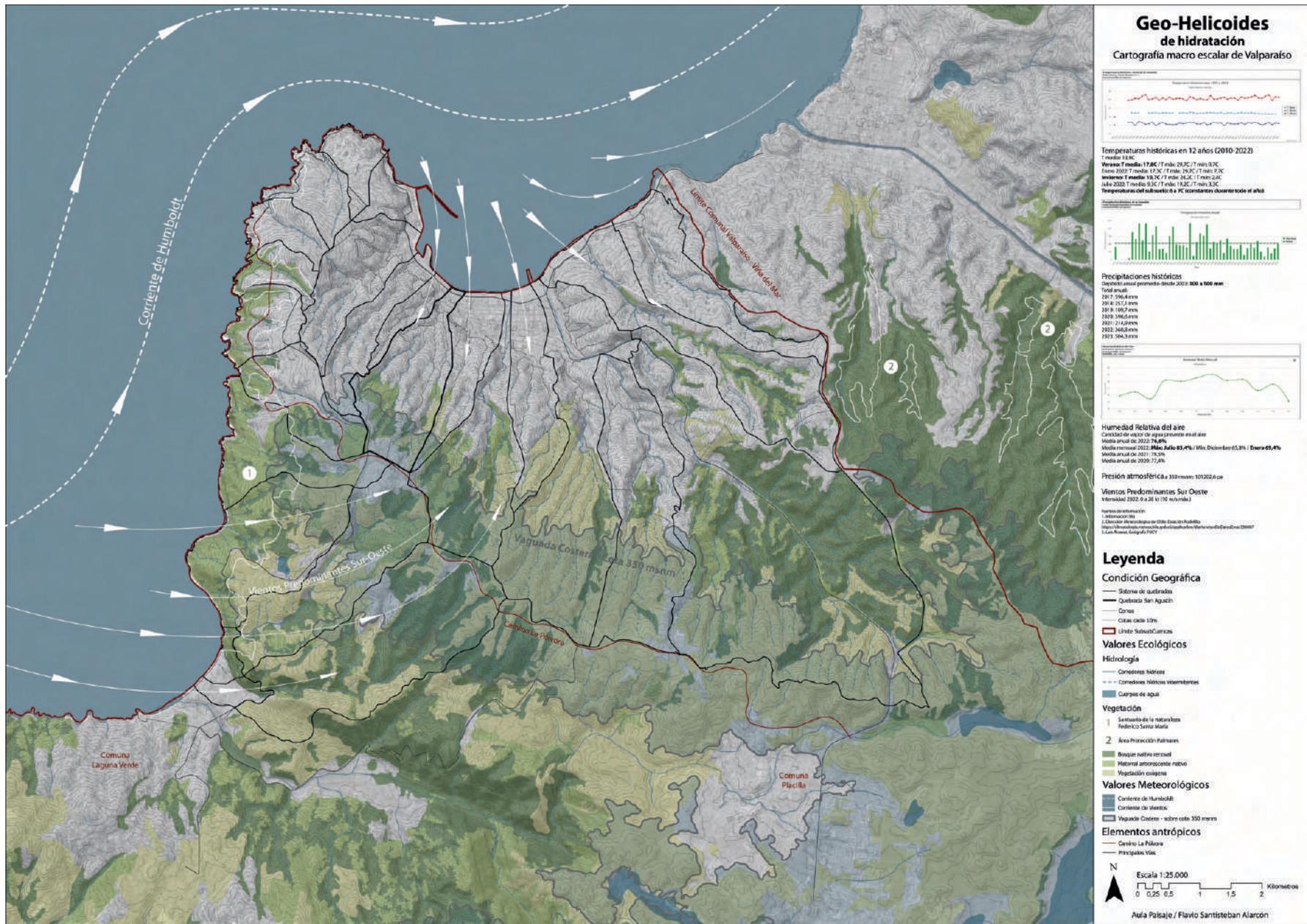
EXPLICACIÓN INICIAL DEL PROYECTO

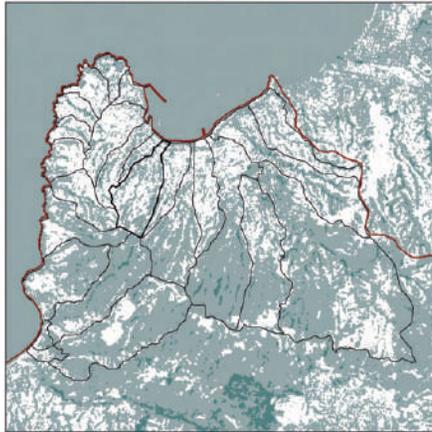
El cambio climático y la intervención antrópica han generado escasez hídrica en el ecosistema de las quebradas de Valparaíso en Chile, lo que ha llevado a la degradación de sus suelos y que su vegetación nativa enferme y tenga una baja significativa en su cobertura, lo que a su vez crea las condiciones óptimas para la propagación de incendios.

Se propone la creación de un dispositivo hídrico multifuncional que opere principalmente como un sistema de condensación por geotermia en verano, aprovechando las variables climatológicas (vientos predominantes y alta humedad relativa) y principalmente la diferencia de temperaturas que existe entre el ambiente y el subsuelo de Valparaíso, donde ésta última se mantiene constante anualmente entre 6 a 7 grados Celsius. Por otro lado, en invierno, funcionaría como un sistema de atrapanieblas, aprovechando el mayor tiempo de permanencia de la vaguada costera. El objetivo es recolectar agua durante todo el año para infiltración, reactivando así los corredores húmedos, y riego superficial, para hidratar y restaurar zonas en estado crítico de degradación. A esta última estrategia se le vincula el proyecto de arquitectura principal, el cual es un vivero debido a su rol en la restauración ecológica y en la educación a las comunidades.

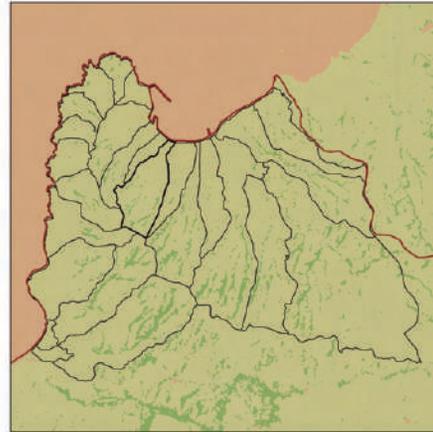
HIPÓTESIS

Se propone generar un sistema de condensación geotérmica que condense el alto porcentaje de humedad relativa activando su punto de rocío por la diferencia de temperaturas que existe entre el ambiente y el subsuelo, con el objetivo de infiltrar hacia el granito meteorizado e hidratar la quebrada. Se busca integrar una forma arquitectónica a este sistema que beneficie tanto al usuario como a la quebrada.

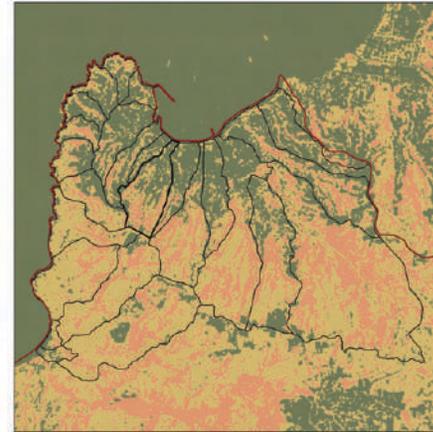




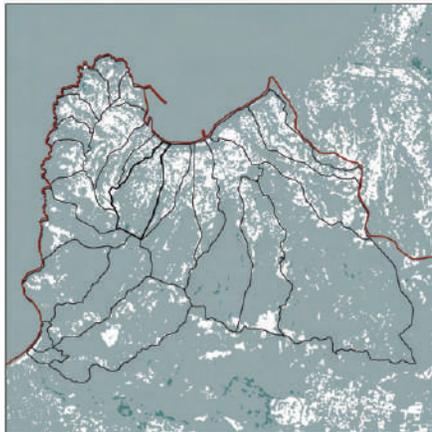
NDMI - Índice de humedad de diferencia normalizada - Verano 2023



