

# HABITAR EL DESIERTO

## VIVIENDA SOCIAL LIKAN ANTAI IMPRESA EN 3D

GONZALO ALONSO ARRAÑO RIVERA  
PROFESOR GUIA PATRICIO ARIAS

UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
SEMESTRE DE VERANO





# HABITAR EL DESIERTO

## Agradecimientos

Después de muchos años de trabajo y sacrificio, quiero agradecer a mis padres, Patricio y Sandra, que me han apoyado incondicionalmente, a mis hermanos que me han visto y acompañado en este proceso, a la Marina que desde algún lugar me tiene que estar viendo con una sonrisa.

A mis amigos que han estado siempre, el Alfredo, la Lara, la Sofi, la Fran, la Jose y hartos más que si los nombrara a todos me faltaría página, este semestre ha sido uno de esfuerzo y constancia, con metas autoimpuestas que espero seguir cumpliendo.

A la Rocio, con quien armamos marco teórico de seminario juntos, fuimos practicantes en la misma oficina y de quien me siento un colega muy cercano.

A mi profesor guía Patricio que me apoyó en una idea que muchos profesores podrían haber desechado desde el primer momento, motivarme a ir al emplazamiento y gestionar el encuentro con gente que me pudo ayudar en el lugar.

A Ana María Barón, que fue muy amable al recibirme, dejarme entrevistarla y que note su alegría al saber el tema de mi investigación.

A la Carla, el Mati, la Loreto, el Ivan y la Vale que han sido un apoyo emocional grande estos últimos meses, a mis amigos del coelgio que nunca han fallado en las malas.

A todas las personas que me han dado su apoyo, muchas gracias probablemente hubiese sido mucho peor sin ustedes, finalmente me enorgullezco de mi mismo y ver todo el camino recorrido hasta llegar a este momento.

# HABITAR EL DESIERTO

## ÍNDICE

### PARTE 1

- 1. Resumen
- 1.2 Introducción

### PARTE 2

- 2. Arquitectura Vernácula
  - 2.1 Arquitectura Vernácula de la tierra
  - 2.2 Culturas constructivas
  - 2.3 Culturas constructivas de la tierra en Chile
  - 2.4 Técnicas tradicionales en construcción en tierra en Chile
  - 2.5 San Pedro de Atacama
  - 2.6 Aldea de Tulor

- 3. Manufactura Aditiva / Impresión 3D
  - 3.1 Técnicas de Impresión 3D
  - 3.2 Tecnologías de Impresión 3D
  - 3.3 Ejemplos de Impresión 3D pertinentes al proyecto
  - 3.4 Estado de la industria en Chile

- 4. Vivienda Social en Chile
  - 4.1 La pobreza en Chile y San Pedro de Atacama
  - 4.2 Ejemplos de vivienda social para comunidades indígenas
  - 4.2 Marco Normativo

### PARTE 3

- 5. Proyecto
  - 5.1 Estrategias generales

### CIERRE

- 6. Bibliografía



# PARTE 1

INTRODUCCIÓN AL TEMA

# RESUMEN

HABITAR EL DESIERTO

VIVIENDA SOCIAL LIKAN ANTAI IMPRESA EN 3D

El proyecto trata sobre la utilización de nuevas tecnologías para entregar solución a la problemática de la vivienda social y se identifica como usuario objetivo la comunidad andina Likan Antai. Se emplaza en el Ayllu de Coyo en San Pedro de Atacama, perteneciente a la comunidad de la entia Likan Antai, se basa en la arquitectura vernacula, esta se define según una geografía determinada y técnicas constructivas propias, en este caso asociadas al oasis y al desierto, proveniente de la Aldea de Tulo, herencia de miles de años de antigüedad, que en este documento se ha tomado la decisión de reinterpretar en base a la utilización de la impresión 3D o manufactura aditiva.

La impresión 3D es una tecnología que permite la construcción de formas compleja en base al diseño computacional, es una tecnología que viene a entregar una nueva oportunidad de enfrentarse a la problemática medioambiental en la que nos encontramos y es en base a la utilización de la arcilla local como material constructivo que se busca dar esta respuesta, finalmente se busca solucionar los problemas existentes de una comunidad en una región del norte del país, para lo que primero se caracteriza la arquitectura, se caracteriza la población, se estudia la tecnología a implantarse, la realidad de la vivienda social para etnias indígenas y se entrega una comparativa de lo que es el salto de la arquitectura del neolítico al diseño paramétrico.



Fuente: Fotografía del autor, San Pedro, 2021

# INTRODUCCIÓN

## EL AVANCE DE LA HUMANIDAD

En algún momento, los humanos empezaron a desarrollar herramientas para facilitar sus labores, con una necesidad práctica de cobijo, las primeras casas milenarias o más aún de los cazadores trashumantes, fueron con ramas apoyadas unas en otras, sujetas con piedras en sus bases y cubiertas con ramas y cueros (Barón. A 2017). Posteriormente cuando el hombre desarrolla la agricultura y alfarería entre otras empieza a crear asentamientos más duraderos, utilizando como herramienta la tierra cruda.

Esta forma de construir ha sido utilizada en casi todos los climas cálidos y secos del mundo desde hace más de 9000 años, fue desde tiempos remotos la solución al alcance de la mano para el hombre primitivo, al problema de procurarse un refugio, convirtiéndose en uno de los principales materiales de construcción, siendo utilizado en todos los continentes de distintas formas, según el entorno en que se encontraran. (Visintainer 2016)

Es por esto que, la mayoría de los asentamientos antiguos que encontramos hoy presentan similitudes, aunque se encuentren a miles de kilómetros de distancia, miramos estos antiguos asentamientos y herramientas y pensamos, ¿cómo es que vivieron estos humanos? ¿cómo pudieron construir de manera tan perfecta con tan poco conocimiento? son las preguntas que nos hacemos al ver los vestigios que nos dejaron en sus antiguas construcciones.

En el contexto local, la aldea de Tulor, ubicada en el desierto de Atacama, es "el único asentamiento neolítico en Chile" (Barón. A 2021), de la etnia Likan Antai, fue construida en tierra hace casi 3000 años y aun sus restos se mantienen casi intactos, nos muestra una forma de habitar en armonía con la tierra.

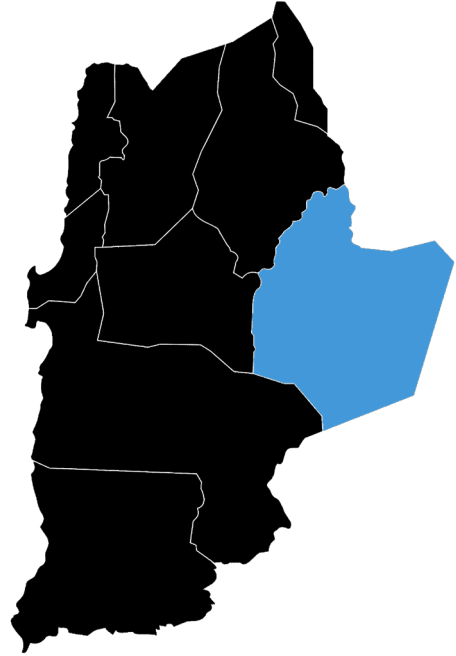
Hoy con miles de años de diferencia de esos primeros humanos nos encontramos frente a una encrucijada ambiental, estamos consumiendo los limitados recursos del planeta con gran rapidez y estos en algún momento terminarán por agotarse.

En el desierto de Atacama se evidencia esta realidad en cuanto a la explotación del agua que enfrenta, es por esto que veo necesario proponer una vivienda de fácil implementación, basada en la arquitectura vernácula de la aldea de Tulor y San Pedro de Atacama, que permita su fabricación a bajo coste, que utilice los recursos energéticos eficientemente y que pueda responder a las necesidades de vivienda que enfrentan miles de personas en el país.



# LOCALIZACIÓN

REGIÓN DE ANTOFAGASTA



COMUNA SAN PEDRO DE ATACAMA

Esquema 2 Región - Comuna  
Fuente: Elab. Propia



Esquema 1 País - Región  
Fuente: Elab. Propia

# LOCALIZACIÓN

RIO SAN PEDRO

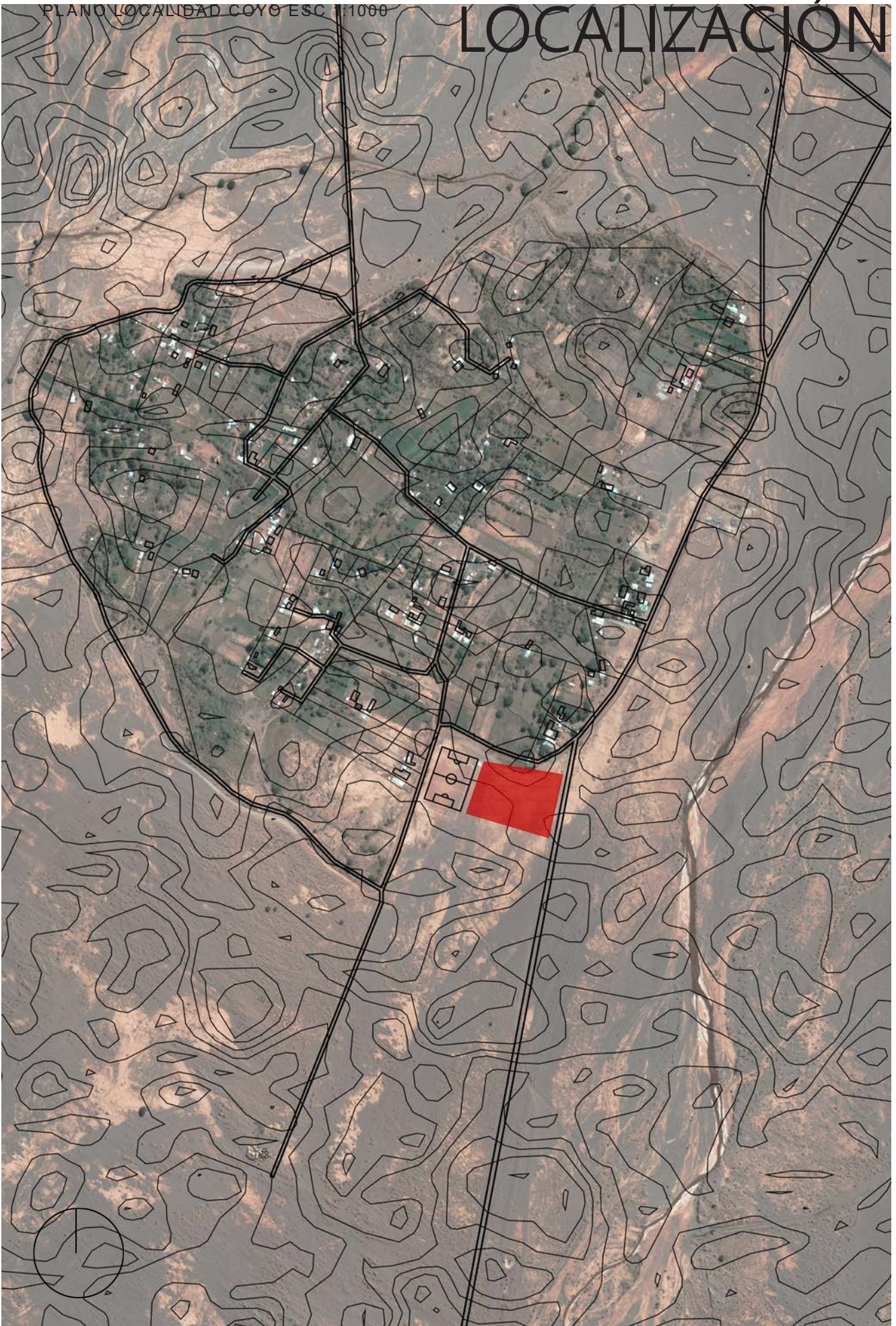
RIO VILAMA



Esquema 3 Zonificación general  
Fuente: Elab. Propia



# LOCALIZACIÓN



# PARTE 2

MARCO TEORICO

# ARQUITECTURA VERNACULA

## EL AVANCE DE LA EVOLUCION/CONSTRUCCION

El término vernácula, ligado a los estudios antropológicos, hace referencia a las características de un área geográfica local determinada, que tienen relación con las formas constructivas que se desarrollan en ella. Esta arquitectura sería la construida con los materiales disponibles en el entorno regional. (Pastor. M 2017)

Esta arquitectura entrega soluciones prácticas a los problemas que enfrentaron sus habitantes, utilizando los materiales que tenían a disposición para adaptarlos a sus necesidades, en algunos casos como lo es la aldea de Tulor, fueron varias las generaciones que readaptaron dichas construcciones a sus nuevas necesidades, se traspasaron las técnicas oralmente y se fueron perfeccionando a través del ensayo y error, lo que termina por ligar estrechamente al espacio físico en el que se encuentra, lo hace vernáculo, algo propio, nativo del lugar (RAE)

En esta arquitectura el material es el que determina la forma debido a sus posibilidades, esta función aplicada a lo vernáculo no sólo refiere a las características físicas del material, sino a la respuesta a una dimensión del pensamiento de dicho grupo humano, cultura, jerarquía, ritos y demás se ven reflejados en su arquitectura y como al utilizar los conocimientos traspasados oralmente entre generaciones este saber se complejiza y mejora cada vez más a través de la práctica, el ensayo y error. (Fernández Alba, A. 1990)

Esta nace desde una perspectiva funcional práctica para los pueblos antiguos, la necesidad de guarecerse de las condiciones climáticas que los afectaban directamente, la ubicación de estos asentamientos se decidía en base a los beneficios que este les entregaba, ya sea estar cerca de una fuente de agua o ser tierra fértil para el cultivo en dicha ubicación se ve reflejada los problemas y prioridades a los que se enfrentaban.

