



PROYECTO DE TÍTULO
MEMORIA PARA EL TÍTULO DE ARQUITECTO

Programa de doble titulación

2018-2019

Universidad de Chile

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Escuela de Arquitectura

Università IUAV di Venezia

Dipartimento Architettura Costruzione Conservazione

Laurea Magistrale in architettura per il nuovo e l'antico

Estudiante

Giovannibattista Salerno

Profesor Guía

Prof. Patricio Morelli Urrutia

Relatore Università IUAV

Prof. Enrico Fontanari

Académicos consultados

Prof. Walter Brehme

Prof. Leopoldo Dominichetti

Prof. Felipe Gallardo

Profesionales asesores

Ana María Barón Parra - Arqueóloga

Mauricio Poblete - Ingeniero especialista en mecánica de suelos

MUSEO DE SITIO DE LA ALDEA DE TULOR

SAN PEDRO DE ATACAMA

ABSTRACT

El tema investigado es un museo de sitio para la aldea de Tulo, sitio arqueológico del desierto de Atacama que representa uno de los más importantes testimonios de la cultura atacameña y uno de los sitios más antiguos de Chile.

La propuesta quiere valorizar la peculiar y poco conocida arquitectura del lugar, constituyendo no solamente un espacio expositivo sino también un polo cultural y un objeto arquitectónico que se relacione con el paisaje desértico.

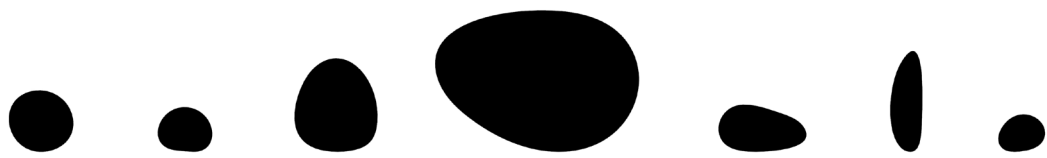
El proyecto quiere ser asimismo una ocasión de experimentación sobre el uso del hormigón no armado, como respuesta al problema proyectual y como investigación sobre las potencialidades de este material.

ABSTRACT

Il tema investigato è un museo per il villaggio di Tulo, sito archeologico nel deserto di Atacama che rappresenta una delle più importanti testimonianze della cultura nativa atacameña e uno dei siti più antichi del Cile.

La proposta intende valorizzare la peculiare e poco conosciuta architettura del luogo, costituendo non solo uno spazio espositivo ma anche un polo culturale e un oggetto architettonico che si relazioni con il paesaggio desertico.

Il progetto intende inoltre essere un'occasione di sperimentazione sull'utilizzo del calcestruzzo non armato, come risposta al problema progettuale e come ricerca sulle potenzialità di questo materiale.



ÍNDICE

INDICE

	pag.	
I. INTRODUCCIÓN	13	I. INTRODUZIONE
I.1. Premisa sobre la sostenibilidad	14	I.1. Premessa sulla sostenibilità
I.2. Planteamiento del problema	16	I.2. Definizione del problema
I.3. Objetivos	18	I.3. Obiettivi
II. EL DESIERTO	19	II. IL DESERTO
II.1. Presentación caso de estudio: Tulum	19	II.1. Presentazione del caso studio: Tulum
II.2. Geografía de la región	20	II.2. Geografia della regione
II.3. Historia	28	II.3. Storia
II.4. Arquitectura local	30	II.4. Architettura locale
III. EL HORMIGÓN	33	III. IL CALCESTRUZZO
III.1. Hormigón armado: expectativas y realidad	33	III.1. Calcestruzzo armado: aspettative e realtà
III.2. La degradación del hormigón	36	III.2. Il degrado del calcestruzzo
III.3. El hormigón no armado	39	III.3. Il calcestruzzo non armato
III.4. Innovación	44	III.4. Innovazione
IV. EL PROYECTO	49	IV. IL PROGETTO
IV.1. Análisis territorial	50	IV.1. Analisi territoriale
IV.2. La idea	59	IV.2. L'idea
IV.3. Programa funcional	62	IV.3. Programma funzionale
IV.4. Masterplan	63	IV.4. Masterplan
IV.5. El museo	69	IV.5. Il museo
IV.6. El hostel	77	IV.6. L'ostello
IV.7. Gestión	81	IV.7. Gestione
BIBLIOGRAFÍA	83	BIBLIOGRAFIA
FUENTE DE LAS ILUSTRACIONES	87	FONTE DELLE ILLUSTRAZIONI

Sí, yo recuerdo cuando estuve en el desierto. Yo sentía la enormidad de la extensión de arena, sentía el calor, el sol sobre mi cabeza, el aire seco, el viento que circulaba sin obstáculos, la ausencia de sonidos, todo eso... y sentí... ¿cómo le diría?... un **vértigo horizontal**.

Sì, ricordo quando andai nel deserto. Sentivo l'enormità dell'estensione di sabbia, sentivo il calore, il sole sopra la mia testa, l'aria secca, il vento che circolava senza ostacoli, l'assenza di suoni, tutto questo... e provai... come chiamarla?... una **vertigine orizzontale**.

Jorge Luis Borges
en *Borges y la Arquitectura*, Cristina Grau, 1989





I

INTRODUCCIÓN

INTRODUZIONE

El proyecto que voy a presentar representa el fin de mi experiencia de intercambio en Chile y de mi entero camino académico. Por esto, la idea de proyecto nace por los intereses desarrollados durante estos años y por dos en particular: hacia las técnicas constructivas y hacia la relación entre arquitectura y naturaleza.

Llegar a un país extranjero significa muchas cosas: el encuentro con otra cultura, otro idioma, otras ideas.

Mi llegada a Chile ha significado para mí todo esto y, sobre todo, el encuentro con una naturaleza ajena, totalmente diferente de la que conocía, y que ha sido desde el principio motivo de gran interés personal.

En particular, el **Desierto de Atacama** – su aridez, su inmensidad – capturó mi atención incluso antes de verlo con mis propios ojos, por su capacidad de respuesta a un deseo de vastedad y silencio, de soledad y libertad.

Por otro lado, el proyecto debe a la escuela de Venecia, que me ha formado, su atención hacia la materialidad y la construcción, sobre todo en sus relaciones con la tradición.

De hecho, el segundo elemento que genera el proyecto es la gana de mirar al pasado para experimentar nuevas técnicas y nuevos usos del hormigón, un material que todavía ofrece la posibilidad de crear algo nuevo y diferente.

La idea, desarrollada durante los cinco años de universidad, ha sido de utilizar el **hormigón no armado**, respetando sus propiedades estructurales de piedra artificial y recuperando su uso histórico para mejorar la calidad final de la obra.

En este sentido, el proyecto combina el factor natural – relación hombre-desierto – con el factor constructivo – hormigón no armado – para ofrecer una respuesta coherente a los objetivos iniciales.

El tema de proyecto elegido representa un antecedente histórico donde se encuentra la perfecta combinación de los dos factores: **Tulor**, una aldea precolombina cerca de San Pedro de Atacama que se remonta al V sig. a.C., construida por los pueblos originarios que habitaron este desierto inhóspito desde más de once mil años, desarrollando estrategias para sobrevivir.

Il progetto che verrà presentato rappresenta la fine della mia esperienza di intercambio in Cile e del mio intero percorso accademico. Per questo, la idea di progetto nasce dagli interessi maturati durante questi anni e per due in particolare: quello verso le tecniche costruttive e quello verso la relazione tra architettura e natura.

Arrivare in un paese straniero significa molte cose: l'incontro con un'altra cultura, un'altra lingua, altre idee.

Il mio arrivo in Cile ha significato per me tutto questo e, soprattutto, l'incontro con una natura nuova, totalmente differente da ciò che conoscevo, e che è stata fin da subito motivo di grande interesse personale.

In particolare, il **Deserto di Atacama** – la sua aridità, la sua immensità – ha catturato la mia attenzione ancor prima che potessi vederlo con i miei occhi, per la sua capacità di risposta a un desiderio di vastità e silenzio, di solitudine e libertà.

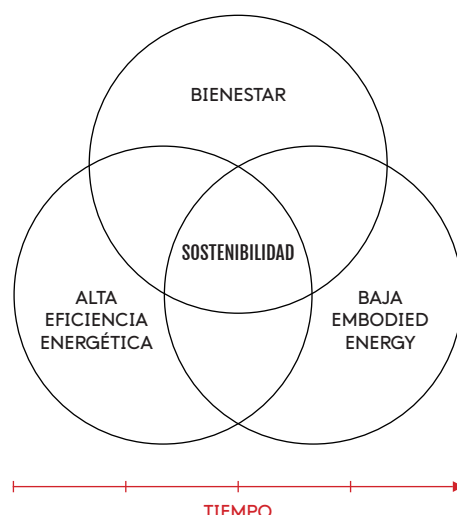
In secondo luogo, il progetto deve alla scuola di Venezia, che mi ha formato, la sua attenzione verso la materialità e la costruzione, soprattutto nelle loro relazioni con la tradizione.

Di fatto, il secondo elemento che genera il progetto è la voglia di guardare al passato per sperimentare nuove tecniche e nuovi usi del calcestruzzo, un materiale che ancora oggi offre la possibilità di creare qualcosa di nuovo e differente.

L'idea, sviluppata durante i cinque anni di università, è stata di utilizzare il **calcestruzzo non armato**, rispettando le sue proprietà strutturali di pietra artificiale e recuperando il suo utilizzo storico per migliorare la qualità finale dell'opera.

In questo senso, il progetto coniuga il fattore naturale – rapporto uomo-deserto – con il fattore costruttivo – calcestruzzo non armato – per offrire una risposta coerente agli obiettivi iniziali.

Il tema di progetto scelto rappresenta un antecedente storico dove si trova la perfetta combinazione dei due fattori: **Tulor**, un villaggio precolombiano nei pressi di San Pedro de Atacama risalente al V sec. a.C., costruita dai popoli originari che hanno abitato questo deserto inospitale fin da undici mila anni fa, sviluppando strategie di sopravvivenza.



I.1. PREMISA SOBRE LA SOSTENIBILIDAD

Durante los últimos años, en todo el mundo, se ha intensificado el debate sobre la sostenibilidad, abarcando, naturalmente, el mundo de la arquitectura. Este debate, por cualquier campo de uso del término sostenibilidad, se puede dividir en dos ramas: lo que es marketing y lo que es una verdadera investigación sobre el futuro de nuestro planeta.

De la primera rama, en el campo de la arquitectura, hacen parte operaciones como el Bosco vertical en Milán o las casas fabricadas con impresoras 3d.

Ignorando estos casos, se puede decir que la manera más precisa para evaluar la sostenibilidad de un edificio es a través de la cantidad de energía – o de CO₂ – utilizada a lo largo de todo su *ciclo de vida*: proceso productivo, uso, fin de vida; sin olvidar, naturalmente, el **bienestar** que necesariamente un edificio debe garantizar. Además de estos, hay muchos otros factores que considerar, algunos muy variables e intangibles, o a veces difícilmente mensurables; aquí a menudo se esconde, otra vez, el marketing: materiales reciclados y reciclables, materiales naturales, convertibilidad, el ser *green* etc.

Sin embargo, entre los parámetros para evaluar la sostenibilidad, el debate excluye lo que es la esperanza de vida de un edificio, el factor **tiempo**.

Cuanto dura un edificio? Cuanto debería durar?

Interrogado sobre la demolición de la casa Di Tella, una de las obras más importantes del arquitecto argentino, Clorindo Testa respondió:

Yo creo que las obras no están hechas para que perduren. Uno puede decir que el Coliseo de Roma va a perdurar. A la Catedral de Notre Dame no la van a tirar abajo; al Duomo de Milán tampoco. Pero cuando uno hace una obra no anda pensando “esto va a ser memorable y durará para siempre”. Las obras de estas características tienen dueños y los dueños cambian de ideas. También cambian las personas y la sociedad: lo que era válido hace veinte años, ahora no lo es. Es inevitable que sea así. A mí en lo personal no me molesta en lo absoluto que demuelan una obra mía: no hago las cosas para que queden para siempre. Las cosas las haces para que funcionen cuando te las encargan y duran lo que tienen que durar. La Casa Di Tella estaba hecha para Di Tella y Di Tella se murió. En algún sentido ya no es más su casa... Pasó a ser parte de un instituto que la compró. Por lo tanto, las funciones que necesita son otras. (Testa, 2012)

I.1. PREMESSA SULLA SOSTENIBILITÀ

Durante gli ultimi anni, in tutto il mondo, si è intensificato il dibattito sulla sostenibilità, abbracciando, naturalmente, anche il mondo dell'architettura. Questo dibattito, per ogni campo di utilizzo del termine sostenibilità, si può dividere in due branche: ciò che è marketing e ciò che è una vera ricerca sul futuro del nostro pianeta.

Della prima branca, nel campo dell'architettura, fanno parte operazioni come il Bosco verticale di Milano o le case fabbricate con stampanti 3d.

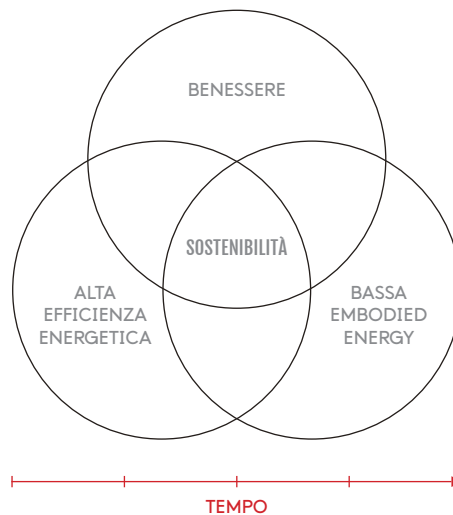
Tralasciando questi casi, si può dire che la maniera più precisa per valutare la sostenibilità di un edificio è attraverso la quantità di energia – o di CO₂ – utilizzata durante il suo intero *ciclo di vita*: processo produttivo, utilizzo, fine vita; senza dimenticare, naturalmente, il **benessere** che necessariamente un edificio deve garantire. Oltre a questi, esistono molti altri fattori da considerare, alcuni molto variabili o intangibili, o a volte difficilmente misurabili; qui spesso si annida, di nuovo, il marketing: materiali riciclati e riciclabili, materiali naturali, convertibilità, l'essere *green* etc.

Tuttavia, tra i parametri per valutare la sostenibilità, il dibattito esclude ciò che è la speranza di vita di un edificio, il fattore **tempo**.

Quanto dura un edificio? Quanto dovrebbe durare?

Interrogato sulla demolizione di casa Di Tella, una delle opere più importanti dell'architetto argentino, Clorindo Testa ha risposto:

Io credo che le opere non sono fatte affinché perdurino. Uno può dire che il Colosseo di Roma perdurerà. La Cattedrale di Notre Dame non la demoliranno di certo; il Duomo di Milano nemmeno. Però quando uno fa un'opera non pensa “questo sarà memorabile e durerà per sempre”. Le opere con queste caratteristiche hanno dei proprietari e i proprietari cambiano idea. Cambiano anche le persone e la società: ciò che era valido vent'anni fa, ora non lo è più. È inevitabile che sia così. A me personalmente non mi disturba che demoliscano una mia opera: non faccio le cose perché durino per sempre. Le cose le fai perché funzionino quando te le commissionano e durano il tempo che devono. La Casa Di Tella era fatta per Di Tella e Di Tella è morto. In un certo senso non è già più la sua casa... È passata a far parte di un istituto che l'ha comprata. Pertanto, le funzioni di cui ha bisogno sono altre. (Testa, 2012)



En sus palabras aparece muy clara la conciencia de su elección: construir una arquitectura que responde a una demanda efímera, que posee en sí misma el fin.

Sin duda, la demanda que genera una arquitectura a menudo es de este tipo: es cierto que un pabellón temporal tiene que durar un mes o un año, pero es también probable que un call-center cesará su actividad en diez años y sus oficinas se deberán demoler o reconvertir.

Sin embargo, de igual manera, hay tipos arquitectónicos que implícitamente contienen una instancia de durabilidad: una biblioteca nacional no puede ser efímera, una iglesia tampoco, una plaza no va a perder su utilidad en un año o en cincuenta, un museo nunca va a ser obsoleto.

En estos casos, como se puede evaluar la sostenibilidad?

Paneles solares, instalaciones de última generación y revestimientos de plástico reciclado generan grandes ventajas energéticas y medioambientales, pero, cuando serán obsoletos, el esqueleto despojado de sus máquinas, podrá aún cumplir su rol? Será aún arquitectura?

El asunto que se quiere subrayar es que, también en un mundo que se evoluciona tan rápido, la arquitectura, si no quiere ser solamente refugio o soporte, debe tener una sustancia más fuerte de los accesorios que la completan, de su sistema eléctrico, de sus muebles, de sus turbinas eólicas. Sobre todo, es necesario que la durada de una obra sea fruto de una elección proyectual consciente, debida a diferentes consideraciones, para que el balance energético de un edificio – y de consecuencia su sostenibilidad – se pueda evaluar con respecto al tiempo.

Por lo tanto, creo que conseguir la sostenibilidad de un edificio sea algo complejo, y que cada caso sea distinto y deba ser evaluado, con las palabras de Calvino, por “la respuesta que da a tu pregunta.” (Le città invisibili, 1972)

Finalmente, puede un monumento ser sostenible?

Nelle sue parole appare molto chiara la consapevolezza della sua scelta: costruire un’architettura che risponde a una domanda effimera, che possiede in se stessa la fine.

Senza dubbio, la domanda che genera un’architettura spesso è di questo tipo: certamente un padiglione temporaneo deve durare un mese o un anno, ma è altrettanto probabile che un call-center cesserà la sua attività in dieci anni e i suoi uffici si dovranno smantellare o riconvertire.

Tuttavia, allo stesso modo, vi sono tipi architettonici che implicitamente contengono un’istanza di durabilità: una biblioteca nazionale non può essere effimera, una chiesa nemmeno, una piazza non perderà la sua utilità in un anno o in cinquanta, un museo non sarà mai obsoleto.

In questi casi, come può essere valutata la sostenibilità?

Pannelli solari, impianti di ultima generazione e rivestimenti in plastica riciclata generano grandi vantaggi energetici e ambientali, ma, quando saranno obsoleti, lo scheletro spogliato delle sue macchine, potrà ancora svolgere la sua funzione? Sarà ancora architettura?

Ciò che si vuole sottolineare è che, anche in un mondo che si evolve così rapidamente, l’architettura, se non vuole essere solo rifugio o supporto, deve avere una sostanza più forte degli accessori che la completano, del suo impianto elettrico, dei suoi mobili, delle sue turbine eoliche. Soprattutto, è necessario che la durata di un’opera sia frutto di una scelta progettuale consapevole, dovuta a diverse considerazioni, affinché il bilancio energetico di un edificio – e di conseguenza la sua sostenibilità – possa essere valutata rispetto al tempo.

Pertanto, credo che conseguire la sostenibilità di un edificio sia qualcosa di complesso, e che ogni caso sia diverso e debba essere valutato, con le parole di Calvino, per “la risposta che dà a una tua domanda.” (Le città invisibili, 1972)

Infine, può un monumento essere sostenibile?

I.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los climas desérticos representan probablemente el desafío más grande para la vida, debido a la escasez de lo que la origina: el agua.

A lo largo de los siglos, en todo el mundo, el hombre ha desarrollado técnicas y estrategias muy eficaces para enfrentarse a este medioambiente, con una cauta utilización de los escasos recursos naturales. Sin embargo, la realidad atacameña tiene características extremas: considerado el lugar más árido del mundo y con impresionantes amplitudes térmicas entre la noche y el día, el desierto de Atacama es casa del hombre por más de once mil años. A estas condiciones climáticas se adjunta, también, la sismicidad, problemática que toca todo el País, afectando la existencia del hombre y la edificación de sus viviendas.

De toda la arquitectura atacameña el caso más significativo es por cierto la aldea de Tular, uno de los sitios mejor preservados y más antiguos de todo el desierto.

En este lugar se encuentran en la manera más completa las respuestas arquitectónicas que el hombre andino ha dado al medioambiente: eficiencia respecto al clima, a la construcción, al sismo, a la vida social y, por lo tanto, al tiempo.

Por siglos, Tular ha sido el centro neurálgico de la vida atacameña y de su cultura, y sus estructuras han resistido hasta hoy día demostrando la fuerza y la resiliencia de esta arquitectura.

Este poblado pertenece a un sistema de aldeas atacameñas desplegadas en las quebradas y en los oasis alrededor del Salar de Atacama. De estas aldeas, solo una decena cuentan con algún tipo de excavación o levantamiento parcial, muchas otras, entre esas conocidas, quedan enterradas. De hecho, Tular representa el sitio mejor conservado del área, el más grande y, por eso, el más interesante.

A pesar de su gran importancia histórica y arqueológica, se conoce muy poco de Tular y de la sociedad que la habitó, en particular sobre el peculiar patrón arquitectónico que caracteriza la aldea. Las pocas investigaciones y excavaciones hechas fueron conducidas por la arqueóloga Ana María Barón y su equipo. Sin embargo, hoy, no hay algún plan para un mayor conocimiento de este patrimonio y, sobre todo, para su protección contra la

I.2. DEFINIZIONE DEL PROBLEMA

I climi desertici rappresentano probabilmente la sfida più grande per la vita, a causa della scarsità dell'elemento che la origina: l'acqua.

Durante i secoli, in tutto il mondo, l'uomo ha sviluppato tecniche e strategie molto efficaci per affrontare questi ambienti, attraverso un cauto utilizzo delle scarse risorse naturali. Tuttavia, la realtà *atacameña* possiede caratteristiche estreme: considerato il luogo più arido del mondo e con impressionanti escursioni termiche tra la notte e il giorno, il deserto di Atacama è casa dell'uomo da più di undici mila anni. A queste condizioni climatiche si somma, inoltre, la sismicità, problematica che investe tutto il Paese, influenzando l'esistenza dell'uomo e l'edificazione delle sue abitazioni.

Di tutta l'architettura *atacameña* il caso più significativo è certamente il villaggio di Tular, uno dei siti meglio conservati e più antichi di tutto il deserto.

In questo luogo si trovano nella maniera più completa le risposte architettoniche che l'uomo andino ha dato all'ambiente: efficienza rispetto al clima, alla costruzione, al sisma, alla vita sociale e, pertanto, al tempo.

Per secoli, Tular è stato il centro nevralgico della vita *atacameña* e della sua cultura, e le sue strutture hanno resistito fino ad oggi dimostrando la forza e la resilienza di questa architettura.

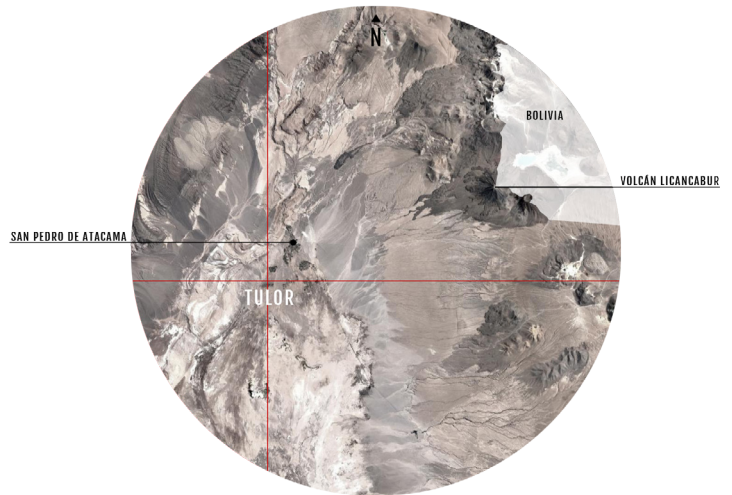
Questo insediamento appartiene a un sistema di villaggi nativi che si dispiega nei canyon e nelle oasi attorno al Salar de Atacama¹. Di questi villaggi, solo una decina sono stati scavati o rilevati almeno parzialmente, mentre molti altri, fra quelli di cui se ne conosce l'esistenza, rimangono sepolti. Di fatto, Tular rappresenta il sito meglio conservato dell'area, il più grande e, per questo, il più interessante.

A dispetto della sua grande importanza storica e archeologica, si conosce molto poco di Tular e della società che la abitò, in particolare rispetto al peculiare partito architettonico che caratterizza il villaggio. Le poche ricerche e scavi fatti sono stati condotti dall'archeologa Anna María Barón e dalla sua équipe. Tuttavia, oggi, non esiste alcun piano per un maggiore conoscenza di questo patrimonio e, soprattutto, per la sua pro-

1. Salar: grande e profonda distesa di sali tipica degli altipiani andini, formatasi nel corso dei secoli in bacini idrografici a causa di una elevata evaporazione. I salares possono coprire superfici estremamente ampie: 3.000 km² quella del Salar de Atacama (Cile), 10.582 km² quella del Salar de Uyuni (Bolivia), un'area più vasta delle Marche.



1. Región de Antofagasta
1. Regione di Antofagasta



2. Encuadramiento de Tulum
2. Inquadramento di Tulum

erosión que lo hace desaparecer. Este lugar, tan significativo, no aparece entre los monumentos nacionales reconocidos en el sitio web del Consejo de Monumentos Nacionales de Chile (monumentos.cl), hecho que suscitó mi estupor. Esta institución es encargada de la protección del patrimonio cultural y natural de Chile, identificando y diferenciando lo que es patrimonio y lo que no lo es: en esta área, junto al paisaje del Valle de la Luna, al pueblo de San Pedro, a iglesias y testimonios incas, no se encuentra Tulum.

De hecho, en mi experiencia personal, descubrí el sitio casi por caso, escuchando, el 21 de marzo de 2018, la conferencia “Vivienda vernácula chilena y su adaptación al clima: plataforma participativa” en la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Paisaje de la Universidad Central.

La aldea, construida de adobones en forma de habitaciones circulares aglutinadas, se encuentra aún en perfecto estado de conservación. Sin embargo, la salvaguardia de este testimonio, ahora puesto en peligro por el continuo avance del desierto y por su poder erosivo, se hace necesaria y constituye una responsabilidad para las futuras generaciones.

La idea del proyecto es, de hecho, construir un Museo de Sitio que permita de valorizar este hallazgo arqueológico y de protegerlo, constituyendo un nuevo centro para la investigación arqueológica de esta área tan rica de cultura.

En el Museo, junto con la exposición de los artefactos y de las momias de Tulum, habrán espacios dedicados a la didáctica, a la historia del pueblo atacameño y al juego.

La nueva construcción se presentará como un nuevo polo en la Región de Antofagasta, ya destino turístico por la belleza de sus paisajes y por el pueblo de San Pedro, distribuyendo así los grandes flujos de visitantes en un área más amplia, para que el turismo no se transforme en un proceso destructivo.

De hecho, los riesgos de un turismo salvaje ya se presentan en este lugar: aumento de los precios, desplazamiento de los lugareños (gentrificación) y, sobre todo, pérdida de identidad. Por lo tanto, pensar a un tipo de turismo diferente y atento al patrimonio cultural se muestra como una necesidad.

tezione contro l'erosione che lo fa scomparire. Questo luogo, così significativo, non compare tra i monumenti nazionali riconosciuti nel sito web del Consiglio dei Monumenti Nazionali del Cile (monumentos.cl), fatto che ha suscitato il mio stupore. Questa istituzione è incaricata di proteggere il patrimonio culturale e naturale del Cile, identificando e differenziando ciò che è patrimonio da ciò che non lo è: in quest'area, insieme al paesaggio della Valle della Luna, al paese di San Pedro, a chiese e testimonianze inca, non si trova Tulum.

Di fatto, nella mia esperienza personale, ho scoperto il sito quasi per caso, ascoltando, il 21 marzo 2018, la conferenza “Abitare vernacolare cileno e il suo adattamento al clima: piattaforma partecipativa” nella Facoltà di Architettura, Urbanistica e Paesaggio della Universidad Central.

Il villaggio, costruito in *adobe* in forma di stanze circolari agglutinate, si trova ancora in un perfetto stato di conservazione. Tuttavia, la salvaguardia di questa testimonianza, ora messa in pericolo dall'avanzare continuo del deserto e dal suo potere erosivo, si rende necessaria e costituisce una responsabilità nei confronti delle generazioni future.

L'idea di progetto è, di fatto, costruire un museo che permetta di valorizzare questo ritrovamento archeologico e di proteggerlo, costituendo un nuovo centro per la ricerca archeologica di questa area così ricca di cultura.

Nel museo, unitamente all'esposizione degli artefatti e delle mummie di Tulum, ci saranno spazi dedicati alla didattica, alla storia del popolo *atacameño* e al gioco.

La nuova costruzione si presenterà come un nuovo polo nella regione di Antofagasta, già destinazione turistica per la bellezza dei suoi paesaggi e per il paese di San Pedro, distribuendo così il grande flusso di visitatori in un'area più ampia, affinché il turismo non si trasformi in un processo distruttivo.

Di fatto, i rischi di un turismo selvaggio si presentano già in questo luogo: aumento dei prezzi, allontanamento della popolazione locale (gentrificazione) e, soprattutto, perdita di identità. Pertanto, pensare a un tipo di turismo differente e attento al patrimonio culturale si mostra come una necessità.

I.3. OBJETIVOS

Objetivo general

Rescatar y valorar la importancia arqueológica, histórica y arquitectónica de la aldea de Tulo y de la cultura atacameña.

Objetivos específicos

- Contraponer al turismo destructivo y masivo un nuevo polo cultural.
- Crear un nuevo *landmark* arquitectónico en el paisaje desértico.
- Relacionarse a la arqueología, al medioambiente desértico y a su clima a través de un edificio que responda a las peculiaridades del sitio.
- Experimentar una nueva técnica constructiva como solución a un problema.