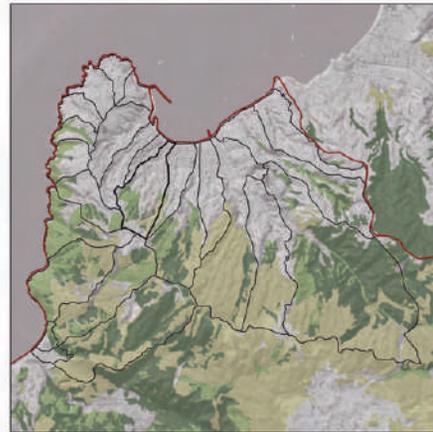
NDVI - Índice de vegetación de diferencia normalizada - 2023



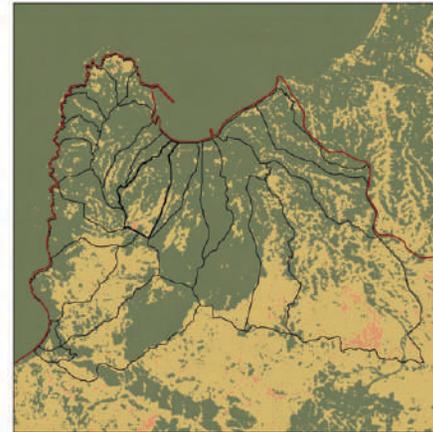
NBR - Índice normalizado de área quemada - 2023



NDMI - Índice de humedad de diferencia normalizada - Invierno 2023



Catastro vegetacional de Valparaíso - 2013



NBR - Índice normalizado de área quemada - 2014



Vaguada Costera
Fuente: Mapia, 2015



Escasez hídrica, avance de monocultivo
Fuente: CIPRO, 2022



Quebradas, expansión urbana
Fuente: Balmori, primer 2013



Flujos naturales alterados
Fuente: Gobierno de Valparaíso, 2022



Baja cobertura vegetal
Fuente: CIPRO, 2022



Suelos dañados
Fuente: Gobierno de Valparaíso, 2022

Geo-Helicoidales

Diagnóstico Territorial

A pesar de registrar:
- Altos niveles de Humedad relativa (mínimo de 2022, 65% - mes de Enero)
- Presencia de Vaguada costera intensa por las mañanas (sobre la cota 350 msnm.)

El Índice de humedad en la vegetación (NDMI) registra durante todo el año:
Estrés hídrico medio a alto

El Índice de estado de la vegetación (NDVI) registra en 2023:
Vegetación nativa principalmente enferma

La capa de vegetación registra desde 2013:
Fragmentación de la vegetación nativa, por parte del Monocultivo de Pinos y Eucaliptos y la expansión del grano urbano.

El Índice de daño del suelo y vegetación post incendios (NBR) ratifica lo anterior registrando:
Estado de quemado con gravedad moderada a baja, en todo el sistema de quebradas.

Problema

Escasez hídrica que afecta a la vegetación nativa e inciden dos factores importantes:
Plantaciones forestales y expansión urbana.

Fuente de información:
1. Información: MDT, D. S. "Geo-Helicoides" (en el programa ArcGIS Pro).
Fecha(s): 03.03.2023, 11.03.2023, San Agustín, Barrio Helicoides y Población Agrícola

— Sistema de quebradas
— Límite: San Agustín-Cuqueran
— Quebrada San Agustín

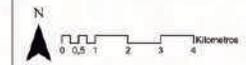
NDMI
Valor:
≤ 0: Estrés hídrico alto
≤ 0,2: Estrés hídrico medio
≤ 0,6: Estrés hídrico bajo

NDVI
Valor:
≤ 0: Veg. muerta
≤ 0,33: Veg. enferma
≤ 0,66: Veg. estable
≤ 1: Veg. sana

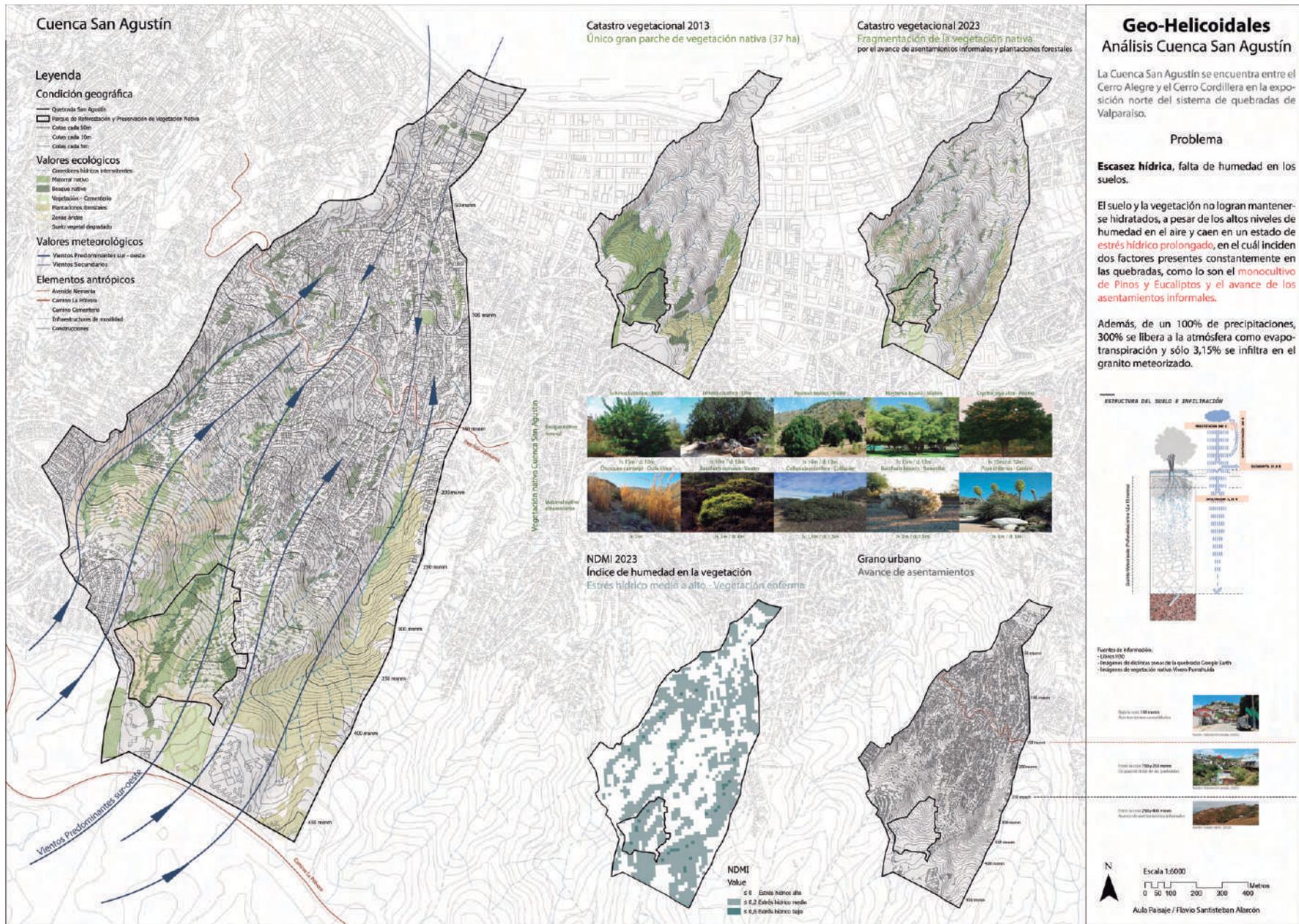
Catastro de piso vegetacional

Uso de suelo:
Bosque nativo reforestado
Material arboreocentado nativo
Vegetación exótica

NBR
Valor:
≤ 0,1: Zonas estables o sin quemar
≤ 0,27: Zonas quemadas con gravedad baja
≤ 0,94: Zonas quemadas con gravedad moderada-baja



Aula Paisaje / Flavio Santisteban Alarcón



Geo-Helicoidales Análisis Cuenca San Agustín

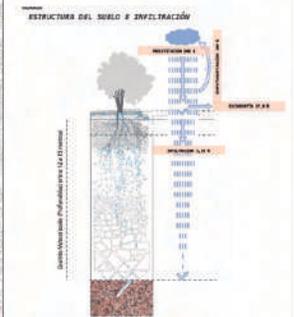
La Cuenca San Agustín se encuentra entre el Cerro Alegre y el Cerro Cordillera en la exposición norte del sistema de quebradas de Valparaíso.