Pero en esta arquitectura se aprecia más de lo que es físicamente visible, en ella vemos proyectada una idiosincrasia y cosmovisión, envuelve en sí misma el misterio del pensamiento de una comunidad y es a través de esta que podemos especular el estilo de vida que llevaban hace cientos o miles de años.

Es importante mencionar la arquitectura vernácula debido a la directa correlación que tiene con el lugar donde plantee el emplazamiento de mi proyecto y como este aprovecha este saber antiguo particularmente aplicado a un caso puntual existente y lo reinterpreta desde una perspectiva actual.

Creo que falta mencionar que la arquitectura vernácula contiene sobre todo prácticas y soluciones tecnológicas específicas y adaptadas a un lugar en particular (durante décadas, a veces cientos de años, generación tras generación), a diferencia de la arquitectura moderna, que aboga por una homogeneidad de soluciones y materiales, la arquitectura vernácula contiene claves sobre un lugar y sus condiciones climáticas y los materiales existentes en ese lugar. Esto la hace estar estrechamente ligada a ese lugar donde se desarrolla.

# ARQUITECTURA VERNACULA DE LA TIERRA

“La edificación con tierra se ha desarrollado básicamente a partir de la transmisión de conocimientos de origen popular que, como todo saber tradicional, consisten en la manifestación de respuestas lógicas a necesidades locales, así como a las condicionantes y recursos que ofrece el medio natural.” (Guerrero Baca, 2007)

La tierra es el material de mayor disponibilidad y que se encuentra en cualquier parte del mundo, ha sido el material más utilizado a lo largo de la historia, podemos ver en variados ejemplos alrededor de todo el mundo distintos ejemplos de este tipo de edificaciones en tierra.

Ese desarrollo en la construcción con tierra Guerrero Baca lo ha denominado como “selección artificial” que radica en el proceso milenario de aprendizaje de tradición oral en el que mediante la técnica del ensayo y error preserva el conocimiento derivado de resultados exitosos y descarta los fracasos.

En la actualidad la arquitectura en tierra es comúnmente asociada a la pobreza, la arquitectura convencional tiende a verla como un vestigio del pasado, siendo que el conocimiento actual se transmite de una forma convencional y racional, esta tiende a denostar el conocimiento tras pasado de manera oral debido a la falta de una demostración de este conocimiento en una manera cuantificable y racional. Sin embargo pese a la incredulidad de que la arquitectura en tierra pueda satisfacer de manera segura las necesidades de vivienda presentes aun después de tantos años podemos ver cómo se mantiene en distintos lugares del planeta.

Existe una discrepancia entre este saber teórico actual y la realidad práctica que vivimos, siendo que se plantea la obsolescencia de la tierra como un material capaz de entregar una vivienda de calidad y segura, incluso la misma normativa nacional plantea que no es legal realizar edificaciones de más de un nivel en adobe, en la práctica se estima que hoy en día, un tercio de la población mundial vive en casas de tierra. (Visintainer, 2016).

Es por esto que en vez de considerar que la arquitectura en tierra debería asociarse sólo al pasado y al patrimonio. Ya nos dimos cuenta de que el futuro de la construcción no puede ser en hormigón debido al gran gasto energético y material que representa y los altos índices de contaminación que genera.

En la actualidad la producción de hormigón es una de las actividades más contaminantes, se encuentra sometido a una fuerte presión medioambiental dado que contribuye entre un 7-10% a las emisiones de CO<sub>2</sub> que se producen en el mundo (Ordóñez. L 2011), debido a esto surge la interrogante de que material responde a esta problemática medio ambiental, es en base a esto que considero la posibilidad de utilizar la tierra como material constructivo, desligándolo de su carácter asociado al patrimonio y planteando la adaptación de esta a nuevas tecnologías de construcción.

Surge la idea de pensar en que la tierra, en la práctica nunca va a dejar de ser un material abundante y al que le podemos sacar un beneficio mayor, aprovechando las nuevas tecnologías existentes. Para utilizar la tierra de manera más eficiente, responder a las necesidades de vivienda existentes a un bajo costo y enfrentar los problemas climáticos actuales con un material sustentable, es en este punto en el que encuentro que la impresión 3D, utilizando la tierra como material constructivo es una posible respuesta a estas problemáticas.

# CULTURAS CONSTRUCTIVAS

Una cultura constructiva es la formación o capacidad intangible de un asentamiento humano, construido por los habitantes del lugar a partir de la interacción con su entorno inmediato. Relacionando la vida del edificio, a partir del diseño, su construcción, mantenimiento, restauración; y cómo éste se relaciona con la cultura social, creencias, economía, etc. (Maúlen, 2020)

Existen variedad de escalas en las que podemos catalogar las distintas culturas constructivas tanto a nivel mundial como a nivel nacional, todas estas se caracterizan por la construcción mediante un material específico predominante y es en torno a este material que se puede evidenciar el desarrollo de esta cultura constructiva, así como las mismas edificaciones son el producto de dicha cultura.

## CULTURAS CONSTRUCTIVAS DE LA TIERRA EN CHILE

En Chile las culturas constructivas también están presentes en distintos tipos, esto se debe tanto a las diferencias climáticas y extensión geográfica del país como también a los distintos grupos humanos que lo habitan.

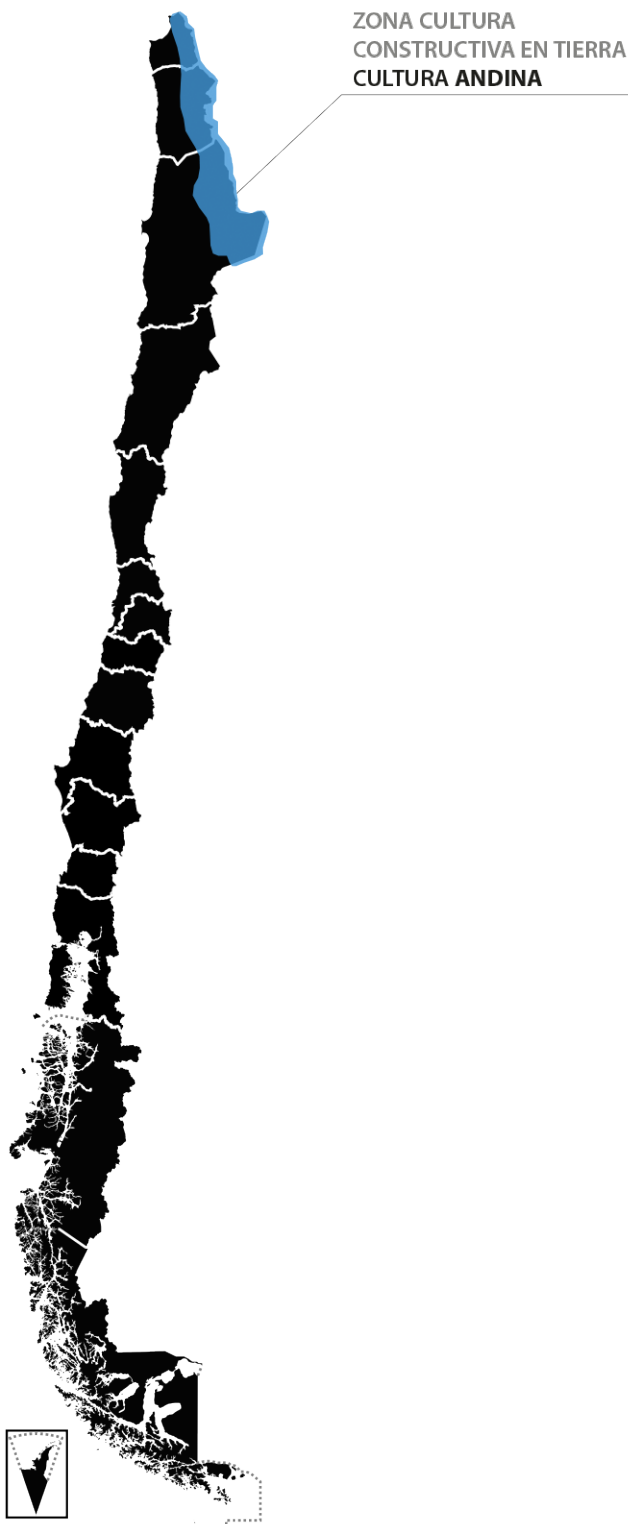
“Existe una gran variedad climática, geográfica y cultural; esta diversidad va definiendo distintos modos de habitar, que se traducen en diferentes “culturas constructivas” que resuelven las problemáticas en torno al habitar utilizando los materiales locales y adaptándose al contexto.” (Visintainer, 2016)

Según Natalia Jorquera en su documento “Culturas constructivas que conforman el patrimonio chileno construido en tierra” hace alusión a que entre las regiones de Arica al Bio Bio existen gran cantidad de poblados entre los cuales podemos catalogar en 6 las distintas culturas constructivas del país, en las que podemos evidenciar que la tierra es el material constructivo más abundante pero no el único exclusivamente (Jorquera, 2014).

A continuación describiré brevemente las distintas culturas constructivas de la tierra en Chile, esto debido a que si bien estoy enfocando mi trabajo a una categoría en específico, la tierra existe en todos lados y podría ser replicable tanto en Chile como en cualquier parte del mundo.



CULTURA CONSTRUCTIVA EN TIERRA ANDINA



Esta cultura forma parte del patrimonio compartido entre Perú, Bolivia, Chile y Argentina entre las quebradas y oasis que se encuentran en la cordillera de los andes. Basada en la piedra y en la tierra, los dos materiales más abundantes de la zona construida en adobe, mampostería de piedra asentada en barro o en seco, además de conglomerados mixtos piedra-tierra. (Jorquera, 2014).

Existe en la cultura andina una importante relación espiritual con la Madre Tierra, sus altos cerros se ven representados en la forma un poco piramidal de sus edificaciones que a su vez ha sido parte importante como estrategia antisísmica.

“La vulnerabilidad sísmica de esta cultura constructiva radica en: débiles conexiones entre los distintos componentes constructivos, estructuras de techumbre de “par y nudillo” que generan empujes sobre los muros y, en general, mala calidad de los morteros de tierra empleados.” (Jorquera, 2014)

Para el mundo andino, la construcción es un arte religioso: el modelo de la misma Madre Tierra, se refleja en su arquitectura nacida, es una acción que une el hombre andino con el cosmos sagrado. El proceso constructivo, desde la elección de la piedra o tierra adecuada, para dar forma al edificio se trabaja la artesanía, la comunidad local participa activamente en la construcción de la obra arquitectónica. (Visintainer, 2016)



Esquema ZCC Andina  
Fuente: En base a información por Natalia Jorquera, 2014

Fuente: Fotografía del autor, 2021

CULTURA CONSTRUCTIVA DE LAS SALITRERAS



Esta cultura se encuentra en las minas de salitre que surgieron en el s.XIX en el norte del país, en ella podemos ver el cruce cultural entre Norteamérica con el hombre de la pampa que construyó dichos asentamientos, posterior a la guerra del pacifico entre 1880 y 1930 se construyeron 130 salitreras las cuales dejaron de funcionar con la invención del salitre sintético pero que aún podemos ver dispersas por la parte septentrional del desierto.

El desierto de Atacama no poseía los recursos necesarios para sostener a la población, es por esto que se generaron poblados autosuficientes con la característica de que en él vivían tanto los mineros y campesinos en el mismo lugar que los dueños de las salitreras.

De manera similar a la cultura constructiva en tierra andina se caracteriza principalmente por el uso de la tierra y piedras, en este caso dándose una mixtura particular entre el adobe con elementos metálicos que lo aseguran.