I.3. OBIETTIVI

Obiettivo generale

Riscattare e valorizzare l'importanza archeologica, storica e architettonica del villaggio di Tulo e della cultura atacameña

• Obiettivi specifici

- Contrapporre al turismo distruttivo e massivo un nuovo polo culturale.
- Creare un nuovo *landmark* architettonico nel paesaggio desertico.
- Relazionarsi all'archeologia, all'ambiente desertico e al suo clima attraverso un edificio che risponda alle peculiarità del sito.
- Sperimentare una nuova tecnica costruttiva come soluzione a un problema.

II

EL DESIERTO²

IL DESERTO²

II.1. PRESENTACIÓN CASO DE ESTUDIO: TULOR

El sitio de la Aldea de Tolor, más propiamente Tolor 1, pertenece a un vasto sector de interés arqueológico al sur de San Pedro de Atacama que incluye doce sitios, denominado Tolor por asimilación con el ayllu limítrofe (Barón, Bravo & Llagostera, 1984). Fue descubierto en el 1956 por el padre Gustavo Le Paige y, hasta los estudios del 1982, se creía que los que en la realidad son los muros de las habitaciones, fueran cimientos de tapia (Barón, Bravo & Llagostera, 1984). Esto porque la aldea se encontraba completamente sumergida en la duna, la cual, al comienzo del siglo pasado, empezó a desplazarse en dirección sureste, redescubriendo el sitio. Este proceso sigue hoy en día, y representa el factor principal de su deterioro, causado por la erosión (Bahamóndez & Muñoz, 1997).

La aldea ocupa un área de aproximadamente 4000 m² y se compone de veintidós recintos casi perfectamente circulares unidos entre ellos por un sistema de muros – construidos posteriormente – que determinan patios, pasillos, habitaciones secundarias y bodegas. El complejo está abrazado por un muro que corre en los lados sur-oeste-norte y que en su porción más gruesa – un metro – presenta dos aberturas con probable función de ingreso (fig. 5). Las hipótesis sobre la función de este muro son dos, donde la una no quita la otra. La primera es que fuera una protección contra ocasionales inundaciones del río que traían barro hasta una altura de un metro. La segunda es que el muro cumpliera una función de protección contra el viento que sopla desde el sur en la mañana y desde el nor-poniente en la tarde, alcanzando los 90 km/h. Este último, en particular, trae sal y arena desde el Valle de la Luna y es responsable del entierro de la aldea (Barón, 1985). Esta pantalla, entonces, cumplía probablemente una función de control climático, sin embargo, es interesante analizar su valor simbólico. El muro, como la mano de quien quiere ver lejos, protege y dirige la vista hacia las cumbres de la cordillera. Detrás de ello, el Valle de la Luna, con su medio ambiente inhóspito y privado de vida; delante, el Licancabur y la puna, fuente de agua, punto de referencia y lugar de origen de la vida atacameña (fig. 9). Esto representa por lo tanto el

2. Algunas partes de este capítulo son extraídas por el seminario de investigación elaborado durante el primer semestre del año de intercambio. La investigación ha sido enfocada sobre el análisis de las estrategias geo-climáticas de las construcciones atacameñas en el desierto. (Salerno, 2018)

II.1. PRESENTAZIONE DEL CASO STUDIO: TULOR

Il sito del villaggio di Tolor, più propriamente Tolor 1, appartiene a un vasto settore di interesse archeologico al sud di San Pedro de Atacama che include dodici siti, denominato Tolor per assimilazione alla comunità limitrofa (Barón, Bravo & Llagostera, 1984). Fu scoperto nel 1956 dal padre gesuita Gustavo Le Paige e, fino agli studi del 1982, si credeva che ciò che in realtà sono i muri delle abitazioni, fossero fondamentazioni (Barón, Bravo & Llagostera, 1984). Questo perché il villaggio si trovava completamente sommerso nella duna, la quale, all'inizio del secolo scorso, iniziò a spostarsi in direzione sud-est, facendo riaffiorare il sito. Questo processo continua al giorno d'oggi, e rappresenta il principale fattore di degrado, causato dall'erosione (Bahamóndez & Muñoz, 1997).

Il villaggio occupa un'area di circa 4000m² e si compone di ventidue abitazioni quasi perfettamente circolari unite tra loro da un sistema di muri – costruiti in una seconda fase – che determinano cori interne, passaggi, stanze secondarie e magazzini di stoccaggio. Il complesso è abbracciato da un muro che corre lungo i lati sud-ovest-nord e che nella sua porzione più spessa – un metro – presenta due aperture con probabile funzione di ingresso (fig. 5). Le ipotesi sulla funzione di questo muro sono due, dove una non esclude l'altra. La prima è che fosse una protezione contro occasionali inondazioni del fiume che portavano fango fino a un metro di altezza. La seconda è che il muro assolvesse una funzione di protezione contro il vento che soffia dal sud durante la mattina e dal nord-ovest durante la sera, raggiungendo i 90 km/h. Quest'ultimo, in particolare, trasporta sale e sabbia dalla Valle della Luna ed è responsabile del seppellimento del villaggio (Barón, 1985). Questo schermo, quindi, compiva probabilmente una funzione di controllo climatico, tuttavia, è interessante analizzare il suo valore simbolico. Il muro, come la mano di chi vuole vedere lontano, protegge e dirige la vista verso le cime della cordigliera. Dietro di lui, la Valla della Luna, col suo ambiente inospitale e privo di vita; davanti, il Licancabur e l'altopiano, fonte di acqua, punto di riferimento e luogo di origine della vita *atacameña* (fig. 9). Questo

2. Alcune parti di questo capitolo sono tratte o rielaborate dal *seminario de investigación*: una ricerca teorica sviluppata durante il mio primo semestre di intercambio. Lo studio è stato incentrato sull'analisi delle strategie geo-climatiche delle costruzioni *atacameña* nel deserto. (Salerno, 2018)

elemento más interesante en el análisis sobre la relación hombre-paisaje en Tulor.

El sitio se encuentra al final del río San Pedro, donde las aguas creaban un suelo fértil y adecuado para el cultivo y la ganadería. Eso determinó el florecimiento de esta aldea y su siguiente abandono, cuando las aguas se retiraron dejando el paso al desierto (Barón, Bravo & Llagostera, 1984).

Se piensa que sucesivamente al primero abandono, la aldea, ya parcialmente sumergida en la arena, fue utilizada como cementerio por otros pueblos andinos. Se individuán, por lo tanto, dos fases: una primera de ocupación verdadera – ca. 400 a.C.-100 d.C. - y una secundaria como sitio de sepultura – ca. 100 d.C.-400 d.C. – (Barón, 1985).

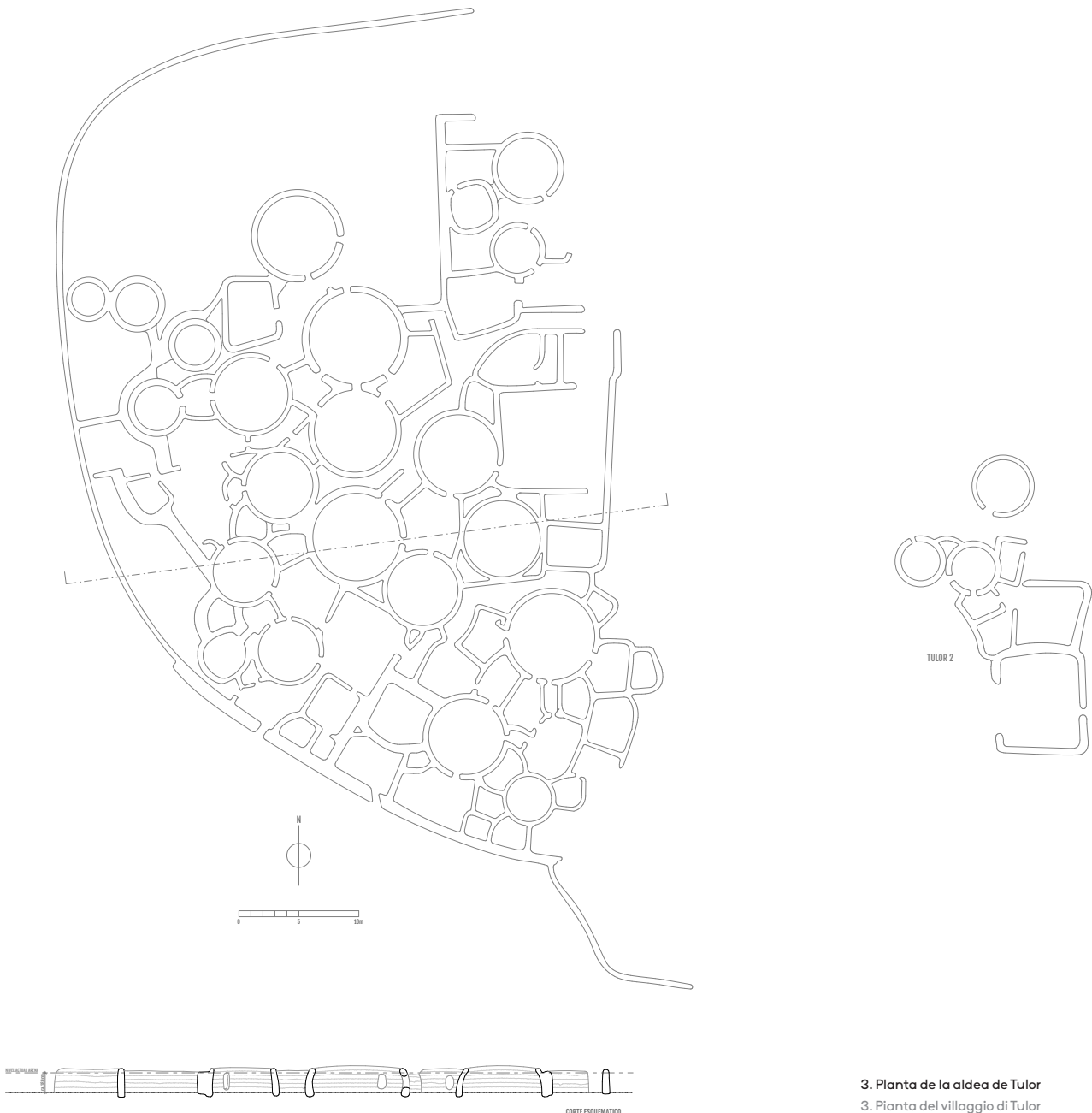
El tipo de arquitectura, de acuerdo con los artefactos encontrados, sugiere que los habitantes de la aldea de Tulor tuvieron contactos y relaciones con pueblos de regiones limítrofes, de la costa, del altiplano boliviano y del norte-oeste argentino (Ba-

representa pertanto l'elemento più interessante nell'analisi sulla relazione uomo-paesaggio a Tulor.

Il sito si trova alla fine del río San Pedro, dove le acque creavano un suolo fertile e adeguato per la coltivazione e all'allevamento. Questo determinò sia la prosperità di questo villaggio sia il suo successivo abbandono, quando le acque si ritirarono lasciando il passo al deserto (Barón, Bravo & Llagostera, 1984).

Si pensa che successivamente al primo abbandono, il villaggio, già parzialmente sommerso dalla sabbia, fu utilizzato come cimitero da altri popoli andini. Si individuano, pertanto, due fasi: una prima occupazione reale – ca. 400 a.C.-100 d.C. – e una secondaria come sito di sepultura – ca. 100 d.C.-400 d.C. – (Barón, 1985).

Il tipo di architettura, in accordo ai manufatti trovati, suggerisce che gli abitanti del villaggio di Tulor ebbero contatti e relazioni con popoli di regioni limitrofe, della costa, dell'altipiano boliviano e del nord-ovest argentino (Barón, 1985); in particolare,



3. Planta de la aldea de Tulor
3. Pianta del villaggio di Tulor



4. La aldea de Tular
4. Il villaggio di Tular



5. Particular de la pasarela que sigue el perfil del muro que rodea la aldea
5. Particolare della passerella che segue il profilo del muro che circonda il villaggio



7. Particular de los adobones de los los recintos
7. Particolare dei blocchi in argilla cruda dei muri



6. Un recinto circular en el sector excavado
6. Un'abitazione circolare nel settore scavato



8. Las replicas de dos habitaciones construidas a lado del sitio
8. Le repliche di due delle abitazioni costruite accanto al sito

rón, 1985); en particular, este patrón arquitectónico presenta muchas similitudes con la arquitectura Wankarani (altiplano boliviano) y del sitio homónimo, y con la aldea de Guatacondo (Barón, Bravo, & Llagostera, 1984).

Según Adán y Urbina (2007) “Tulor inaugura en los oasis una tradición constructiva desconocida, basada en el conocimiento de las propiedades del barro y los adobes, que se mantendrá durante todos los períodos alfareros”.

De hecho, los muros que definen los recintos circulares están hechos de barro, sin arena ni paja, modelado a mano *in situ* en forma de bloques bastante grandes, cuya dimensión disminuye en las hiladas superiores (fig. 6-7). Los bloques fueron superpuestos sin argamasa y la superficie del muro fue estucada utilizando otro barro. Las paredes circulares, además, son cóncavas hacia el interior y forman una bóveda.

Durante las investigaciones de los años ochenta, se decidió de construir una réplica de los dos recintos circulares excavados (fig. 8), por dos razones importantes: la primera era comprender de manera más realista los espacios que componían este sitio y la vida que se desarrollaba en su interior; la segunda, obtener un artefacto con las mismas características del original donde realizar ensayos de restauración con materiales y técnicas diferentes. El proceso de construcción es descrito por Ana María Barón en un artículo del 1986. Es muy interesante notar como, a pesar del uso de maestrías locales, fue muy difícil replicar el resultado original, sobre todo por la dificultad en la gestión del secado de los bloques – que se grietaban – y en el lograr la forma abovedada que, al final, se obtuvo moldeando el interior de la pared una vez secada.

questo partito architettonico presenta molte similitudini con l'architettura Wankarani (altopiano boliviano) e del sito omonimo, e con il villaggio di Guatacondo (Barón, Bravo & Llagostera, 1984).

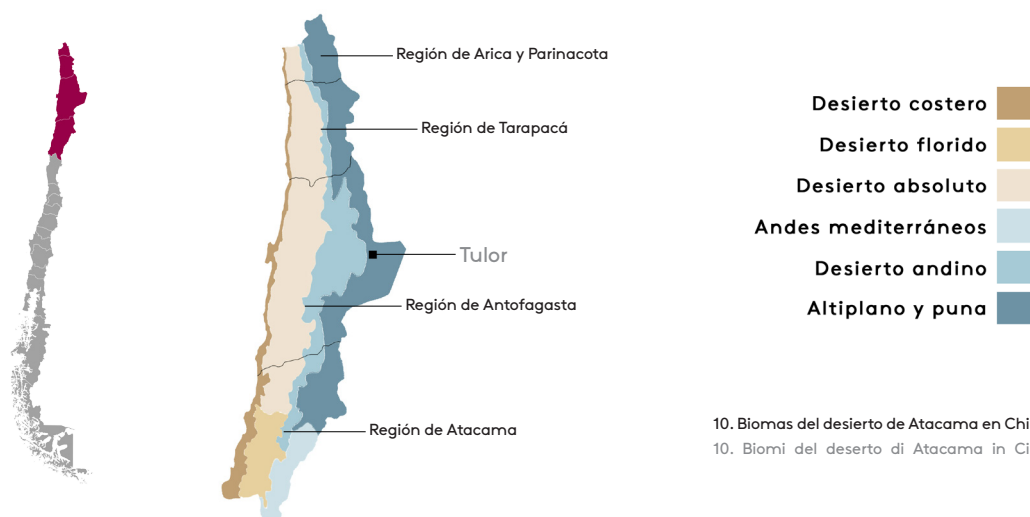
Secondo Adán e Urbina (2007) “Tulor inaugura nelle oasi una tradizione costruttiva sconosciuta, basata sulla conoscenza delle proprietà della terra e dell'*adobe*, che verrà mantenuta durante tutti i periodi “della ceramica”.

Infatti, i muri che definiscono le abitazioni circolari sono fatti di argilla cruda, senza sabbia né paglia, modellati a mano *in situ* in forma di blocchi abbastanza grandi, la cui dimensione diminuisce nei corsi superiori (fig. 6-7). I blocchi furono sovrapposti senza legante e la superficie del muro fu intonacata utilizzando la stessa argilla. Le pareti circolari, inoltre, sono concave verso l'interno e formano una volta.

Durante le indagini degli anni ottanta, si decise di costruire una replica delle due stanze scavate (fig. 8), per due ragioni importanti: la prima era comprendere in maniera più realistica gli spazi che componevano questo sito e la vita che si svolgeva al suo interno; la seconda, ottenere un artefatto con le stesse caratteristiche dell'originale dove realizzare saggi di consolidamento delle superfici con materiali e tecniche differenti. Il processo di costruzione è descritto da Ana Maria Barón in un articolo del 1986. È interessante notare come, nonostante l'utilizzo di maestranze locali, fu molto difficile replicare il risultato originale, soprattutto per la difficoltà nella gestione dell'asciugatura dei blocchi – che si fessuravano – e nell'ottenere la forma voltata che, alla fine, si ottenne modellando l'interno della parete una volta asciugatasi.



9. Vista desde el interior de la réplica de habitación en Tular
9. Vista dall'interno della replica di abitazione di Tular



10. Biomas del desierto de Atacama en Chile
10. Biomi del deserto di Atacama in Cile

II.2. GEOGRAFÍA DE LA REGIÓN

Las características geográficas del desierto de Atacama, por su complejidad, necesitan una profundización para comprender los diferentes sectores que componen este paisaje y sus condiciones extremas. En particular, es necesario reportar los datos climáticos y sísmicos, que influyen de manera profunda sobre la arquitectura, sea la histórica, sea la nueva.

II.2.1. Territorio

El desierto de Atacama es una eco-región que se extiende por aproximadamente 105 000 km² en el norte del Chile, incluyendo algunas zonas de Perú (desierto costero), Argentina y Bolivia (Puna). En su longitud de 1600 km, desde Arica hasta La Serena, ocupa las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo (Armstrong, wwf.org) (fig. 10).

El origen de este ambiente árido es debido a factores distintos, el principal de los cuales es el efecto Föhn producido por la Cordillera: cuando la masa de aire cálida y húmeda proveniente da el este llega a la base de los Andes, esta asciende para superarlos y se condensa produciendo lluvias hacia el este y, por el contrario, un clima extremadamente seco hacia el oeste. Por el otro lado, las precipitaciones son igualmente impedidas por los anticiclones del Pacífico y por la corriente de Humboldt.

El desierto de Atacama, y particularmente la región de Antofagasta donde se encuentra Tular, se puede describir desde el punto de vista morfológico por sus sectores longitudinales, así como la casi totalidad del País (fig. 11). En esta región ellos son: la plataforma litoral, la cordillera de la Costa, el llano central, la cordillera de Domeyko, la depresión andina y la cordillera andina con su altiplano (Puna). La altitud aumenta desde 0 – costa – hasta los 6000 msnm - cerros como el Volcán Licancábur – pero no de manera regular. De hecho, se alternan zonas llanas cada vez más altas separadas entre sí por los relieves de la cordillera de la Costa, de Domeyko y de los Andes, respectivamente. Estas zonas pueden ser en principio identificadas con otros tantos sectores climáticos o biomas: desierto costero, desierto absoluto, desierto andino, puna.

Tular y los oasis de San Pedro de Atacama se encuentran en

II.2. GEOGRAFIA DELLA REGIONE

Le caratteristiche geografiche del deserto di Atacama, per la loro complessità, necessitano un approfondimento al fine di comprendere i differenti settori che compongono questo paesaggio e le sue condizioni estreme. In particolare, è necessario riportare i dati climatici e sismici, che influiscono in maniera profonda sull'architettura, sia la storica, sia la nuova.

II.2.1. Territorio

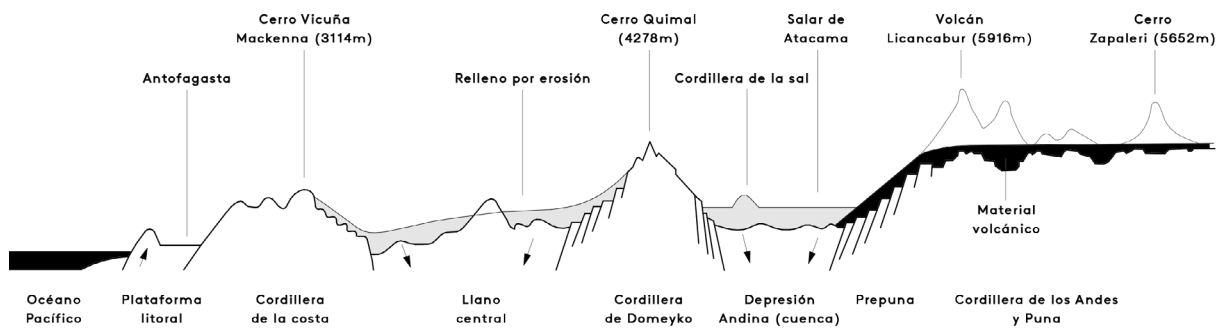
Il deserto di Atacama è un'eco-regione che si estende per circa 105 000 km² nel nord del Cile, includendo alcune zone del Perú (deserto costiero), Argentina e Bolivia (Puna). Nel corso della sua lunghezza di 1600 km, da Arica a La Serena, occupa le regioni di Arica e Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama e Coquimbo (Armstrong, wwf.com) (fig. 10).

L'origine di questo ambiente arido è dovuta a diversi fattori, il principale dei quali è l'effetto Föhn prodotto dalla cordigliera: quando la massa di aria calda e umida proveniente da est arriva alla base delle Ande, questa ascende per superarle e si condensa producendo piogge sul versante est e, al contrario, un clima estremamente secco su quello ovest. Oltre a ciò, le precipitazioni sono impedito dall'effetto degli anticicloni del Pacifico e dalla corrente di Humboldt.

Il deserto di Atacama, e particolarmente la regione di Antofagasta dove si trova Tular, può essere descritta dal punto di vista morfológico attraverso i suoi settori longitudinali, così come la quasi totalità del Paese (fig. 11). In questa regione essi sono: la piattaforma litorale, la cordigliera di Domeyko, la depressione andina e la cordigliera delle Ande con il suo altopiano (Puna). L'altitudine aumenta da 0 – costa – fino ai 6000 mslm – cime come il vulcano Licancábur – ma non in maniera regolare. Infatti, si alternano zone piane ogni volta più alte separate fra loro dai rilievi, rispettivamente, della cordigliera della costa, di Domeyko e delle Ande.

Queste zone possono essere identificate con altrettanti settori climatici o biomi: deserto costiero, deserto assoluto, deserto andino, puna.

Tular e le oasi di San Pedro di Atacama si trovano nella fascia



11. Corte de la región de Antofagasta (23° paralelo)
11. Sezione della Regione di Antofagasta (23° parallelo)

la franja altiplánica, a una altitud de aproximadamente 2500 msnm. Este territorio representa, junto a la franja costera, el único donde la vida se pudo desarrollar.

A pesar de su clima, de hecho, eso constituye la mejor posibilidad para la vida gracias a la presencia, aunque escasa, de agua y recursos, en oposición a la inhóspita depresión andina y a las altitudes extremas de la cordillera.

II.2.2. Clima

La Región de Antofagasta, extendiéndose de la costa hacia la Cordillera, presenta, en base a la longitud, cuatro subtipos climáticos diferentes, sin embargo, todos caracterizado de una fuerte aridez.

Cerca del mar, hasta 20 kilómetros al interior, se manifiesta el clima desértico costero nuboso caracterizado por la presencia de abundante humedad, neblinas matinales y la ausencia de precipitaciones. Las temperaturas registradas son más bajas respecto al promedio de la región a causa de la influencia de la corriente fría de Humboldt.

La Depresión Intermedia, la zona central de la región lejana de la influencia marítima, es donde se manifiesta plenamente el desierto de Atacama y el clima desértico propiamente tal, caracterizado por ausencia de humedad y amplitud térmica entre el día y la noche de hasta 30°.

En las alturas, entre 2000 y 2500 metros sobre el nivel del mar, se localiza el clima desértico marginal de altura. En estos lugares las precipitaciones son más abundantes, sobre todo en verano, y el clima es más favorable al asentamiento humano (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, bcn.cl). De hecho, aquí están los principales pueblos cordilleranos como Toconao, Chiu-Chiu, San Pedro de Atacama y Tulor.

En dicho sector, la temperatura media anual es 13.3 °C, la máxima media de 23°C y la mínima media de 5.7°C (climate-data.org) (fig. 12-13). Las precipitaciones son de todo modo escasas, con una media de 42 mm totales por año. Los meses de junio, julio y agosto son los meses más secos, con 0 mm de precipitación, mientras febrero es el más húmedo, con una media

altiplánica, a un'altitudine di circa 2500 mslm. Questo territorio rappresenta, insieme alla fascia costiera, l'unico dove la vita si è potuta sviluppare.

Nonostante il suo clima, infatti, esso costituisce la migliore possibilità per la vita, grazie alla presenza, seppur scarsa, di acqua e risorse, al contrario dell'inhospitale depressione andina e alle altitudini estreme della cordigliera.

II.2.2. Clima

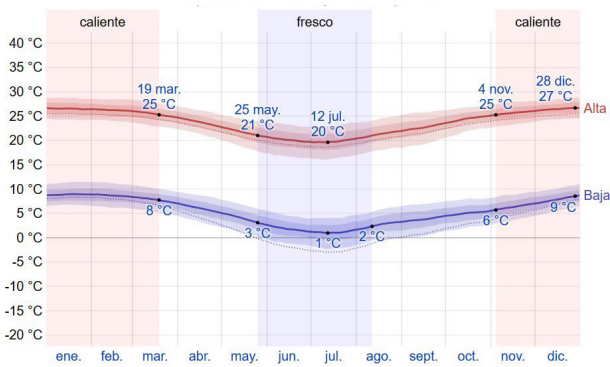
La regione di Antofagasta, estendendosi dalla costa fino alla Cordigliera, presenta, in base alla longitudine, quattro sub-tipi climatici differenti, tutti caratterizzati, tuttavia, da una forte aridità.

Nei pressi del mare, fino a 20 km dalla costa, si manifesta il clima desertico costiero nebbioso caratterizzato dalla presenza di abbondante umidità, nebbie mattutine e assenza di precipitazioni. Le temperature registrate sono più basse rispetto alla media della regione a causa dell'influenza della corrente di Humboldt.

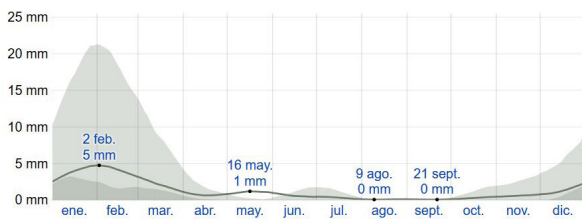
La Depressione Intermedia, la zona centrale della regione lontana dall'influenza del mare, è dove si manifesta pienamente il deserto di Atacama ed il clima desertico propiamente tale, caratterizzato da assenza di umidità ed escursione termica tra giorno e notte che raggiunge i 30°.

Nelle alture, tra i 2000 e i 2500 metri sul livello del mare, si localizza il clima desertico marginale d'altura. In questi luoghi le precipitazioni sono più abbondanti, soprattutto in estate, e il clima è più favorevole all'insediamento umano (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, bcn.cl). Infatti, qui si trovano i principali insediamenti cordigliereani come Toconao, Chiu-Chiu, San Pedro de Atacama e Tulor.

In questo settore, la temperatura media annuale è di 13,3 °C, la massima media di 23 °C e la minima media di 5,7 °C (climate-data.org) (fig. 12-13). Le precipitazioni sono comunque scarse, con una media di 42 mm totali all'anno. I mesi di giugno, luglio e agosto sono i mesi più secchi, con 0 mm di precipitazioni, mentre febbraio è il più umido, con una media di 5



12. Temperaturas promedio a lo largo del año (máxima y mínima)
 12. Temperature medie durante l'arco dell'anno (massime e minime)



14. Promedio de las precipitaciones mensuales
 14. Media delle precipitazioni mensili

de 5 mm (weatherspark.com) (fig. 14). Por lo que concierne el viento: “[el área] es bastante protegido en sus lados N, E y O, de manera que los vientos no afectan en manera muy drástica. [...] en las tardes, alrededor de las 17 hrs., se forma una corriente de viento desde el NO hacia el SE, en ocasiones bastante fuerte.” (Barón, 1985).

La velocidad promedio varía de manera leve estacionalmente, situándose alrededor de los 13 km/h y la proveniencia más frecuente del viento es el oeste (fig.15) (weatherspark.com).

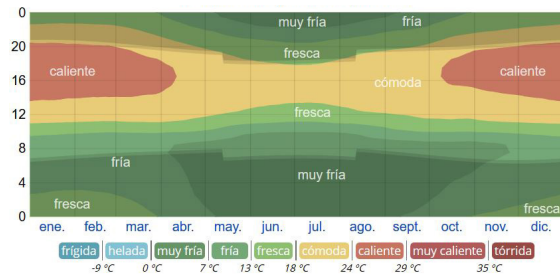
II.2.3. Sismología

El Chile es un país altamente sísmico: anualmente se registran aproximadamente seis mil terremotos, perceptibles e imperceptibles (CSN, 2015) distribuidos en todo su territorio con diferentes niveles de frecuencia, tipología e intensidad.