Problema

Escasez hídrica, falta de humedad en los suelos.

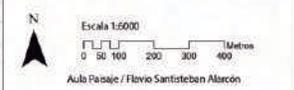
El suelo y la vegetación no logran mantenerse hidratados, a pesar de los altos niveles de humedad en el aire y caen en un estado de **estrés hídrico prolongado**, en el cuál inciden dos factores presentes constantemente en las quebradas, como lo son el **monocultivo de Pinos y Eucaliptos** y el **avance de los asentamientos informales**.

Además, de un 100% de precipitaciones, 300% se libera a la atmósfera como evapotranspiración y sólo 3,15% se infiltra en el granito meteorizado.



Fuentes de información:

- UTM 1983
- Imágenes satelitales desde la georreferencia Google Earth
- Imágenes de vegetación nativa (Floreo Fotogrametría)





Geo-Helicoides Preexistencias

Área del parque: 17,48 ha
Última gran zona de vegetación nativa de la cuenca sin total intervención de asentamientos informales y monocultivo.

Entorno social

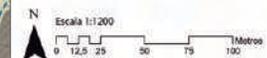
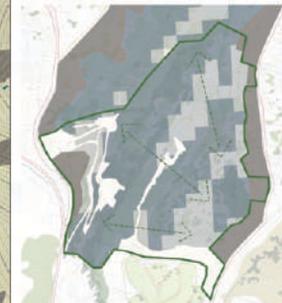
Valparaíso con información socio-urbana
Según Censo 2017, hay unos 3221 personas en total



Análisis

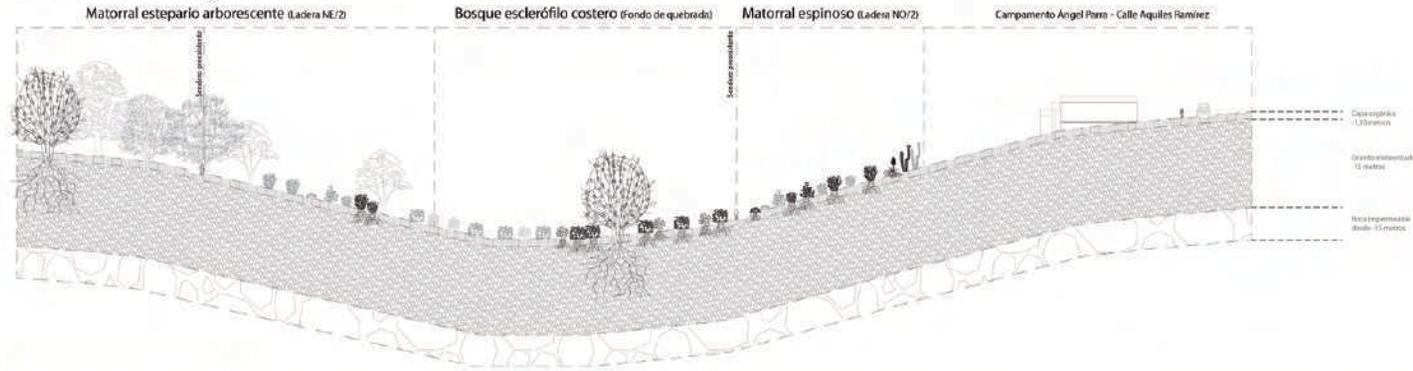
El área delimitada se zonifica en una amenaza y tres estados del suelo. Esto permitirá la apropiada ubicación de los "Geo-Helicoides", con el fin de construir un paisaje de restauración, preservación y de transición pasiva entre lo urbano y lo natural.

- Avance de asentamientos informales
- Zonas verdes
- Vegetación nativa con estrés hídrico alto
- Vegetación nativa con estrés hídrico medio
- Unión de parches verdes nativos
- Transición pasiva entre lo urbano y lo natural

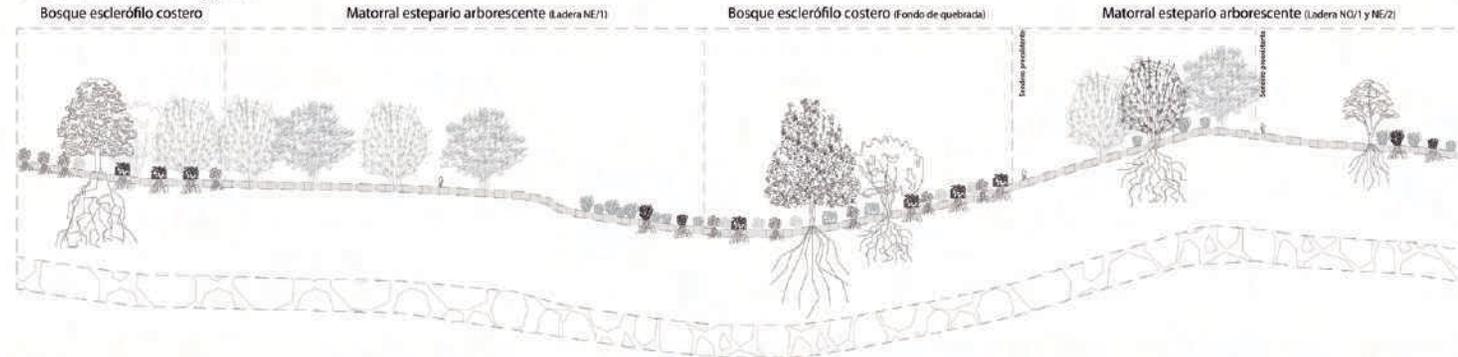


Aula Paisaje / Flavio Santisteban Alarcón

Corte A - Comunidades vegetales



Corte B - Comunidades vegetales



**Geo-Helicoides
Preexistencias**

Comunidades vegetales según exposición

Matorral espinoso costero Parroquia quebrada o fondo de quebrada
Matorral espinoso NO/2
Matorral estepario arborescente: NE/1, NO/1, NE/2 y N/1



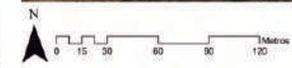
Vistas del entorno

Vistas con vulnerabilidad total alta
Según Censo 2017, hay unas 1731 personas en total



Imágenes del lugar

Sala a terreno 09/01/2024



Aula Paisaje / Flavio Santisteban Alarcón

Comunidades vegetales

Parte de los paisajes vegetacionales de Bosque esclerófilo mediterráneo costero de Cryptocarya alba y Peumus boldus y Bosque esclerófilo mediterráneo costero de Lithraea caustica y Cryptocarya alba.

Bosque esclerófilo costero de exposición norte en fondos de quebrada y laderas bajas (detalles de especies: 2 / Árboles asociados: 2 / Arboles: 3 / Epifitas: 2)



Matorral espinoso en laderas más secas

(Árboles asociados: 2 / Árboles asociados: 3 / Suculentas: 2)



Matorral estepario arborescente en laderas

(Árboles asociados: 2 / Árboles asociados: 2 / Árboles: 1)





Actividades

- ▶ Acceso principal por Calle Carlos Pizarro Vial
- 10 Año de Encuentro Callejero - Corredor y tránsito
- 11 Geo-Helicoides - Viveros M17 (material arborescente estripiado)
- 12 Anticuario
- 13 Juego educativo
- 14 Módulo de decantación y filtrado
- 15 Acceso a parques por calle Diego Fontal - Jardines
- ▶ Acceso general por valle Aguas Barrios
- 16 Geo-Helicoides - Viveros Barrio (material arborescente estripiado)
- 17 Jardín comunitario - Viveros de acasamiento
- 18 Edificio comunitario
- 19 Zona centro - Geo-Helicoides de investigación científica
- 20 Geo-Helicoides - Viveros Fondo de quebrada (bosque esclerófilo costero)
- 21 Geo-Helicoides (estructuras estripiado) (solo depositados en boteros M17 y M19)
- ▶ Acceso local Campamento Agua Pura
- 22 Área recreacional con juegos de agua
- 23 Área de chupón
- 24 Geo-Helicoides y viveros
- ▶ Acceso local Campamento Vista Pura
- 25 Geo-Helicoides - Viveros M12 (material arborescente)
- 26 Área de influencia de los Geo-Helicoides en el valle de San Agustín

Leyenda

- Topografía**
- ▬ Parque de Restauración y Preservación de Vegetación Nativa
 - ▬ Cotas cada 5m
 - ▬ Cotas cada 1m
- Valores ecológicos**
- ▬ Corredores hídricos - intermedios
 - ▬ Intermedios - áreas
 - ▬ Bosque nativo - áreas
- Tipos de suelos**
- ▬ Suelos de arena
 - ▬ Pisos arenos de conchales
- Elementos urbanos**
- ▬ Edificaciones
 - ▬ Calle Carlos Pizarro Vial
 - ▬ Calle Diego Fontal
 - ▬ Calle Aguirre Barrios
 - ▬ Infraestructura de movilidad
 - ▬ Corredor hídrico que regula áreas de drenaje

Geo-Helicoides
Parque de restauración y preservación de la vegetación nativa

Plan Maestro
Área del parque: 17,48 ha

Áreas de influencia hídrica
A partir del análisis de estado de la vegetación se definen las áreas de restauración controlada por cada Geo-Helicoides lo que zonificará al parque.