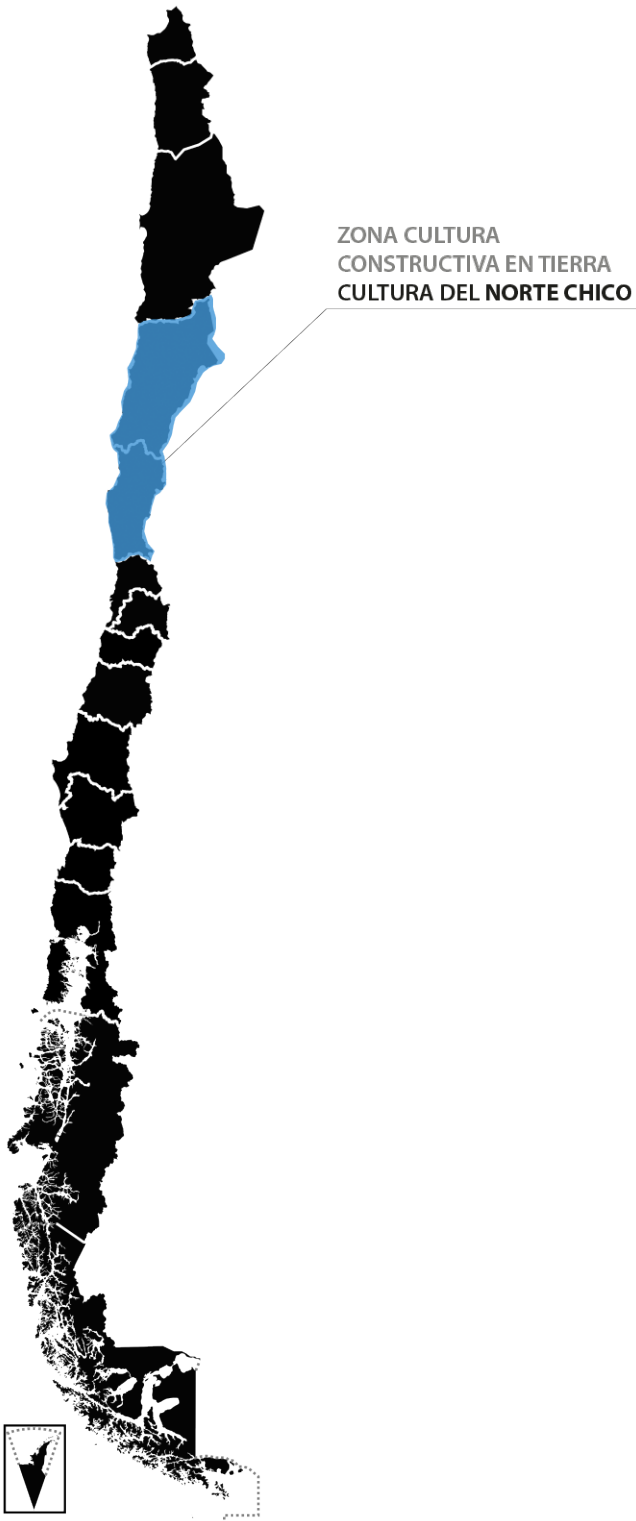
La arquitectura de salitreras se caracteriza por ser uno de los primeros ejemplos de arquitectura industrial estandarizada en Chile. Los propietarios en su mayoría británicos (también hubo estadounidenses, alemanes y croatas) importaron elementos prefabricados para las grandes estructuras. (Visintainer, 2016)

“Esta arquitectura foránea que tuvo que adecuarse al contexto sísmico del país, utilizó como estrategia el incorporar escalerillas metálicas dispuestas horizontalmente entre las hiladas de adobe, concibiendo una especie de albañilería armada. Estas, sin embargo, al no estar amarradas a los perfiles de hierro, no funcionan óptimamente al momento de un sismo, lo cual sumado al diseño de los edificios que escapan a las recomendaciones para los edificios de adobe, constituyen los factores de vulnerabilidad sísmica de la cultura constructiva.” (Jorquera, 2014)



Esquema ZCC Salitrera  
Fuente: En base a información por Natalia Jorquera, 2014

CULTURA CONSTRUCTIVA DEL NORTE CHICO



El norte chico ubicado entre las regiones de Atacama y Coquimbo ha sido testigo del mestizaje entre el indígena y el español, dando una cultura constructiva que transmite también este mestizaje, con valles más fértiles que en el desierto se suma a la tierra la madera como material predominante, la piedra se mantiene presente, pero en menor medida.

“El adobe es la técnica predominante en las viviendas de influjo hispánico, mientras la “quincha” –de origen prehispánico-, el “ensardinado” y el tabique de madera relleno con adobe son utilizados en muros interiores, recintos menores y en los tímpanos de las viviendas. La piedra en general sin labrar y a seco, se utiliza para muretes divisorios de terreno y para base de muros y se hace más frecuente en las cercanías de la cordillera.” (Jorquera, 2014).

Al incorporarse elementos constructivos de madera a la albañilería de adobe, aumenta su resistencia sísmica, sin embargo, muchas veces estas fueron construidas de manera deficiente no logrando amarrar el edificio.



Esquema ZCC Norte Chico  
Fuente: En base a información por Natalia Jorquera, 2014

Fuente: Natalia Jorquera, 2014

CULTURA CONSTRUCTIVA DE VALPARAÍSO



ZONA CULTURA  
CONSTRUCTIVA EN TIERRA  
CULTURA DE VALPARAISO

Entre los cerros de Valparaíso podemos ver diversos tipos de coloridas construcciones que lo adornan, a inicios del s.XX debido a la importancia que tenía el puerto en esa época llegaba una gran cantidad de madera como lastre en las embarcaciones, que en conjunto con el adobillo generaron una dupla que respondía a las necesidades de viviendas provocado por el terremoto de 1906 y que tenía cualidades sismorresistentes.

“a través de una tecnología casi estandarizada: tabiques con pies derechos cada 60 cm. con piezas de secciones cercanas a las 6”, rellenos con “adobillos” de tierra de 60x15x10cm” (Jorquera, 2014) en ella vemos reflejada el gran intercambio cultural que se daba en un puerto sumamente importante en esos tiempos.



Esquema ZCC Valparaiso  
Fuente: En base a información por Natalia Jorquera, 2014

Fuente: Natalia Jorquera, 2014

CULTURA CONSTRUCTIVA DE SANTIAGO PONIENTE



ZONA CULTURA  
CONSTRUCTIVA EN TIERRA  
CULTURA DE SANTIAGO PONIENTE

Esta se desarrolló a mediados del s.XIX el Santiago republicano estaba en un proceso de expansión, los nuevos habitantes eran principalmente aristócratas, intelectuales y europeos que crearon "...construcciones sofisticadas y de estilos nuevos, haciendo desaparecer paulatinamente la sencillez tradicional de la ciudad..." (Fernández, 2000).

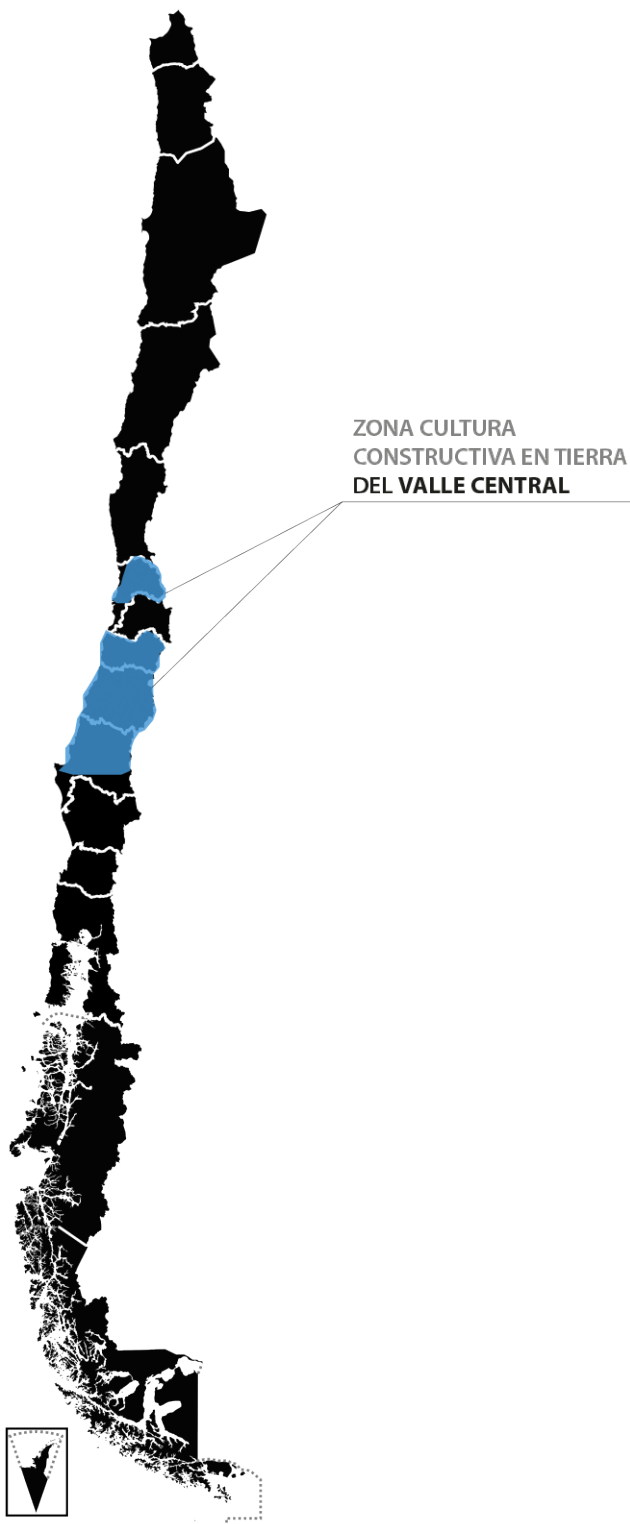
"El adobe, relegado a los muros perimetrales de los primeros pisos de las nuevas viviendas palaciegas, da lugar a entramados de madera rellenos de bloques de adobe dispuestos en pandereta en los pisos superiores y muros interiores. Las fachadas de adobe o ladrillo cocido, fueron hábilmente recubiertas por estucos que imitaban otros materiales como la piedra." (Jorquera, 2014).

Las estrategias sismorresistentes consistían en el movimiento unitario de la manzana, el uso de la madera permitió la disminución del espesor de muros, el aumento en la altura de las edificaciones y la generación de vanos mayores, mientras que el adobe respondía a las necesidades de confort térmico y acústico, dando así una mejor respuesta sismorresistente.



Esquema ZCC Santiago Poniente  
Fuente: En base a información por Natalia Jorquera, 2014

CULTURA CONSTRUCTIVA DEL VALLE CENTRAL



Desde la región de Valparaíso hasta parte de la región del Bio Bio vemos la cultura constructiva del valle central, con una raíz hispánica marcada su origen colonial se remonta al modelo agrícola-latifundista que vemos reflejado en desde el poblado hasta la hacienda.

“El uso del adobe estandarizado en un bloque de 60x30x-10cm, junto a las tejas de arcilla y a los elementos de madera, forman un conjunto indivisible que le otorga un carácter único al valle central. De los numerosos ejemplos sobrevivientes a los terremotos que han afectado la zona, se desprenden las estrategias sismorresistentes: concepción geométrica adecuada, correcta distribución de las cargas y masa, e incorporación de elementos auxiliares como contrafuertes, llaves de madera u otros que mejoran el trabajo de las albañilerías de adobe.” (Jorquera, 2014).



Esquema ZCC Valle Central  
Fuente: En base a información por Natalia Jorquera, 2014

Fuente: Natalia Jorquera, 2014

# TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS TRADICIONALES EN TIERRA EN CHILE

## EL TAPIAL

“Tapia” y “tapial” son términos sinónimos, aunque en el origen su significado era distinto. Se entiende por “Tapia” a un trecho de pared que se hace con tierra húmeda o seca apisonada en una horma. En cambio “Tapial” es el molde, horma, caja o encofrado con el que se fabrican las tapias, por extensión se entiende como tal la pared de tapia (Bassegoda Nonell, 2000). (Visintainer, 2016).

La técnica conocida como tapia, tapial, tapia pisada o tierra apisonada, presenta ciertas diferencias con respecto al adobe. Se trata de un sistema en el que la transformación del suelo y la edificación constituyen un mismo proceso, por lo que la selección de la materia prima y la organización del trabajo son piezas clave. (Guerrero Baca, 2007)

A nivel popular se le llama adobón por la forma intercalada en que se coloca el encofrado (para aumentar su resistencia), dando la imagen de bloques de adobe de gran tamaño (1,2 m x 0,70 m aprox.). La tapia o adobón es muy utilizada en la zona central de Chile (sobre todo V región cordillera) y en los pueblos del desierto de Atacama donde constituyen los límites del entorno conformando unos paisajes muy particulares, en sus trazados en el campo y en la conformación de calles y caminos. (Visintainer, 2016).