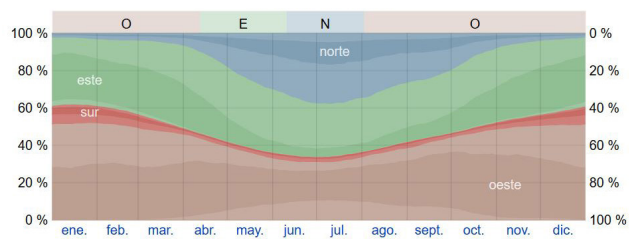
El área de localización del proyecto se sitúa, según la Norma Chilena de Diseño Sísmico NCh433, en la Zona 1 (fig. 16), o sea la zona de menor riesgo, con una aceleración efectiva máxima del suelo A_0 prevista de 0,20 g.

Es interesante subrayar, sin embargo, que la zona norte es la que tiene mayor concentración de sismos con magnitud superior a 5.0 Richter en los últimos 15 años.

Un estudio de Carlos Lara Belmar y Fabiola Barrenechea Riveros, de la Universidad Bernardo O'Higgins (2018) revela que, desde el terremoto del 1960 - el más fuerte registrado en la historia mundial - de hecho, se ha verificado un cambio en la distribución de los terremotos y en la zona sur, a partir del 40° paralelo, no hay sismicidad. Por eso, la relativa calma del Sur ha



13. Promedio anual de las temperaturas a lo largo del día
 13. Media annuale delle temperature durante l'arco della giornata



15. Dirección predominante del viento
 15. Direzione predominante del vento

mm (weatherspark.com) (fig. 14). Per quanto concierne il vento: “[l'area] è abbastanza protetta lungo i lati N, E e O, di conseguenza i venti non lo battono in maniera drastica. [...] durante il pomeriggio, intorno alle ore 17, si forma una corrente di vento dal NO verso il SE, occasionalmente abbastanza forte.” (Barón, 1985).

La velocità media varia in maniera lieve stagionalmente, attestandosi intorno ai 13 km/h e provenienza più frequente del vento è ovest (fig. 15) (weatherspark.com).

II.2.3. Sismologia

Il Cile è un paese altamente sísmico: annualmente si registrano approssimativamente sei mila terremoti, percettibili e impercettibili (CSN, 2015), distribuiti in tutto il territorio con differenti livelli di frequenza, tipología e intensidad.

L'area di localizzazione del progetto si situa, secondo la Norma Cilena di Disegno Sísmico NCh433, nella Zona 1 (fig. 16), ovvero la zona di minor rischio, con un'accelerazione effettiva massima del suolo A_0 prevista di 0,20 g.

È interessante sottolineare, tuttavia, che la zona nord è quella ad avere la maggiore concentrazione di terremoti con magnitud superiore a 5.0 Richter negli ultimi 15 anni.

Uno studio di Carlos Lara Belmar e Fabiola Barrenechea Riveros, dell' Universidad Bernardo O'Higgins (2018) rivela che, a partire dal terremoto del 1969 - il più forte registrato nella storia mondiale - di fatto, si è verificado un cambio nella distribuzione dei terremoti e nella zona sud, a partire dal 40° paralelo, non vi è sismicità. Per questo, la relativa calma del Sud è

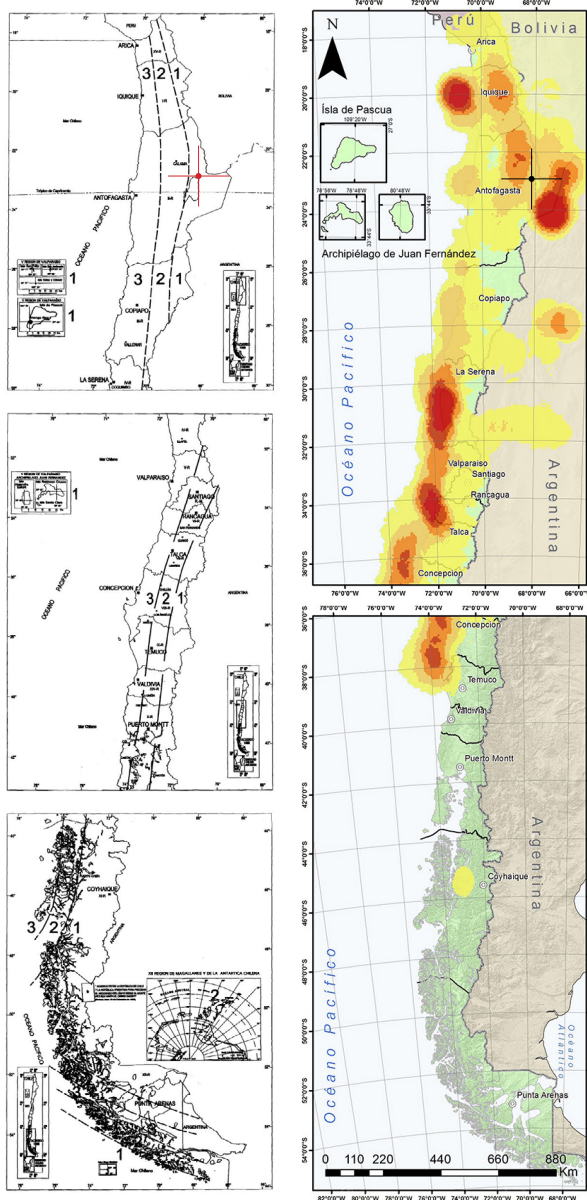
sido acompañada por un aumento de las actividades sísmicas en el Norte.

En particular, las áreas más golpeadas de esta nueva distribución son la Región de Coquimbo y la Región de Antofagasta, donde se encuentra Tular. La diferencia entre las dos es que la primera zona se caracteriza por una frecuencia alta de sismos – 311 por año – y por una magnitud en promedio más grande de esos – 6-6,9 de la escala Richter (fig. 17-18-19); mientras la segunda – Antofagasta – presenta la mayor frecuencia de sismos de todo el País – 476 por año – pero con una magnitud generalmente más baja – 5 de la escala Richter (fig. 17-18-19). Es necesario también destacar que se está aún esperando lo que se llama Gran Terremoto del Norte Grande, un sismo debido a una gran energía acumulada que se presentara con una magnitud casi seguramente mayor de 8 grados de la escala Richter.

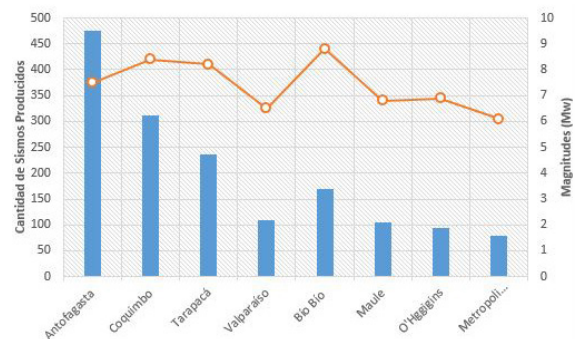
stata accompagnata da un aumento delle attività sismiche nella parte Nord.

In particolare, le aree più colpite di questa nuova distribuzione sono la Regione di Coquimbo e la regione di Antofagasta, dove si trova Tular. La differenza fra le due è che la prima zona si caratterizza per un'alta frequenza di sismi – 311 all'anno – e per una magnitud mediamente più alta di questi – 6-6,9 della scala Richter (fig. 17-18-19); mentre la seconda – Antofagasta – presenta la maggior frequenza di sismi di tutto il Paese – 476 all'anno – però con una magnitud generalmente più bassa – 5 della scala Richter (fig. 17-18-19).

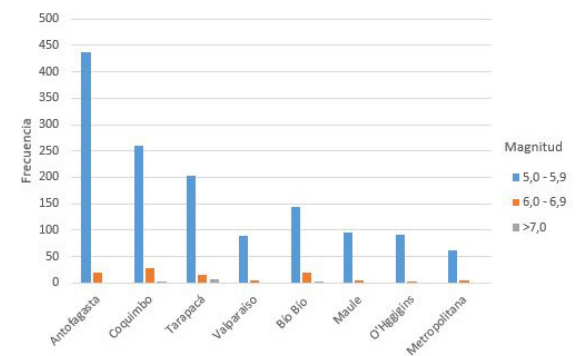
È necessario anche rilevare che è tuttora atteso quello che viene chiamato il *Gran Terremoto del Norte Grande*, un sisma dovuto a una grande energia accumulata che si presenterà con una magnitud quasi sicuramente maggiore dell'ottavo grado della scala Richter.



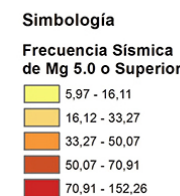
16. Zonificación sísmica según NCh433
16. Zonizzazione sismica secondo NCh433



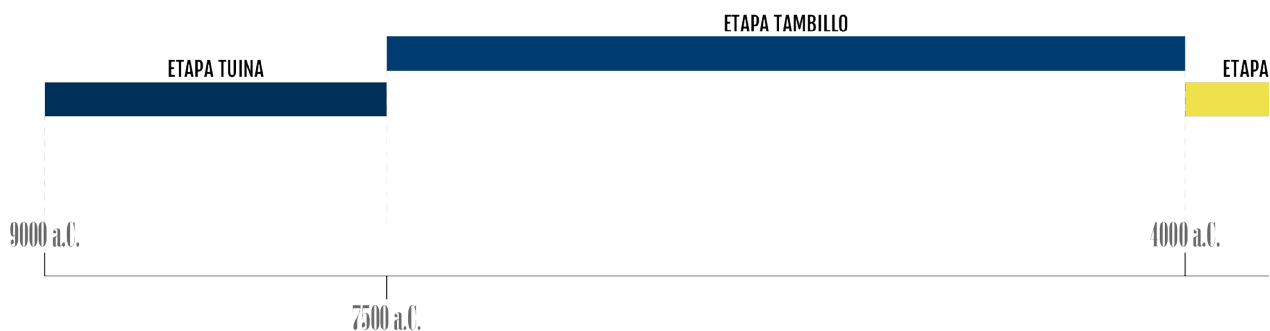
17. Gráfico frecuencia sísmica y magnitud en distintas regiones
17. Grafico frequenza sismica e magnitud nelle diverse regioni



18. Gráfico frecuencia sísmica por magnitud en distintas regiones
18. Grafico frequenza sismica per magnitud nelle diverse regioni



19. Frecuencia sísmica en Chile desde el año 2002 a 2017
19. Frecuencia sismica in Cile dall'anno 2002 al 2017



II.3. HISTORIA

Desde la llegada del ser humano a estos territorios, especialmente en el área de San Pedro de Atacama, aunque con escasos recursos, se desarrolló la cultura atacameña. Lo que se llama así es, en realidad, el resultado de un proceso heterogéneo aún poco conocido, que ve el sucederse de diferentes poblaciones prehistóricas que ocuparon en fases sucesivas esta área.

Las etapas históricas que componen el proceso de desarrollo de esta cultura no siempre representan una evolución lineal, y aun no es posible tener un marco completo de la historia atacameña, sobre todo de los primeros siglos.

Las investigaciones principales en este campo son las de Padre Le Paige, que fundó el museo arqueológico de San Pedro, y de los estudiosos que trabajaron con él. Estas han sido profundizadas durante el seminario de investigación y, en particular, se han utilizado dos obras: *Cultura atacameña* (Bittman, Le Paige, & Nuñez, 1978) y *Cultura y conflicto en los oasis de San Pedro de Atacama* (Nuñez, 1992), fruto de las investigaciones de estos académicos.

En general, se puede reconocer una primera larga etapa – aprox. 9000 - 1200 a.C. – en la que el hombre andino empieza a habitar la puna, desarrollando sus habilidades de caza y recolección hasta fundar los primeros asentamientos, donde poco a poco se vuelve a cultivador y pastor de camelidos.

La segunda macro-etapa – aprox. 1200 a.C.-1450 d.C. – representa por el contrario la parábola de florecimiento y caída de la cultura atacameña, en la que se fundan numerosas aldeas en los oasis de San Pedro que se vuelven a importantes centros para las caravanas que se movían entre la costa y la cordillera.

En este periodo se coloca la fundación de la aldea de Tulo, alrededor del 500 a.C., que será el centro más importante de esta civilización.

Esta etapa de desarrollo termina debido a un periodo de conflictos entre las poblaciones atacameñas, testimoniado por la construcción de los pukaras, pueblos puestos en altura con función de fortaleza.

En el 1450, esta área es conquistada por los incas, que importan su cultura, su arquitectura y su religión, que desde ese momento

II.3. STORIA

Nonostante le scarse risorse, dall'arrivo dell'uomo in questi territori - e soprattutto nell'area di San Pedro de Atacama - si sviluppò la cultura *atacameña*. Quella che viene sommariamente definita in questi termini, in realtà, è il risultato di un lungo processo eterogeneo ancora poco conosciuto, che vede il succedersi di differenti popolazioni preistoriche che occuparono quest'area in fasi successive.

Le tappe storiche che compongono il processo di sviluppo di questa cultura non costituiscono sempre un'evoluzione lineare, tanto che ancora non è possibile definire un quadro completo della storia *atacameña*, soprattutto dei primi secoli.

Le ricerche principali in questo campo sono state condotte da Padre Le Paige, fondatore del museo archeologico di San Pedro, e dagli studiosi che collaborarono con lui. Tali indagini sono state lette e approfondite attraverso il *seminario de investigación* e, in particolare, sono state utilizzate come fonti principali due opere: *Cultura atacameña* (Bittman, Le Paige, & Nuñez, 1978) e *Cultura y conflicto en los oasis de San Pedro de Atacama* (Nuñez, 1992), frutto delle analisi di questi accademici.

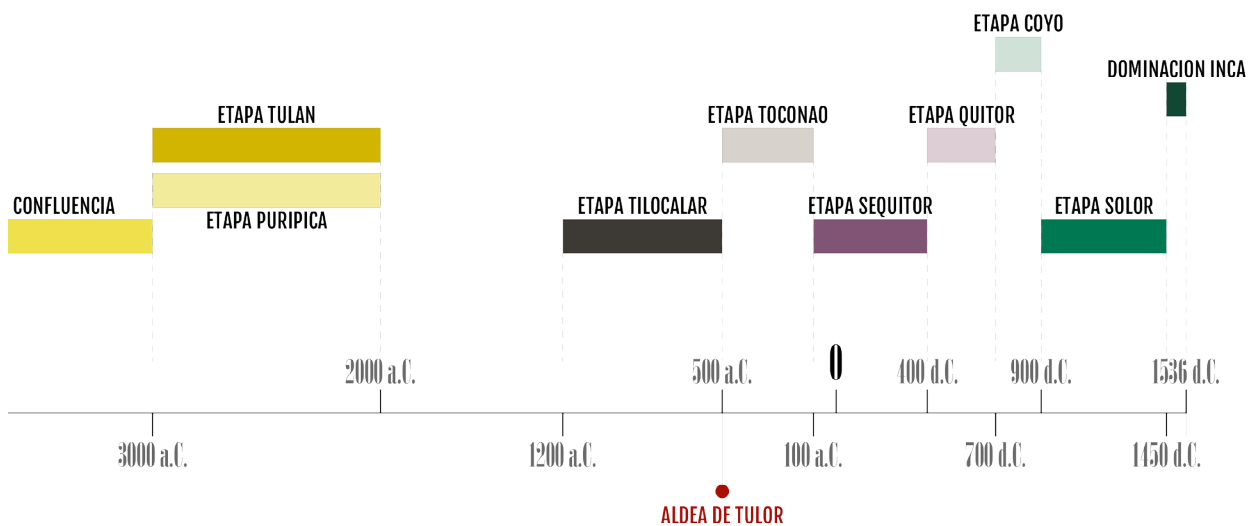
In generale, si può riconoscere una prima lunga tappa, - dal 9000 al 1200 a.C. circa - in cui l'uomo andino inizia a colonizzare la *puna*, sviluppando le loro abilità nella caccia e raccolta, fino a fondare i primi insediamenti, dove a poco a poco si trasformarono in coltivatori e pastori di camelidi.

La seconda macro-tappa - dal 1200 al 1450 d.C. circa - rappresenta la parabola di fioritura e caduta della cultura *atacameña*, in cui si fondano numerosi villaggi nelle oasi di San Pedro che diventano centri importanti per le carovane che si spostano tra la costa e la cordigliera.

In questo periodo, intorno al 500 a.C., si colloca la fondazione di Tulo, che sarà il centro più importante di questa civiltà.

Questa tappa di sviluppo termina a causa di un periodo di conflitti tra le varie popolazioni *atacameña*, testimoniato dalla costruzione delle *pukaras*, paesi costruiti su delle alture con la funzione di fortezza.

Nel 1450 quest'area è conquistata dal popolo inca, che importa la sua cultura, l'architettura e la religione, che a partire da questo

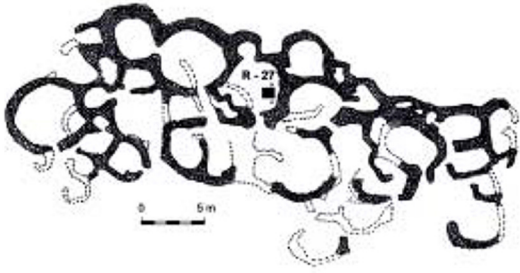


pasarán a formar parte de la cultura atacameña a través de un proceso de sincretismo.

El 1536 marca el fin de la civilización atacameña, debido a la llegada de los españoles que conquistaron estos territorios llevando consigo una civilización extremadamente diferente y tecnológicamente avanzada, la cual en poco tiempo percibió la riqueza de recursos de la zona - especialmente mineros - y su posición estratégica.

momento, inizieranno a fondersi con la cultura *atacameña* attraverso un processo di sincretismo.

Il 1536 segna la fine definitiva della civiltà *atacameña*, a causa dell'arrivo degli spagnoli: questi conquistarono questi territori, importando con sé un'organizzazione sociale, culturale ed economica estremamente differente e tecnologicamente avanzata, che in poco tempo iniziò a sfruttare le risorse della zona - specialmente minerarie - e la sua posizione strategica.



21. Planta de la aldea de Tulan
21. Pianta del villaggio di Tulan

II.4. ARQUITECTURA LOCAL

La arquitectura de esta área tuvo muchas modificaciones a lo largo de los siglos, principalmente debido a la influencia de las diferentes poblaciones de los territorios cercanos y sobre todo, a las varias dominaciones extranjeras.

La arquitectura local originaria, o sea la de la población atacameña, presentaba asentamientos con un patrón aglutinado, en que las viviendas tenían habitaciones circulares y sub-circulares y semi-enterradas, todas conectadas entre sí.

Las construcciones de este periodo estaban hechas con espesos muros de piedra - en las quebradas - o adobe - en los oasis - y con cubiertas de ramas y paja.

Desde el punto de vista urbanístico, se formaban aldeas muy compactas en que, también en los asentamientos más desarrollados como Tulum, era totalmente ausente la dimensión ciudadana de la plaza y de los edificios públicos-administrativos.

Característica muy interesante de esta etapa de la arquitectura era la atención al clima: la elección de constituir grupos densos de casas, con gruesas estructuras y con pasajes exteriores cubiertos, permitía de crear un medioambiente interior más adaptado a la vida, en que refugiarse y protegerse del sol caliente.

En esta parte del desierto se encuentran, también los pukaras, asentamientos que se empezaron a construir al final de la segunda macro-etapa de la historia atacameña, y que tenían un carácter defensivo, no relacionado a el entorno: estas edificaciones situadas en pendientes con terrazas en piedra se configuraron para obtener seguridad contra los ataques de los enemigos.

A partir del 1450 d.C., con la invasión inca, el lenguaje arquitectónico cambió otra vez y de manera más profunda debido a la diferente organización social y política del imperio: siendo presente una estructura central del poder y una producción económica más próspera, fue necesario *importar* los asentamientos llamados *tambos*, los centros administrativos, que servían como estación de apoyo para las caravanas que traficaban con el resto del imperio y con Cuzco.

Los Incas construyeron algunos de estos en varias partes y se asentaron en el pre-existente pukara de Turi, donde destruyeron



22. Planta de la Pukara de Quito
22. Pianta della Pukara di Quito

II.4. ARCHITETTURA LOCALE

L'architettura di quest'area subì molte trasformazioni nel corso dei secoli, principalmente a causa dell'influenza delle differenti popolazioni dei territori vicini e, soprattutto, per le varie dominazioni straniere.

L'architettura locale originaria, cioè quella della popolazione *atacameña*, presentava insediamenti con un'organizzazione agglutinata, in cui le abitazioni erano composte da stanze circolari o semi-circolari e semi-interrate, tutte connesse tra loro.

Le costruzioni di questo periodo erano costituite da grossi muri di pietra - nei canyon - o di adobe - nelle oasi - con coperture di rami e paglia.

Dal punto di vista urbanistico, si formavano villaggi molto compatti in cui, anche negli insediamenti più sviluppati come Tulum, era totalmente assente la dimensione cittadina della piazza e degli edifici pubblici-amministrativi.

Caratteristica molto interessante di questa tappa dell'architettura era l'attenzione per il clima: la scelta di costruire gruppi densi di case, con strutture importanti e con passaggi esterni coperti, permetteva di creare un ambiente interno più adatto alla vita, in cui ripararsi e proteggersi dal caldo sole.

In questa parte del deserto si trovano, inoltre, i *pukaras*, insediamenti che si iniziarono a costruire alla fine della seconda macro-tappa della storia *atacameña*, e che avevano un carattere difensivo, non relazionati al contesto: fu necessario ideare queste edificaciones poste in pendenza con terrazzamenti in pietra per proteggersi dagli attacchi dei nemici.

A partire dal 1450 d.C., con l'invasione inca, il linguaggio architettonico cambiò nuovamente e in maniera più profonda, a causa della differente organizzazione sociale e politica dell'impero: essendo presente una struttura del potere centralizzata e una produzione economica più fiorente, fu necessario *importare* gli insediamenti chiamati *tambos*, centri amministrativi che servivano come stazioni di appoggio per le carovane che avevano traffici commerciali con il resto dell'impero e con Cuzco.

Gli inca costruirono alcuni di questi in varie parti e si stanziarono nella pre-esistente *pukara* di Turi, dove distrussero alcune



23. Planta del Tambo Inca de Catarpe Oeste
23. Pianta del Tambo Inca di Catarpe Oeste

ron algunas viviendas, hicieron otras, y construyeron un gran edificio público en adobe, la *kallanka*.

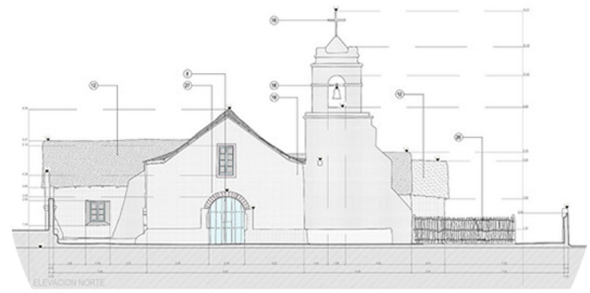
De hecho, cambió la organización de la ciudad, también y sobre todo, gracias a la introducción la plaza, lugar neurálgico para la vida civil, para los tráficos y los negocios con los distintos polos del imperio.

Con su conquista, los Españoles llevaron ulteriores las modificaciones a la arquitectura y a la urbanística nativa: de hecho, intentaron de imponer los modelos convencionales europeos, con sus iglesias y sus edificios.

El tipo arquitectónico que aún ahora se encuentra en esta área es esencialmente la casa baja con fachada continua y patio interior.

Todas las construcciones *extranjeras* tuvieron que adaptarse al lugar y a sus materiales, al clima y a los frecuentes sismos.

Emblemático es el caso de campanil que, para resistir a los terremotos con su débil estructura en adobe, fue ampliamente reducido en altura y agrandado en planta, volviéndose un elemento mucho menos vertical y delgado: de esta manera, con una elevación máxima de 8 metros, perdió totalmente su tradicional naturaleza de *landmark* y punto de referencia en el territorio.



24. Elevación de la Iglesia de San Pedro
24. Prospetto della Chiesa di San Pedro

abitazioni, ne edificarono altre e costruirono un grande edificio pubblico in *adobe*, la *kallanka*.

Di fatto, cambiò l'organizzazione della città anche - e soprattutto -, grazie all'introduzione della piazza, punto neurálgico per la vita cittadina, per gli scambi commerciali e per gli affari con i vari poli dell'impero.

Con la loro conquista, gli Spagnoli apportarono ulteriori modifiche all'architettura e all'urbanistica autoctona: infatti, cercarono di imporre i modelli convenzionali europei, con le loro chiese e i loro palazzi.

Il tipo architettonico che ancora è presente in quest'area è essenzialmente la casa bassa con facciata continua e patio interiore.

Tutte le costruzioni *straniere* dovettero adattarsi al posto, ai suoi materiali, al clima e ai frequenti terremoti.

Emblematico è il caso del campanile che, per resistere al sisma con una debole struttura in adobe, fu ampiamente ridotto in altezza e ingrossato in pianta, diventando un elemento molto meno verticale e slanciato: in questo modo, con un'elevazione massima di 8 metri, perse totalmente la sua tradizionale natura di *landmark* e punto di riferimento nel territorio.



25. Los restos de un bunker alemano del *Atlantikwall*, Francia
25. I resti di un bunker tedesco dell'*Atlantikwall*, Francia

III

EL HORMIGÓN

IL CALCESTRUZZO

III.1. HORMIGÓN ARMADO: expectativas y realidad

El hormigón armado lleva sus orígenes en el siglo XIX y depende directamente de las investigaciones hechas en años precedentes sobre la cal y la cal hidráulica, cuyo objetivo primario era definir científicamente lo que, hasta ese momento, era un tipo de conocimiento artesanal basado en la experiencia.

El descubrimiento que marcó el inicio de esta nueva época fue seguramente la invención del cemento Portland, obtenido en Inglaterra por Joseph Aspidin en el 1824. Después, se sucedieron muchas experimentaciones, hasta la invención del moderno concepto de hormigón armado, cuya creación es esencialmente fruto de las investigaciones y de las patentes de Joseph-Louis Lambot, Joseph Monier, Emil Mörsch y, sobre todo, François Hennebique. La patente Hennebique y su obra de difusión allanó el camino para la poética del hormigón desarrollada, después, por Auguste Perret y Le Corbusier, que reconocían en el nuevo material la encarnación de la modernidad y el perfecto interprete de una nueva arquitectura.

Las calidades del hormigón parecían innumerable: la resistencia al fuego (*“Plus d’incendies desastreux!”*²), la posibilidad de moldearlo en la forma querida, la rapidez y la facilidad de utilizo, la posibilidad de obtener grandes luces, el carácter puntual de la estructura, la expresividad del hormigón visto, pero sobre todo la aparente eternidad del material, que, a diferencia de la madera y del acero, no necesitaba de ninguna manutención. Con estas propiedades el hormigón fue anunciado en las revistas, en las publicaciones, en los libros:

Porqué un sistema de construcción, teóricamente tan simple y fácil es, tan a menudo, preferible a todos los otros?

Debido a las numerosas y bien certificadas ventajas y cualidades del hormigón armado: rapidez y economía de construcción, grande rigidez bajo las acciones de cargas fijas y móviles, seguridad absoluta contra el fuego, protección del acero de la oxidación, ningún gasto para la manutención, duración indefinida (por lo menos, como se puede pensar hoy)

Il Cemento, Augusto Villa, aprox. 1920

El entusiasmo y las esperanzas tenían, sin dudas, algún sentido: ningún otro material ha llegado al mismo nivel del hormigón armado, en cuanto a difusión, declinaciones, uso, economicidad.

3. “Basta ya con incendios desastrosos!” era el eslogan que publicitaba el sistema Hennebique

III.1. CALCESTRUZZO ARMATO: aspettative e realtà

L’origine del calcestruzzo armado risale al XIX secolo, e dipende direttamente dalle ricerche condotte nel secolo precedente sulle calci e le calci idrauliche, il cui obiettivo primario era definire scientificamente ciò che fino ad allora era un sapere artigianale basato sull’esperienza.

L’avvenimento che segna l’inizio di questa nuova era è sicuramente l’invenzione del cemento Portland, ottenuto in Inghilterra da Joseph Aspidin nel 1824. A questo evento si susseguono anni di sperimentazioni, fino all’invenzione del moderno concetto di calcestruzzo armado, la cui creazione è essenzialmente frutto degli studi e dei brevetti di Joseph-Louis Lambot, Joseph Monier, Emil Mörsch e, soprattutto, François Hennebique. Il brevetto Hennebique e la sua opera di diffusione aprono la strada a quella che sarà la poética del calcestruzzo armado sviluppata da Auguste Perret e Le Corbusier, che vedevano nel nuovo materiale l’incarnazione della modernità e il perfetto interprete dello sviluppo di una nuova architettura.

Le qualità vantate dal calcestruzzo erano innumerevoli: la resistenza al fuoco (*“Plus d’incendies desastreux!”*²), la possibilità di modellarlo nella forma voluta, la rapidità e la facilità di utilizzo, la possibilità di grandi luci, il carattere puntiforme della struttura, l’espressività del facciavista, ma soprattutto l’apparente eternità del materiale, che a differenza di legno e acciaio non necessitava di alcuna manutención. Con queste proprietà il calcestruzzo veniva pubblicizzato nelle riviste, nelle pubblicazioni, nei libri:

Perché un sistema di costruzione, teoricamente così semplice e facile, è sì spesso preferibile ad ogni altro?

Per i numerosi e ben accertati vantaggi e pregi del cemento armado: rapidità ed economia di costruzione, grande rigidezza sotto l’azione di carichi fissi e mobili, sicurezza assoluta contro gli incendi, protezione del ferro dalla ruggine, nessuna spesa di manutención, durata indefinita (almeno per quanto si possa razionalmente congetturare a tutt’oggi)

Il Cemento, Augusto Villa, ca. 1920

L’entusiasmo e le speranze erano senza dubbio in buona parte ben riposte: nessun altro materiale ha raggiunto il calcestruzzo armado in quanto a diffusione, declinazioni, utilizzo, economicità.