- Áreas de influencia hídrica controladas por Geo-Helicoides
- Zonas de restauración y preservación protegidas
- Recorrido por cumbres



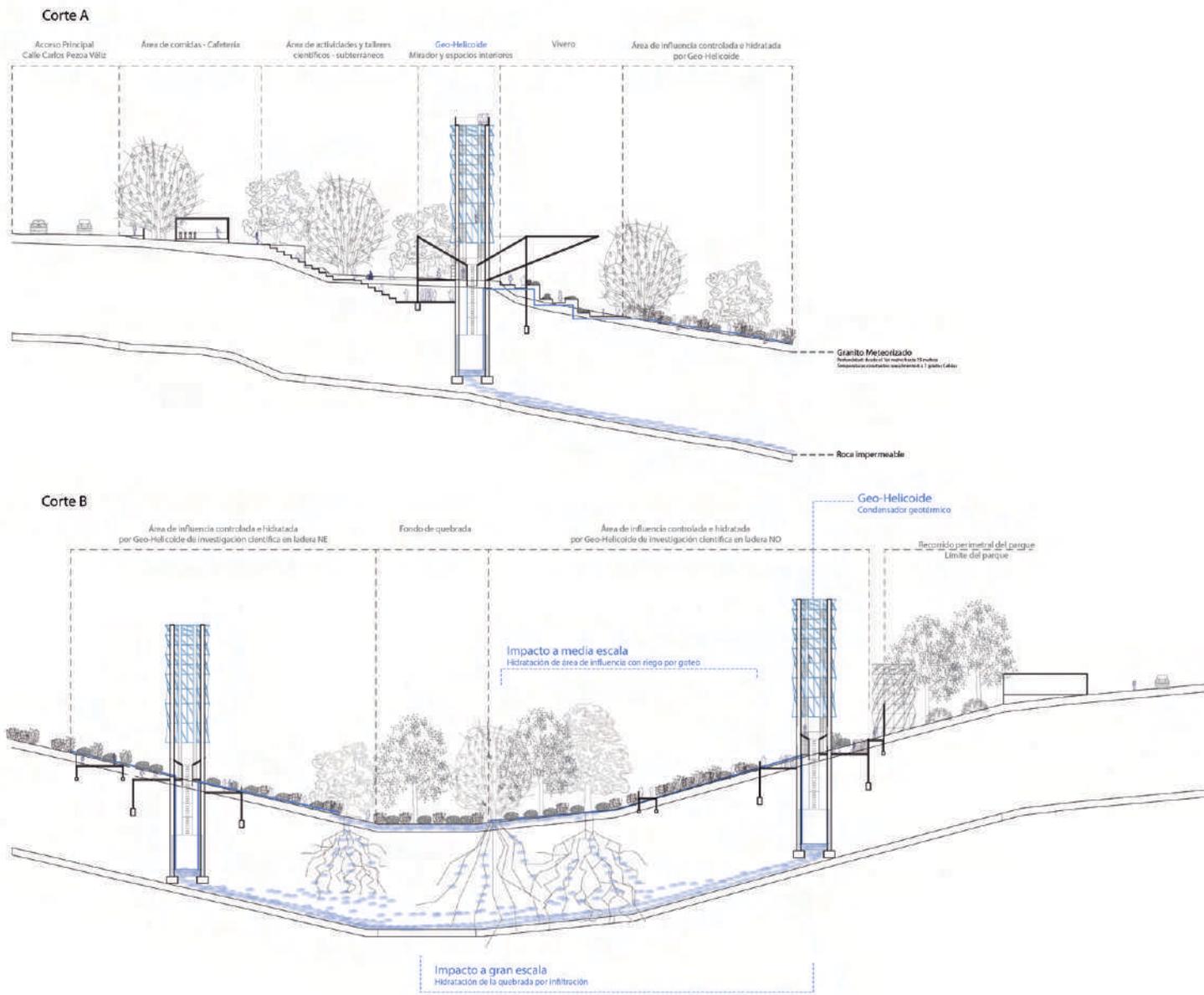
Definición de programas
Cada actividad se relaciona con un Geo-Helicoides y se definen por las comunidades vegetales y por su entorno social.

- Programa principal: Viveros (relaciona la restauración ecológica con las comunidades mediante la educación)
- Geo-Helicoides - Viveros (Material arborescente estripiado)
 - Geo-Helicoides - Viveros (Bosque esclerófilo de fondo de q.)
 - Geo-Helicoides - Viveros (Material esclerófilo)
 - Geo-Helicoides interiores: Funcionan únicamente como dispositivos hídricos de infiltración y riego de áreas de influencia y miradores
 - Geo-Helicoides reactivos: Funcionan como dispositivo hídrico para su área de influencia y juegos de agua



Escala 1:1200
0 12.5 25 50 75 100 Metros

Aula Paisaje / Flavio Santisteban Alarcón



Geo-Helicoidales

Parque de restauración y preservación de la vegetación nativa

Plan Maestro

Especies vegetales que se integran a las comunidades existentes por su capacidad de recuperar suelos degradados

1. Bosque esclerófilo costero en fondos de quebrada
 - Mayrales bosca - Mañíos
H 1.5m / Ø 12cm
 - Lichera caudex - Lichera
H 1.0m / Ø 10cm
 - Quilbo japonica - Quilbo
2. Matorral arborecente estepario
 - H 1.5m / Ø 12cm
 - Yachilla cometa - Espino
 - H 2m / Ø 8cm
 - Baccharis salicaria - Yachilla
3. Matorral espinoso
 - H 1 m / Ø 6 cm
 - Baccharis linearis - Baevellita
 - H 2m / Ø 10cm

Estrategias

1. Se tiene como estrategia a gran escala lograr la hidratación de la quebrada por infiltración al gravito meteorizado
2. Se tiene como estrategia a mediana escala la hidratación de las áreas de influencia con un sistema de riego por goteo

13 ACCIÓN POR EL CLIMA

15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES

*El agua infiltrada es la que maximiza la vitalidad de las quebradas" (L. Reyes, geólogo y profesor FUCV, 25 de septiembre de 2023).

N

Escala 1:250

0 50 100 200 300 400 Metros

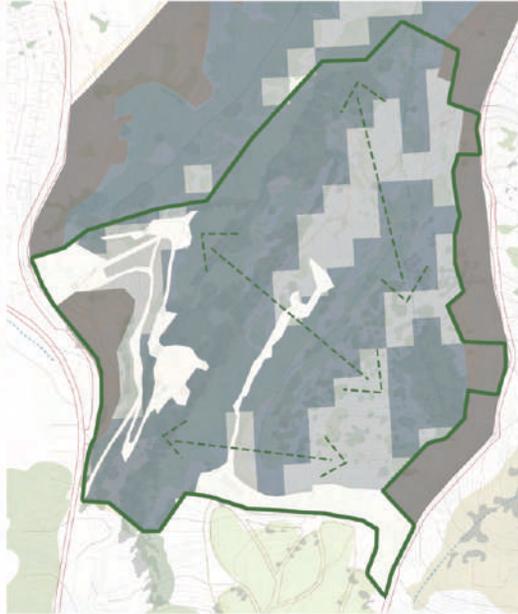
Aula Pasaje / Flávio Santisteban Alarcón

Análisis de Preexistencias

Análisis

El área delimitada se zonifica en una amenaza y tres estados del suelo. Esto permitirá la apropiada ubicación de los "Geo-Helicoides", con el fin de construir un paisaje de restauración, preservación y de transición pasiva entre lo urbano y lo natural.