Fuente: Marcela Serrano, 2017.



Fuente: Marcela Serrano, 2017.



Fuente: Marcela Serrano, 2017.

ADOBE



Fuente: Marcela Serrano, 2017.



Fuente: Marcela Serrano, 2017.

Como es conocido por todos, el adobe constituye la técnica que mayor nivel de difusión ha tenido tanto por la semejanza que presenta con el resto de los sistemas constructivos mampuestos, como por la posibilidad de prefabricar, almacenar y transportar las piezas para su uso posterior. (Guerrero Baca, 2007)

Es el sistema constructivo en tierra más común en el país, consiste en la mezcla de tierra cruda y paja generalmente que se apisonan y se dejan secar al sol.

El tamaño del adobe puede variar de un lugar a otro, pero en Chile el más utilizado es 30x60x10cm. Para optimizar el rendimiento estructural de un edificio construido con adobe en Chile, hay algunas reglas simples que es necesario considerar, especialmente en el caso de las áreas geográficas de alta sismicidad:

- Se debe construir edificaciones de un solo piso
- El espesor mínimo de las paredes es de 40 cm, sin embargo en Chile es más común encontrar muros desde 60 cm de ancho (largo del adobe)
- Longitud libre de la pared, debe equivaler a un máximo de 10 veces el espesor del mismo muro, para evitar paredes tan largas, en espacios que no se puedan dividir con muros perpendiculares se debe usar contrafuertes
- Los contrafuertes debieran ser de largo igual a 2 espesores de muro;
- Los vanos o aberturas deben ser pequeños y deben estar dispuestos lejos de las esquinas o encuentros de muro
- Debe existir una adecuada traba (endentado) en los encuentros entre muros;
- La parte superior de los muros debe estar “amarrada” (viga Collar o diafragma de techo) para mantener unidas todas las paredes
- Debe aislarse del suelo con un sobrecimiento de al menos 20 cm de alto, de piedra u otro material que proporcione aislamiento de la humedad del suelo y la lluvia
- La altura del Muro debe tener una esbeltez máxima de 1:7 en la relación espesor de muro: Altura de muro. (Visintainer, 2016).



## QUINCHA

En esencia, se puede decir que el bahareque consiste en la realización de una estructura de pies derechos de madera que se empotran a la cimentación o al suelo natural, a la cual se le fijan travesaños del mismo material, pero de menor sección con separaciones de entre 80 y 120 cm.

Posteriormente se incorpora el tejido de varas, cañas, carrizos u otro tipo de bambúes que, según su diámetro, se pueden entramar enteras o seccionadas en toda su longitud. Esta estructura es revestida por ambas caras con lodo adicionado con fibras vegetales en dos o tres capas sucesivas de espesor decreciente. (Guerrero Baca, 2007)

Es un sistema constructivo con una tradición histórica importante dentro de las construcciones del valle central de Chile; pertenece al sistema de muros con tierra proyectada sobre entramados flexibles; llamados también sistemas mixtos. Se agrupan bajo esta denominación todos los sistemas de construcción en los cuales la tierra está asociada, como relleno y/o revestimiento, a elementos estructurales de madera, caña u otro material resistente. (Visintainer, 2016).

La quincha es el sistema de construcción con tierra que tiene mejor comportamiento sísmico, como quedó demostrado en Lima en el terremoto de 1746, ciudad en la que convivían todos los sistemas tradicionales de construcción con tierra (Viñuales M. G., 1995).



Fuente: Marcela Serrano, 2017.



Fuente: Marcela Serrano, 2017.

ADOBILLO



Fuente: Natalia Jorquera, 2014

El Adobillo es un sistema muy particular que, si bien no es de los llamados sistemas tradicionales, es una innovación tecnológica que a estas alturas ya es considerado tradicional pues forma parte de la Cultura constructiva Patrimonial de algunas zonas del país y es con el cual están construidos una parte de los Inmuebles patrimoniales, como es el caso de la mayoría de los edificios de la ciudad de Valparaíso, Patrimonio de la Humanidad.

Es una técnica mixta que surge en las zonas portuarias del país, podríamos decir que es una mezcla evolutiva entre la quincha y el adobe. Nace a partir del Ballom Frame (Sistema estructural de entramado de madera inventado en los Estados Unidos, en sustitución de las vigas y pilares, con elementos de menor sección dispuestos a distancias más cortas entre sí, y con uniones sencillas). (Visintainer, 2016).

El sistema constructivo está compuesto por tabiques de madera de roble, con pies derechos cada 60 cm con un pequeño "listón" (madera de 5x5 cm de espesor) clavado en el centro a cada lado del pie derecho, este listón actúa como macho (sistema machihembrado) respecto del relleno, que está compuesto por pequeños adobes, de 15 cm de ancho x 60 cm x 10 cm (la mitad de ancho que el adobe e igual de ancho que el pie derecho de roble), en cuyos extremos al centro tiene un agujero o más bien una muesca de 5 x 5 cm (hembra) para calzar con los listones de los pies derechos a cada lado, es como una especie puzle entre el bloque y los pies derechos.



Fuente: Natalia Jorquera, 2014

# SAN PEDRO DE ATACAMA

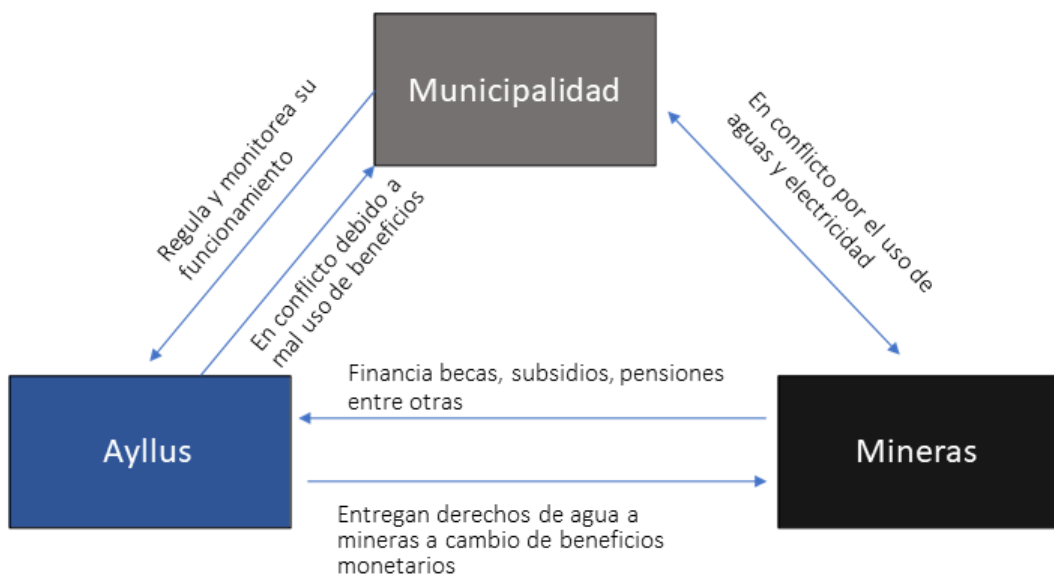
Ubicado en la II Región de Antofagasta, en la Provincia del Loa, a 117 km de Calama se encuentra la comuna de San Pedro de Atacama, tiene la particularidad de estar compuesta por Ayllus, esta palabra proviene del Quechua y significa familia o linaje, significando que cada Ayllu lo compone un grupo humano de distintas dimensiones pero con un origen indígena, estos representan unidades territoriales que manejan las comunidades indígenas, cada uno posee una mesa directiva compuesta por un presidente, secretario, director y tesorero y estos se reúnen periódicamente en el consejo de pueblos atacameños.

En la actualidad existen 17 Ayllus que se dividen en el territorio a lo largo de los ríos Vilama y San Pedro, en la actualidad estos Ayllus poseen el derecho ancestral de la tierra, "A través de la promulgación de la Ley N° 19.253 en 1993, el Estado reconoce a las Comunidades Indígenas de Chile como descendientes legítimos de los pueblos originarios de nuestro territorio y, por tanto, transmisores de tradiciones y manifestaciones culturales propias." (Ministerio de Bienes Nacionales)

Conforme a la Ley Indígena y los instrumentos legales de que dispone este Ministerio, tanto en propiedad fiscal como particular, se han tramitado Títulos Gratuitos de Dominio individual, transferencias comunitarias y Concesiones de Uso Gratuito sobre predios fiscales, además de regularizaciones de Títulos sobre propiedad particular, en favor de personas y comunidades indígenas de todo el territorio nacional. (Ministerio de Bienes Nacionales)

Según Valeria Tapia, jefa de la dirección de desarrollo comunitario de la municipalidad de San Pedro esto significa que los Ayllus poseen las facultades de gestionar los sectores naturales que les corresponden, trabajan en conjunto con el municipio, y son subsidiados por las mineras que se encuentran en el sector, dándole una autonomía única a las comunidades indígenas Likan-Antai. Si bien se puede considerar un avance para la integración de las comunidades indígenas la promulgación de dichas leyes indígenas no todas las consecuencias de esta han sido positivas.

En palabras de Ana María Barón, ex alcaldesa de San Pedro de Atacama y Arqueóloga que ha dedicado gran parte de su vida a la investigación de la Aldea de Tulor, el hecho de que las mineras financian a los Ayllus ha significado que estos no cuiden el patrimonio natural y arquitectónico de una manera correcta, opinión respaldada por Patricia Segovia, trabajadora y guía en la Aldea de Tulor que comenta que debido a que no todos los Ayllus poseen un territorio, estos terminan siendo coartados por las mineras aceptando condiciones que terminan sacrificando el territorio y el uso del agua por un beneficio monetario, además agrega que dentro de estos beneficios se encuentran, acceso a salud, becas escolares, pensiones, canastas de alimentos, instalación de paneles solares y subsidios económicos entre otros.



Mapa de actores en base a conversaciones in situ

## APROXIMACIÓN HISTÓRICA A SAN PEDRO DE ATACAMA

En el Chile prehispánico, en la cuenca del oasis que es San Pedro de Atacama vivían las culturas Aymara y Atacameña o Likan-Antai, estas culturas eran de pastores trashumantes y cazadores que se desplazaban a la cuenca en la primavera y subían los cerros en otoño, fueron fuertemente influenciados por la cultura Inca y del Tiahuanaco.

En la actualidad podemos ver asentamientos tales como la Aldea de Tulor “Tulor es un sector arqueológico de San Pedro de Atacama, que ha sido asimilado con la epónima del ayllu inmediato. Este sector, de alrededor de un kilómetro de extensión, contiene por lo menos 10 sitios que presentan vestigios arquitectónicos” (Barón A. 1984) Es importante mencionar que se estima que Tulor es un sitio con una antigüedad que data del 800 a.C aprox. Siendo el asentamiento neolítico más antiguo de la historia y de las ruinas más importantes de Chile.

Posteriormente con la llegada de los Españoles se llegó a un proceso de mestizaje que afectó todos los ámbitos del estilo de vida indígena, generando también en la arquitectura un proceso de mestizaje de técnicas constructivas dando así origen a nuevas culturas constructivas a lo largo del país así como arquitecturas vernáculas.

“Un ejemplo paradigmático de este mestizaje cultural es la Arquitectura Barroca del S.XVII-XVIII que se implanta en el norte de Chile con la llegada de las misiones jesuitas que venían del Perú.” (Visintainer L. 2016).

Tras esto y la independencia de los países latinoamericanos toda la región de Atacama queda bajo soberanía boliviana, “En 1825 Atacama quedó sujeta a la soberanía boliviana como un distrito dependiente del Departamento de Potosí. Poco después adquirió el rango de prefectura o Departamento Litoral, incluyendo, como en la administración colonial, los territorios de la costa y del interior.” (Gundermann H. 2007).

En la segunda mitad del siglo XIX tras la guerra del pacífico todo este territorio quedó anexado por Chile dando inicio a la ocupación nacional del norte grande, la situación indígena entre los años 1880 y 1960 es de una marcada discriminación, el indio se asocia a pobreza y falta de cultura, leyes que los representen no existen sino hasta mucho después, el proceso de Chilenización prioriza Arica y Tarapacá por los tratados existentes tras la posguerra con Perú y Bolivia mediante el adoctrinamiento en base a autoridades tanto estatales en sus distintas escalas como religiosas por parte del clero chileno.

La caída de la minería salitrera en las primeras décadas del s.XX inició un proceso de migración hacia las urbes por parte de las comunidades indígenas debido a la caída de la necesidad de la agricultura, posteriormente durante la década de los 50 las comunidades indígenas participan más activamente del proceso de chilenización, siendo el problema educacional y las diferencias lingüísticas el principal motor.