3. “Basta incendi disastrosi!” era lo slogan che pubblicizzava il sistema Hennebique



26. René Burri, Villa Savoye en 1959
26. René Burri, Villa Savoye nel 1959



27. Villa Savoye en 2017
27. Villa Savoye nel 2017

Sin embargo, el tiempo ha destacado sus límites, sobre todo en cuanto a la durabilidad.

Las capacidades portantes del hormigón armado fueron comprendidas muy temprano por los especialistas. De las prerrogativas y de los límites de la durabilidad, por el contrario, nos dimos cuenta hace unos años. El resultado es que un número enorme de obras de hormigón ha sido construido ignorando estos problemas. El diseño con el hormigón ha sido, entonces, más complejo de las competencias. (Foraboschi, 2004)

Este problema plantea muchas preguntas sobre el presente y el futuro de la arquitectura, en que el rol del hormigón armado permanece central, sin que se puedan imaginar alternativas igualmente válidas. Seguramente los controles modernos en las obras, la larga experiencia desarrolladas en más de un siglo de uso y las normativas siempre más rigurosas han mejorado las expectativas de vida de este material, que, sin embargo, debe cumplir con prestaciones siempre más altas.

Nuevas tecnologías como las armaduras en fibra de vidrio o en otros materiales no sujetos a la oxidación prometen de solucionar las problemáticas, sin embargo, poniendo otras, como la renovada incertidumbre en cuanto a su comportamiento a largo plazo y a su efectiva durabilidad.

Sin embargo, la pregunta mayor, antes de llegar a la pregunta sobre el futuro de nuestra arquitectura, permanece aquella sobre el futuro de la arquitectura del pasado: ¿qué quedará del '900? Del movimiento moderno, de la revolución, de Le Corbusier, del origen de la cultura contemporánea.

Para Villa Savoye fue necesaria la primera restauración en el 1963, después en el 1977, en el 1985 y en el 1998. ¿Hasta cuándo el símbolo de la arquitectura de LeCorbusier podrá sobrevivir? A estos aspectos se adjunta una particular actitud para el envejecimiento que tiene la arquitectura moderna, ya denunciada por Roberto Pane, que en el 1948 escribía: "Mientras el auto no tiene tiempo para envejecer porque es sustituida temprano por otra, los edificios racionalistas debería poder envejecer y no pueden: en ellos las manchas que en otros asumen el valor de pátina, aparecen intolerables como un pelo en un vaso de agua limpia. (Di Biase, 2010).

Tuttavia, il tempo ha rivelato anche i suoi limiti, soprattutto per quanto riguarda la sua durabilità.

Le capacità portanti del C.A. sono state capite ben presto dagli addetti ai lavori. Delle prerogative e dei limiti di durabilità, invece, ci si è resi conto solo da pochi anni. Il risultato è che un numero enorme di opere in C.A. è stato costruito ignorando questi problemi. La progettazione del cls è dunque andata ben al di là di quelle che erano le conoscenze. (Foraboschi, 2004)

Questo problema pone molti interrogativi sul presente e sul futuro dell'architettura, nel quale il ruolo del calcestruzzo armato rimane centrale senza che si prospettino alternative altrettanto valide. Sicuramente i moderni controlli di cantiere, la lunga esperienza accumulata in più di un secolo di utilizzo e le norme sempre più stringenti hanno migliorato le aspettative di vita di questo materiale, al quale tuttavia è richiesto ogni giorno di più in termini prestazionali.

Nuove tecnologie come le armature in fibra di vetro o in altri materiali non soggetti all'ossidazione promettono di risolvere queste problematiche, ponendone tuttavia di altre, ovvero la rinnovata incertezza riguardo il comportamento a lungo termine di nuovi materiali e la loro effettiva durabilità.

Tuttavia, l'interrogativo maggiore, ancor prima del futuro della nostra architettura, rimane quello sul futuro dell'architettura passata: cosa rimarrà del '900? Del movimento moderno, della rivoluzione, di Le Corbusier, dell'origine della cultura contemporanea.

Villa Savoye ha richiesto il primo restauro nel 1963, poi nel 1977, nel 1985 e nel 1998. Fino a quando l'icona lecorbuseriana potrà essere tenuta in vita?

A questi aspetti si aggiunge una certa "attitudine" all'invecchiamento dell'architettura moderna, già denunciata da Roberto Pane, che nel 1948 scriveva: "Mentre la macchina non ha il tempo di invecchiare perché viene presto sostituita da un'altra, gli edifici razionali dovrebbero poter invecchiare e non possono: sopra di essi le colature e le macchie, che altrove assumono comunque il valore di patina, riescono intollerabili come un capello in un bicchiere di limpida acqua" (Di Biase, 2010).



28. El pabellón de Venezuela de Scarpa en la Bienal de Venecia, 1954-56
28. Il padiglione del Venezuela di Scarpa alla Biennale di Venezia, 1954-56



29. Particolare de la Tomba Brion de Scarpa, San Vito di Altivole, 1968-78
29. Particolare della Tomba Brion di Scarpa, San Vito di Altivole, 1968-78

Y más, Gio Ponti: “La arquitectura antigua tenía en cuenta del tiempo para ser terminada por eso, *patinada*, armonizada, envejecida como la Naturaleza, hoy la lucha contra el tiempo se pelea con materiales incorruptibles: aluminio, cerámica, cristal, cemento, y la arquitectura no quiere cubrirse con una pátina. Si el tiempo gana, la transforma en una chatarra.” (Di Biase, 2010)

En este sentido, el caso de Carlo Scarpa es sin duda emblemático. Para su arquitectura, de hecho, seguramente consideró el tiempo, diciendo, por ejemplo, en cuanto a Tomba Brion: “Quería explicar esta obra que es bastante reciente y es una cosa muy extraña, quizás curiosa, que considero bastante buena. Si ellos lo permiten, y si en el tiempo durará, debería volverse aún mejor.” (Scarpa, 1976).

Esta conciencia del hormigón, la experimentación de miles de técnicas de acabado, ir contra las reglas para mostrar las capacidades expresivas del material aceleraron el envejecimiento de las estructuras, haciendo de la pátina que el tiempo les dio, de los musgos, de las manchas, parte de la belleza de las obras.

Sin embargo, esta conciencia no salvó sus obras, sino ha planteado nuevos desafíos para su conservación, que de alguna manera tiene que cristalizar su estado de ruina, para que la pátina del tiempo no se transforme en el inevitable desaparición de esta arquitectura.

E ancora, Gio Ponti: “L’Architettura antica faceva conto del tempo per farsi finire da lui, patinata, armonizzata, invecchiata come la Natura, oggi la lotta contro il tempo si combatte con materiali incorruttibili: alluminio, ceramica, cristallo, cemento, [e] l’architettura non vuole patinarsi. Se il tempo vince la riduce a rottame.” (Di Biase, 2010).

In questo senso, il caso di Carlo Scarpa è senza dubbio emblematico. Per la sua architettura, infatti, egli aveva sicuramente fatto conto del tempo, dicendo, ad esempio, per Tomba Brion: “Vorrei spiegare questo lavoro che è piuttosto recente ed è una cosa molto strana, forse curiosa, che ritengo abbastanza buono. Se loro permettono, e se [nel] tempo durerà, dovrebbe diventare ancora più buono” (Scarpa, 1976).

Questa sua consapevolezza del calcestruzzo, la sperimentazione di decine di tecniche di finitura, l’andare contro le regole dell’arte per mostrare tutte le capacità espressive del materiale, hanno accelerato l’invecchiamento delle strutture facendo sì che parte della bellezza delle sue opere diventasse proprio la patina che il tempo ha conferito loro, i muschi, le macchie. Tuttavia, questa consapevolezza non ha salvato le sue opere, ha anzi posto una sfida in più nel problema della loro conservazione, che in un certo modo deve poter cristallizzare il suo stato di rovina, affinché la patina del tempo non si converta nell’inevitabile scomparsa di questa architettura.

III.2. LA DEGRADACIÓN DEL HORMIGÓN

El deterioro del hormigón, como lo de la piedra, puede ser causado por diferentes factores, divisibles en base a su naturaleza: físicos, mecánicos, químicos, biológicos, estructurales.

Sin embargo, en el caso del hormigón armado, estos factores son casi insignificantes respecto a la causa principal del deterioro, o sea la corrosión electro-química del acero de su armadura.

Dentro del hormigón, el acero está protegido contra la corrosión gracias a la pasivación, garantizada por el medioambiente alcalino con $\text{pH} > 12,5$, o sea uno estrado sutil de óxido que envuelve las de armadura protegiéndolas (Foraboschi, 2004).

Esta condición de protección puede desaparecer debido a dos factores principales: la carbonatación o el ataque de los cloruros. La carbonatación, en particular, representa un fenómeno inevitable, causado por la reacción de la dióxido de carbono naturalmente presente en el atmósfera con los compuestos alcalinos y con la matriz de cemento del hormigón (Bertolini, 2009). Estas reacciones, en sí no peligrosas para el hormigón, llevan a una disminución de su pH que, consecuentemente, no puede proteger las armaduras de la corrosión.

Una vez empezado el proceso de corrosión, las armaduras, oxidándose, aumentan su volumen, produciendo, después, daños para el hormigón (descantillado) y una gradual destrucción del elemento estructural.

La velocidad de este proceso inevitable está relacionado a muchos factores, esencialmente debidos al *mix design*, a la calidad de la producción y de la colocación del hormigón.

III.2. DEGRADO DEL CALCESTRUZZO

Il degrado del calcestruzzo, così come quello della pietra, può essere dovuto a vari fattori, divisibili in base alla loro natura: fisici, meccanici, chimici, biologici e strutturali.

Nel calcestruzzo armato, tuttavia, questi fattori diventano trascurabili e la causa principale del degrado diventa la corrosione elettrochimica dell'acciaio al suo interno.

All'interno del calcestruzzo l'acciaio è protetto dalla corrosione grazie alla passivazione garantita dall'ambiente alcalino con $\text{pH} > 12,5$, ovvero a un sottile strato di ossido che avvolge le barre di armatura proteggendole (Foraboschi, 2004).

Questa condizione protettiva può venire però a mancare a causa di due fattori principali: la carbonatazione e l'attacco dei cloruri. La carbonatazione, in particolare, rappresenta un fenomeno inevitabile, dettato dalla reazione dell'anidride carbonica naturalmente presente nell'atmosfera con i composti alcalini e con la matrice cementizia del calcestruzzo (Bertolini, 2009). Queste reazioni, di per se non dannose per il calcestruzzo, portano ad un abbassamento del suo pH che, di conseguenza, non è più in grado di proteggere le armature dalla corrosione.

Una volta innescato il processo di corrosione, le armature, ossidandosi, aumentano di volume, producendo di conseguenza danni al calcestruzzo (distacchi, espulsione del copriferro) e una graduale distruzione dell'elemento strutturale.

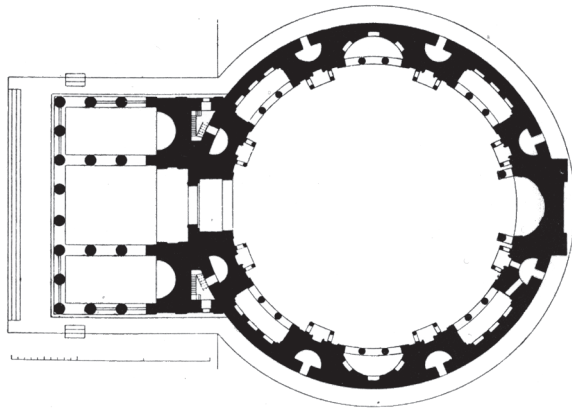
La velocità di questo inevitabile processo è dovuta a vari fattori, essenzialmente riconducibili al *mix design* e alla qualità del confezionamento e della messa in opera del calcestruzzo.



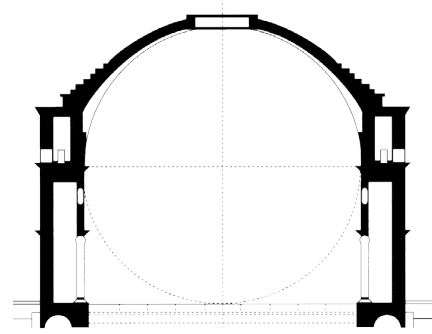
30. Viadotto Polcevera, Genova, Italia. Proyecto de Riccardo Morandi, 1963-1967. Colapsado el 14-8-2018
30. Viadotto Polcevera, Genova, Italia. Progetto di Riccardo Morandi, 1963-1967. Crollato il 14-8-2018



31. La cúpula de Pantheon, 118-125 d.C
31. La cupola del Pantheon, 118-125 d.C.



32. Planta del Pantheon
32. Pianta del Pantheon



33. Corte del Pantheon
33. Sezione del Pantheon

III.3. EL HORMIGÓN NO ARMADO

*Èxegi monumētum aere perēnnius
regalique sitū pyramidum altius,
quōd non imber edāx, nōn Aquilo impotens
pōssit diruere aut innumerābilis
annōrum seriēs et fuga tēporum.*

Horacio, Odas (III, 30)

*Terminé un monumento más perenne que el bronce
y más alto que las regias Pirámides
al que ni la voraz lluvia ni el impotente Aquilón
podrán destruir, ni la innumerable
sucesión de los años, ni la huida de los tiempos.*

Trad. ciudadseva.com

El utilizo de conglomerantes en la construcción es antiguo cuanto la arquitectura. Los Egipcios y los Griegos ya conocían unos, sin embargo, fueron los Romanos a hacer de estos materiales el fundamento de sus arquitecturas.

De hecho, a partir del fin del III siglo a.C., los Romanos iniciaron a mezclar la cal con arena, agua y gruesos trozos de piedra o ladrillos – lo que ellos llamaban *caementum* – para obtener el hormigón. Ellos descubrieron que agregando a la mezcla *cocciopesto*⁴ o puzolana – *pulvis puteolana* – esta se volvía a hidráulica. Esto gracias a la presencia, en los dos materiales, de sílice (SiO₂) y alúmina (Al₂O₃) que, reaccionando con la cal (Ca(OH)₂), producen una mezcla con mayor resistencia mecánica y capaz de fraguar y endurecer en un medioambiente sin presencia de aire, incluso bajo el agua (Collepari, 2003).

Las propiedades del *opus caementitium* permitieron a los Romanos de construir obras de cualquier tipo: puertos, acueductos, termas y edificios públicos, muchos de los cuales aún existentes y en buenas condiciones.

De toda la producción arquitectónica romana, seguramente el Pantheon es el caso más interesante, sea por el extraordinario estado de conservación en que queda - después de casi dos mil años en que ha seguido siendo utilizada - sea por su excepcional medida de 43,3 m de diámetro y otros tantos de alto - quedando todavía la cúpula más grande del mundo construida con este tipo de tecnología.

Este edificio, realizado entre el 118 y el 125 d.C. durante el época del Emperador Adriano, presenta una estructura hecha

III.3. IL CALCESTRUZZO NON ARMATO

*Èxegi monumētum aere perēnnius
regalique sitū pyramidum altius,
quōd non imber edāx, nōn Aquilo impotens
pōssit diruere aut innumerābilis
annōrum seriēs et fuga tēporum.*

Orazio, Odi (III, 30)

*Ho eretto un monumento più duraturo del bronzo
e più alto del regale sito delle piramidi, tale che
né la pioggia corroditrice né l'Austro sfrenato
potrebbero distruggerlo, né l'innumerable serie
degli anni e la fuga delle stagioni.*

Trad. weschool.com

L'utilizzo dei conglomeranti nella costruzione è una pratica antica quanto l'architettura. Gli Egizi e i Greci già ne conoscevano alcuni, tuttavia, furono i Romanos a rendere questi materiali il fondamento delle loro costruzioni.

Infatti, a partire dalla fine del III secolo a.C., i Romanos iniziarono a mischiare la calce con sabbia, acqua e pezzi di pietra o mattoni – ciò che loro definivano *caementum* – per ottenere il calcestruzzo. Scoprirono che, aggiungendo alla miscela il cocciopesto o la pozzolana - *pulvis puteolana* - questa diventava idraulica. Ciò si verificava grazie alla presenza, in entrambi i materiali, di sílice (SiO₂) e allumina (Al₂O₃), che reagendo con la calce (Ca(OH)₂), producono un composto con maggior resistenza meccanica e capace di far presa e indurire in un ambiente anaerobico, anche sott'acqua (Collepari, 2003).

Tali proprietà dell'*opus caementitium* permisero ai Romanos di costruire opere di ogni tipo: porti, acquedotti, terme ed edifici pubblici, molti dei quali ancora oggi esistenti e in buone condizioni.

Di tutta la produzione architettonica romana, sicuramente il Pantheon costituisce il caso più interessante, sia per lo straordinario stato di conservazione in qui si trova – nonostante i quasi duemila anni di utilizzo continuato – sia per la sua misura eccezionale di 43,3m di diametro e altrettanti di altezza – rimanendo tuttora la più grande cupola del mondo costruita con questo tipo di tecnologia.

Quest'edificio, realizzato tra il 118 e il 125 d.C. durante l'epoca dell'Imperatore Adriano, presenta una struttura fatta utilizzan-

4. **Cocciopesto:** ladrillos u otros elementos de arcilla cocida (tejas, jarrones) triturados y pulverizados.

utilizando áridos de peso diferente según la altura: trozos de travertino en las capas más bajas, después tufo, ladrillos y, en las capas más altas, pomez (Bianchini, 2010).

Recientemente, un estudio de la University of Utah conducido por Marie Jackson (2017) ha revelado que el hormigón romano utilizado en estructuras portuarias se hace más fuerte con el tiempo gracias a la reacción con el agua de mar.

De hecho, los áridos utilizados, a diferencia de aquellos modernos, no son inertes, si no reaccionan creando un mineral muy raro – tobermorita de aluminio – que refuerza la mezcla y mejora la resistencia del hormigón a la fractura frágil.

Esta característica, aunque no desde el punto de vista químico, era bien conocida por los Romanos, como testimoniado por Plinio el Viejo que en *Naturalis Historia* (XXXV, 166) dice que estas estructuras, puestas en agua, se vuelven a “roca única, inatacable de las olas y cada día más fuerte”.

Esta digresión demuestra cuanto los Romanos buscaban la durabilidad en sus obras, y cuanto las investigaciones sobre este material puedan mejorar la calidad de las construcciones modernas.

Además, desde el punto de vista ambiental, es importante destacar que este material se producía utilizando una cantidad mucho menor de energía con respecto al hormigón de cemento Portland, el cual hoy día es responsable del 6% del total de las emisiones de CO₂ en el mundo (rinnovabili.it).

do inertes de peso diferente a seconda dell'altezza: pezzi di travertino negli strati più bassi, poi di tufo, di mattoni e, nella parte più alta, pomice (Bianchini, 2010)

Recentemente, uno studio della University of Utah condotto da Marie Jackson (2017) ha rivelato che il calcestruzzo romano usato nelle strutture portuarie diventa più resistente con il tempo grazie alla reazione con l'acqua di mare.

Infatti, gli aggregati utilizzati, a differenza di quelli moderni, non sono inertes, ma reagiscono creando un minerale molto raro - alluminio tobermorite - che rinforza il conglomerato e migliora la resistenza del calcestruzzo alla rottura fragile.

Questa caratteristica, anche se non dal punto di vista chimico, era ben conosciuta dai romani, come testimoniato da Plinio il Vecchio che nella *Naturalis Historia* (XXXV, 166) dice che queste strutture, poste in acqua, diventano “una roccia unica, inatacabile dalle onde e ogni giorno più forte”.

Questa digressione dimostra quanto i Romani ricercassero la durabilità nelle loro opere, e quanto gli studi su questo materiale possano migliorare la qualità delle costruzioni moderne.

Inoltre, dal punto di vista ambientale, è importante sottolineare che questo materiale si produceva utilizzando una quantità di energia molto inferiore rispetto al calcestruzzo di cemento Portland, che oggi è responsabile del 6% del totale delle emissioni di CO₂ nel mondo (rinnovabili.it).



34. El pabellón de Venezuela de Scarpa en la Bienal de Venecia, 1954-56
34. Il padiglione del Venezuela di Scarpa alla Biennale di Venezia, 1954-56



35. La remise de Max Dudler, 2014-16
35. La remise di Max Dudler, 2014-16

III.3.1. Casos contemporáneos

La técnica constructiva romana fue progresivamente abandonada con la gradual destrucción del impero y, de hecho, perdida completamente durante el medioevo. El uso del hormigón fue recuperado a partir del Renacimiento, sin embargo, con un fin casi exclusivamente decorativo dirigido a recrear piedras y mármoles, sin una efectiva función estructural.

De hecho, el uso contemporáneo del hormigón no armado ha sido limitado a su empleo en masa, en obras como represas y rompeolas donde se requiere su gran peso.

Durante mi investigación he encontrado solamente dos casos de un uso estructural de este material.

El primero es el pabellón de Venezuela de Carlo Scarpa, construido entre el 1954 y el 1956 en los jardines de la Biennale di Venezia (fig. 34).

En esta obra, como en toda la producción de Scarpa, las superficies de hormigón están tratadas de muchas maneras diferentes: son lisas, con tramas, con los áridos o la impronta del moldaje a la vista.

Sin embargo, su característica única es otra: análisis conducidos sobre este edificio (Bruschi & al., 2006) han demostrado que los muros de las salas expositivas (fig. 28) se hicieron con hormigón no armado, excepto por una porción de 2 m de alto a la base de una de las paredes.

El hormigón presenta una mezcla muy pobre en cemento y arena, con áridos de gran medida, y fue vertido en capas de altura variable entre 120 y 150 cm (Bruschi & al., 2006). Los muros, de 40 cm de espesor, aguantan únicamente su propio peso y, por lo tanto, están sometidos solamente a esfuerzos de compresión.

El segundo caso es la *remise* del ex seminario de Kanzem, Alemania, proyectado por Max Dudler (fig. 29). Este anexo forma parte de una intervención más grande, comprensiva de la restauración del edificio originario y de la construcción de un *orangerie* y de la ya citada *remise*.

El edificio fue construido con hormigón no armado, utilizando

III.3.1. Casi contemporanei

La tecnica costruttiva romana fu progressivamente abbandonata con la graduale distruzione dell'impero e, di fatto, completamente perduta durante il medioevo. L'uso del calcestruzzo fu recuperato a partire dal Rinascimento, tuttavia, con un fine quasi esclusivamente decorativo, con lo scopo di ricreare pietre e marmi, senza una effettiva funzione strutturale.

Infatti, l'uso contemporaneo del calcestruzzo non armato è stato limitato al suo impiego massivo, in opere come dighe e frangiflutti, in cui si richiede un grande peso.

Durante la mia ricerca ho trovato solamente due casi di uso strutturale di questo materiale.

Il primo è il caso del Padiglione del Venezuela di Carlo Scarpa, costruito tra il 1954 e il 1956 nei Giardini della Biennale di Venezia (fig. 34).

In questa opera, come in tutta la produzione di Scarpa, le superfici di calcestruzzo sono trattate in molti modi differenti: sono lisce, con trame, con gli inerti o l'impronta del cassero lasciati a vista.

Tuttavia, la sua caratteristica unica è un'altra: le analisi condotte su questo edificio (Bruschi & al., 2006) hanno dimostrato che i muri delle sale espositive (fig. 28) furono realizzate in calcestruzzo non armato, fatta eccezione per una parte di 2 m di altezza alla base di una delle pareti.

Il calcestruzzo presenta una miscela molto povera di cemento e sabbia, con inerti di grande misura e fu gettato in strati variabili tra il 120 e il 150 cm (Bruschi & al., 2006). I muri, di 40 cm di spessore, sostengono solamente il proprio peso e, per questo, sono sottoposti solo a sforzi di compressione.

Il secondo caso è la *remise* dell'ex seminario di Kanzem, Germania, progettata da Max Dudler (fig. 29). Questo annesso fa parte di un intervento più grande, che ha compreso il restauro dell'edificio originario e la costruzione di una *orangerie* e della suddetta *remise*.

L'edificio fu costruito in calcestruzzo non armato, utilizzando



36. La *remise* de Max Dudler, 2014-16

36. La *remise* di Max Dudler, 2014-16

la misma técnica del tapial, es decir vertiendo el conglomerado en capas de 20-25 cm y compactándolo con un *pisón* (Crespi, 2017). Para exigencias climáticas, el muro de hormigón – espeso 15 cm – ha sido acoplado a una pared aislante de 36,5 cm. Estas medidas, probablemente, presuponen que dicha pared cumpla con alguna función estructural, no mencionada en el artículo. Sin embargo, el uso del hormigón para este edificio es interesante, sobre todo por su resultado estético. La misma técnica es utilizada por Dudler también en el centro de visitantes del Castillo de Sparrenburg, Alemania, con resultados similares.

Los dos casos presentados no quieren demostrar las potencialidades del hormigón no armado.

Por el contrario quieren destacar cuanto este – en la era del hormigón armado – haya sido poco experimentado, a pesar de sus calidades, bien conocidas desde miles de años.

En el caso de Scarpa, que en su carrera ha experimentado cualquier uso del material, el uso del hormigón no armado es marginal, aparece como una casualidad y no como una decisión consciente dictada por un objetivo específico.

En el caso de Dudler, por otro lado, se utiliza el hormigón con una técnica y un resultado de hecho muy similar al tapial y, por lo tanto, no innovador. Además, las formas utilizadas – aberturas, cubierta – no responden a las propiedades estructurales del material, que de esta manera queda un simple revestimiento, acabado superficial.

la misma técnica del *pisé*, cioè gettando il conglomerato in strati di 20-25 cm e compattandolo con un *pestello* (Crespi, 2007). Per esigenze climatiche, il muro di calcestruzzo - spesso 15 cm - è stato accoppiato a una parete isolante di 36,5 cm. Queste misure, probabilmente, presuppongono che questa parete abbia anche una funzione strutturale, non menzionata nell'articolo. Tuttavia, l'utilizzo del calcestruzzo per questo edificio è interessante, soprattutto per il risultato estetico. La stessa tecnica è utilizzata da Dudler anche nel centro per i visitatori del Castello di Sparrenburg, Germania, con risultati simili.

Con i due casi presentati non si vuole dimostrare le potenzialità del calcestruzzo non armato.

Al contrario, servono per evidenziare quanto su di esso - nell'era del calcestruzzo armato - siano state condotte poche sperimentazioni, nonostante le sue qualità ben note da migliaia di anni. Nel caso di Scarpa, che nella sua carriera ha provato qualsiasi uso del materiale, l'uso del calcestruzzo non armato è marginale, sembra una casualità e non una decisione cosciente dettata da un obiettivo specifico.

Nel caso di Dudler, d'altro canto, si usa il calcestruzzo con una tecnica e un risultato di fatto molto simile al *pisé* e, pertanto, non innovativa. Inoltre, le forme scelte - aperture, tetto - non rispondono alle proprietà strutturali del materiale, che, in questo modo, rimane un semplice rivestimento, una finitura superficiale.

III.4. INOVACIÓN

Al final de esta presentación de casos y problemáticas en que se destacaron los límites del hormigón, es necesario hacer una digresión para re-reconocer las grandes potencialidades que este material ofrece, sea desde el punto de vista constructivo, sea desde el punto de vista estético.

Todo el mundo es muy consciente del hecho que el hormigón armado revolucionó la arquitectura moderna, permitiendo de obtener resultados inesperados que, considerando todo – e intentando de ser menos críticos-destructivos – mejoraron la calidad de la vida del hombre.

Esta técnica, de hecho, abrió el camino para una edificación más simple y accesible a muchos, con la que se logró obtener características estructurales y compositivas excepcionales: pensamos a las posibilidades espaciales dadas por los pilares que substituyen los muros portantes (la ventana alargada!), los costos-medios bajos, la expresividad de miles de movimientos arquitectónicos como el Racionalismo o el Brutalismo.

En el momento que se reconocieron las posibilidades del hormigón, de hecho, empezó la búsqueda del mejor uso posible para hacerlo resaltar y disfrutarlo al máximo: se idearon maneras para acabarlo, aislarlo térmicamente, hacerlo más liviano, pre-fabricarlo y, sobre todo, moldearlo para encontrar la forma más adaptada a responder a las necesidades estructurales.

En este sentido, siendo el aspecto estructural uno de los enfoques de este proyecto de título, parece interesante hacer referencia a dos corrientes de estudios que se concentraron en estos ámbitos: la experimentación de los moldes y el *form finding*. Como se ha dicho, una de las razones de la suerte del hormigón es su capacidad de adaptarse a la configuración de su contenedor: esta peculiaridad fue el pivote de dos grandes grupos de investigadores que trabajaron en paralelo, sin juntarse, desarrollando aspectos distintos de la nota versatilidad.

Hay unos que, desde el comienzo del 1900, se enfocaron en los moldes, proponiendo el uso de materiales diferentes de la madera, como los tejidos – inflados, teso, fijados – para obtener con el hormigón morfologías y texturas distintas (Veenendaal, 2011). Estas investigaciones tenían como objetivo encontrar sistemas

III.4. INNOVAZIONE

Al termine di questa presentazione di casi e problematiche in cui si evidenziano i limiti del calcestruzzo, è necessario fare una digressione per ri-riconoscere le grandi potenzialità che offre questo materiale, sia dal punto di vista costruttivo, sia dal punto di vista estetico.

Tutti sono consapevoli del fatto che il calcestruzzo armato rivoluzionò l'architettura moderna, permettendo di ottenere risultati inaspettati che, considerando tutto - e cercando di essere meno critico-destructivi -, migliorarono la qualità della vita dell'uomo.

Questa tecnica, infatti, aprì la strada per una edificazione più semplice e accessibile a molti, con cui si riuscirono a ottenere caratteristiche strutturali e compositive eccezionali: pensiamo alle possibilità spaziali date dai pilastri che sostituirono i muri portanti (la finestra a nastro!), i costi medio-bassi, l'espessività di migliaia di movimenti architettonici tra cui il Racionalismo e il Brutalismo.