- Avance de asentamientos informales
 - Zonas áridas
 - Vegetación nativa con estrés hídrico alto
 - Vegetación nativa con estrés hídrico medio
-  Unión de parches verdes nativos
 Transición pasiva entre lo urbano y lo natural



Entorno social

Viviendo con vulnerabilidades social-altas
Según Censo 2017, hay aprox. 2721 personas en total



Estrategias de Plan Maestro

Áreas de influencia hídrica

A partir del análisis de estado de la vegetación se definen las áreas de restauración controlada por cada Geo-Helicoide lo que zonificará al parque.

- Áreas de influencia hídrica controladas por Geo-Helicoides
- Zonas de restauración y preservación protegidas
- Recorrido por cumbres



Definición de programas

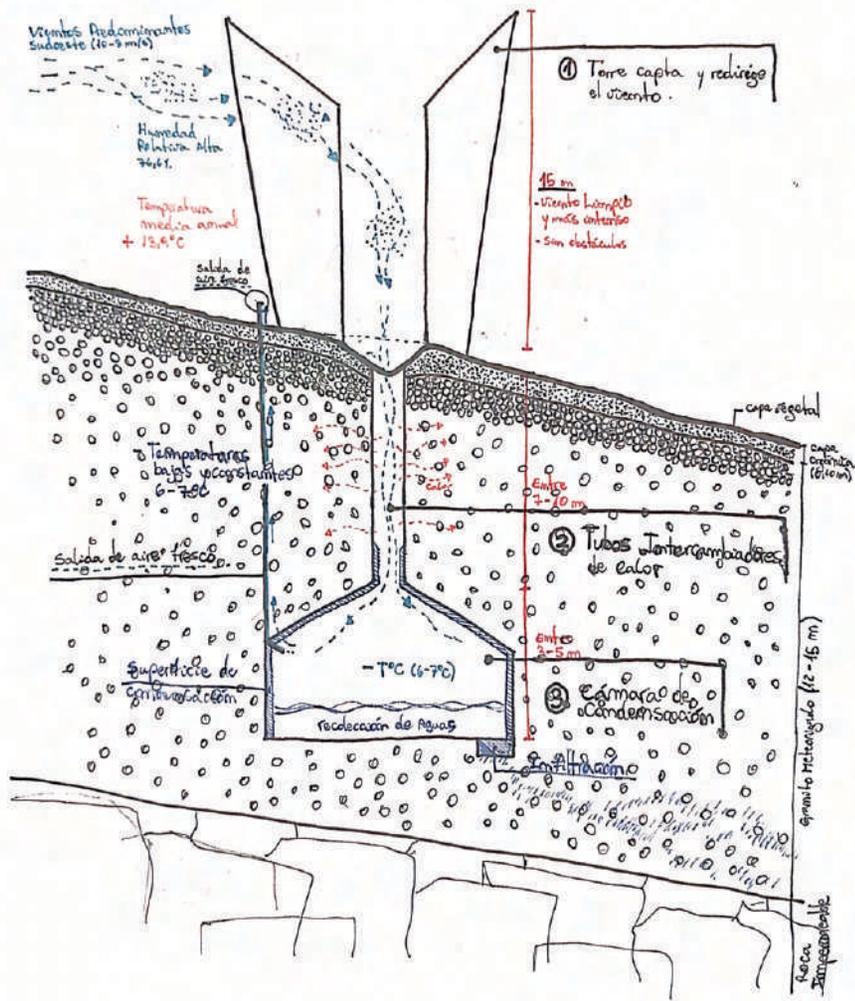
Cada actividad se relaciona con un Geo-Helicoide y se definen por las comunidades vegetales y por su entorno social.

- Programa principal: Vivero (relaciona la restauración ecológica con las comunidades mediante la educación)
- Geo-Helicoides - Viveros (Matorral arborescente estepario)
 - Geo-Helicoides - Viveros (Bosque esclerófilo de fondo de q.)
 - Geo-Helicoide - Vivero (Matorral espinoso)
 - Geo-Helicoides interiores: Funcionan únicamente como dispositivos hídricos de infiltración y riego de áreas de influencia y miradores
 - Geo-Helicoide recreacional: Funciona como dispositivo hídrico para su área de influencia y juegos de agua