“La dictadura se enfocó en un desarrollo geopolítico en base a la conectividad de las comunidades indígenas con las urbes y transportes ferroviarios, mayor regularización de la escolaridad, mayor volumen de la fuerza institucional y control fronterizo y creación de municipalidades en el sector andino, existe un adoctrinamiento en base a la chilenización y la posibilidad de ser menos indio puesto que el indio se asociaba a la carencia de civilización y con la creciente escolaridad esta se veía disminuida.” (Gundermann H. 2018)

El periodo que consiste en la vuelta a la democracia ha consistido en visibilizar las culturas indígenas nacionales, esto tuvo un impacto muy grande en San Pedro de Atacama, ya que la promulgación de la ley indígena en 1993, la creación de la CONADI entre otras ha dado autoridad en ese territorio a las comunidades indígenas que lo habitan.

En la actualidad San Pedro de Atacama es uno de los destinos turísticos más visitados del país, junto con Santiago y Torres del Paine entre otros, presenta una mixtura de culturas andinas, tanto peruanas, bolivianas, Likan-Antai, Quechua, Aymara y chilena debido a los numerosos procesos de colonización que ha experimentado, su municipalidad fue establecida en la dictadura y el que parte de su territorio sea gestionado por las comunidades indígenas le da una caracterización particular de distribución territorial.

## APROXIMACIÓN GEOGRÁFICA A SAN PEDRO DE ATACAMA

“La cuenca del Salar de Atacama se desarrolla al centro oriente de la II Región de Antofagasta y es, después de la del Loa y de la pampa del Tamarugal, la tercera en tamaño. Posee una superficie aproximada de 15.620 km<sup>2</sup>, con su mayor longitud en sentido Norte - Sur de 210 km. y un ancho máximo de 110 km.” (Ministerio de Obras Públicas 2004).

Se reconoce un relieve elevado llamado Cordillera de Domeyko, cuya mayor altitud es el cerro Kimal con 4278 metros de altura, le sigue un sector bajo conocido como depresión preandina, donde se encuentra el Salar de Atacama con una altitud promedio de 2300 metros de altura. Finalmente en el extremo más oriental surge la cordillera de los Andes a 4300 metros de altura constituida por una meseta conocida como Puna y una cadena de volcanes entre los cuales se encuentra el Licancabur, Aguas Calientes, Lascar y Acamarachi.

La construcción del paisaje en esta área está condicionada en gran parte por procesos de erosión, donde los flujos del viento juegan un papel relevante, es un paisaje dinámico en el que dichas corrientes trasladan gran cantidad de arenas gruesas, arcillas y otros materiales finos que van desde la cordillera de la sal hasta la playa norte del salar de atacama, este proceso de erosión es el que ha dado forma a intrincados patrones en los cordones montañosos del sector, tales como el valle de la luna y el valle de la muerte.

El clima de San Pedro de Atacama se denomina Desértico Marginal de Altura, se encuentra por sobre los 2000 metro sobre el nivel del mar y se caracteriza por tener una temperatura media anual de 10°C, con lluvias que alcanzan un máximo de 50 - 100 mm anuales en los meses de Enero y Febrero por el fenómeno del invierno boliviano.

La tierra de la cuenca del Salar de Atacama posee predominio de origen volcánico, esto debido a erupciones ocurridas hace millones de años, y sus principales volcanes son el Licancabur, Tatio, Lascar y Simbad, la actividad minera de esta cuenca se caracteriza por las explotaciones de litio, sodio, bórax y potasio.

Parte de la flora característica del sector se compone principalmente por juncos, turberas y algas acuáticas, existentes principalmente en el salar de atacama, es posible encontrar brea, grama salada, algarrobo yali, cachiuyo chokel, maíz, chañar, pingo-pingo, rica-rica, entre otras, por otra parte la fauna representativa se compone por 3 especies de flamencos, el ganso y la gaviota andina, entre las especies amenazadas se encuentra la vicuña, el guanaco, el zorro culpeo y el puma.



Fuente: Fotografía del autor, San Pedro, 2021

## APROXIMACIÓN A LA COSMOVISIÓN INDÍGENA EN SAN PEDRO DE ATACAMA



Fuente: Fotografía del autor, San Pedro, 2021

“Los atacameños comparten una cosmovisión rica y compleja vinculada al mundo andino. Sus principales representaciones están en torno al pago a los cerros, a la Pachamama, y en los ritos a las aguas. Una parte de las antiguas divinidades fueron objeto del proceso de extirpación de idolatrías del siglo XVII, desapareciendo Sotarcondi, el dios de los atacameños, e ídolos locales como Quma quma en Chíu Chíu, Sintalacna en Caspana y Socomba en Ayquina.

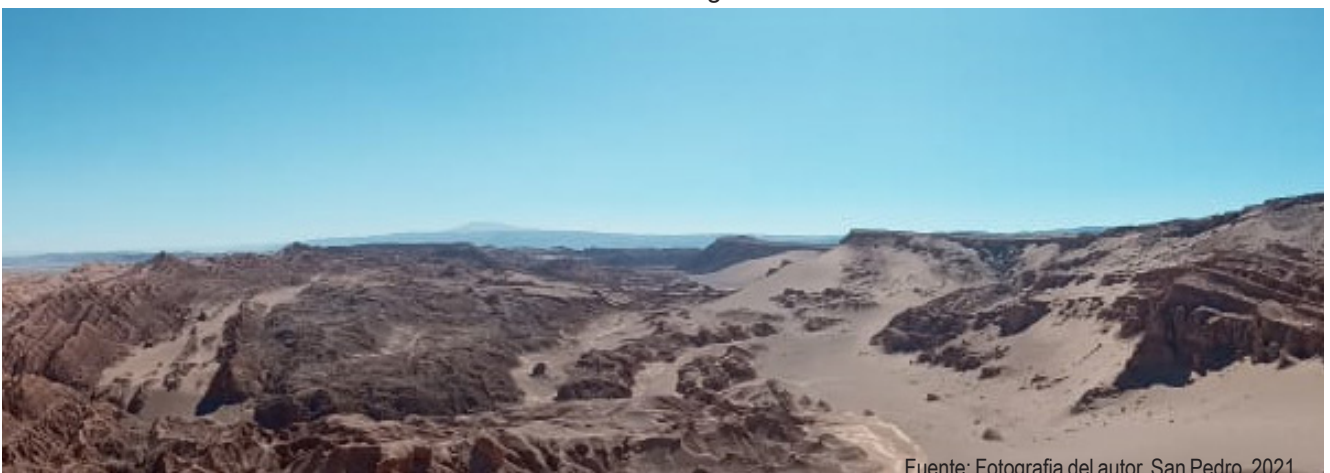
Actualmente, cada comunidad posee cerros tutelares machos y hembras, a los que les hacen pagos para propiciar las lluvias y la reproducción del ganado y la fauna silvestre, solicitarles la fertilidad agrícola, la salud, la riqueza y los minerales. A ellos, se les hace el culto a las Achachillas, antepasados elevados a niveles míticos, que han adoptado la forma de cerros, volcanes, piedras u otros lugares prominentes.



Fuente: Fotografía del autor, San Pedro, 2021

Los ritos y ceremonias continúan con el floreo de los animales y las fiestas en torno al agua; como la limpia de canales y los carnavales. Algunas de estas ceremonias están enlazadas con ritos cristianos como las fiestas patronales, especialmente la de San Santiago, pues a él se le pide la lluvia y se le presenta a los cerros, donde habita Illapa, el dios indígena del rayo y la lluvia.” (Guía de asuntos indígenas 2012)

Además de esto, según habitantes de Ayllus, es importante el posicionamiento de la entrada al hogar siguiendo al volcán Licancabur, según creencia popular de que la vida parte del volcán y las energías que este entrega son sagradas.



Fuente: Fotografía del autor, San Pedro, 2021

# ALDEA DE TULOR

La aldea de Tulor es actualmente administrada por el Ayllu de Coyo en conjunto con la comunidad Likan Antai, se emplazó originalmente por su ubicación en el oasis de San Pedro de Atacama, y por su proximidad con el antiguo cauce del río San Pedro, cuyo flujo de agua en la actualidad ha sido desviado, mediante pruebas de carbono a herramientas utilizadas, se estima que fue construida entre 1000 y 800 AC y que fue utilizada hasta el 500 -700 DC

Es un sector, de alrededor de un kilómetro de extensión, que contiene por lo menos 10 sitios que presentan vestigios arquitectónicos; hay otros sitios sin este tipo de vestigios, pero con cerámica fragmentada en superficie. Entre los primeros destaca, por sus dimensiones y características, aquel nominado como Tulor Pueblo o Tulor 1. (Barón. A 1984)

Dicho conjunto arquitectónico ocupa una superficie de 3000 m<sup>2</sup> en el sector que no ha sido cubierto por las arenas, se presenta como un conglomerado de 22 recintos circulares en torno a los cuales se construyó un complejo sistema de muros que le dan un aspecto de laberinto, lo primero que se levantó fueron dichos recintos circulares y posteriormente se le fueron adosando muros, conformando pasillos de circulación y recintos irregulares (Barón. A 1984), fue asentada directamente en el sustrato de arcilla y que en la actualidad se encuentra 120 cm bajo la superficie del terreno.

Según lo comentado por Ana María Barón en una entrevista realizada en el mes de noviembre, los recintos circulares corresponden a distintos usos, algunos aun no descubiertos. De lo que se ha investigado en la actualidad se conoce que funcionan como unidades de vivienda para distintos grupos familiares, así como también cementerios de la comunidad.



Fuente: Fotografía del autor, San Pedro, 2021

Los espacios generados posteriormente mediante el adosado a los muros de los recintos circulares corresponden a bodegas, huertas y en algunos casos funcionaban como refrigeradores donde los alimentos se mantenían frescos debido a que se encontraba bajo el nivel del suelo, protegida por especies vegetales en la parte superior y con un vano pegado al nivel del suelo para extraer la comida que había sido depositada antes primero.

Para la construcción de esta primeramente se cavaron canaletas en el suelo y en ella se asentaron la primera fila de adobones o panes de adobe que dan soporte a la construcción del recinto. Como material de albañilería solo se utilizó barro, en forma de bloques rectangulares dispuestos en filas superpuestas unidas con argamasa del mismo material, con bloque regulares en cada fila, aunque cada fila de alturas diferentes, por ultimo las superficies de los muros fueron estucadas con una capa de barro. (Barón. A 1984)

Los recintos circulares se presentan como construcciones abovedadas, con paredes cóncavas hacia el interior, y con diámetros que van desde los 3 a los 8 m. Es difícil estimar como eran las techumbres de los recintos, puesto que las construcciones se encuentran conservadas hasta una altura máxima de 1.9 Mt, aun así en los recintos estudiados se ven orificios en el suelo en forma casi equidistante y con inclinaciones hacia el centro, estos postes se complementan al parecer con un poste central, lo que pone en evidencia un sistema de postación como estructura de soporte para la parte superior de estas edificaciones, estos postes de madera de Algarrobo soportaban una techumbre hecha del mismo Algarrobo o chañar, finalmente los recintos circulares también contaban con horadaciones en el suelo que se cree cumplieron funciones de almacenaje (Barón. A 1984)

En la actualidad Tulo es un punto turístico de San Pedro de Atacama, su recepción hace homenaje a la morfología original copiando la forma de esta, para acceder a su ubicación se debe seguir un sendero delimitado con piedras, además de esto en uno de sus costados se crearon reproducciones de dos recintos circulares a los que se puede acceder.

La aldea fue protegida mediante la construcción de un muro perimetral que la cubre de la erosión del viento y el movimiento de la arena y cuenta con una plataforma de madera que la bordea, desde donde se puede apreciar una vista elevada hacia la aldea.

Para este proyecto es pertinente englobar la aldea de Tulo, esta representa la arquitectura vernácula Likan Antai, se encuentra un fuerte nexo entre la construcción y el sentir de la comunidad, en Tulo se encuentran los vestigios de los antepasados pertenecientes a dicha etnia, en palabras de Patricia Segovia, guía turística de las ruinas de Tulo y parte de la etnia Likan Antai, los viejos sienten un gran respeto por esta, es un vínculo entre los ancestros y la Patahoiri (Madre Tierra). Es en este punto donde podemos ver una comunicación entre la comunidad, lo holístico y la arquitectura.

En cuanto a lo que podemos desprender de su arquitectura, en ella podemos ver como en base a la tierra como material constructivo se pueden lograr edificaciones que resistan mediante estrategias constructivas tanto los factores sísmicos a los que se encuentra sometida como el paso del tiempo, en Tulo veo el ejemplo de la posibilidad que entrega la tierra para construir viviendas de calidad, que respeten la cosmovisión de los Likan Antai y que respondan tanto a los problemas medioambientales en los que nos encontramos actualmente como a la resistencia sísmica necesaria para construirse.