Nel momento in cui si riconobbero le possibilità del calcestruzzo, infatti, iniziò la ricerca del miglior uso possibile per farlo risaltare e per sfruttarlo al massimo: si idearono modi per raffinarlo, isolarlo termicamente, renderlo più leggero, prefabbricarlo e, soprattutto, modellarlo per trovare la forma più adatta a rispondere alle necessità strutturali.

In questo senso, essendo l'aspetto strutturale uno dei focus di questo progetto di tesi, sembra interessante far riferimento a due correnti di studio che si concentrarono in questi ambiti: la sperimentazione sui casseri e sul *form finding*.

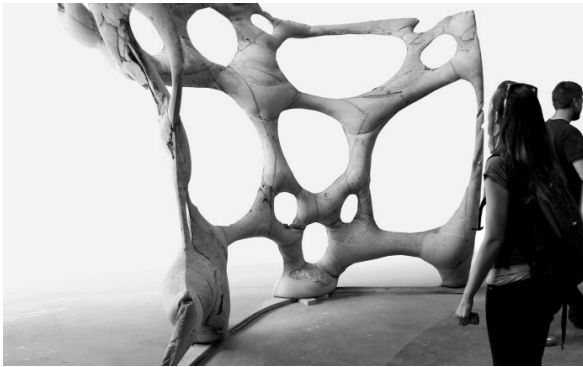
Come già detto, una delle ragioni del successo del calcestruzzo è la capacità di adattarsi alla configurazione del suo contenitore: questa peculiarità fu il perno di due grandi gruppi di studiosi che lavorarono in parallelo, senza toccarsi, sviluppando aspetti distinti della nota versatilità.

Ci sono alcuni che, dall'inizio del 1900, si specializzarono sui casseri, proponendo l'uso di materiali diversi dal legno, come tessuti - gonfiati, tesi, fissati - per ottenere con il calcestruzzo morfologie e *texture divers* (Veenendaal, 2011).

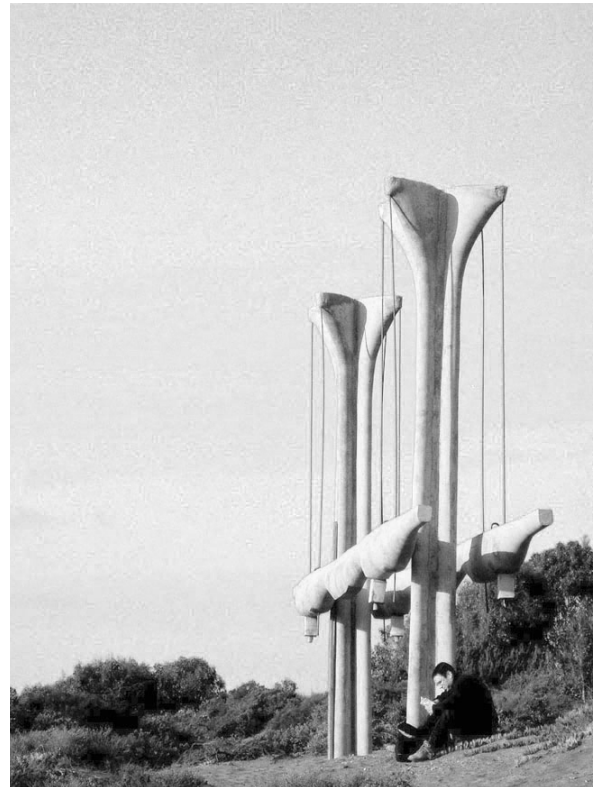
Queste ricerche avevano come obiettivo trovare sistemi più



37. Armadillo Vault, boveda en piedra construida por el Block Research Group, Venezia, 2016
 37. Armadillo Vault, volta in pietra costruita dal Block Research Group, Venezia, 2016



38. Kyle Sturgeon: FattyShell, University of Michigan, EE.UU., 2010
 38. Kyle Sturgeon: FattyShell, University of Michigan, USA, 2010



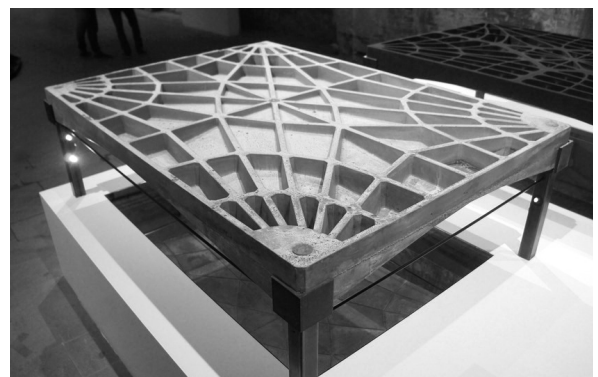
40. Estructura experimental por Ciudad Abierta, Ritoque, Chile, 2003
 40. Struttura sperimentale per Ciudad Abierta, Ritoque, Cile, 2003



39. NEST HiLo shell roof, cascara en hormigón, Block Research Group, 2017
 39. NEST HiLo shell roof, guscio in calcestruzzo, Block Research Group, 2017



41. Molde inflable para cúpula en hormigón, Dante Bini, años '70
 41. Pressostruttura per cúpula in calcestruzzo, Dante Bini, anni '70



42. Losa funicular, Block Research Group, Venezia, 2016
 42. Solaio funicolare, Block Research Group, Venezia, 2016

más económicos y rápidos para definir figuras más complejas, sea estructuralmente que estéticamente.

Los resultados fueron interesantes, ya que se logró obtener objetos arquitectónicos más audaces, y, gracias a la permeabilidad de los tejidos, se aumentó la resistencia del hormigón, reduciendo la relación agua/cemento (Veenendaal, 2011).

Los ejemplos de los moldes inflables para cúpulas en hormigón de Dante Bini en los años '70 (fig. 41) o la estructura experimental por Ciudad Abierta en Ritoque del 2003 (fig. 40) reflejan esta tendencia y esta capacidad de entregar arquitecturas innovadoras con nuevos procesos productivos.

Sin embargo, en muchos casos, la estática de estas experimentaciones no fue resuelta: estos artefactos son de hecho casi imposibles de dimensionar y verificar con el cálculo, debido a la geometría extremadamente compleja.

La otra tendencia fue enfocada en la búsqueda de la forma perfecta para responder al peso y a las cargas: basándose principalmente en uno estudio ingenieril del material y de las líneas de fuerzas, se llegó a la definición de configuraciones complejas, muy eficientes desde el punto de vista estructural y, casi como consecuencia, con un grande valor formal. Son famosas, en este sentido, entre otras, las obras de Pierluigi Nervi y Sergio Musmeci, en que se tradujeron en forma estos principios compositivos y de cálculo.

La falta mayor de estas fue, sobre todo, la atención para la realización: la construcción fue muy lenta, difícil y costosa, y el uso de técnicas constructivas tradicionales no se conjugó bien con las arduas configuraciones (fig. 43).

Una propuesta contemporánea que intenta de solucionar las problemáticas de ambos los grupos es dada por el Block Research Group. Su investigación sobre estructuras con grande eficiencia estructural (cascaras, membranas) (fig. 37-39) se basa en el uso de materiales y tecnología a la vanguardia (CNC, software para el *form finding*) y en la experimentación de nuevos tipos de moldes (sobre todo, tejidos).

Un ejemplo muy interesante, para el fin de esta investigación, es el desarrollo de una losa funicular prefabricada (fig. 42). Esta estructura, expuesta a la Biennale di Venezia, fue construida con hormigón no armado en forma de bóveda con nervios. Las costillas permiten de contener la línea de presiones – también por cargas excéntricas – al interior de la estructura, utilizando un espesor de solamente 2 cm, gracias a los esfuerzos de pura compresión (López, 2014).

Para construirla se utilizó hormigón autocompactante reforzado con micro-fibras (SCFRC), útiles para aumentar la resistencia a los golpes en la etapa de transporte – tenacidad – y para contener la fisuración.

económicos e rápidos per definire figure più complesse sia strutturalmente che esteticamente.

I risultati furono interessanti, si ottennero infatti oggetti architettonici più audaci, e, grazie alla permeabilità dei tessuti, si aumentò la resistenza del calcestruzzo, riducendo il rapporto acqua/cemento (Veenendaal, 2011).

Gli esempi delle casseformi gonfiabili per cupole in calcestruzzo di Dante Bini negli anni '70 (fig. 41) o la struttura sperimentale per la Ciudad Abierta a Ritoque (Cile) del 2003 (fig. 40) riflettono questa tendenza e questa capacità di restituire architetture innovative con nuovi processi produttivi.

In molti casi, tuttavia, la statica di queste sperimentazioni non fu risolta: questi manufatti sono infatti quasi impossibili da dimensionare e verificare col calcolo, a causa della geometria estremamente complessa.

L'altra tendenza fu focalizzata nella ricerca della forma perfetta per rispondere al peso e alle azioni dei carichi: basandosi principalmente su uno studio ingegneristico del materiale e delle linee di forza, si arrivò alla definizione di configurazioni complesse, molto efficienti dal punto di vista strutturale e, quasi come conseguenza, con un grande valore formale. Sono famose, in questo senso, fra le altre, le opere di Pierluigi Nervi e Sergio Musmeci, che tradussero in forma questi principi compositivi e di calcolo.

Il maggiore limite di queste fu, soprattutto, la mancanza di attenzione verso la realizzazione: la costruzione fu lenta, difficile e costosa, e l'uso delle tecniche costruttive tradizionali non si coniugò bene con le ardite configurazioni (fig. 43).

Una proposta contemporanea che prova a risolvere le problematiche di entrambe le correnti è data dal Block Research Group. La loro ricerca su strutture con grande efficienza strutturale (gusci, membrane) (fig. 37-39) si basa sull'uso di materiali e tecnologie all'avanguardia (CNC, software per il *form finding*) e nella sperimentazione di nuovi tipi di casseformi (soprattutto in tessuto).

Un esempio molto interessante, per il fine di questa tesi, è lo sviluppo di un solaio funicolare prefabbricato (fig. 42). Questa struttura, esposta alla Biennale di Venezia, è stata costruita in calcestruzzo non armato in forma di volta nervata. Le costole permettono di contenere la linea delle pressioni – anche per carichi eccentrici – all'interno della struttura, utilizzando uno spessore di solamente 2 cm, grazie agli sforzi di compressione pura (López, 2014).

Per costruirla si è utilizzato calcestruzzo autocompattante rinforzato con micro-fibre (SCFRC), utili per aumentare la resistenza agli urti in fase di trasporto – tenacità – e per contenere la fessurazione.



43. La construcción del puente sobre el Basento, Sergio Musmeci, Potenza, 1971-76
43. La costruzione del ponte sul Basento, Sergio Musmeci, Potenza, 1971-76



44. Relación con el paisaje: abstracción
44. Relazione con il paesaggio: astrazione

IV

EL PROYECTO

IL PROGETTO

Frente al análisis del lugar y de su historia, la elección del tema de proyecto tiene la finalidad de valorizar el grande patrimonio del desierto de Atacama y de sus asentamientos precolombinos. La investigación ha sido enfocada en Tulo, un testimonio fascinante y poco conocido del interesante pasado atacameño, que corre el riesgo de ser olvidado.

En este sentido, para guardar los hallazgos de la destrucción física – por razones ambientales – y del disinterés de los turistas – empeñados en sus tours organizados lejos de aquí – parecieron necesarias dos intervenciones: una dirigida a la conservación del sitio mismo y de sus restos, otra dirigida a la creación de un nuevo punto receptivo para los turistas, lejano de San Pedro, siempre más amenazado por la gentrificación.

Las respuestas para cumplir los dos objetivos fueron el proyecto para un museo de sitio cercano al aldea, donde coleccionar y exponer los restos de Tulo – hoy puestos en los depósitos del Museo Le Paige – y el proyecto para un hostel, distante de los otros polos, destinado a estudiosos y *amateurs*.

Ambos van a permitir de destacar la riqueza del área de Tulo, ojalá haciendo empezar un proceso virtuoso de futura investigación, apreciación e inversión en el territorio.

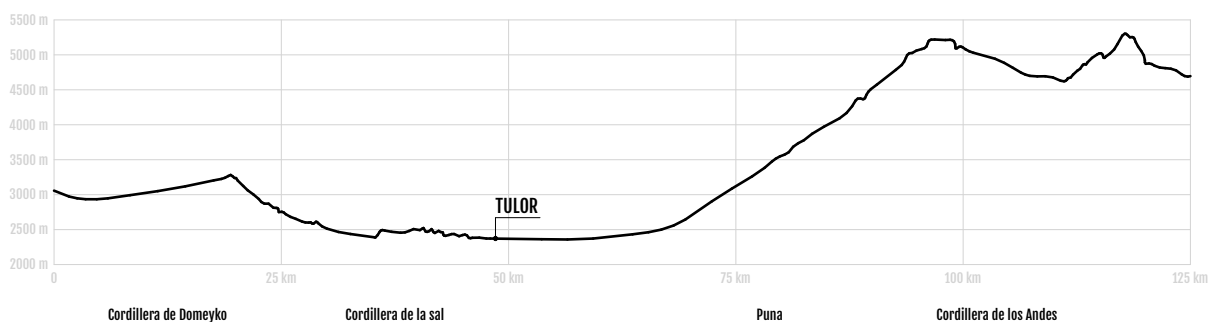
A fronte dell'analisi del luogo e della sua storia, la scelta del tema di progetto ha la finalità di valorizzare il grande patrimonio del deserto di Atacama e dei suoi insediamenti precolombiani.

La ricerca è stata incentrata su Tulo, una testimonianza affascinante e poco conosciuta dell'interessante passato *atacameño* che rischia di essere dimenticato.

In questo senso, per conservare i ritrovamenti dalla distruzione fisica – per ragioni ambientali – e dal disinteresse dei turisti – impegnati nei loro tour organizzati lontani da qui – sono sembrati necessari due interventi: uno diretto alla conservazione del sito stesso e dei suoi reperti, l'altra diretta alla creazione di un nuovo punto recettivo per i turisti, lontano da San Pedro, sempre più minacciata dalla gentrificazione.

La risposta per raggiungere i due obiettivi è stata la progettazione di un museo di sito vicino al villaggio, dove collezionare e esporre i resti di Tulo – oggi raccolti nei depositi del Museo Le Paige – e il progetto per l'ostello, distante dagli altri poli, destinato agli studiosi e agli amatori.

Entrambi permetteranno di far risaltare la ricchezza dell'area di Tulo, magari facendo iniziare un processo virtuoso di futura ricerca, apprezzamento e investimenti nel territorio.



45. Corte territorial Este-Oeste en correspondencia de Tulor
45. Sezione territoriale Est-Ovest in corrispondenza di Tulor

46. (Pagina al frente) Cerros Pintados de la Pampa del Tamarugal
46. (Pagina successiva) Cerros Pintados della Pampa del Tamarugal

IV.1. ANÁLISIS TERRITORIAL

Para enfrentarse a través de una arquitectura a un lugar tan único como el desierto es necesario comprender su complejidad, hecha de mutuas relaciones entre elementos, y entre hombre y medioambiente.

En este tipo de paisaje, el hombre se contrapone a la naturaleza no solamente de manera práctica – protegiéndose del sol, del viento, de la temperatura – sino de manera mucho más abstracta, definiendo un lenguaje y una actitud única, para emerger también desde el punto de vista perceptivo en la plana inmensidad de los desiertos.

De hecho, se pueden hacer algunas consideraciones a partir del estudio de Navarro y Fernández sobre estos temas (2016).

Los autores hacen notar como el desierto produce una arquitectura que no imita la naturaleza, sino que se le opone, se destaca. “Para dibujarse dentro del mar de arena no sólo era necesario el recurso formal, sino la grandeza” (Navarro & Fernández, 2016).

Esta grandeza puede ser construida o natural: la evidencia es que el hombre necesita un punto firme que se ponga como elemento que atribuye una medida al alrededor.

El mejor ejemplo de esto son las pirámides, que en el panorama sin límites del desierto representan la fuerza del hombre, su imposición en el medioambiente hostil y constituyen un *landmark* para orientarse en la infinidad.

En el desierto de Atacama no existen pirámides, producto por las enormes riquezas de un imperio, sin embargo, se pueden reconocer elementos que desempeñan su rol: los geoglifos.

Estas imponentes figuras dibujadas sobre los cerros marcan el territorio, manifestando la presencia del hombre y haciéndose puntos de referencias, especialmente en lugares donde estos faltan, por ejemplo, en Guatacondo: una aldea contemporánea de Tulor ubicada en el Desierto de Atacama, en la región de Tarapacá. Este sitio se caracteriza por un espacio sin puntos de referencias, llano y sin vegetación. Por el contrario, en los cerros cercanos, se muestran figuras gigantes que dominan el paisaje, dibujadas por el hombre con el simple movimiento de piedras, y que quedan aún visibles después de más de dos mil años.

IV.1. ANALISI TERRITORIALE

Per rapportarsi a un luogo tanto unico come il deserto attraverso un’architettura è necessario comprendere la sua complessità, fatta di mutue relazioni tra elementi, e tra uomo e ambiente circostante.

In questo tipo di paesaggio, l’uomo si contrappone alla natura, non solamente in senso pratico – proteggendosi dal sole, dal vento, dalla temperatura – ma anche in senso molto più astratto, definendo un linguaggio e una attitudine unica, per emergere anche dal punto di vista percettivo nella piana immensità dei deserti.

Di fatto, si possono fare alcune considerazioni partendo dallo studio di Navarro e Fernández su questi temi (2016).

Gli autori fanno notare come il deserto produca un’architettura che non imita la natura, ma che, piuttosto, si oppone, si distacca. “Per disegnarsi dentro un mare di sabbia non solo erano necessarie risorse formali, ma anche la grandezza” (Navarro & Fernández, 2016).

Questa grandeza può essere costruita o naturale: l’evidenza è che l’uomo ha bisogno di un punto fermo che si ponga come elemento misuratore dell’intorno.

Il miglior esempio di questa teoria sono le piramidi, che nel panorama senza limiti del deserto, rappresentano la forza dell’uomo, la sua imposizione nell’ambiente ostile e costituiscono un *landmark* per orientarsi nell’infinità.

Nel deserto di Atacama non esistono piramidi, realizzate grazie alle enormi ricchezze di un impero, tuttavia si possono riconoscere elementi che ricoprono questo ruolo: i geoglifi.

Queste imponenti figure disegnate sui monti marcano il territorio, manifestando la presenza dell’uomo e trasformandosi in punti di riferimento, soprattutto in luoghi dove questi mancano, per esempio, a Guatacondo: un villaggio contemporaneo di Tulor, collocato nel Deserto di Atacama, nella regione di Tarapacá. Questo sito è caratterizzato da uno spazio senza punti di riferimento, piano e senza vegetazione. Al contrario, nelle alture vicine, si mostrano figure giganti che dominano il paesaggio, disegnate dall’uomo con il semplice movimento di pietre, e che rimangono visibili ancora oggi, dopo duemila anni.



Lo mismo ocurre en otras partes del mismo desierto, como en los Cerros Pintados de la Pampa del Tamarugal (fig. 46), sin embargo, no en Tulor.

Allí el rol de *landmark* es desempeñado por el majestoso Licancabur, que no hace necesario la intervención del hombre. Este volcán, por su forma geométrica y su altura, domina cualquier punto del paisaje y se hace, necesariamente, punto de referencia, no solamente geográfico, sino también espiritual.

Come se ha dicho, Tulor se ubica en la desembocadura del río San Pedro, que, saliendo de su quebrada que corta la Cordillera de la Sal, se pierde en la cuenca del Salar de Atacama.

En esta zona se encuentran oasis – la misma Tulor lo era en su origen – rodeadas por el medioambiente desértico.

Esto se puede dividir en tres bandas (fig. 44): el llano delimitado por la cordillera de la Sal, la pendiente de la puna, la cordillera dominada por los volcanes.

IV.1.1. Elección del terreno

La elección de un terreno para el posicionamiento del proyecto ha sido condicionada por varios factores. El primero es el hecho que el sitio de Tulor se encuentra al interior del sector 6 de la Reserva Nacional Los Flamencos, por lo tanto una zona protegida desde el punto de vista medioambiental.

Además, toda la área que rodea el sitio es terreno de potenciales hallazgos arqueológicos, muchos ya conocidos y que quedan sumergidos en la arena.

Por último, hoy día existe un museo de sitio para la aldea de Tulor, constituido por dos pequeñas salas de exposición y algunos locales de administración. Este edificio se sitúa a aproximadamente 600 m de la aldea, y cuenta con un camino de tierra que lo conecta a San Pedro y con un estacionamiento.

Siendo uno de los objetivos del proyecto impactar lo menos posible en este frágil medioambiente, ha sido casi obligada la elección de este mismo terreno para la construcción del nuevo museo. El hostel, por otro lado, se pondrá aproximadamente 200 m más al norte, y será conectado al mismo camino.

La stessa cosa si ripete in altre parti del deserto, come nei Cerros Pintados de la Pampa del Tamarugal (fig. 46), ma non a Tulor.

Lì il ruolo del *landmark* è impersonato dal maestoso vulcano Licancabur e non si rende necessario l'intervento dell'uomo. Questo vulcano, per la sua forma geometrica e la sua altezza, domina qualsiasi punto del paesaggio, diventando, ovviamente, il punto di riferimento, non solo geografico, ma anche spirituale.

Come già detto, Tulor si trova alla foce del fiume San Pedro, che, uscendo dal suo canyon che taglia la Cordigliera de la Sal, si perde nella valle del Salar de Atacama.

In questa zona si trovano oasi – la stessa Tulor lo era, alle sue origini – circondate dall'ambiente desertico.

Questo si può dividere in tre fasce (fig. 44): il piano delimitato dalla Cordigliera de la Sal, la pendenza della puna, la cordigliera dominata dai vulcani

IV.1.1. Scelta dell'area

La scelta dell'area per il posizionamento del progetto è stata condizionata da vari fattori. Il primo è stato il fatto che il sito di Tulor si trova all'interno del settore 6 della Riserva Nazionale Los Flamencos, perciò in una zona protetta dal punto di vista ambientale.

Inoltre, tutta l'area che circonda il sito è un terreno di potenziali ritrovamenti archeologici, molti già conosciuti e che rimangono sepolti nella sabbia.

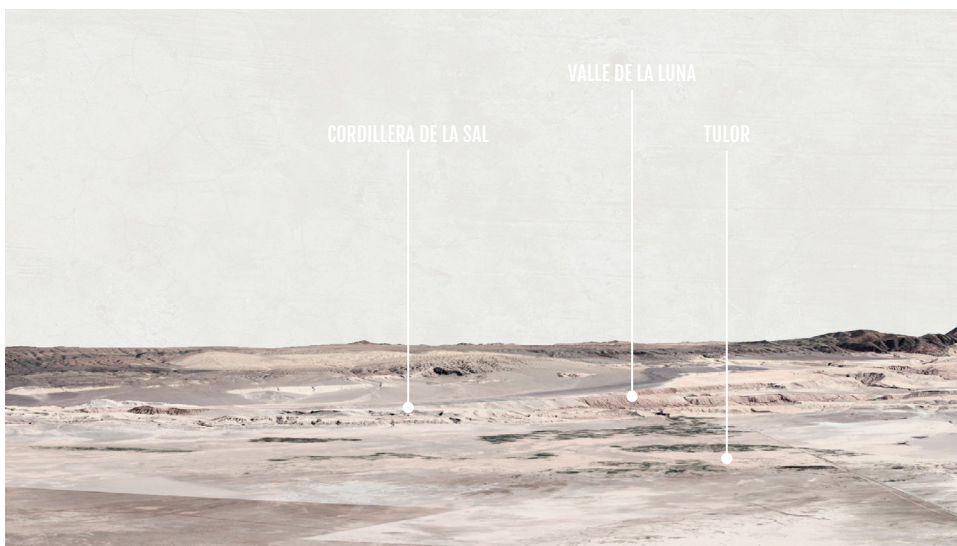
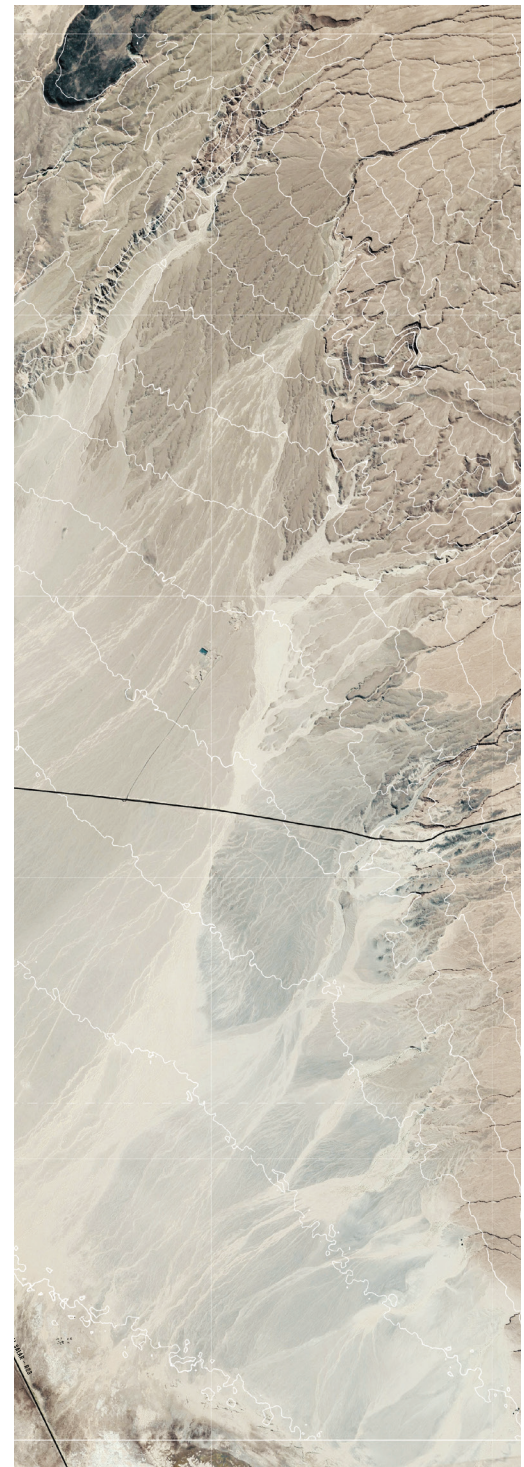
Per ultimo, oggi esiste un museo per il villaggio di Tulor, costituito da due piccole sale espositive e alcuni locali amministrativi. Questo edificio è situato approssimativamente a 600 m dal villaggio ed è servito da una strada sterrata che lo collega a San Pedro e da un parcheggio.

Essendo uno degli obiettivi del progetto avere l'impatto minore possibile in questo fragile ambiente, si è mostrata quasi obbligata la scelta di questo stesso terreno per la costruzione del nuovo museo. L'ostello, d'altro canto, si posizionerà circa 200 m più a nord, e sarà connesso alla stessa strada.