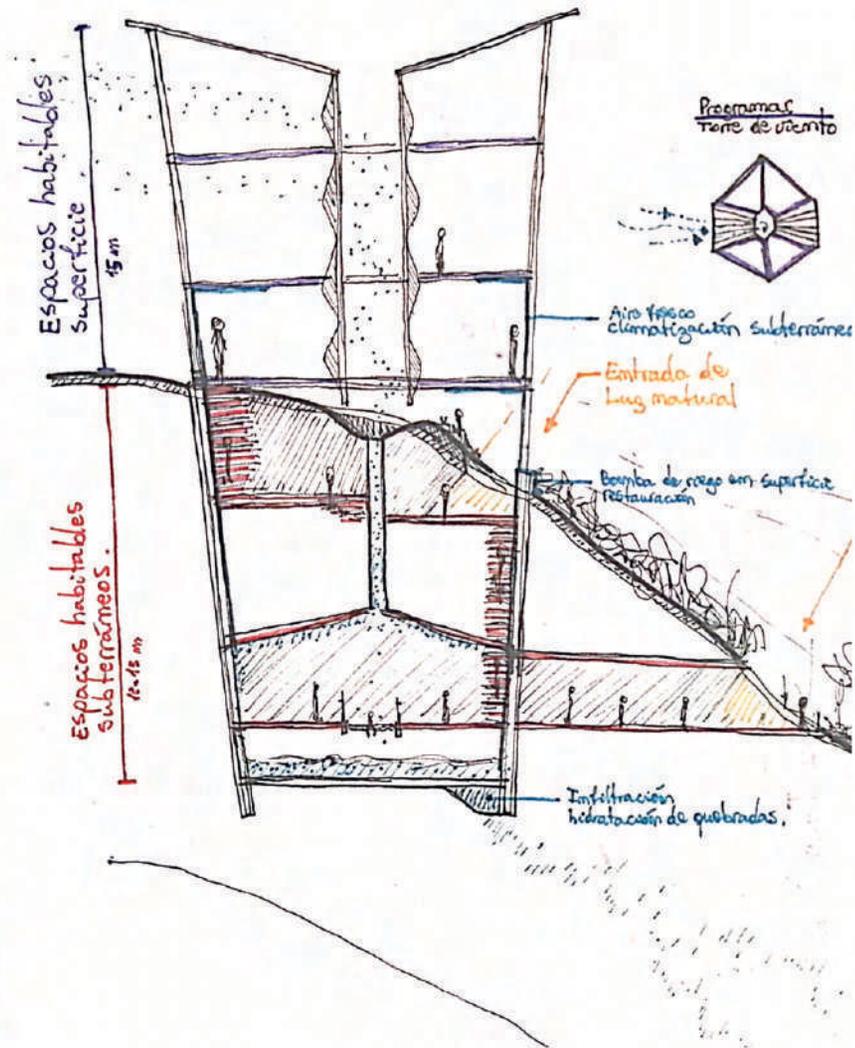


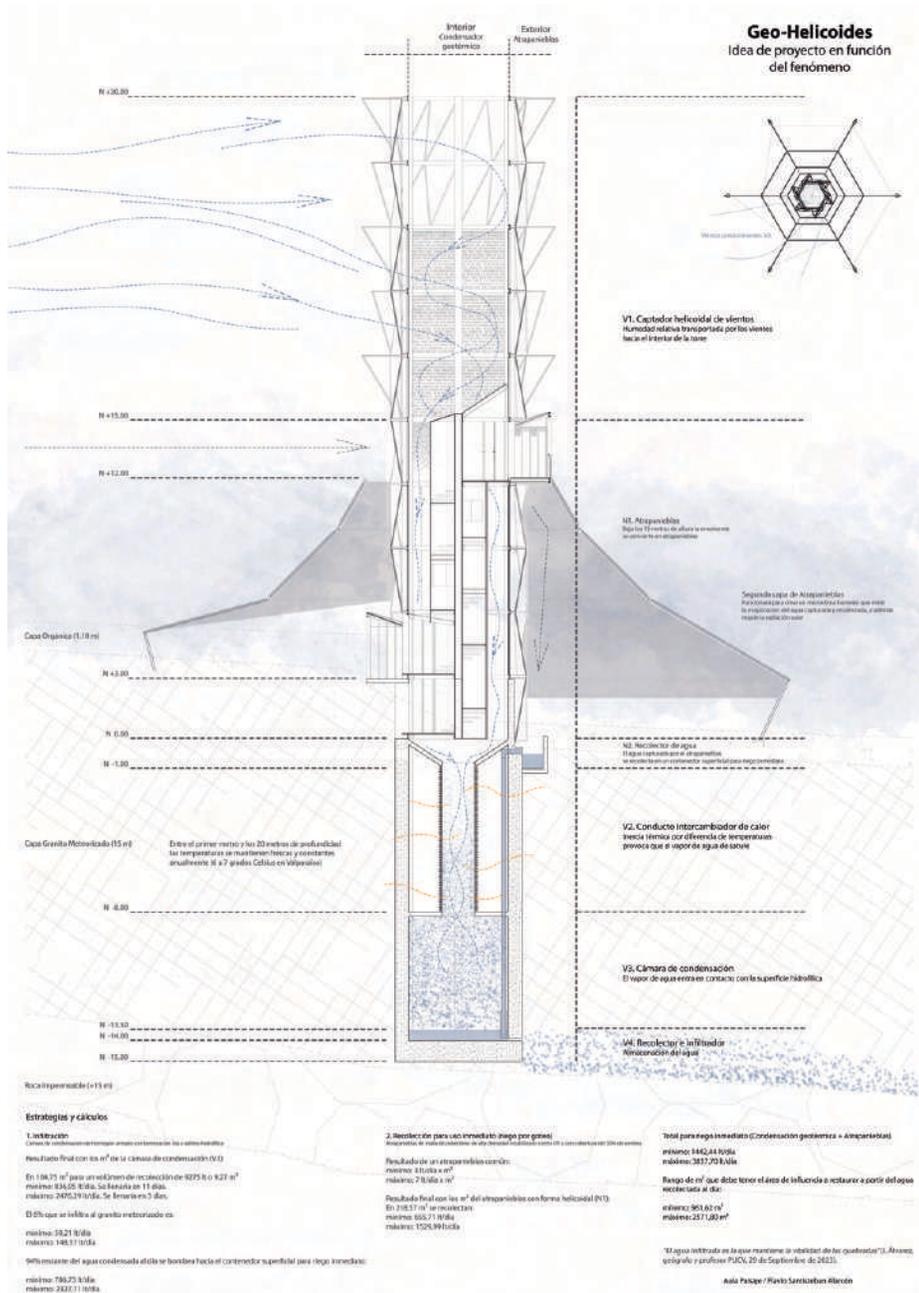
Investigación

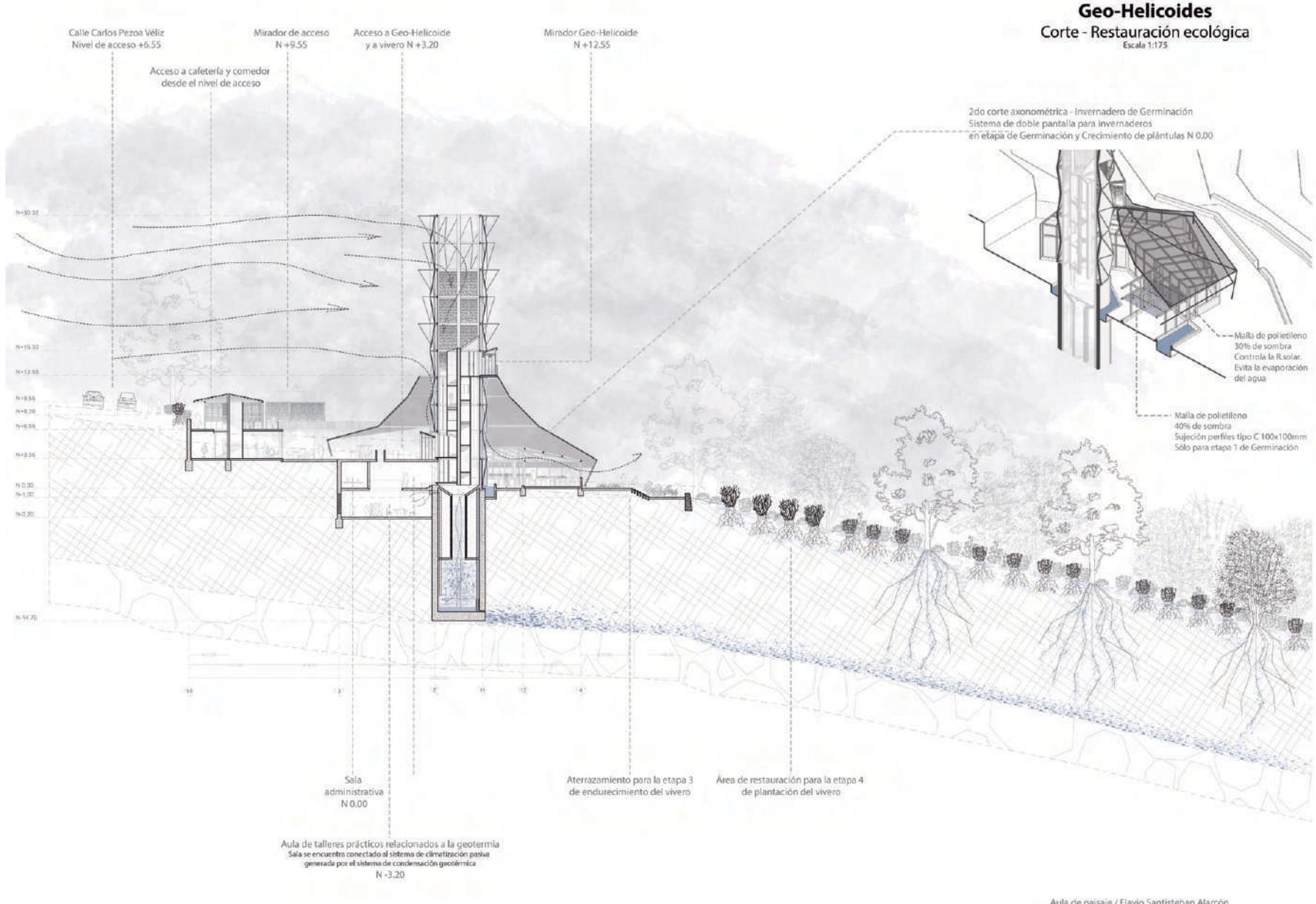
Hipótesis: Sistema de condensación geotérmica