Fuente: Fotografía del autor, San Pedro, 2014



# MANUFACTURA ADITIVA IMPRESIÓN 3D

“La manufactura aditiva (MA) conocida comúnmente como impresión 3D fabrica componentes en forma de capas horizontales directamente desde un modelo digital”. (García. R 2020)

Es un área de la tecnología que avanza rápidamente en distintos ámbitos, siendo algunos de sus métodos de impresión implementados en la construcción.

La manufactura aditiva es un método de impresión 3D. Actualmente en el mercado existen tres tipos de manufactura aditiva empleados en la construcción entre otros usos existentes en otras áreas, como la aeronáutica, medicina entre otros, estos son el Contour Crafting, Concrete Printing y D-Shape, todas estas comparten un proceso común, el cual es el uso de una máquina robótica que en base a órdenes computarizadas provenientes de un modelo digital predeterminado extruye mediante una boquilla una mezcla de materiales cementosos y polímeros (poliméricos) lo cual da como resultado una construcción en base a dicho modelo digital.

Estos tipos de manufactura aditivas existentes presentan ventajas tales como, la velocidad de construcción, la posibilidad de explorar nuevas formas y el control del gasto material, por ejemplo según información publicada en la revista TIME, Apis Cor una empresa de Estados Unidos logro construir una vivienda de 37,16 m<sup>2</sup> a un coste equivalente a 279.09 UF, esto en términos de vivienda social equivale a un 23,25% de su valor máximo, lo que da para pensar en su posible implementación como una herramienta que pueda suplir las carencias de vivienda en el país.

Sin embargo, también poseen detrimentos tales como, la necesidad de prefabricación fuera del emplazamiento o traslado de la impresora in situ, la necesidad de capacitación de personal y las posibilidades de error en la manipulación del robot.

El método de la impresión 3D es un proceso que implica seguir una secuencia de pasos.

El primer paso de la manufactura aditiva es la creación de un modelo digital. Para ser efectivo, este se realiza tomando en cuenta tanto las variables de fabricación, tales como la gravedad, el viento, la plasticidad del material, la resolución de la máquina, el tipo de extrusor utilizado entre otras. Además de las características físicas de los aditivos a utilizar como las características de la máquina que lo va a construir, no se puede diseñar sin tomar en cuenta estos factores.

El segundo paso consiste en la generación digital de instrucciones para la máquina robótica mediante el código G. Según RepRap el código G es la información enviada desde un computador a una máquina CNC, su finalidad es la transformación de archivos en formato de lectura .stl a código G lo que termina por transmitirse como instrucciones motoras al robot, tales como la ubicación espacial de lo que va a imprimir y la velocidad en la que el extrusor libera el material de impresión.

El tercer paso es la ejecución de la impresión mediante una máquina robotizada. Esta seguirá la ruta de movimiento y órdenes de la computadora, para extruir el material en forma de capas sucesivas apiladas verticalmente. Dicha impresión es posible de realizar de dos maneras. Una de estas es la prefabricación de estructuras en laboratorios y la otra, la impresión in situ de una edificación.

## DESDE EL MODELO DIGITAL HASTA LO CONSTRUIDO

Antes que explicar las tecnologías que permiten imprimir construcciones en 3D es necesario preguntarse el qué y el cómo se llega a construir en base a este sistema, cuáles son los formatos que lo permiten y como es el proceso en el que la información digital se convierte en información física.

El primer paso necesario para construir en base a MA es generar un modelo digital, este consiste en una forma que se genera en un programa de diseño en 3D que guarda dicha información en formato .stl.

El formato STL (Stereolithography o Estereolitografía), funciona mediante la división en base la triangulación de las formas tridimensionales diseñadas para posteriormente cerrar las formas diseñadas en el modelo 3D.

El segundo paso consiste en que el archivo .stl del modelo digital se edita en un software de slicing 3D, lo que consiste en la transformación de la información del modelo digital en una secuencia de capas 2D horizontales apiladas verticalmente.

La finalidad del manejo del software de slicing es que al transformar el modelo 3D en líneas horizontales apiladas verticalmente esta información se convierte a código G que es el lenguaje en el que trabaja el robot de impresión.

El tercer paso consiste en el proceso físico de la impresión 3D, la información transformada a código G es enviada como diversas órdenes al robot que se encarga de convertir el diseño original del modelo 3D en un objeto físico.

Cabe mencionar que el código G es el lenguaje de programación utilizado por la mayoría de las impresoras 3D. Como se mencionó anteriormente consiste en la información enviada desde una computadora a una máquina CNC.

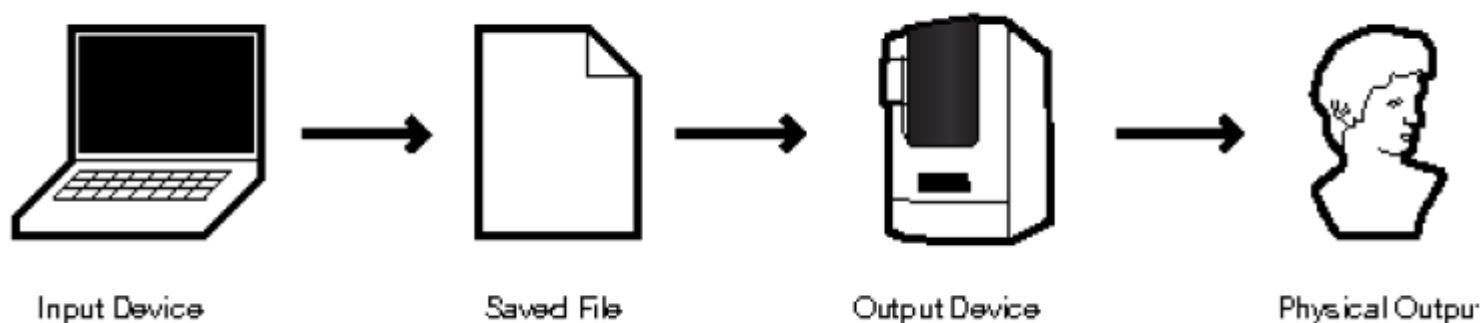


Fig. 1 Esquema de secuencia de pasos de impresión 3D recopilado desde <https://www.semanticscholar.org/paper/Interactive-fabrication%3A-new-interfaces-for-digital-Willis-Xu/2cfe69143f9839d74769f266a9957f6f8f1095ab, 2020>.

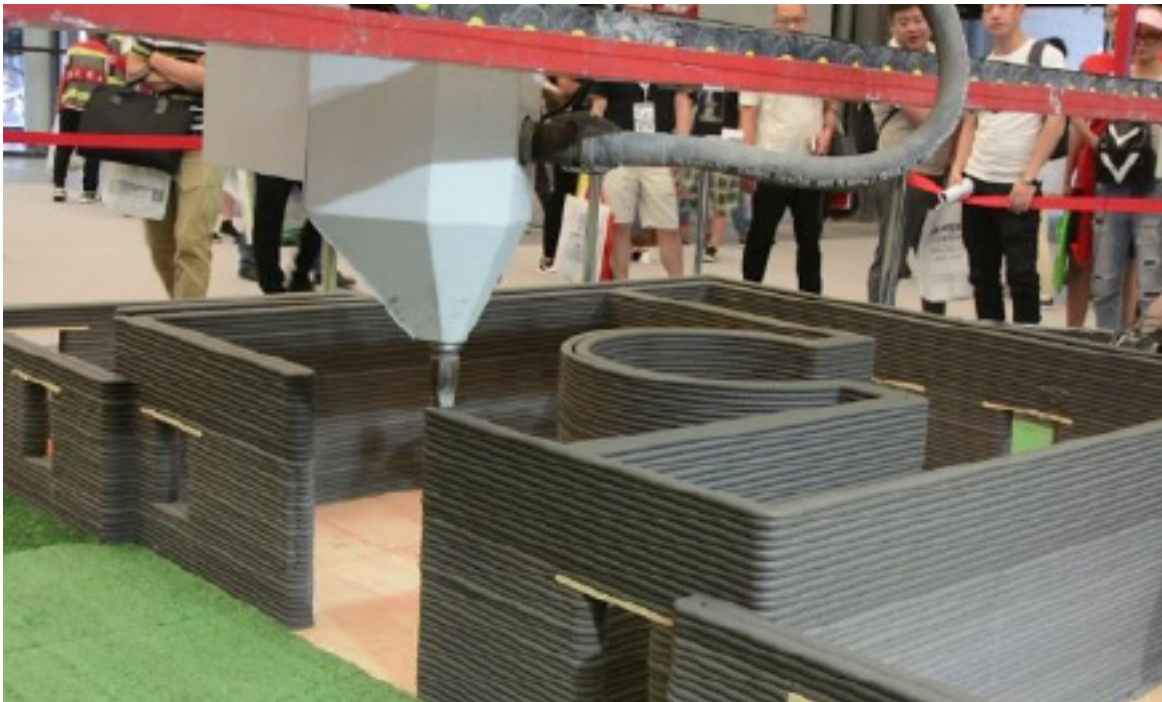
# TÉCNICAS DE IMPRESIÓN 3D

## CONTOUR CRAFTING

El Contour Crafting es una tecnología de impresión 3D creada en la década de los 80 por el Dr. Khoshnevis, consiste en depositar múltiples capas de hormigón en forma de filamentos a través de un extrusor con una paleta que permite darle una terminación suave.

A medida que el extrusor vierte las capas de material cementoso estas se van apilando arriba de las anteriores, esto se hace tomando en cuenta que las capas inferiores están en proceso de curado, lo que a su vez le da la suficiente estabilidad a la estructura para seguir avanzando a las capas superiores.

Debido a las características del material que imprime tanto de las dimensiones de la boquilla que utiliza es por excelencia el sistema de impresión 3D más veloz, la altura de la capa impresa es fácilmente el doble del resto de las tecnologías lo que hace que requiera en sí una menor cantidad de capas a imprimir, además de esto por el hecho de utilizar una paleta al momento del vertido del hormigón esto logra darle una buena definición respecto a otras tecnologías de impresión 3D. Además de esto esta tecnología es capaz de imprimir en exteriores lo que le da mayor libertad que al resto de las existentes.



Fuente: [www.youtube.com/watch?v=jqJ9Zricl\\_0&app=desktop](https://www.youtube.com/watch?v=jqJ9Zricl_0&app=desktop), 2020

## CONCRETE PRINTING

El concrete printing es otra tecnología de impresión 3D, creada en la Universidad de Loughborough basada en la extrusión de un material cementoso en un proceso capa por capa. Presenta facilidades para incorporar vacíos funcionales al interior de los muros impresos.

A diferencia del Contour Crafting el extrusor de la máquina utilizada no utiliza una paleta sino únicamente el extrusor de la máquina, lo que le da una definición menor, aun así debido a este mismo hecho también le da mayores libertades para la geometría que es capaz de imprimir.

Además de esto, pueden generarse vacíos entremedio de las capas impresas debido a la forma de la capa de filamento que es liberada por el extrusor, presenta características anisotrópicas con una gran resistencia a la compresión y flexión debido a las propiedades materiales de la mezcla cementosa utilizada lo que refuerza la idea de que es una tecnología que permite experimentar más con la geometría, aun así presenta como detrimento el hecho de necesitar un ambiente controlado para poder imprimir y controlar la calidad de la impresión, lo que no permite su implementación in situ.



Fuente: [www.researchgate.net/figure/A-full-scale-bench-fabricated-by-the-Concrete-Printing-with-functional-voids-and\\_fig3\\_318472250](https://www.researchgate.net/figure/A-full-scale-bench-fabricated-by-the-Concrete-Printing-with-functional-voids-and_fig3_318472250), 2020

## D-SHAPE

El D-Shape es una tecnología de impresión 3D creada por Enrico Dini el año 2008, se caracteriza por que a diferencia de las tecnologías de MA anteriores funciona a través del método de cama de polvo, este método se funciona mediante el uso de una plataforma (cama) que está cubierta de polvo, este polvo se une con un adhesivo lo que crea las capas de filamento, al momento de terminar una capa se añade más polvo hasta la altura de la siguiente capa y el proceso vuelve a empezar, esto le da la ventaja respecto a las demás tecnologías a las formas que es capaz de imprimir.

Es una tecnología en la que las mismas capas de polvo actúan como soporte de los vanos de la estructura, lo que permite generar formas mucho más complejas sin la necesidad de moldajes, más aún el polvo utilizado para cubrir toda la plataforma es completamente reutilizable y no se adhiere al filamento ya formado, por lo que casi no genera desperdicios. Además de ser capaz de utilizar casi cualquier material arenoso casi sin necesidad de procesamiento junto con el adhesivo para generar estructuras complejas.