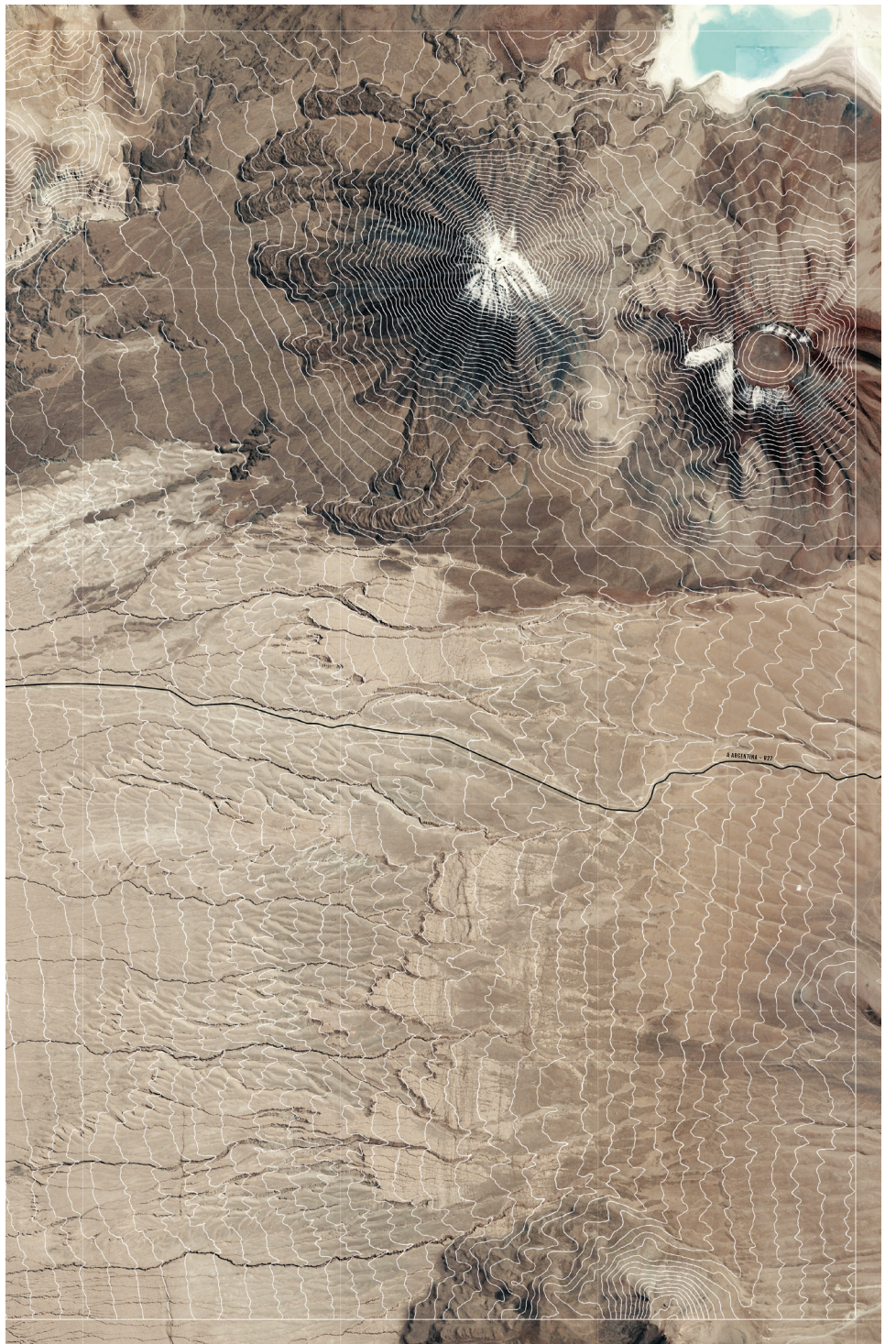
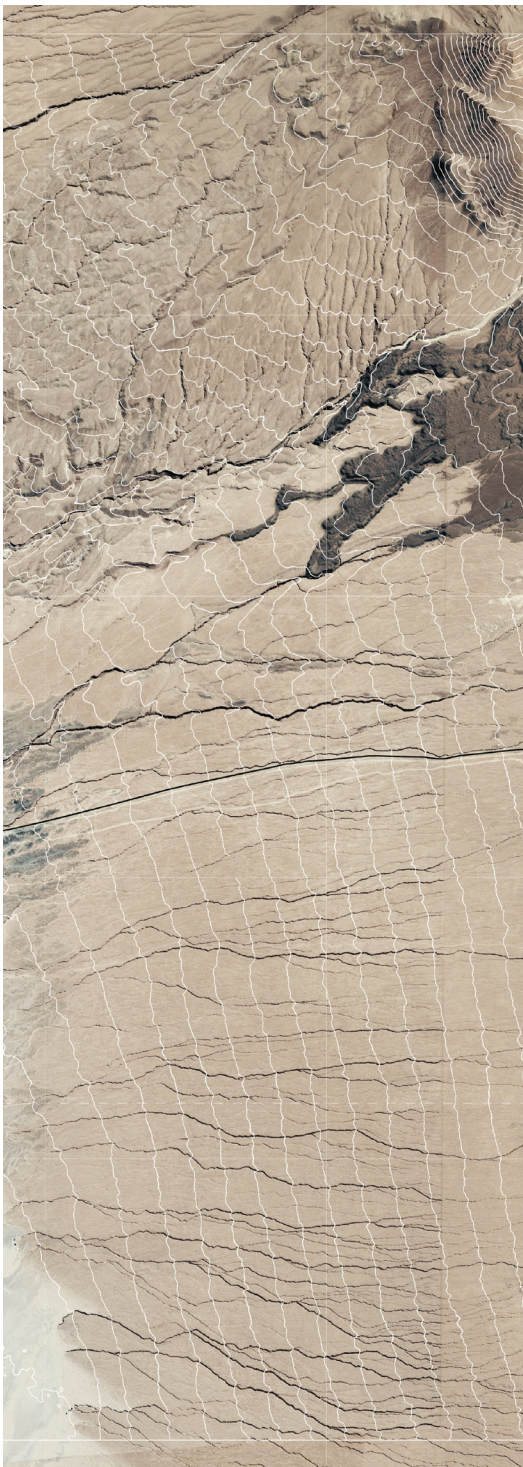


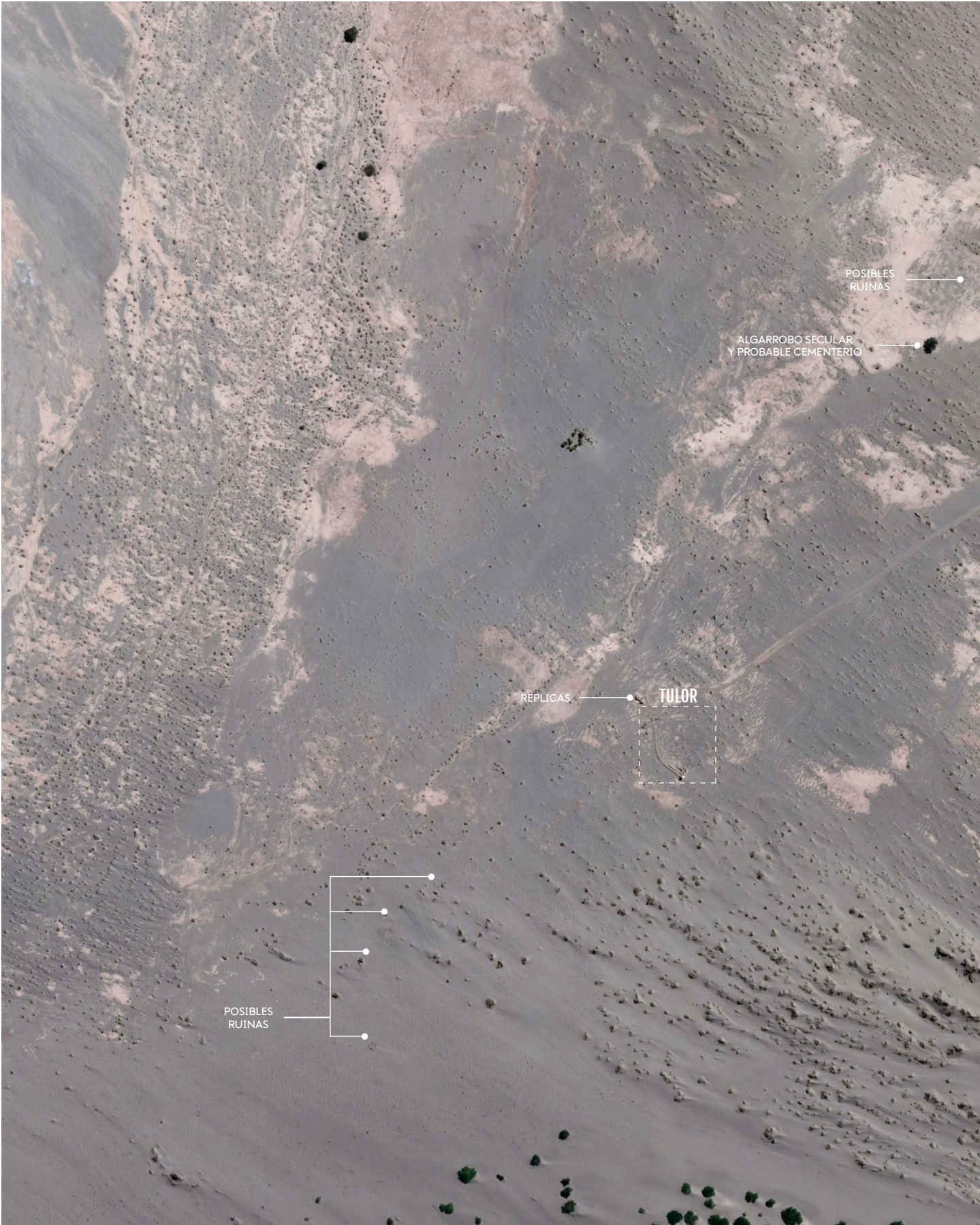
47. El Volcán Licancabur (5920 m) desde Tulo
47. Il Vulcano Licancabur (5920 m) visto da Tulo



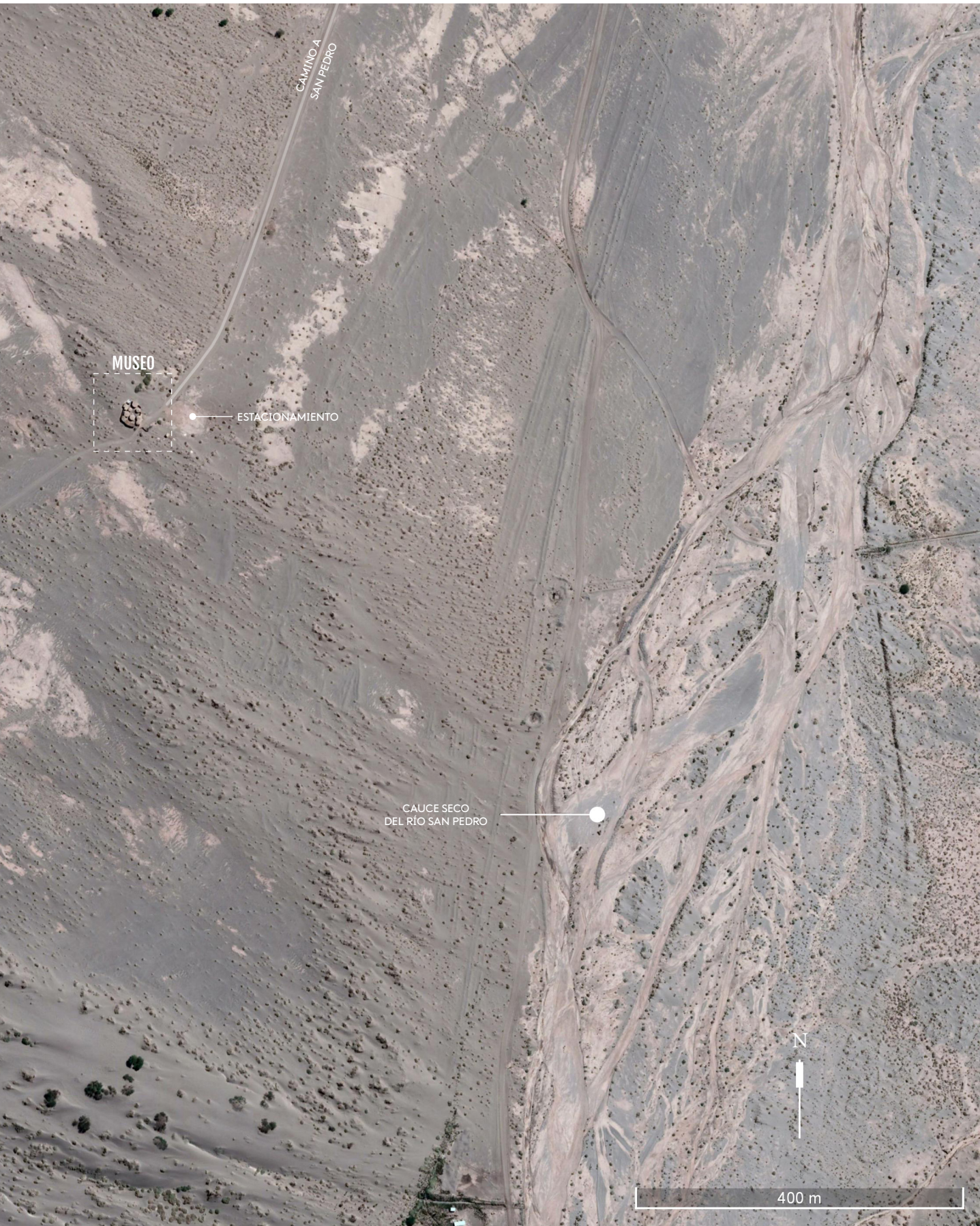


48. El entorno de Tulum
48. L'intorno di Tulum





49. El área de proyecto
49. L'area di progetto



CAMINO A
SAN PEDRO

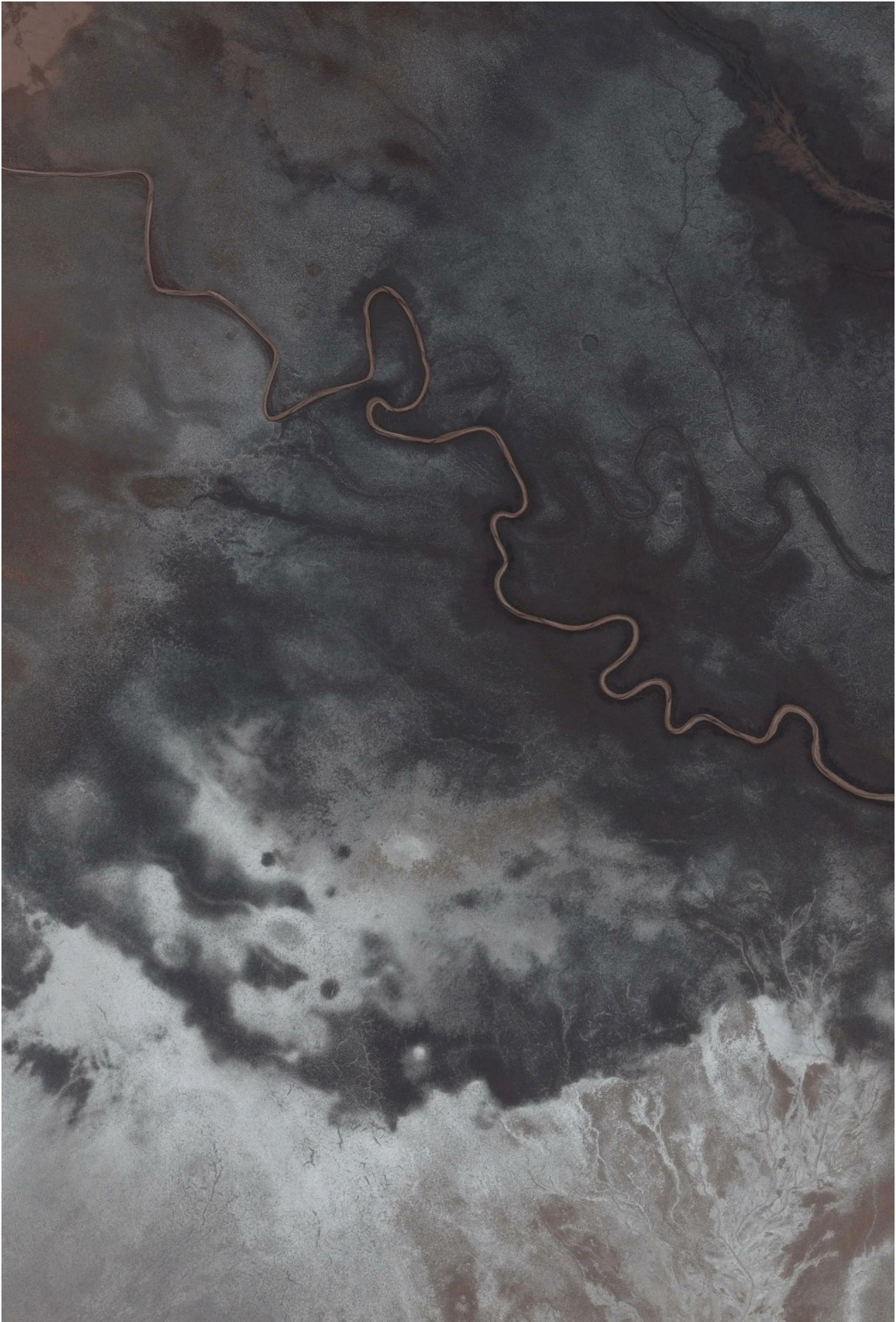
MUSEO

ESTACIONAMIENTO

CAUCE SECO
DEL RÍO SAN PEDRO

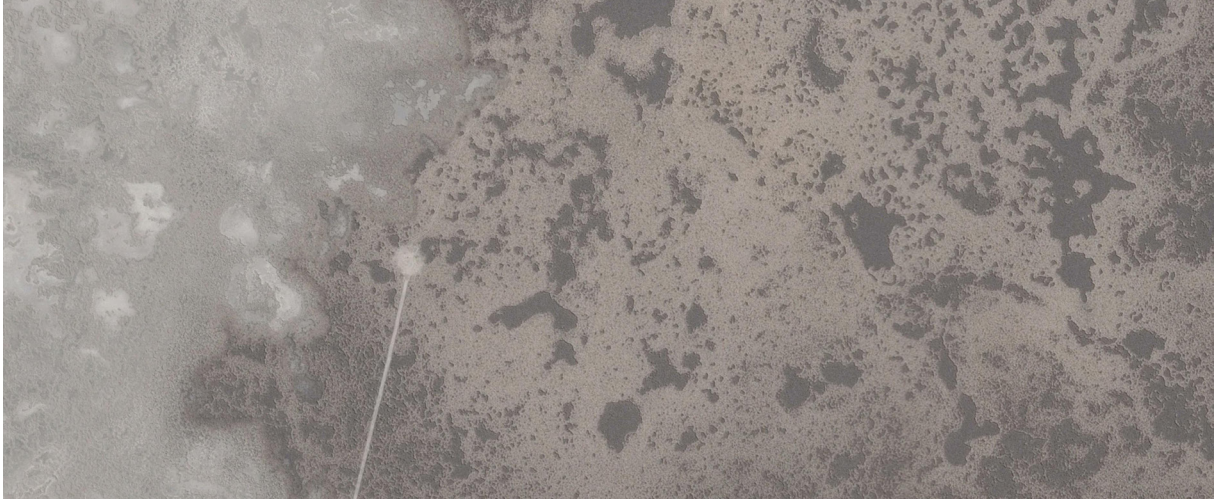
N

400 m



50. Paisaje. Foto satelital del desierto de Atacama

50. Paesaggio. Foto satellitare del deserto di Atacama



51. El camino que no lleva. Foto satelital del desierto de Atacama
 51. La strada che non porta. Foto satellitare del deserto di Atacama

IV.2. LA IDEA

El *concept* del proyecto ha sido, esencialmente, la materialización de la idea de relación con el paisaje que se quería establecer.

Como se ha visto en el análisis territorial, esta área se caracteriza por una componente horizontal – el salar – y una componente vertical – el volcán – en fuerte tensión entre sí.

Esta contraposición se inserta en un paisaje sumamente abstracto, donde cada rincón esconde colores, texturas, formas que no parecen creadas por la naturaleza. Esto se amplifica cuando el paisaje se ve desde el alto: el desierto revela morfologías alienas, y la huella del hombre se confunde en la imagen (fig. 50-51-52).

Desde el punto de vista compositivo, se ha pensado de reflejar esta peculiaridad del paisaje, eligiendo de usar una línea paralela al suelo – símbolo de simbiosis y continuidad con el medioambiente – y una línea vertical, símbolo de separación y destaque del alrededor (fig.53). El elemento horizontal, un hostel para la recepción de los turistas, se esconde en la arena como una hoja de papel y se sierra hacia su interior, creando un espacio introvertido en que descansar y protegerse del calor del desierto.

Por el contrario, el elemento vertical, la torre de acceso al museo de sitio, emerge en el horizonte y llama la atención a sí misma: se trata de un nuevo *landmark* para el área que no quiere competir con el Licancabur, sino ponerse como punto de referencia donde empezar un recorrido a través de la historia del lugar. Esta construcción, con su forma abstracta y su uso cultural y de reconocimiento del valor del Tulo, se contrapone al desierto, pero también, simbólicamente, al turismo de masa de San Pedro que está tomando una acepción siempre más negativa y de puro consumo.

Todo el museo, excepto por el prisma, se desarrolla orgánicamente bajo tierra, justo para reforzar el tema de la inmersión en una dimensión antigua y desconocida, que aún se encuentra casi totalmente sumergida en la arena: el usuario tiene que bajar y emplazar un largo camino en la memoria, caracterizado por formas curvas inesperadas, para salir nuevamente al exterior y enfrentarse con Tulo.

IV.2. L'IDEA

Il *concept* del progetto è stato, essenzialmente, la materializzazione dell'idea di rapporto con il paesaggio che si voleva stabilire.

Come emerso dall'analisi territoriale, questa area si caratterizza per una componente orizzontale – il salar – e una componente verticale – il vulcano – in forte tensione tra loro.

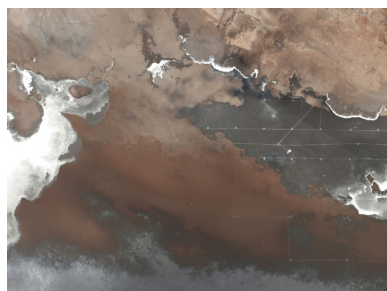
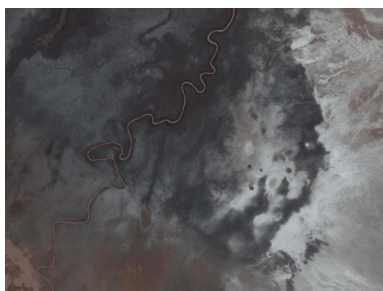
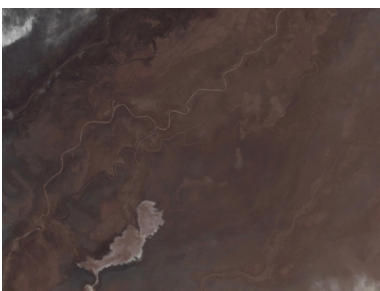
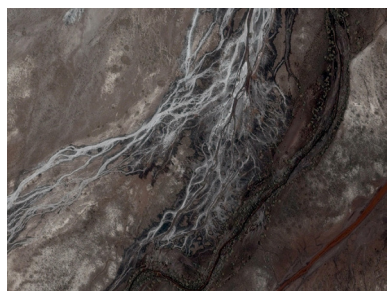
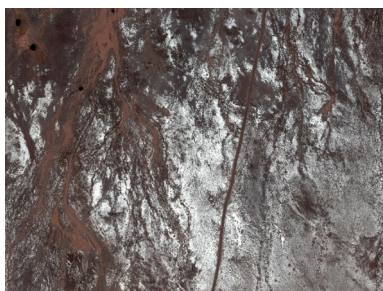
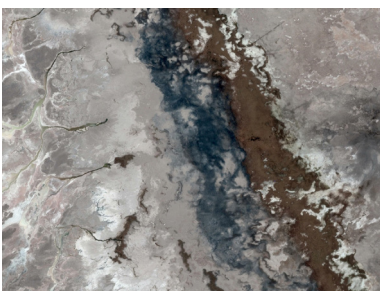
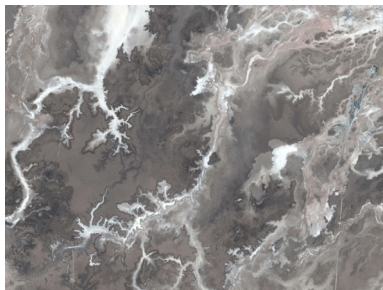
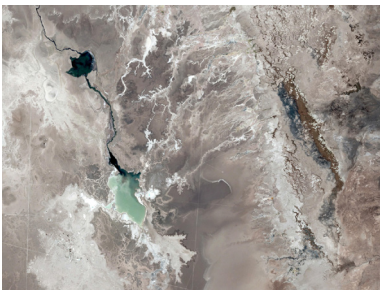
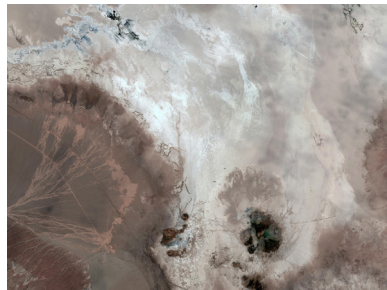
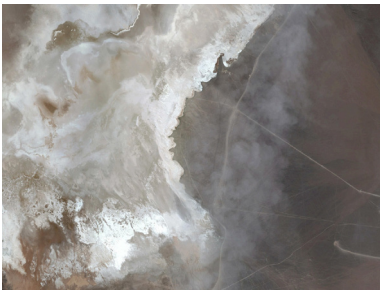
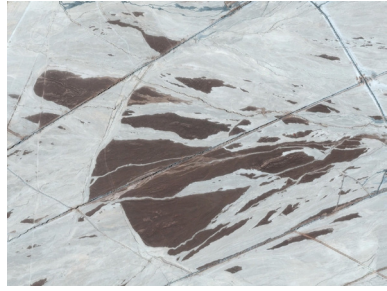
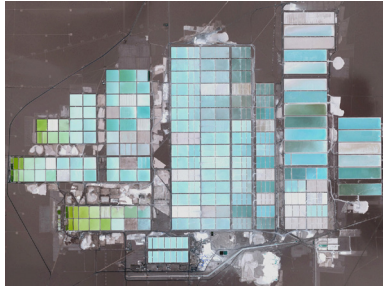
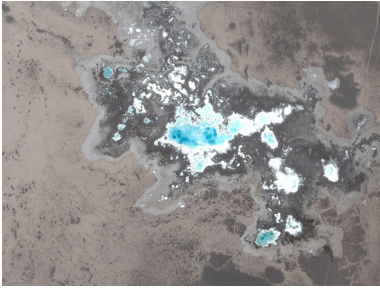
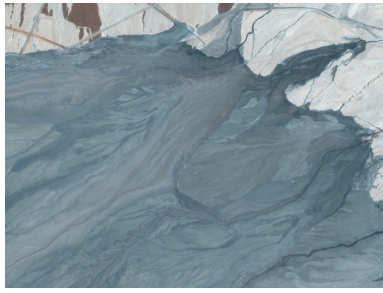
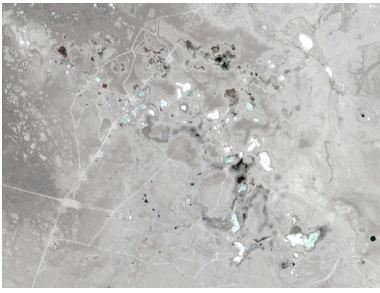
Questa contrapposizione si inserisce in un paesaggio assolutamente astratto, dove ogni angolo nasconde colori, *texture*, forme che non sembrano creati dalla natura. Questo si amplifica quando il paesaggio è visto dall'alto: il deserto rivela morfologie aliene, e l'impronta dell'uomo si confonde nell'immagine (fig. 50-51-52).

Dal punto di vista compositivo, si è pensato di rispecchiare questa peculiarità del paesaggio, scegliendo di usare una linea parallela al suolo, simbolo di simbiosi e continuità con l'ambiente, e una linea verticale, simbolo di separazione e distacco dall'intorno (fig. 53). L'elemento orizzontale, un ostello per la ricezione dei turisti, si nasconde nella sabbia come un foglio di carta e si chiude verso il suo interno, definendo uno spazio introverso in cui riposarsi e proteggersi dal calore del deserto.

Al contrario, l'elemento verticale, la torre d'accesso al museo di sito, emerge nell'orizzonte e chiama l'attenzione a sé: si tratta di un nuovo *landmark* per l'area che non vuole competere con il Licancabur, ma vuole porsi come punto di riferimento dove iniziare un percorso attraverso la storia del luogo.

Questa costruzione, con la sua forma astratta e il suo uso culturale, di riconoscimento del valore di Tulo, si contrappone al deserto, ma anche, simbolicamente, al turismo di massa di San Pedro che sta assumendo un'accezione sempre più negativa e di puro consumo.

Tutto il museo, fatta eccezione per il prisma, si sviluppa organicamente sotto terra, proprio per rafforzare il tema dell'immersione in una dimensione antica e sconosciuta, che ancora si trova quasi totalmente sommersa nella sabbia: il fruitore deve scendere e iniziare un lungo percorso nella memoria, caratterizzato da forme curvilinee inaspettate, per uscire nuovamente all'esterno e confrontarsi con Tulo.



52. Paisajes. Fotos satelitales del desierto de Atacama

52. Paesaggi. Foto satellitari del deserto di Atacama



53. Concept
53. Concept

Desde el punto de vista estructural, se ha elegido el hormigón no armado como material para la construcción del museo.

Esta elección depende, sin duda, de un interés personal. Sin embargo, se ha preferido este material con arreglo a las exigencias del proyecto. De hecho, la construcción tenía que responder a cuatro condiciones: durabilidad, resistencia contra un medioambiente y un suelo fuertemente agresivos (cloruros y sulfatos del salar), inercia contra las amplitudes térmicas, posibilidad de obtener espacios grandes y de impacto perceptivo. Consecuentemente se ha individuado en el hormigón no armado el medio perfecto para cumplir con estas exigencias.

A su vez, la elección del material ha llevado como consecuencia la decisión proyectual más relevante: el diseño de los espacios con el uso de líneas curvas, en planta como en corte. Esto para responder a la naturaleza del hormigón, que puede resistir casi exclusivamente a esfuerzos de compresión.

Además, la decisión de hacer el museo subterráneo es debida también a esta condición. De hecho, la acción de confinamiento del suelo permite al edificio de resistir a las fuerzas horizontales – sismo – sin crear estados de tracción que harían imposible la construcción con esta técnica.

Por el contrario, para el hostel, se ha pensado a una estructura tradicional en hormigón armado, que asegure una vida útil conforme al uso del edificio (v. párrafo I.1.).

Dal punto di vista strutturale, è stato scelto il calcestruzzo non armato come materiale per la costruzione del museo.

Questa scelta è dipesa, senza dubbio, da un interesse personale. Tuttavia, si è preferito questo materiale in virtù delle esigenze del progetto. Di fatto, la costruzione doveva rispondere a quattro condizioni: durabilità, resistenza a un ambiente e un suolo fortemente aggressivi (presenza di cloruri e solfati del *salar*), inerzia contro l'escursione termica, possibilità di ottenere spazi di dimensioni importanti e di grande impatto percettivo.

Di conseguenza si è individuato nel calcestruzzo non armato il mezzo perfetto per affrontare queste esigenze.

A sua volta, la scelta del materiale ha portato come conseguenza la decisione progettuale più rilevante: il disegno degli spazi con l'uso di linee curve, in pianta come in sezione. Questo per rispettare la natura del calcestruzzo, che può resistere quasi esclusivamente a sforzi di compressione.

Inoltre, la decisione di realizzare un museo sotterraneo è dovuta anche a questa condizione. Di fatto, l'azione di confinamento del suolo permette all'edificio di resistere alle forze orizzontali – sisma – senza creare stati di trazione che renderebbero impossibile la costruzione con questa tecnica.