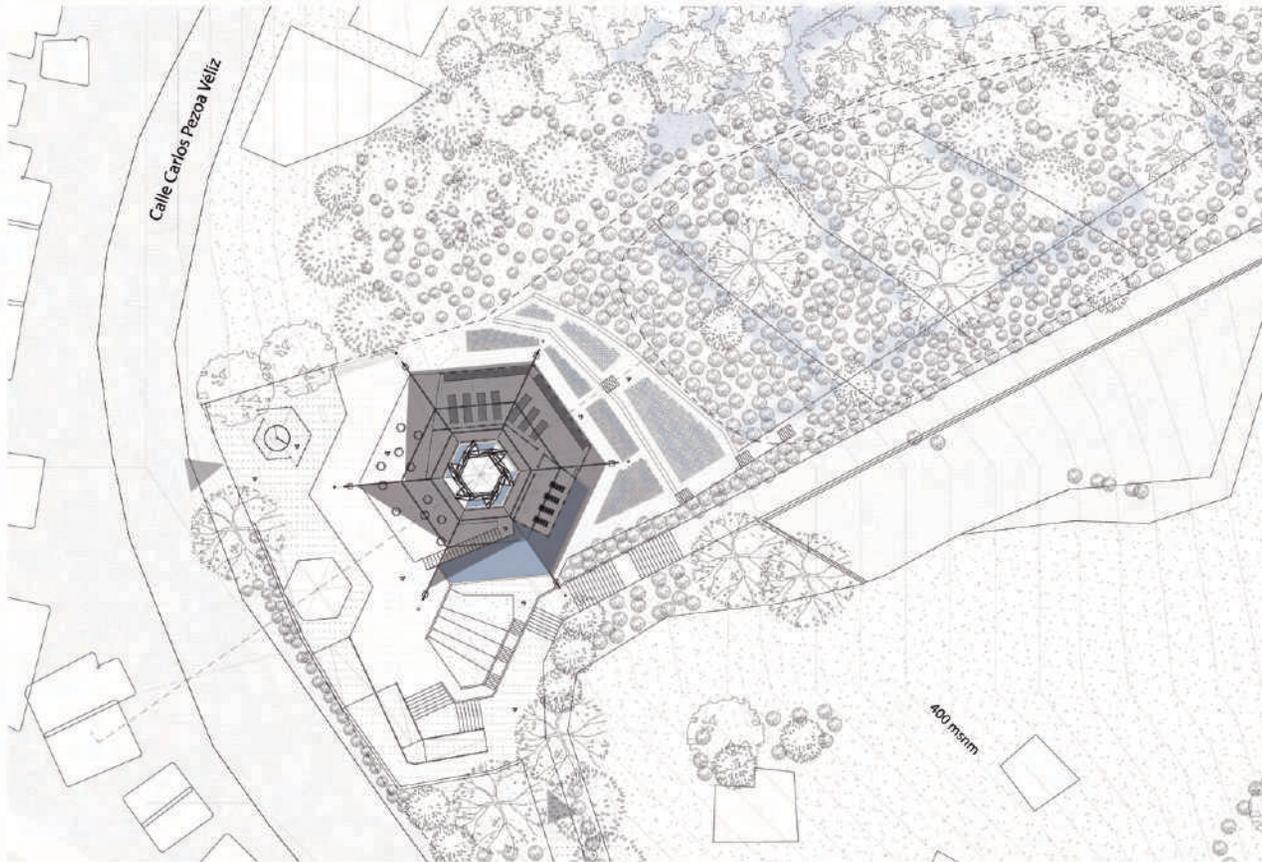
Hipótesis: Arquitectura integrada al sistema



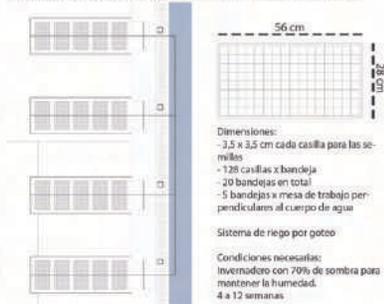




Planta de cielo / Proyecto de Arquitectura con restauración ecológica



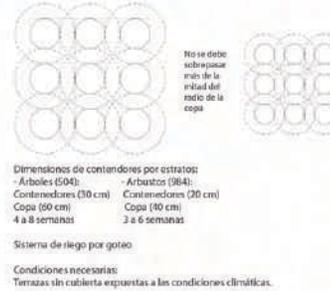
1. Etapa de Germinación: Alta humedad y menor exposición solar



2. Etapa de Crecimiento de plántulas: Aumento de la exposición solar y disminución del riego



3. Etapa de endurecimiento: Aclimatización a las condiciones naturales (desarrollo de raíces)



Geo-Helicoides
Restauración ecológica

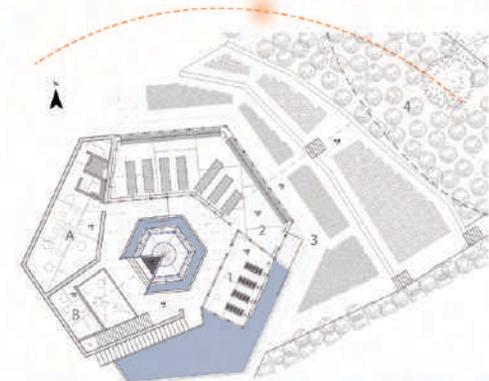
Cantidad de especies vegetales a trabajar en el vivero según su requerimiento hídrico, cantidad de agua disponible y área de plantación

Comunidad vegetal: Matorral arborecente estepario
Lo conforman especies arbóreas (Peumo y Litre: dominantes) y arbustivas (Retanilla y Colliguay: dominantes) principalmente de requerimiento hídrico bajo

El Departamento de medio ambiente, biodiversidad y acción climática en un trabajo en conjunto con el GORE de Santiago especifica que árboles y arbustos nativos del bosque esclerófilo mediterráneo de requerimiento hídrico medio a bajo necesitan 2 litros y 1 litro al día por m².

Para ambos tipos de estratos se necesitan 1,5 litros x m² al día
Con un mínimo: 1442,44 lt/día y un máximo: 3857,70 lt/día en 2571,80 m² se logra hidratar 2560 semillas. (Cantidad a trabajar en el Vivero)

Esquema de distribución de espacios por etapas del vivero



A. Sala limpia de trabajo (Área subterránea) + Camarín y baño + Almacenamiento de sustrato y herramientas de trabajo

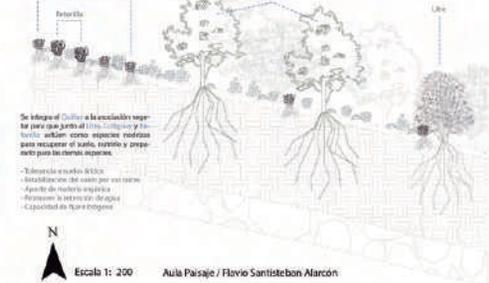
B. Sala administrativa

1. invernadero de germinación (Espacio sur este junto a espejo de agua para mayor % de humedad y menor exposición solar)

2. invernadero de Crecimiento de Plántulas (Espacio norte para mayor exposición solar y menor % de humedad)

3. Aterramiento exterior para etapa de Endurecimiento (exposición a las condiciones climáticas naturales)

4. Etapa de plantación: Estrategia para la recuperación del área degradada



Proyecto de Arquitectura

Esquemas preexistencias y estrategia aplicada

Ubicación



Población La Copa
Vulnerabilidad social alta
Calle local Carlos Pezoa Véliz
Sector considerado parte de la población es todo hacia el poniente de la calle Carlos Pezoa Véliz, hacia el oriente son asentamientos informales.

Imágenes de Visita al lugar:
BIBLIOTECA PROP



Análisis de estado del suelo

- Suelo degradado y árido
- Estrés hídrico medio a alto cercano a corredor húmedo



Estrategia aplicada

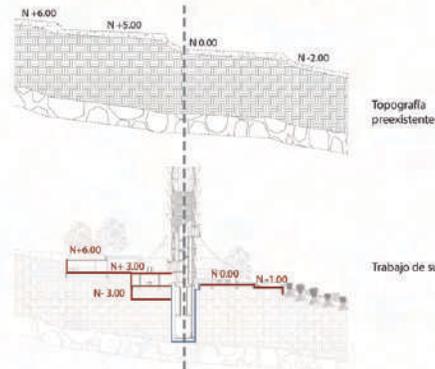
- Se define el sector sin vegetación o vegetación muerta para ubicar el dispositivo y crear arquitectura.
- Se delimita el área de influencia a restaurar desde el dispositivo.