Fuente: [www.shiro-studio.com/radiolaria.php](http://www.shiro-studio.com/radiolaria.php), 2020

# TECNOLOGÍAS DE IMPRESIÓN 3D



Fuente: [www.tue.nl/en/research/research-groups/3d-concrete-printing/](http://www.tue.nl/en/research/research-groups/3d-concrete-printing/), 2020

## SISTEMA DE MARCO

Es el método que se utiliza en la tecnología de Contour Crafting y D-Shape, un portal que se mueve en el eje X posee en su viga el extrusor del hormigón, esta viga tiene un riel que permite que el extrusor se mueva en el eje Y, por último, los pilares del marco también tienen rieles que permiten el movimiento de la viga en el eje Z.

Este método en sí es como una impresora 3D normal a gran escala, siendo las dimensiones de impresión variables según las dimensiones del mismo marco, se reporta que lo común es que esta máquina permita imprimir en dimensiones de hasta 6m x 6m x 6m

## BRAZOS ROBÓTICOS



Fuente: [www.all3dp.com/2/3d-printed-house-cost/](http://www.all3dp.com/2/3d-printed-house-cost/), 2020

Es una de las máquinas más diversificadas en el mercado debido a su simplicidad, es un brazo robótico que imprime alrededor de sí mismo de forma radial con un alcance máximo variable según las dimensiones de la máquina utilizada, comúnmente entre los 3 y 4 metros. Debido a que imprime alrededor de sí mismo presenta un segundo radio interior que es la distancia mínima a la que puede imprimir alrededor de sí mismo.

Si hablamos en términos tridimensionales este brazo puede imprimir en una forma de ovoide con un vacío interior también con forma de ovoide donde el brazo no alcanza a llegar debido a la cercanía del extrusor con el mismo brazo, aun así, se han presentado mejoras para las dimensiones de esta tecnología montándolo en sistemas de rieles o plataformas móviles que permiten ampliar su rango de movilidad.

# EJEMPLOS DE IMPRESIÓN 3D PERTINENTES AL PROYECTO

## ICON / VIVIENDA SOCIAL IMPRESA EN 3D

ICON es una empresa de construcción que ha implementado tanto en Austin, como Guadalajara y El Salvador viviendas sociales impresas en 3D, cuya característica de hibridación en base a la parte estructural de la vivienda es la creación de una estructura externa de techumbre montada posteriormente a la impresión.

En este sentido ICON es un referente probado en Latinoamérica, en cuanto a las posibilidades de entregar vivienda social impresa en 3D y cómo responder con ingenio, calidad e innovación dicha problemática.



Fuente: [www.pumpstudios.com/icon-vulcan-ii-3d-printer/](http://www.pumpstudios.com/icon-vulcan-ii-3d-printer/), 2020

## WASP / IMPRESIÓN 3D EN TIERRA

Tomando como punto central la sostenibilidad se encuentra la empresa 3D WASP, que ha fabricado prototipos de vivienda con muros impresos en tierra, esta aproximación presenta como principal punto a favor el hecho de generar residuos mínimos.

Es ingenioso además el método de aislamiento térmico que usan, rellenando el interior de los muros con cáscara de arroz como aislante, además de aprovechar las curvas en el diseño interior de los muros impresos para optimizar aún más la aislación térmica.

Su principal defecto está en el diseño casi rudimentario de los marcos de puertas y ventanas y en el cómo se ensamblan. Aparentemente este ítem no fue tomado en cuenta al momento de diseñar.

En las pruebas materiales, tanto a escala de componentes y ensambles, como de vivienda, WASP demuestra un compromiso medioambiental a través del uso de la tecnología en la utilización de tierra como un material que responde también de manera satisfactoria a las necesidades de vivienda actuales.



Fuente: [www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-gaia/](http://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-gaia/), 2020

# VIVIENDA SOCIAL

## LA POBREZA EN CHILE Y SAN PEDRO DE ATACAMA

Para medir los índices de pobreza a nivel país, seguiré los estudios realizados por CASEN en 2017 y 2019 cuya metodología supone "La medición de pobreza y pobreza extrema por insuficiencia de ingresos se basa en comparar el ingreso del hogar con los valores de las líneas de pobreza y de pobreza extrema, que representan un estándar mínimo de ingreso necesario para satisfacer un conjunto de necesidades básicas, en base a los patrones de consumo observados en la población. El ingreso de los hogares se estima a partir de la información levantada en la Encuesta Casen"(CASEN 2019).

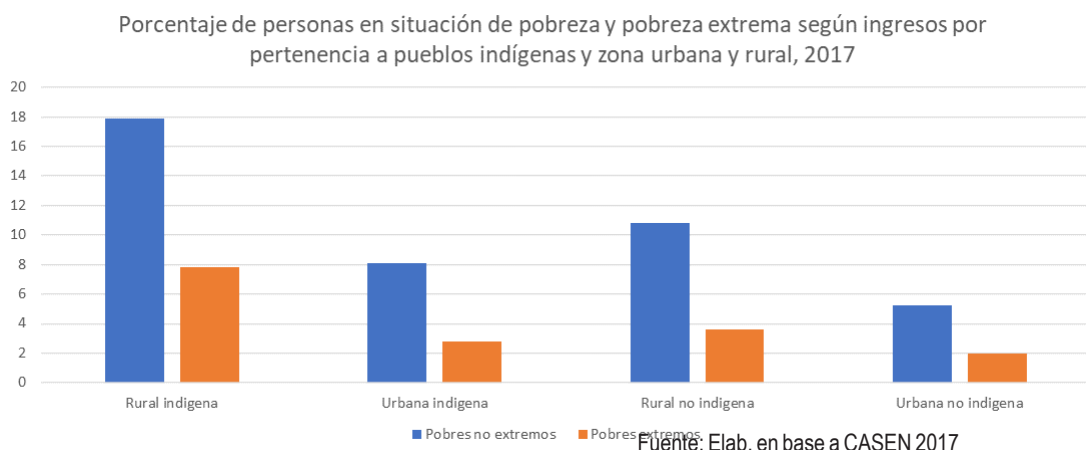
Según datos recopilados de esta misma, en la actualidad un 8,6% de la población nacional lo que corresponde a 1.528.284 personas se encuentra bajo la línea de la pobreza, mientras que un 2,3% correspondiente a 412.839 personas se encuentran en situación de pobreza extrema (CASEN 2019). Al analizar dichos datos damos cuenta de que un 10,9% del total del país se encuentra en alguna situación de pobreza.

Al aterrizar los datos a la incidencia de pobreza por región, se observa que un 7,9% de la población de Atacama se encuentra en niveles de pobreza y un 2,6% en niveles de pobreza extrema, estos números lo sitúan apenas un 0,4% por debajo de la pobreza media en Chile.

Al hacer el cruce de información en cuanto a pueblos indígenas en ambos casos de pobreza y pobreza extrema la población indígena representa alrededor de un 16% cifra no menor que nos entrega el dato de que de cada 10 personas pobres en el país casi 2 son de alguna etnia indígena.

Según información del censo 2017 la etnia Likan Antai representa un 1.39% del total de la población indígena nacional, lo que corresponde a 30.369 personas, la Región de Atacama concentra un 2.54% del total de población indígena nacional, agrupando en ella a Collas, Atacameños y Quechuas (CENSO 2017). Según estudios realizados el 2010 un 28,6% de la población Lican Antai, se encuentra en una situación de pobreza rural o urbana (Agostini. C 2010).

Es en base a toda esta información que se puede afirmar que en la región de Atacama, existe un nivel de pobreza en torno al 10,5%, de ese porcentaje por lo menos una persona corresponde a alguna etnia indígena y la pobreza a la que se enfrenta particularmente la etnia Likan Antai representa un 28,6% del total de su población, justificándome en esta información me parece pertinente el plantear un proyecto enfocado a la vivienda social indígena que se implante en la comuna de San Pedro de Atacama.





## VIVIENDA SOCIAL DESTINADA A ETNIAS INDIGENAS

El primer proyecto habitacional urbano para población indígena construido en Chile lleva por nombre Newen Ruka (Fuerza de la casa/hogar), y se localiza en Reñaca Alto Norte, comuna de Viña del Mar, en la Región de Valparaíso.

El conjunto está constituido por 24 familias provenientes de diferentes pueblos: Mapuche, Rapa Nui y familias chilenas, beneficiando a un total de 74 personas. Este proyecto se presentó al Fondo Solidario de Vivienda (FSV) en el año 2005 y las viviendas fueron entregadas en 2008.

El proyecto habitacional fue apoyado por la Entidad de Gestión Inmobiliaria Social (EGIS) y empresa constructora "Hábitat Para La Humanidad" (HPH) Chile, y por la oficina de arquitectura "Borde Urbano". Estas instituciones se articularon con la Municipalidad de Viña del Mar y el MINVU, el que mostró interés particular por ser el primer proyecto de este tipo en el país. Adicionalmente, se sumaron fondos específicos que auxiliaron el diseño del espacio colectivo.

El proyecto surgió cuando un grupo de habitantes mapuche-huilliche de los cerros de Viña del Mar y Valparaíso se organizaron para la construcción de una cancha de Palin. Muchos de los miembros de este colectivo participaban en comités de vivienda de forma activa. Entonces, en conjunto con el Municipio de Viña del Mar, se acordó la formación de un comité de vivienda que integrara miembros de otros pueblos originarios. (Imilán. W 2015)

Este proyecto es uno de varios, sienta un precedente en cuanto a proyectos de Vivienda Social indígena, deja abierta la posibilidad a realizar un proyecto de vivienda social Likan Antai, que rescate sus costumbres, ponga en valor su arquitectura vernácula y entregue soluciones al problema de vivienda que rescaten además la cosmovisión indígena.



Fuente: Imilán. W. 2015



Fuente: Imilán. W. 2015

## MARCO NORMATIVO EN VIVIENDA SOCIAL

En Chile según la ley “ El DL N° 2.552 de 1979, establece que, para todos los efectos legales, el concepto de vivienda social hace referencia a “la vivienda económica de carácter definitivo, destinada a resolver los problemas de la marginalidad habitacional, financiada con recursos públicos o privados, cualquiera que sean sus modalidades de construcción o adquisición, y cuyo valor de tasación no sea superior a 400 UF” (Informe BCN, 2014).

En cuanto a su marco normativo este responde fundamentalmente a 3 Decretos supremos los cuales son:

Decreto Supremo 1 /Tramo 1: Subsidio habitacional para comprar una vivienda de hasta 1.100 UF, el programa consiste en permitir a familias que no son dueñas de una vivienda y tienen capacidad de ahorro, acceder a una ayuda económica para comprar una casa o departamento nuevo o usado de un valor máximo de 1.100 UF, esto no aplica para la región de Atacama, que por encontrarse en la delimitación de “Zona Extremo Norte” permite un valor máximo de las viviendas de 1.200 UF.

Su método de financiamiento consiste en poseer un ahorro mínimo de 30 UF, entrega un subsidio fijo de 700 UF a esto se le pueden sumar recursos propios o créditos hipotecarios, para poder acceder a este los postulantes deben pertenecer hasta el tramo del 60% según el Registro Social de Hogares (Minvu, 2021)

Decreto Supremo 19: Subsidio de integración social y territorial, consiste en permitir a familias de diferentes realidades socioeconómicas que buscan adquirir su primera vivienda con apoyo del Estado, acceder a proyectos habitacionales en barrios bien localizados y cercanos a servicios, con estándares de calidad en diseño, equipamiento y áreas verdes.

Las familias que tienen un subsidio para comprar una vivienda lo pueden aplicar en estos proyectos habitacionales, en la medida que existan viviendas por el valor correspondiente a su beneficio. De igual forma, las familias o personas que no tienen un subsidio habitacional también pueden acceder a viviendas de estos proyectos, siempre y cuando cumplan con los requisitos de postulación al Subsidio para Sectores Medios, DS1. (Minvu, 2021)

Decreto Supremo 49: Subsidio para comprar una vivienda construida de hasta 950 UF, consiste en permitir a familias que no son dueñas de una vivienda y viven en una situación de vulnerabilidad social y necesidad habitacional, comprar una vivienda construida sin deuda hipotecaria, o bien, integrarse a una de las iniciativas de la nómina de proyectos habitacionales del SERVIU de la región.

El aporte del Estado está compuesto por un subsidio base de 314 UF, el cual puede aumentar según la ubicación geográfica de la vivienda y subsidios complementarios que dependen de las características del grupo familiar que postula y la vivienda que se espera comprar, además de esto establece los estándares arquitectónicos mínimos para diseño de los proyectos del Programa Fondo Solidario de Elección de Vivienda regulado por el D.S. N° 49, (V. y U.), 2011 (FSEV) u otro que lo reemplace o lo cite.