Al contrario, per l'ostello, si è pensato a una struttura tradizionale in calcestruzzo armato, che gli assicuri una vita utile conforme all'uso dell'edificio. (v. paragrafo I.1.).

IV.3. PROGRAMA FUNCIONAL

Una vez definido el *concept* y la estrategia de diseño, se ha elaborado un programa funcional preliminar, como instrumento de planteamiento y control del proyecto.

MUSEO DE SITIO	m ²	n°
Hall	100	1
Guardarropa	15	1
Salas expositivas	300	1
Laboratorio didáctico	60	1
Planetario	80	1
Sala de conferencias / auditorio	100	1
Oficinas	20	2
Deposito museo	50	1
Bar	100	1
Baños	20	2
Baño para el personal	15	1
Almacén	10	1
Locales técnicos	100	1
Total	1010 m²	

HOSTAL	m ²	n°
Engreso/recepción	30	1
Espacio comun/comedor	140	1
Vestuario y baño personal	15	1
Almacén	9	1
Habitación para dos - BAÑO PRIVADO	15	4
Habitación para dos - BAÑO COMPARTIDO	10	4
Habitación para dos - ACCESIBLE	20	1
Habitación para cuatro - BAÑO PRIVADO	20	9
Habitación para cuatro - BAÑO COMPARTIDO	10	4
Baños compartidos	25	2
Total	584 m²	

IV.3. PROGRAMMA FUNZIONALE

Una volta definito il *concept* e la strategia progettuale, si è redatto un programma funzionale preliminare, come strumento di approccio e di controllo del progetto.

MUSEO DI SITO	m ²	n°
Hall	100	1
Guardaroba	15	1
Sale espositive	300	1
Laboratorio didattico	60	1
Planetario	80	1
Sala conferenze / auditorium	100	1
Uffici	20	2
Deposito museo	50	1
Bar	100	1
Bagni	20	2
Bagno per il personal	15	1
Magazzino	10	1
Locali tecnici	100	1
Totale	1010 m²	

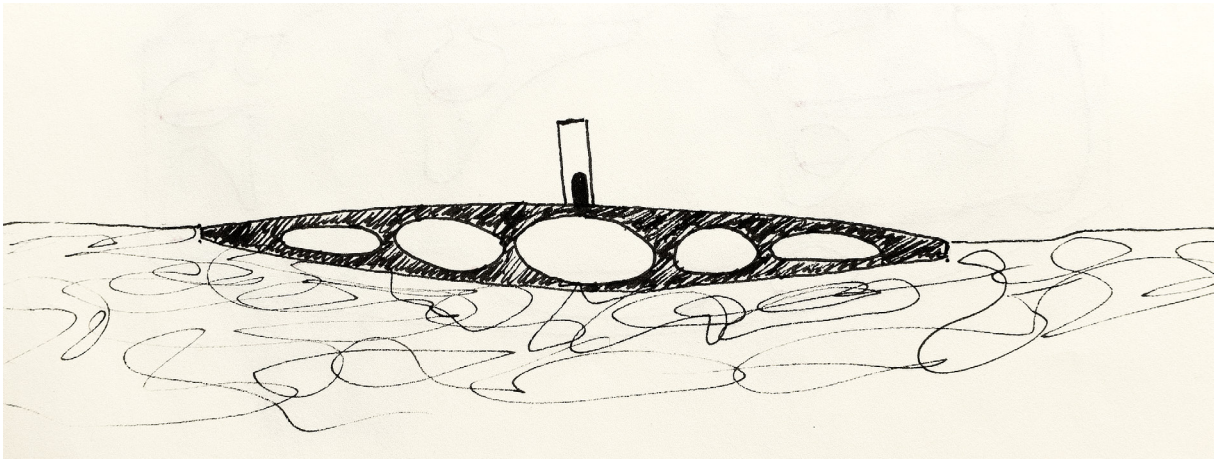
OSTELLO	m ²	n°
Ingresso/recepcion	30	1
Spazio comune/sala pranzo	140	1
Spogliatoio e bagno personale	15	1
Magazzino	9	1
Stanza doppia - BAGNO PRIVATO	15	4
Stanza doppia - BAGNO CONDIVISO	10	4
Stanza doppia - ACCESSIBILE	20	1
Stanza quadrupla - BAGNO PRIVATO	20	9
Stanza quadrupla - BAGNO CONDIVISO	10	4
Bagni condivisi	25	2
Totale	584 m²	

IV.4. MASTERPLAN

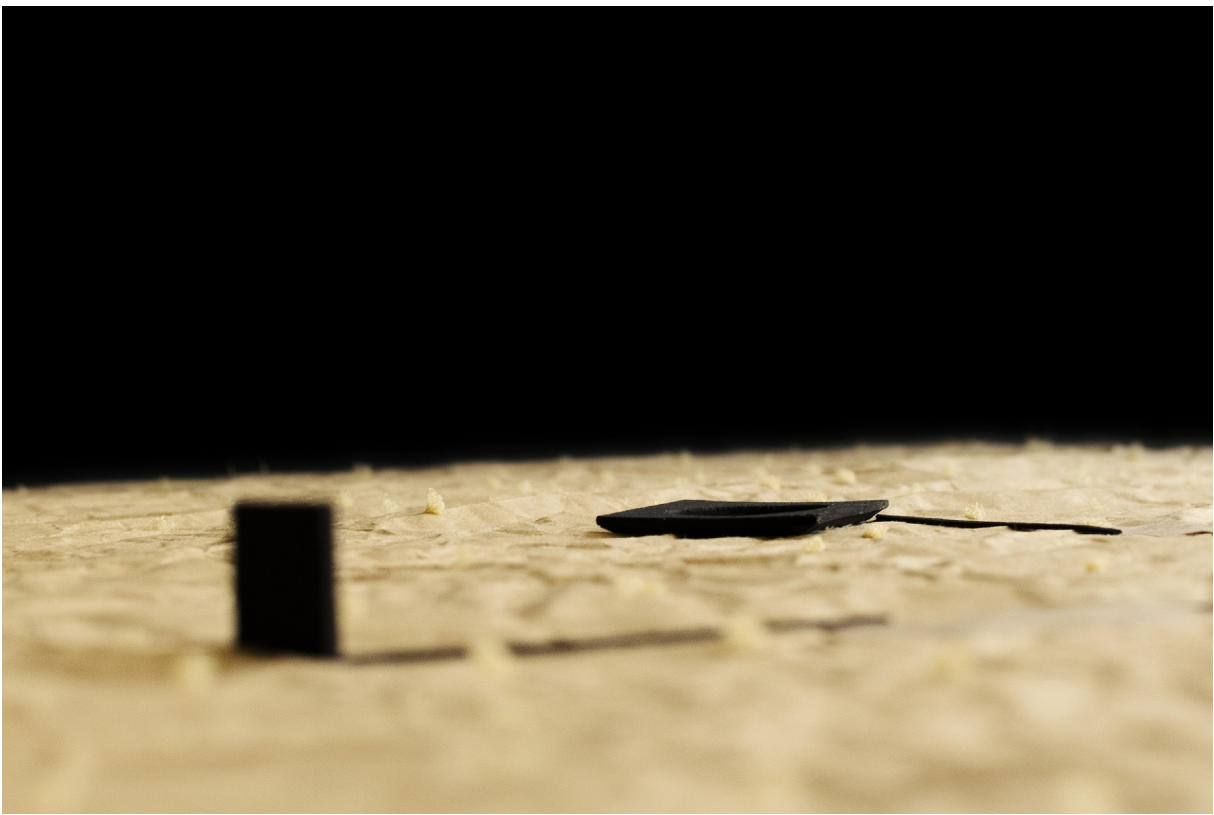
Desde el punto de vista del plan maestro, siendo el proyecto ubicado en el desierto, la investigación ha sido enfocada en la relaciones entre los dos volúmenes: el horizontal y el vertical. La idea, considerada la presencia de un único acceso al área, ha sido de posicionar la torre de manera oblicua con respecto al camino, para exaltar la plasticidad del volumen. Por el contrario, el hostel se pone perpendicular a la torre, mostrando su elevación mayor a quien recorre el camino y destacando así su horizontalidad (fig. 55-56-57).

IV.4. MASTERPLAN

Dal punto di vista del masterplan, essendo il progetto ubicato nel deserto, la ricerca si è focalizzata sul rapporto fra i due volumi: l'orizzontale e il verticale. L'idea, considerata la presenza di un unico accesso all'area, è stata di posizionare la torre in maniera obliqua rispetto alla strada, per esaltare la plasticità del volume. Al contrario, l'ostello si pone perpendicolarmente alla torre, mostrando il prospetto maggiore a chi percorre la strada e sottolineando così a sua orizzontalità (fig. 55-56-57).



54. Croquis de estudio
54. Schizzo di studio



55. Maqueta de estudio
55. Plastico di studio

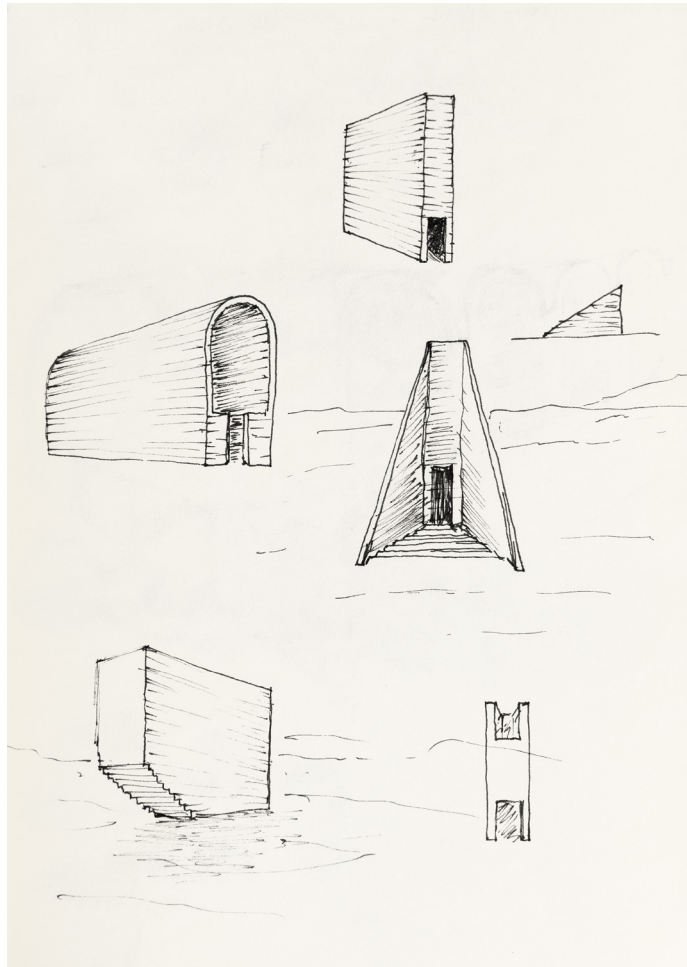


56. Maqueta de estudio
56. Plastico di studio



0 100 200 m

57. Masterplan
57. Masterplan



58. Croquis de estudio de la torre
58. Schizzo di studio della torre



59. Vista de la torre de acceso
59. Vista della torre di accesso

IV.5. EL MUSEO

La composición espacial del museo se ha enfocado en la definición de su recorrido, que se desarrolla en tres dimensiones.

La idea del descenso y del ascenso se concretiza a través de una rampa que abraza la gran sala central – pivote del edificio – y que conecta las salas expositivas.

Esta crea un recorrido preciso para disfrutar del museo: entrada a través de la torre, bajada a las salas, subida al patio y salida hacia la aldea de Tumor, a través de la escalera que se posiciona en el lado opuesto a la torre. De este mismo punto, regresando del sitio arqueológico, se vuelve al patio, donde se encuentran los espacios secundarios: la cafetería, el laboratorio didáctico, el depósito.

Finalmente, saliendo por la torre, la puerta enmarca perfectamente el volcán Licancabur, que pone fine al recorrido.

Las salas, puestas radialmente entorno a la rampa, son de dos tipos. El primero son aquellas de gran altura, iluminadas de arriba por lucernas; este tipo de espacio, estrecho y alto, se adapta bien a la exposición de las momias y de objetos de gran valor, que se ponen en su centro y se benefician de una visual de trescientos sesenta grados.

El segundo tipo son salas más bajas y amplias, donde la curvatura del espacio se hace más acentuada y la luz crea claroscuros; aquí se pueden disponer las colecciones mayores, distribuidas en vitrinas más amplias.

Exteriormente, aparte de la torre, el edificio se caracteriza por las aberturas circulares que iluminan las salas y por una zanja lineal en un lado, donde se abrirán los espacios técnicos y la salida de emergencia (fig. 57)

IV.5. IL MUSEO

La composizione spaziale del museo si è focalizzata nella definizione del suo percorso, che si sviluppa in tre dimensioni.

L'idea di discesa e risalita si concretizza attraverso una rampa che abbraccia la grande sala centrale – perno dell'edificio – e che collega gli altri spazi espositivi.

Questa crea un cammino preciso attraverso cui apprezzare il museo: entrata attraverso la torre, discesa nelle sale, risalita nel patio e uscita verso Tumor, grazie alla scala che si posiziona al lato opposto della torre.

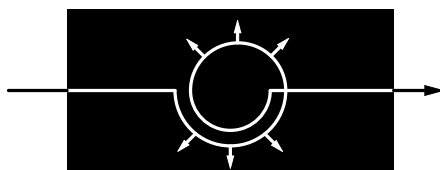
Da questo stesso punto, rientrando dal sito archeologico, si ritorna al patio, dove si trovano gli spazi secondari: la caffetteria, il laboratorio didattico, il deposito.

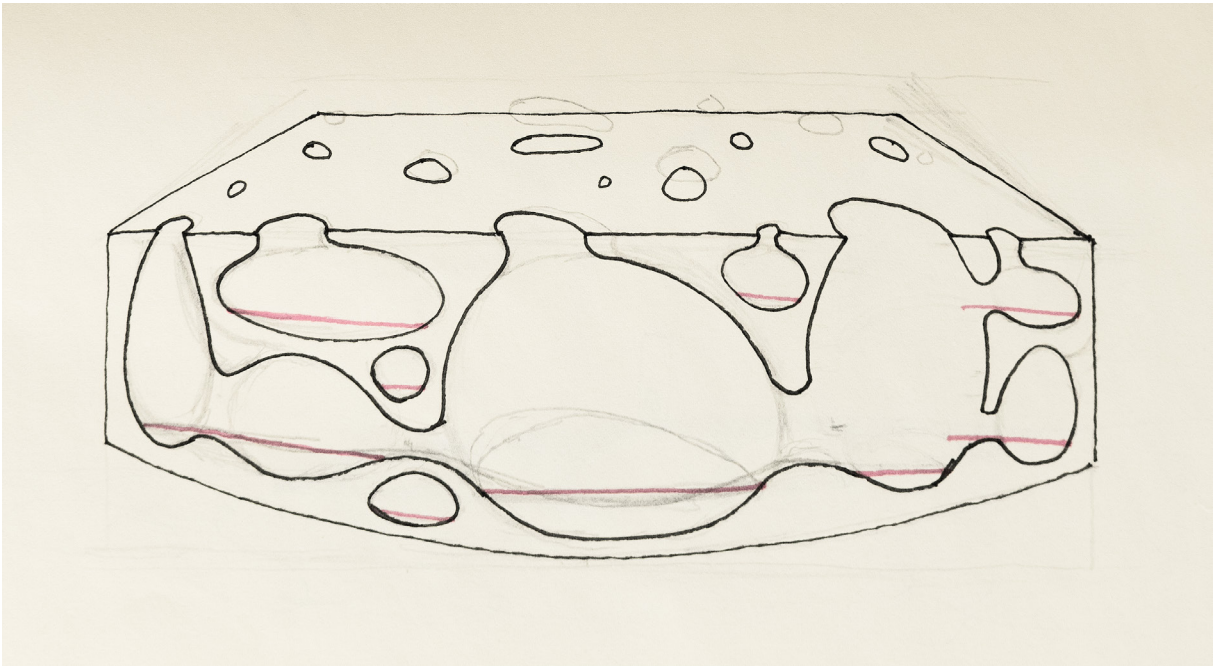
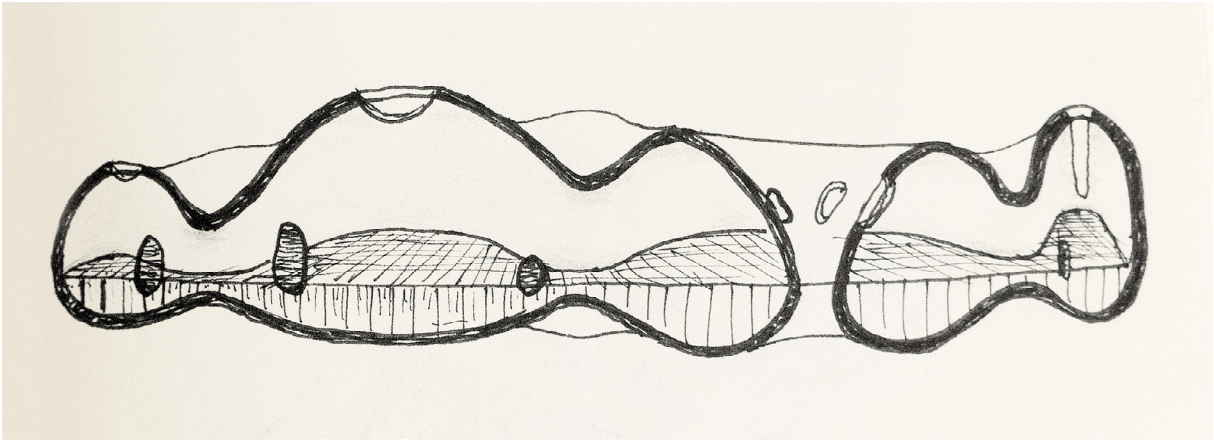
Alla fine, uscendo dalla torre, la porta incornicia perfettamente il vulcano Licancabur, che pone fine al percorso.

Le sale, poste radialmente attorno alla rampa, sono di due tipi. Il primo è costituito da quelle con grande altezza, illuminate dall'alto con dei lucernari; questo tipo di spazio, stretto e alto, si adatta molto bene all'esposizione di mummie e oggetti di grande valore, che si pongono al suo centro beneficiando di una visione a trecentosessanta gradi.

Il secondo tipo è costituito da sale più basse e ampie, dove la curvatura dello spazio diventa più accentuata e la luce crea dei chiaroscuri; qui si possono disporre le collezioni maggiori, distribuite in vetrine più ampie.

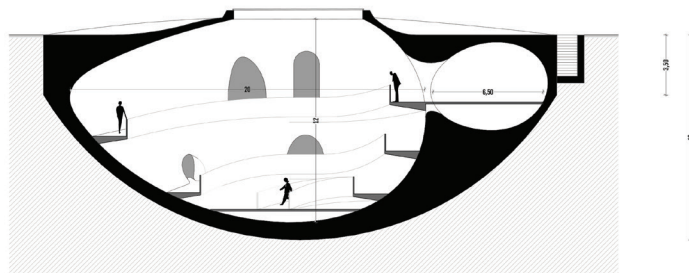
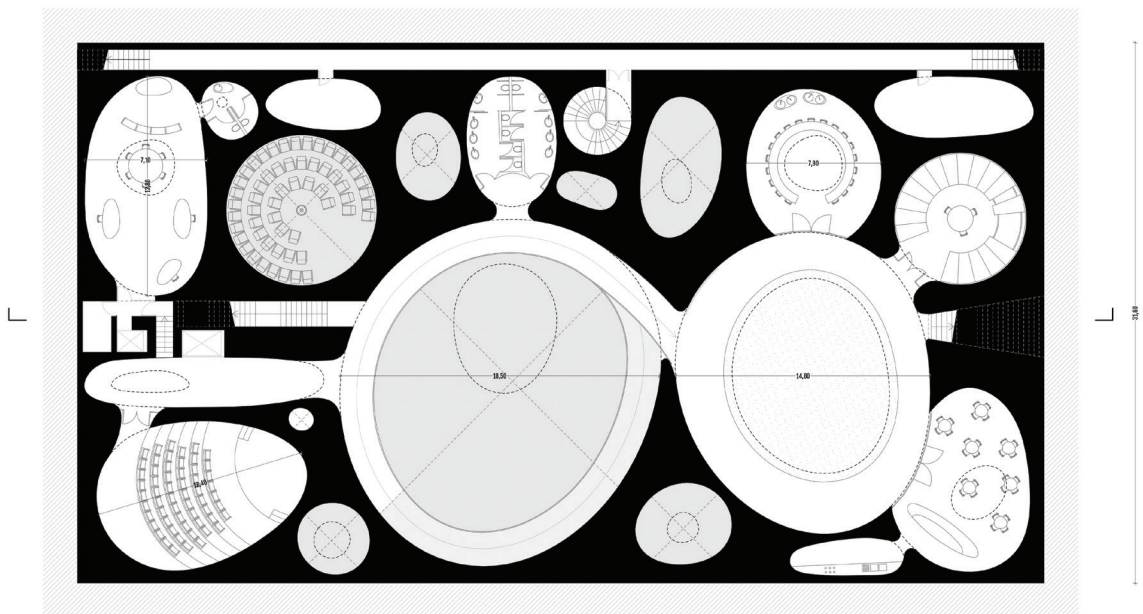
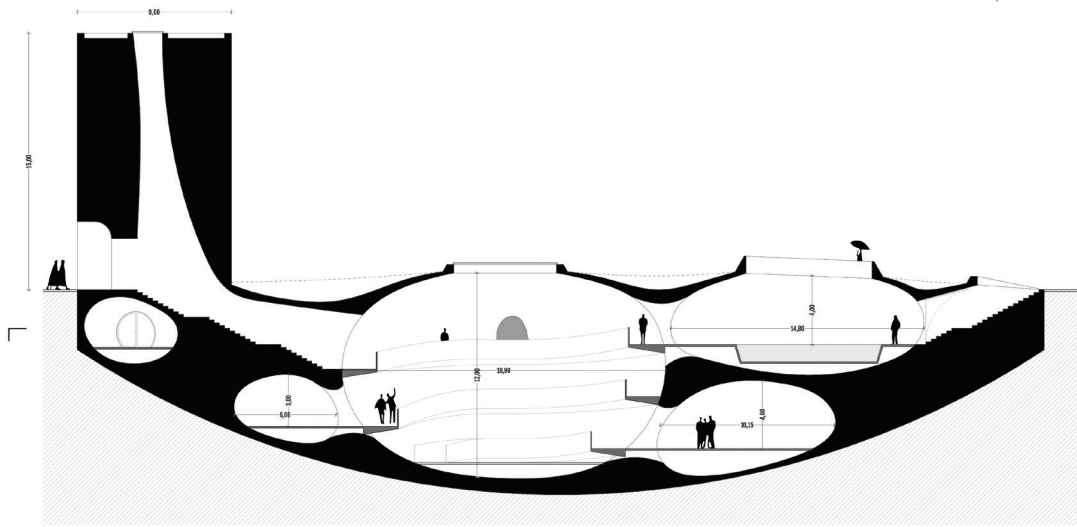
Esteriormente, a parte la torre, l'edificio è caratterizzato da aperture circolari che illuminano le sale in maniera zenitale e da una trincea laterale, in cui si affacciano gli spazi tecnici e l'uscita di emergenza (fig. 57).

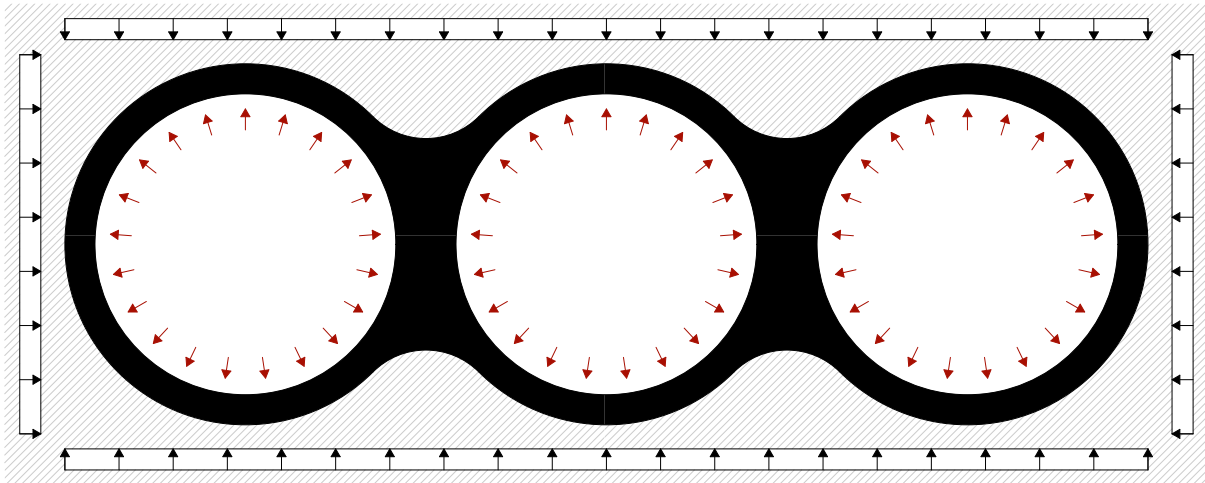




60. Croquis de estudio
60. Schizzi di studio

61. Planta y cortes preliminar del museo
 61. Pianta e sezioni preliminari del museo





62. Funcionamiento de la estructura enterrada: cargas y fuerzas de respuesta
 62. Funzionamento della struttura interrata: forze agenti e reagenti

IV.5.1. Concepto estructural-constructivo

De la estructura, se ha dicho que el edificio enterrado será constituido por bóvedas de hormigón no armado.

Cada sala tiene una forma de globo, por lo tanto todas sus secciones son curvas. Esto permite a cada cascara de trabajar solamente en compresión, equilibrando las fuerzas del suelo (laterales, de arriba y de abajo) y de las otras cascaras que empujan lateralmente (fig. 62). Además, de esta manera se eliminan los concentradores de tensiones, es decir esos puntos (aristas) donde, debido a la discontinuidad geométrica, se concentran las fuerzas, y que constituyen los puntos más débiles de una estructura.

El uso de hormigón en masa y de formas orgánicas produce varias problemáticas, sobre todo en lo que respecta al comportamiento del material y el moldaje.

Para la primera se ha elaborado una propuesta esquemática de diseño de mezcla del hormigón, que quiere dar cuenta de las criticidades posibles durante el proceso de vertido y de fraguado, y sobre todo durante su uso (fig. 64).

Para resolver la segunda problemática, es decir la realización de formas tan complejas, se ha pensado de utilizar moldes inflables, que serán posicionados después de la excavación y que permitirán un mejor control de la geometría y una construcción mucho más sencilla (fig. 63).

Durante la misma operación, van a ser posicionados los marcos rígidos necesarios para crear las conexiones entre los diferentes ambientes: estos elementos serán juntados entre sí con tejidos tensados y permitirán de abrir los pasos entre las salas.

Al interior del edificio, la rampa y los pisos elevados serán aguantados por una estructura metálica, creando un espacio para la colocación de todas las instalaciones. De esta manera las superficies de hormigón visto quedarán libres y serán acompañadas por el color de los elementos metálicos.

IV.5.1.1. Idea estructural-constructiva

Della struttura, si è detto che l'edificio sarà costituito da volte in calcestruzzo non armato.

Ogni sala ha la forma di un globo, pertanto tutte le sezioni saranno curve. Questo permette a ogni guscio di lavorare soltanto a compressione, equilibrando le forze del suolo (laterali, superiori e inferiori) e quelle degli altri gusci che spingono lateralmente (fig. 62). Inoltre, in questo modo si eliminano i punti di concentrazione delle tensioni, ovvero quei punti (gli spigoli) dove, a causa della discontinuità geometrica, si concentrano le forze, e che costituiscono i punti più deboli di una struttura.

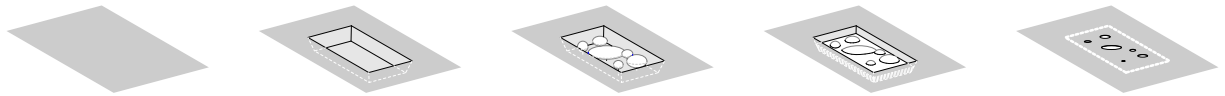
L'utilizzo del calcestruzzo in massa e delle forme organiche produce alcune problematiche, soprattutto per quanto riguarda il comportamento del materiale e la cassetatura.

Per la prima è stata elaborata una proposta schematica del progetto di miscela del calcestruzzo, che vuole mettere in luce le possibili criticità durante la fase di getto e di presa, e soprattutto durante il suo utilizzo (fig. 64).

Per risolvere la seconda problematica, ovvero la realizzazione di forme così complesse, si è pensato di utilizzare casseforme gonfiabili, che saranno posizionate dopo lo scavo e che permetteranno un miglior controllo della geometria e una costruzione molto più semplice (fig. 63).

Durante la medesima operazione, saranno posizionati dei telai rigidi necessari a creare le connessioni tra i differenti ambienti: questi elementi saranno connessi fra loro con tessuti tesi e permetteranno di aprire i passaggi tra le sale.