Esquemas de Arquitectura

Esquema Trabajo de suelo

Ubicación del dispositivo en el centro de dos grandes explanadas áridas

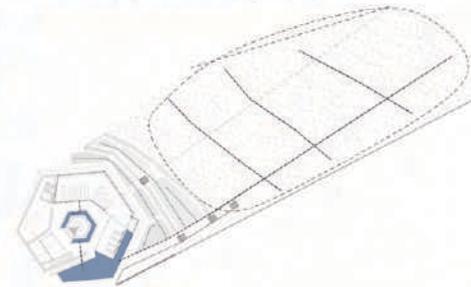


Topografía preexistente

Trabajo de suelo

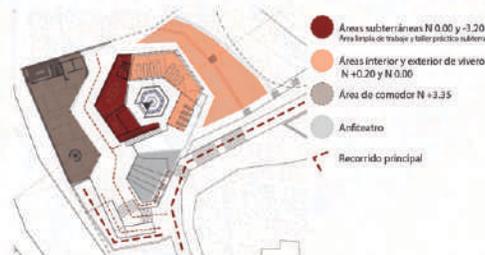
Esquema Circuito del agua

Agua se recolecta alrededor del artefacto y en un contenedor más grande, el que la distribuirá al área de influencia y espacios asociados al programa principal



Esquema Arquitectura

Proyecto de Arquitectura se ordena alrededor del agua recolectada imitando la forma hexagonal y helicoidal del artefacto

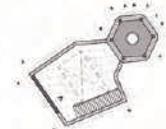


- Áreas subterráneas N 0.00 y -3.20
- Área terraza de trabajo y taller práctico subterráneo
- Áreas interior y exterior de vivero N +0.20 y N 0.00
- Área de comedor N +3.35
- Artefacto
- Recorrido principal

Plantas de programas de arquitectura

Planta de aula subterránea N -3.20

Talleres prácticos sobre la geotermia



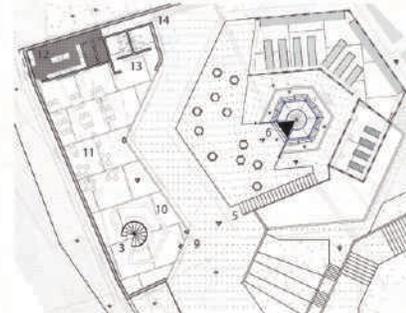
Planta de mirador de la torre N +12.55



Planta de Vivero N 0.00



Planta de comedor y acceso a la torre y vivero N 3.20



Programas:

- ▶ Acceso a la comunidad al parque por la calle Carlos Pezoa Véliz
- ▶ Acceso a público general al parque
- 2. Mirador de 3 metros desde nivel de acceso
- 3. Acceso a comedor desde nivel de acceso N +6.55
- 4. Artefacto con suelo vegetal junto a cuerpo de agua
- 5. Acceso a Vivero
- 6. Acceso a Geo - Helicoides
- 7. Terrazas del vivero
- 8. Área de influencia a restaurar
- Comedor y cafetería:
- 9. Acceso a cafetería y comedor desde N +3.20
- 10. Cafetería
- 11. Área de comedor
- 12. Cocina
- 13. Baños
- 14. Salida trasera para basura y residuos



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANÁLISIS TERRITORIAL

Biblioteca del Congreso Nacional. (s.f.). Región de Valparaíso. <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region5>

Gis&Beers. (2018, julio 5). Análisis de severidad de incendios con índice NBR. <https://www.gisandbeers.com/analisis-severidad-incendios-indice-nbr>

Servicios Climáticos. (s.f.). <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/diario/visorDeDatosEma/330007>

USGS. (s.f.). EarthExplorer. <https://earthexplorer.usgs.gov>

Vivero Pumahuida | Flora nativa e introducida. (s.f.). <https://www.pumahuida.cl>

2. ESTADO DE LA TÉCNICA

Bellostes, J. (s.f.). Torres en la niebla – Coastal Fog Tower: Estudio de arquitectura. <https://blog.bellostes.com/?p=8498>

Carlo Rivera Cabello - Geólogo - carlorive@gmail.com. (2022, septiembre 16). Mapa de potencial geotérmico de muy baja entalpía en Chile. ArcGIS StoryMaps. <https://story-maps.arcgis.com/stories/db6ca96a66e14e5988f82d11a1254d59>

Coastal Fog Tower 3. (s.f.). <http://www.albertofernandez.cl/?p=1445>

Chat GPT. (s.f.). Geotermia, Enfriamiento Geotérmico, Termodinámica. <https://chat.openai.com/c/0360b4fe-07ed-4c7e-a6f6-1973e8960c7e>

Delgado, R. (2023, abril 17). ¿Qué es y cómo funciona el enfriamiento adiabático? Canal Gestión Integrada. <https://www.inesem.es/revistadigital/gestion-integrada/enfriamiento-adiabatico>

Evm. (2022, julio 6). Climatización geotérmica. Utopía. <https://utopia.engineering/que-es-la-climatizacion-geotermica>

Futurism. (2016, octubre 31). This wind turbine can produce water out of thin air [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=0opeZLY0sno>

Geotermia vertical. (2018, febrero 13). Climatización geotérmica. <https://www.geotermiavertical.es/climatizacion-geotermica>

Profesor PUCV y Geógrafo Luis Álvarez. Consultas sobre Geotermia.

Profesor UDP e Ingeniero Hidráulico Alonzo Pizarro. Consultas sobre condensación y evapotranspiración.

REHAU. (s.f.). Pozo canadiense: qué es, ventajas y desventajas. <https://www.rehau.com/es-es/pozo-canadiense#:~:text=El%20principio%20b%C3%A1sico%20del%20funcionamiento,el%20interior%20de%20la%20vivienda>

Ren Morgado Arquitecto. (2021, noviembre 2). Manipulación del viento en arquitectura [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=-YVSOC16Mgk>

Yakka. (s.f.). <https://cl.socialab.com/challenges/cmcm-hechoenchile/idea/42375>

3. ESTADO DEL ARTE

Brillembourg, D. (2019, septiembre 8). David Brillembourg: Las Torres del Viento en Irán, arquitectura sostenible con materiales naturales – Antonello Sacchetti. <https://davidbrillembourg.wordpress.com>

Carretero Hernández, L. (2016, septiembre 5). 08. Las torres de viento [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=jjQIXyMGaFQ>

Solar Zasa Design. (2020, noviembre 2). Cómo pagar menos luz en casa = Torre de Viento [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=IKp4oTxsm5w>

Stouhi, D. (2024, marzo 7). ¿Qué es un captador de viento tradicional? ArchDaily en Español. <https://www.archdaily.cl/cl/971322/que-es-un-captador-de-viento-tradicional>

4. VARIABLE CUANTITATIVA

Chat GPT. (s.f.). Cálculo de la condensación del agua basada en principios termodinámicos y relaciones atmosféricas estándar. <https://chat.openai.com/c/d2b96e0a-d3a3-4ac0-a480-410b6800003b>

Ingeniería elemental. (s.f.). <https://www.ingenieriaelemental.com/posts/carta-psicrometrica-online>

Noguera, I. B. (2020, septiembre 7). ¿Qué son las cartas psicrométricas? Ingeniería Química Reviews. <https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/09/cartas-psicrometricas.html>

Profesor PUCV y Geógrafo Luis Álvarez. Consultas sobre datos del subsuelo.

Profesor UDP e Ingeniero Hidráulico Alonzo Pizarro. Consultas sobre el cálculo de condensación de agua.

Servicios Climáticos. (s.f.). <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/diario/visorDeDatosEma/330007>

5. MATERIA VEGETAL

Departamento de Medio Ambiente, Biodiversidad y Acción Climática, Gobierno Regional Metropolitano de Santiago. (2023, marzo). Guía general “Criterios de sostenibilidad en eficiencia hídrica y energética, para la formulación de iniciativas de inversión en espacios abiertos”. <https://www.gobiernosantiago.cl/wp-content/uploads/2023/05/0.-GUIA-GRAL-CRITERIOS-SOSTENIBILIDAD.pdf>

Luebert, F. & Pliscoff, P. (2017). Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Universitaria.

Magrini, C. (Dirección general). (2014). H30 Valparaíso. Editorial Magíster Territorio y Paisaje, Santiago de Chile.

Magrini, C. (Dirección general). (2015). H30 Quebrada. Editorial Magíster Territorio y Paisaje, Santiago de Chile.

Magrini, C. (Dirección general). (2016). Valparaíso H30 Infiltración. Editorial Magíster Territorio y Paisaje, Santiago de Chile.

Magrini, C. (Dirección general). (2017). Valparaíso H30 Sistema científico. Editorial Magíster Territorio y Paisaje, Santiago de Chile.

Magrini, C. (Dirección general). (2021). Valparaíso H30 Humedad. Editorial Magíster Territorio y Paisaje, Santiago de Chile.

Ministerio de Agroindustria, Provincia de Buenos Aires. (2018, marzo). Manual de vivero. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_de_vivero_2do_ano.pdf