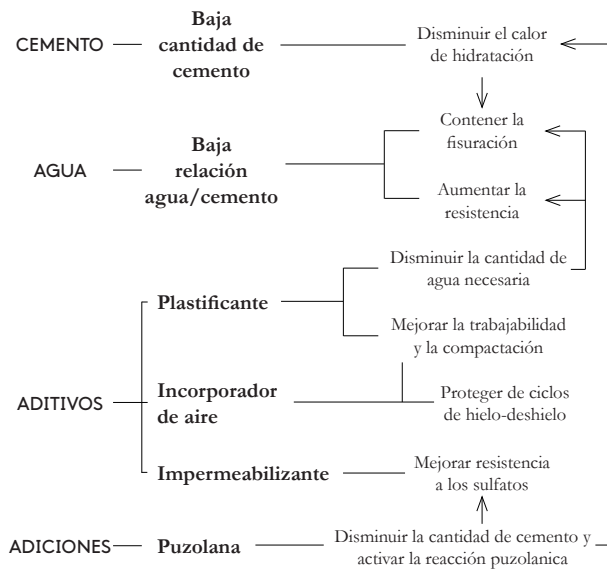
All'interno dell'edificio, la rampa e i pavimenti saranno sorretti da una struttura metallica, creando uno spazio per la posa di tutti gli impianti. In questo modo le superfici di calcestruzzo a vista rimarranno libere e saranno accompagnate dal colore delle parti metalliche.



63. Propuesta constructiva: definición del perímetro, excavación, posicionamiento moldes inflables, vertido del hormigón en capas, relleno con tierra de los vacíos. Se ha intentado de utilizar el mismo proceso en la construcción de la maqueta de estudio, a través de globos y yeso.

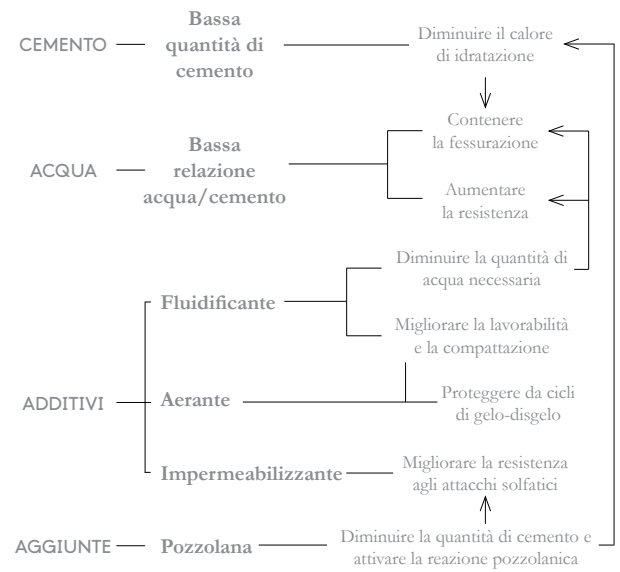
63. Proposta costruttiva: definizione del sedime, scavo, posizionamento delle casseformi pneumatiche, getto a strati del calcestruzzo, riempimento dei vuoti con terra. Si è provato a utilizzare lo stesso procedimento per la costruzione del plastico di studio, con l'utilizzo di palloncini e gesso.

PROPUESTA DE DISEÑO DE MEZCLA



64. Propuesta de mix design
64. Proposta di mix design

PROPOSTA DI PROGETTO DI MISCELA



IV.5.2. Aspectos climáticos

La concepción climática del edificio se basa esencialmente sobre la inercia térmica de la estructura y del suelo.

De hecho, en el desierto, el problema mayor son la fuerte radiación solar y las grandes amplitudes térmicas, por lo tanto la manera más adecuada para enfrentarlas es la masa, que permite de mantener constante la temperatura a lo largo del día. Además, a profundidades de algunos metros, la temperatura es – más o menos – siempre constante y corresponde aproximadamente a la media anual, que en esta área es de 13,3° C (v. párrafo II.2.2.). Para aprovechar al máximo de esta característica, además de poner el edificio bajo el suelo, se ha pensado de utilizar el sistema del pozo canadiense. Es decir, un ducto de aireación que conecta exterior e interior instalado bajo el edificio, mediante el cual se disminuye el Δt entre las diferentes temperaturas del aire. Este sistema es muy eficiente en este tipo de medioambiente, sobre todo en este caso, donde el ducto puede ser instalado en la excavación del edificio, sin necesidades de una excavación específica.

El pozo canadiense puede funcionar de manera pasiva a través del efecto chimenea, sin embargo, siendo un museo, la climatización debe tener requisitos específicos y constantes. Por esto se ha pensado de conectar el pozo canadiense, a través de un ventilador de succión, a la unidad manejadora de aire (UMA o UTA), que regula no solamente la temperatura, sino también el caudal, la limpieza y la humedad del aire.

IV.5.2. Aspetti climatici

La concezione climatica dell'edificio si basa essenzialmente sull'inertzia termica della struttura e del terreno.

Di fatto, nel deserto, il problema maggiore è costituito dalla forte radiazione solare e dalla grande escursione termica, perciò la maniera più adeguata per affrontarle è la massa, che permette di mantenere la temperatura costante durante il giorno.

Inoltre, alla profondità di qualche metro, la temperatura è – più o meno – sempre costante e corrisponde approssimativamente alla media annuale, che in quest'area è di 13,3°C (v. paragrafo II.2.2.). Per sfruttare al massimo questa caratteristica, oltre a porre l'edificio sotto terra, si è pensato di utilizzare il sistema del pozzo canadese. Si tratta di un condotto d'areazione che, installato sotto la costruzione, collega interno ed esterno e permette di diminuire il Δt tra le differenti temperature dell'aria. È un sistema molto efficiente in questo tipo di ambienti, soprattutto in questo caso, dove il condotto può essere collocato durante lo scavo per l'edificio, senza bisogno di un'altra operazione specifica.

Il pozzo canadese può funzionare in maniera passiva attraverso l'effetto camino, tuttavia, trattandosi di un museo, la climatizzazione deve avere requisiti specifici e costanti. Per questo si è pensato di collegare il pozzo canadese, attraverso una ventola di aspirazione, alla unità di trattamento aria (UTA), che regola non solo la temperatura, ma anche la portata, la pulizia e l'umidità dell'aria.



65. Vista del hostel
65. Vista dell'ostello

IV.6. EL HOSTAL

El hostal se pone en el desierto como un lugar introvertido, que se esconde en la inmensidad de la arena.

Como ya dicho, este edificio se caracteriza por su horizontalidad, por ser una línea sutil en el medioambiente. Para crear esta dimensión, se pensó de distribuir las habitaciones y los distintos espacios del hostal alrededor de un grande patio con forma orgánica que se hace parte del interior de la construcción. De hecho, todos los espacios privados para los visitantes tienen ventanas hacia el desierto puestas en profundas logias que permiten de crear sombras y destacar el volumen longilíneo más que su elevación. De la misma manera, se va a definir una sombra abajo del edificio, debida al piso en voladizo que, por eso, parece flotar sobre el suelo.

Todos los ambientes están conectados entre sí a través de un largo pasillo con vidrios móviles alrededor del patio, que amplía el espacio del estar. La cubierta, que se curva como una hoja seca, techa el pasillo interior, apoyándose – gracias a su funcionamiento de cascara – solo a los muros de hormigón armado que dividen las habitaciones y constituyen la estructura vertical. La misma cubierta con su forma cóncava permite de contener la tierra y constituir un techo jardín, con efectos muy positivos sobre el clima interior.

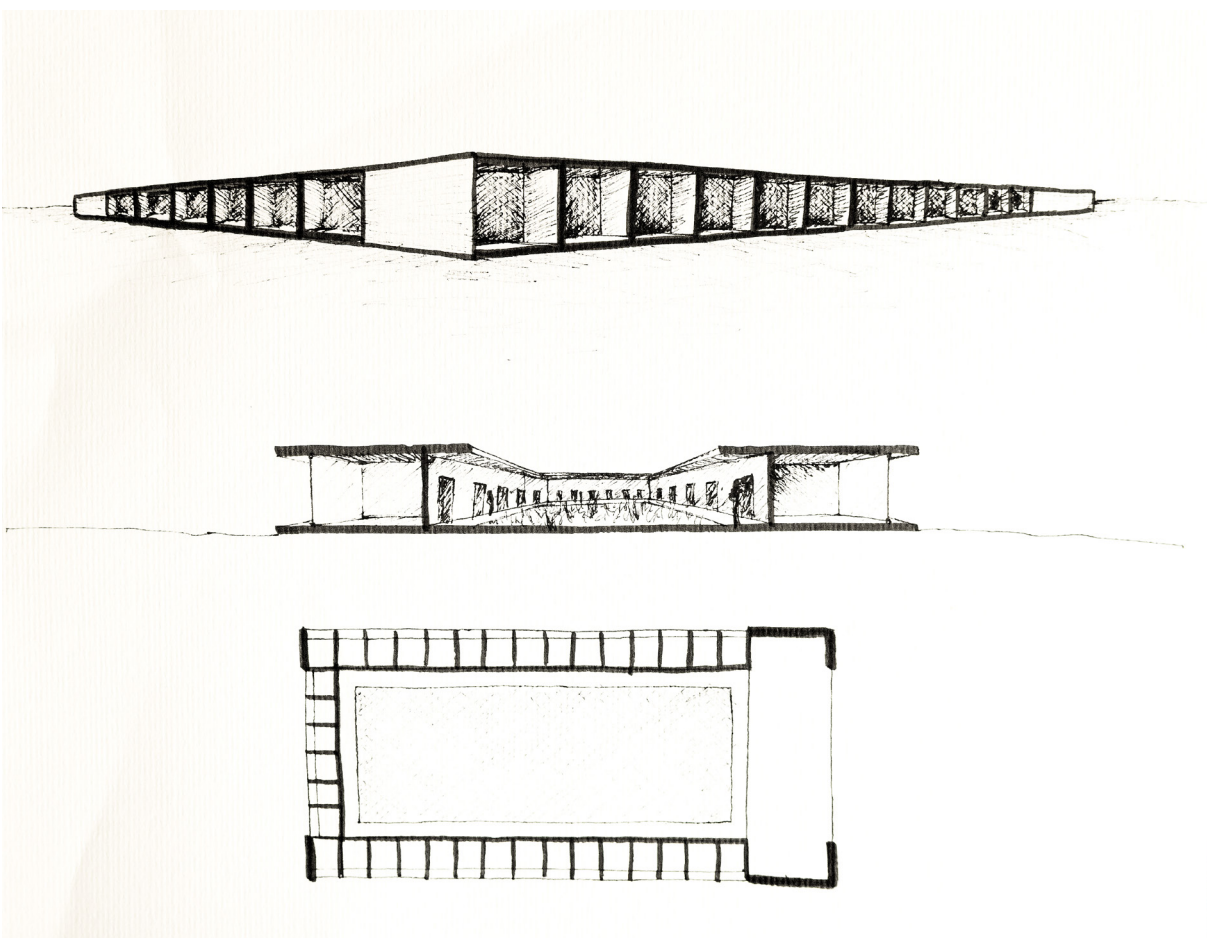
IV.6. L'OSTELLO

L'ostello si pone nel deserto come un luogo introverso, che si nasconde nell'immensità della sabbia.

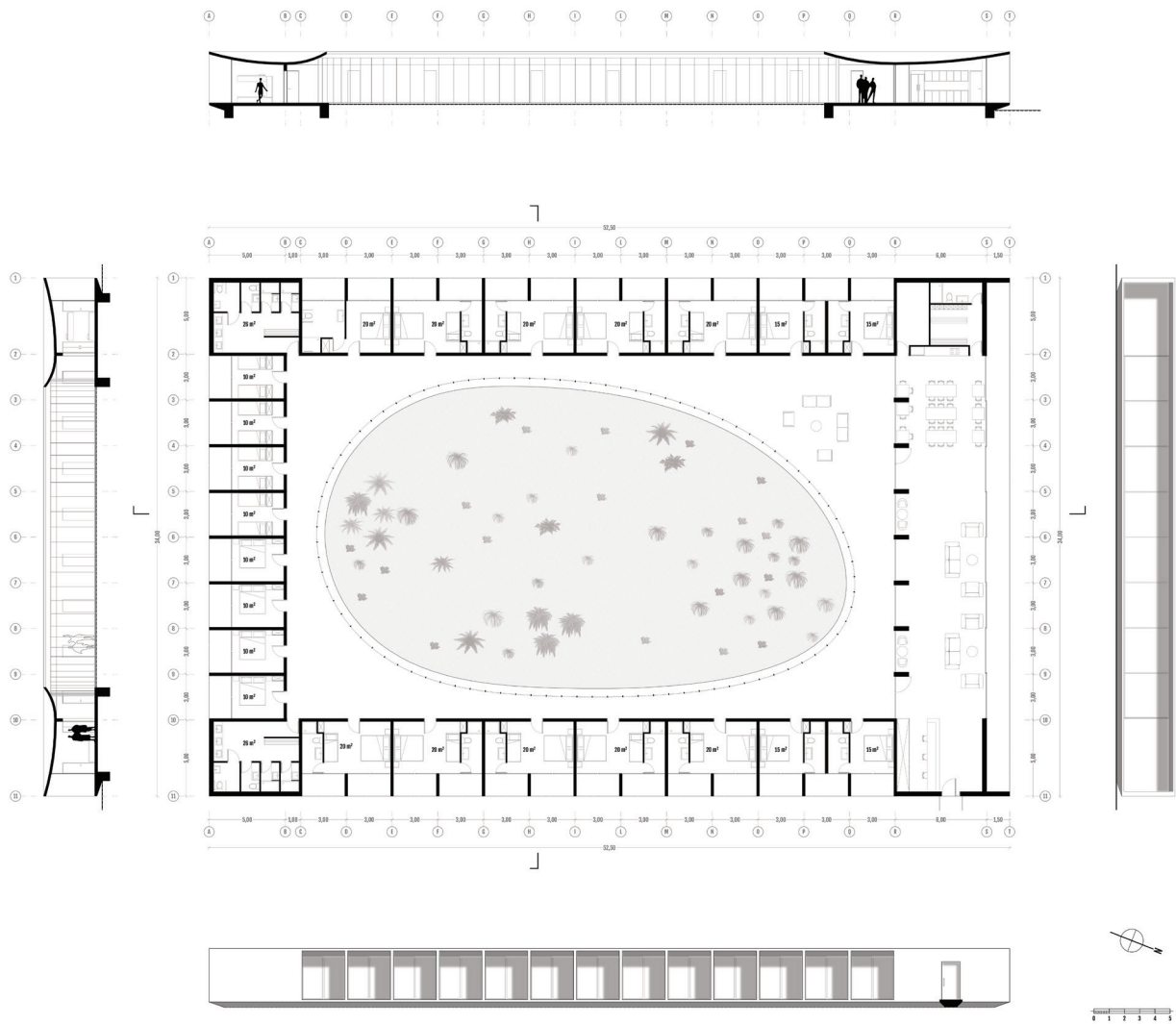
Come già detto, questo edificio si caratterizza per la sua orizzontalità, per essere una linea sottile nell'ambiente. Per creare questa dimensione, si è pensato di distribuire le stanze e i vari spazi dell'ostello intorno a un grande patio dalla forma organica che diventa parte dell'interno della costruzione. Di fatto, tutti gli spazi privati per i turisti hanno le aperture verso il deserto poste in logge profonde che permettono di creare un'ombra e far risaltare il volume longilíneo più che il suo prospetto. Allo stesso modo, si definisce un'ombra sotto l'edificio stesso, data dal solaio a sbalzo che, per questo, sembra fluttuare sul suolo.

Tutti gli spazi sono connessi tra loro attraverso un lungo corridoio con vetrate apribili sul patio, che amplia lo spazio dello stare.

La copertura, che si accartocchia come una foglia secca, costituisce il tetto del corridoio, appoggiandosi – grazie al suo funzionamento a guscio – solo ai muri di calcestruzzo che dividono le stanze e costituiscono la struttura verticale. La stessa copertura, con la sua forma concava, permette di contenere la terra e creare un tetto giardino con effetti molto positivi sul clima interno.



66. Croquis de estudio
66. Schizzo di studio



67. Planta, cortes y elevaciones del hostel
 67. Planta sezioni e prospetti dell'ostello

IV.7. GESTIÓN

El proyecto tiene una finalidad pública, siendo enfocado en la valorización del patrimonio material e inmaterial del Desierto de Atacama y, sobre todo, de la Aldea de Tular, actualmente gestionada por la Comunidad Atacameña.

Tratándose de un sitio de interés nacional e internacional, deberían ser implicados, a nivel chileno, el consejo nacional de la Cultura y las Artes, la Dibam, el Ministerio de Obras Públicas (MOP), el Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR), el Fondo Nacional de Desarrollo Cultural y las Artes, el Fondo Concursable para el Patrimonio Cultural del Consejo Nacional de la Cultura y las Artes (CNCA) y el Ministerio de Educación; a nivel internacional, apoyándose a la institución del UNESCO, el Fondo Internacional para la Diversidad Cultural (FIDC) y el Fondo Internacional para la Promoción de la Cultura (FIPC).

En el caso de un interés de privados en financiar la obra, se hará referencia a la Ley de Donaciones Culturales (art.8 de la ley 18.985) que trata y regula estos temas. Sobre todo en el caso del hostel, se podrá pensar a una participación y un contrato de una empresa externa.

A largo plazo, es necesario considerar, también, los recursos derivados por los ingresos al museo, el uso de la cafetería y el arriendo de parte del depósito del Museo por otras instituciones, y, sobre todo, el rendimiento del hostel.

IV.7 GESTIONE

Il progetto ha una finalità pubblica, essendo incentrato sulla valorizzazione del patrimonio materiale e immateriale del Deserto di Atacama e, soprattutto, di Tular, attualmente gestita dalla Comunità *Atacameña*.

Trattandosi di un sito di interesse nazionale e internazionale, dovranno essere coinvolti, a livello cileno, *il consejo nacional de la Cultura y las Artes, la Dibam, el Ministerio de Obras Públicas (MOP), el Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR), el Fondo Nacional de Desarrollo Cultural y las Artes, el Fondo Concursable para el Patrimonio Cultural del Consejo Nacional de la Cultura y las Artes (CNCA) y el Ministerio de Educación*; a livello internazionale, appoggiandosi all'istituzione dell'UNESCO, il Fondo Internazionale per la Diversità Culturale (FIDC) e il Fondo Internazionale per la Promozione della Cultura (FIPC).

Nel caso di un interesse da parte di privati per finanziare l'opera, si farà riferimento alla *Ley de Donaciones Culturales (art.8 de la ley 18.985)* che tratta e regola questi temi. Soprattutto nel caso dell'ostello, si potrà pensare alla partecipazione e all'appalto a un'impresa esterna.

A lungo termine, è necessario considerare, anche, le risorse derivate dai biglietti del museo, dall'uso della caffetteria, dall'affitto di parte del deposito di Museo da parte di altre istituzioni e, soprattutto, il rendimento dell'ostello.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFIA

Libros

Bianchini, M. (2010) *Le tecniche edilizie nel mondo antico*. Roma: Editrice Dedalo

Bittman, B., Le Paige, G., & Nuñez, L. A. (1978). *Cultura atacameña*. Santiago de Chile: Ministerio de Educación, Departamento de Extensión Cultural.

Bruschi, G., Faccio, P., Pratali Maffei, S., Scaramuzza, P. (2006). *Il calcestruzzo nelle architetture di Carlo Scarpa. Forme, alterazioni, interventi*. Bologna: Editrice Compositori

Calvino, I. (1972). *Le città invisibili*. Torino: Einaudi.

Foraboschi, P. (2004) *Elementi di tecnica delle costruzioni. Progetto di massima delle strutture civili (p.396)*. Collana di istruzione scientifica. Milano: McGraw-Hill Education

Grau, C. (1989). *Borges y la Arquitectura*. Madrid: Cátedra.

Nuñez, L. A. (1992). *Cultura y conflicto en los oasis de San Pedro de Atacama*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.

Plinio il Vecchio (77-78 d.C.). *Naturalis Historia*. XXXV, 166. Disponibile in: [https://la.wikisource.org/wiki/Naturalis_Historia/Liber_XXXV#\[166\]](https://la.wikisource.org/wiki/Naturalis_Historia/Liber_XXXV#[166])

Villa, A. (n.d. ca. 1920). *Il cemento. E le sue applicazioni*. Biblioteca Popolare di Coltura (29). Milano: Antonio Vallardi Editore

Artículos y publicaciones periódicas

Adán, L. (2017). *Arquitectura y sistema de asentamiento durante los períodos Intermedio Tardío y Tardío de San Pedro de Atacama*. *Anales de Arqueología y Etnología*, 72(1), 67-109.

Adán, L. A., & Urbina, S. A. (2007). *Arquitectura formativa en San Pedro de Atacama*. *Estudios Atacameños: Arqueología y Antropología Surandinas* (34), 7-30.

Bahamóndez, M. P., & Muñoz, E. G. (1997). *Sitio arqueológico Tulo 1: consideraciones para su conservación y caracterización de materiales*. *Conserva*(1), 49-60.

Barón, A. M., Bravo, L., & Llagostera, A. (1984). *Investigaciones arqueológicas en Tulo 1*. *Estudios Atacameños*(7), 105-115.

Barón, A. M. (1985, Octubre). *Tulo: posibilidades y limitaciones de un ecosistema*. *Chungara: Revista de Antropología Chilena*(16/17 (1986)), 149-158.

Bertolini, L. (2009). La corrosione delle armature nel calcestruzzo e la sua prevenzione. Giornata di Aggiornamento: *Degrado e consolidamento di costruzioni in calcestruzzo e muratura*. Torino, giovedì 16 aprile 2009

Block, P., Van Mele, T., Méndez Echenagucia, T., Pigram, D., Liew, A. (2018) Ultralight, flexible formwork system for thin, textile-reinforced concrete shells. *Structure* (1). 50-53

Colleparidi, M. (2003). La lezione dei romani: durabilità e sostenibilità delle opere architettoniche e strutturali. III Convegno AIMAT "Restauro e Conservazione dei Beni Culturali: Materiali e Tecniche". Cassino, 3-4 Ottobre 2003

Crespi, G. (2017). Max Dudler. Cantzheim: restauro dell'ex seminario e azienda vinicola vescovile, remise e orangerie, Kanzem an der Saar, Germania. *Casabella* (874), 74-83.

CSN (2015). *Memoria annual 2013-2015*. Centro Sismológico Nacional, Universidad de Chile.

Di Biase, C. (2010). Il culto dei monumenti moderni e il valore della conoscenza. In: La conservazione del calcestruzzo armato nell'architettura moderna e contemporanea - monumenti a confronto. *Quaderni di 'Ananke* (2), 45

Jackson, M. & al. (2017) Phillipsite and Al-tobermorite mineral cements produced through low-temperature water-rock reactions in Roman marine concrete. *American Mineralogist* (102) (7): 1435-1450. URL: <https://pubs.geoscienceworld.org/msa/ammin/article/102/7/1435-1450/353606>

Lara, C. B., & Barrenechea, F. R. (2018, Enero 17). Distribución de la frecuencia sísmica en Chile: un aporte a las políticas públicas en gestión de riesgo de desastres. Observatorio en Gestión del Riesgo de Desastres. Universidad Bernardo O'Higgins. Sacado de: observatoriobogrd.cl: <http://www.observatoriobogrd.cl/distribucion-la-frecuencia-sismica-chile-aporte-las-politicas-publicas-gestion-riesgo-desastres/>

López López D., Veenendaal D., Akbarzadeh M., Block P. (2014). Prototype of an ultra-thin, concrete vaulted floor system. Proceedings of the IASS-SLTE 2014 Symposium. Brasilia, Brazil

Navarro, H. M., Fernández, G. G.-B. (2016). Arquitectura y diseño, un reflejo del contexto climático y paisajístico. *ArDIn. Arte, Diseño e Ingeniería* (5), 16-30.

Nuñez, L. A. (2005). La naturaleza de la expansión aldeana durante el formativo tardío en la cuenca de atacama. *Chungara* (37(2)), 165-193.

Testa, C. (2012, Marzo 1). Las obras no están hechas para perdurar. Buenos Aires, Argentina: *El Barrio Periódico de Noticias*. Sacado de http://periodicoelbarrio.com.ar/%C2%93las-obras-no-est-an-hechas-para-perdurar%C2%94/?utm_medium=website&utm_source=plataformaarquitectura.cl

Veenendaal, D., West, M., Block, P. (2011). History and overview of fabric formwork: using fabrics for concrete casting. *Structural Concrete* 12 (3). 164-177

Seminarios y tesis

Ramírez, P. V. (2015). EBA. Estación biológica altiplánica: Atacama. *Memoria para el título de Arquitecto*. Prof. Guía Amaya Díaz, M. Santiago, Chile: Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Escuela de Pregrado.

Salerno, G. (2018). Arquitectura y estrategias geo-climáticas en el Desierto de Atacama. El caso de la aldea de tulo. *Seminario de investigación*. Prof. Guía: Gallardo Gastelo, F., Chile: Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Escuela de Pregrado.

Web

architectural-review.com (2013). Skill: Inflatable Concrete Domes. URL: <https://www.architectural-review.com/essays/viewpoint/skill-inflatable-concrete-domes/8641827.article>

Armstrong, S. (WWF.org) Western South America: Northwestern Chile. URL: <https://www.worldwildlife.org/ecoregions/nt1303>

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (bcn.cl). Clima y Vegetación Región de Antofagasta. URL: <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region2/clima.htm>

Burri, R. (1959) Sacado por: Archiwik.com. URL: http://www.archiwik.org/index.php?title=Villa_Savoye_abandoned

ciudadseva.com. URL: <https://ciudadseva.com/texto/carminum-03-30/>

climate-data.org. Clima: San Pedro de Atacama. URL: <https://es.climate-data.org/location/21732/>

comunicazionetecnologica.com. Il ponte sul Basento. URL: <http://www.comunicazionetecnologica.com/blog/item/27-il-pon-te-sul-basento>

Dehio G., von Bezold G. (1901). Kirchliche Baukunst des Abendlandes. Stuttgart: Verlag der Cotta'schen Buchhandlung. Plate No. 1. Sacado de: wikipedia.org. URL: [https://it.wikipedia.org/wiki/Pantheon_\(Roma\)#/media/File:Dehio_1_Pantheon_Floor_plan.jpg](https://it.wikipedia.org/wiki/Pantheon_(Roma)#/media/File:Dehio_1_Pantheon_Floor_plan.jpg)

Delso, D. (2016). Cerros Pintados, Pampa del Tamarugal, Chile. En: wikipedia.org . URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/64/Cerros_Pintados%2C_Pampa_del_Tamarugal%2C_Chile%2C_2016-02-11%2C_DD_112.jpg

giorgetta.ch. Cordillera de la sal - Morfología Atacameña. URL: https://giorgetta.ch/morfologia_atacameña.htm

Müller, S. (2017) Max Dudler. En: afasiaarchzine.com. URL: <https://afasiaarchzine.com/2017/07/max-dudler-8/>

planarquitectos.cl (2010). Proyecto de Restauración Iglesia San Pedro de Atacama. URL: <https://www.planarquitectos.cl/project/iglesia-san-pedro/>

rinnovabili.it (2018, 10 Aprile). L'industria del cemento deve ridurre le emissioni a livello mondiale. URL: <http://www.rinnovabili.it/ambiente/industria-cemento-ridurre-le-emissioni/>

TomasEE (2009). En wikipedia.org. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pantheon_-_panoramio_-_TomasEE.jpg

Vanfleteren, S. (2014) Para: Panos Pictures. Sacado por: Time.com. URL: <http://time.com/3387172/the-ghostly-remains-of-nazi-germanys-atlantic-wall/>

weather2travel.com. San Pedro de Atacama climate guide. URL: <https://www.weather2travel.com/climate-guides/chile/san-pedro-de-atacama.php>

weatherspark.com. El clima promedio en San Pedro de Atacama. URL: <https://es.weatherspark.com/y/27339/Clima-promedio-en-San-Pedro-de-Atacama-Chile-durante-todo-el-a%C3%B1o>

weschool.com. URL: <https://library.weschool.com/lezione/orazio-exegi-monumentum-odi-traduzione-libro-III-ode-30-11291.html>

xtec.cat (2012) Unitat 2. L'art clàssic. Roma. URL: http://www.xtec.cat/~evives3/2%20BAT%20Historia_art/art%20classic%20roma/art%20classic%20roma.htm

Zennaro, L. (2018) En: panorama.it. Il crollo di ponte Morandi a Genova. URL: <https://www.panorama.it/news/cronaca/il-crollo-di-ponte-morandi-genova-tutti-video/>

Otro

NCh 433 (1996). Diseño sísmico de edificios, Norma Chilena Oficial, edición modificada en 2009, Instituto Nacional de Normalización, Chile

Scarpa, C. (1976, Novembre 16). Conferenza tenuta all'Accademia di belle arti di Vienna

FUENTE DE LAS ILUSTRACIONES

FORTE DELLE ILLUSTRAZIONI

Las ilustraciones no presentes en esta lista son de elaboración propia

2	Elab. propia a partir de: <i>Google Earth Pro</i>	42	López López D., & al. (2014)
3	Elab. propia a partir de: Barón, A. M., Bravo, L., & Llagostera, A. (1984)	43	comunicazionetecnologica.com
10	Elab. propia a partir de: Ramírez, P. V. (2015)	46	Delso, D. (2016)
11	Elab. propia a partir de: giorgetta.ch	48,49	Elab. propia a partir de: <i>Google Earth Pro</i> y <i>SketchUp Pro</i>
12-15	weatherspark.com	50-52	Google Earth Pro
16	NCh 433		
17-19	Lara, C. B., & Barrenechea, F. R. (2018)		
21	Nuñez, L. A. (2005)		
22,23	Adán, L. (2017)		
24	planarquitectos.cl (2010)		
25	Vanfleteren, S. (2014)		
26	Burri, R. (1959)		
30	Zennaro, L. (2018)		
31	TomasEE (2009)		
32	Dehio G., von Bezold G. (1901)		
33	xtec.cat (2012)		
35,36	Müller, S. (2017)		
38	Veenendaal, D., West, M., Block, P. (2011)		
39	Block, P., & al. (2018)		
40	Veenendaal, D., West, M., Block, P. (2011)		
41	architectural-review.com (2013)		