Basándome en la información anterior, considero posible la implementación de un proyecto de vivienda social, en San Pedro de Atacama, aprovechando consideraciones del D.S 1 en cuanto al valor máximo de 1200 UF, entregar una solución a la problemática de la pobreza indígena en la región de Atacama en base a la utilización de nuevas tecnologías, utilizando tierra como material y poniendo en valor la arquitectura vernácula local.



# PARTE 3

EL PROYECTO

# PROYECTO

El proyecto de título consiste en el diseño de una vivienda social, emplazada en la comuna de San Pedro de Atacama, particularmente en el Ayllu de Coyo, dicha vivienda social se basa en la arquitectura vernacular de Tolor, está dirigida para personas/ familias/ comunidades pertenecientes a la etnia Likan Antai principalmente. Además de esto se plantea su implementación mediante el uso de un brazo robot de impresión 3D que utilice como material constructivo la tierra.

Se plantea el proyecto en San Pedro de Atacama por 2 razones, la primera es que en este sector se emplaza un número importante de personas de la etnia Likan Antai a quienes va dirigido el proyecto, segundo que en la zona se dispone de la tierra como un recurso de fácil acceso y sin coste

Se plantea un proyecto de vivienda social por 2 razones, lo primero es que se puede evidenciar en la información proveniente del censo que existe un porcentaje no menor de pobreza en la región de Atacama, la segunda razón es que puede entregar soluciones habitacionales a personas Likan Antai que se encuentran en situación de pobreza y que históricamente se han visto discriminados en políticas estatales en contraposición a la población no indígena.

Se plantea el proyecto en impresión 3D por 3 motivos, el primero es que permite una construcción de formas más libres que la construcción tradicional, por lo que es posible generar una vivienda que esté basada en la arquitectura de la aldea de Tolor y respete la historia de la etnia Likan Antai, la segunda razón es la versatilidad para trabajar con tierra como materialidad, esta se encuentra en abundancia en el sector y permitiría la generación de edificaciones de baja altura en esta y que respondan a las necesidades medio ambientales en las que nos encontramos, la tercera razón es que se estima en base a lo investigado que el coste de la vivienda se vería reducido al implementar este sistema constructivo permitiendo a un mayor número de personas bajo la línea de la pobreza poder acceder a una vivienda propia.

Se plantea que la materialidad sea tierra por 3 motivos, el primer motivo es que la tierra rescata la aldea de Tolor y la arquitectura vernácula del norte, la segunda razón es se encuentra en abundancia y gratis en el sector de San Pedro de Atacama, la tercera razón es la posibilidad que entrega de reducir el impacto de la huella de carbono en la construcción.

Se plantea la forma en base a la revalorización de la arquitectura vernacula por sobre la arquitectura patrimonial, dicha arquitectura vernacula representa lo primigenio del sector, nuestra cultura mas ancestral sin intervención externa, es por eso que se rescata la curva de la arquitectura de Tolor y se plantea el proyecto basandose en dichas curvas, es asi como finalmente se muestra la intencionalidad de pasar del periodo neolitico a la construcción parametrica.

Estrategias de emplazamiento:

- Posicionamiento en torno a carta solar para control térmico.
- Entradas al recinto posicionadas en torno a Volcan Licancabur (Este) según costumbres del Ayllu.
- Recolección de arcillas in situ para estructura y disminución del coste.
- Emplazamiento en torno al Ayllu de Coyo por proximidad con Aldea de Tulo.

Estrategias de gestión:

- Universidad Católica del Norte en convenio con Cypics como encargados del manejo del brazo robot.
- Mano de obra local en recolección de arcillas.
- Co-gestión in situ en cooperación de Ayllu de Coyo.

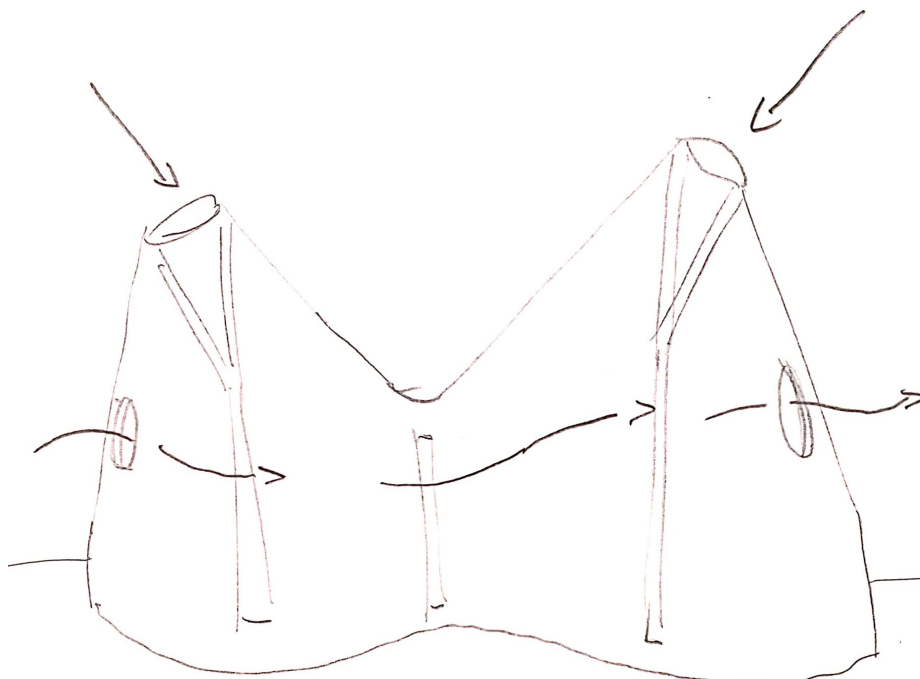
Estrategias sustentables:

Activas

- Reutilización de aguas grises con fines agrícolas
- Uso de paneles solares como fuente de energía alterna.
- Creación de estructura de recolección de neblina como agua de cultivo

Pasivas

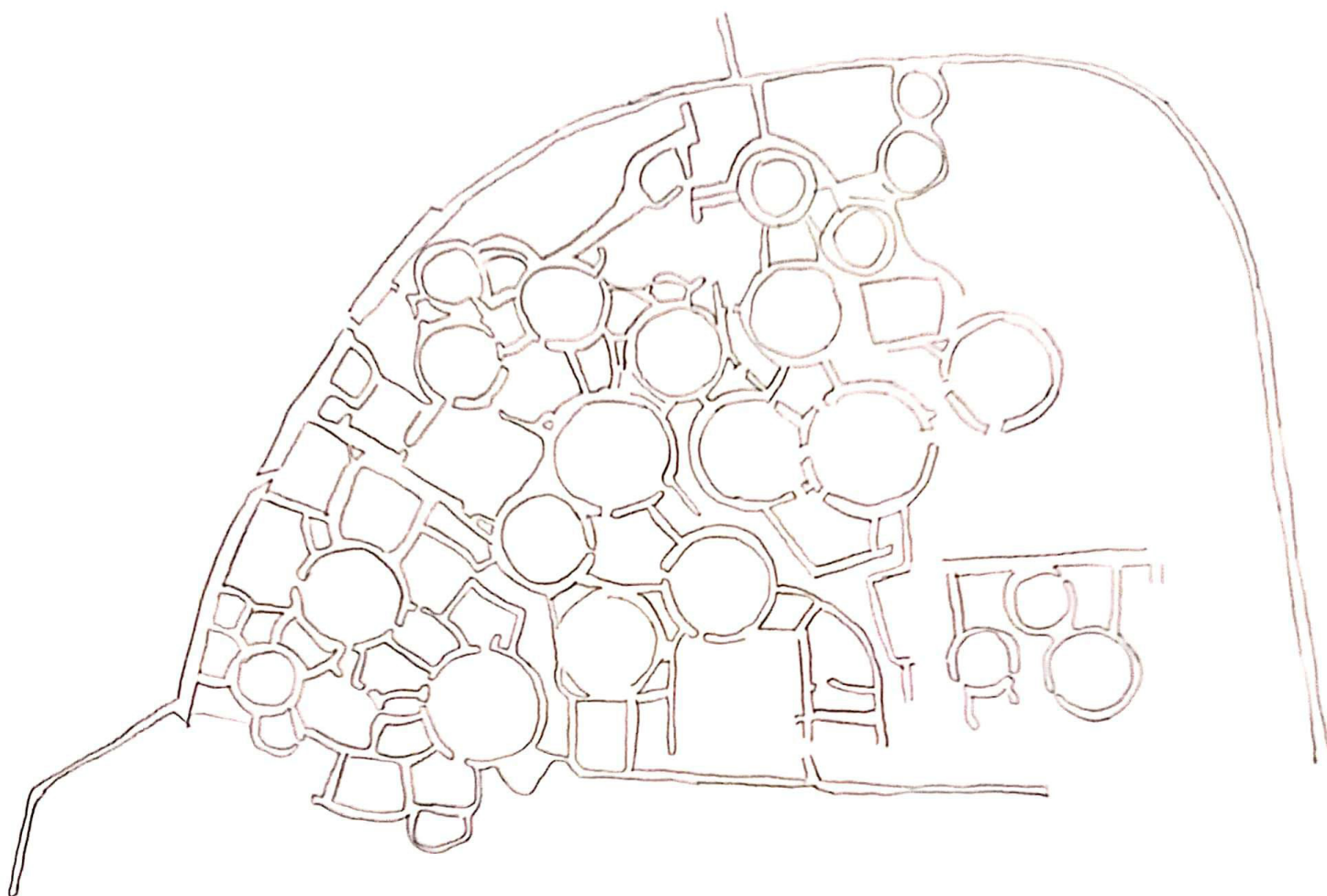
- Hundimiento de estructura para control térmico.
- Materialidad de adobe como aislamiento térmico.
- Iluminación cenital para control lumínico.
- Sistema de ventilación cruzada para control térmico.
- Uso de vegetación local para nutrición de la tierra y control térmico
- Relleno orgánico del adobe para aislación térmica.



Esquema 1 de volumetría posible

Estrategias espaciales:

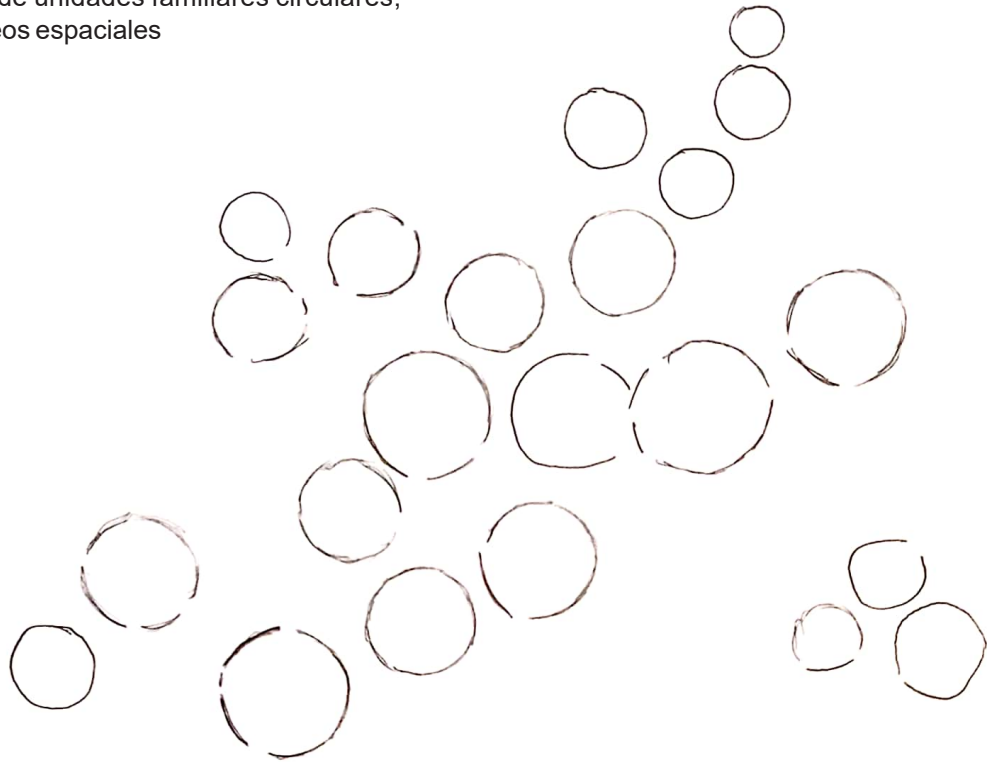
1.- Descomposición de la Aldea de Tulo para entregar un punto de comparación con la impresión 3D.



Esquema general en base a planta de Tulo. Barón. A (1984)

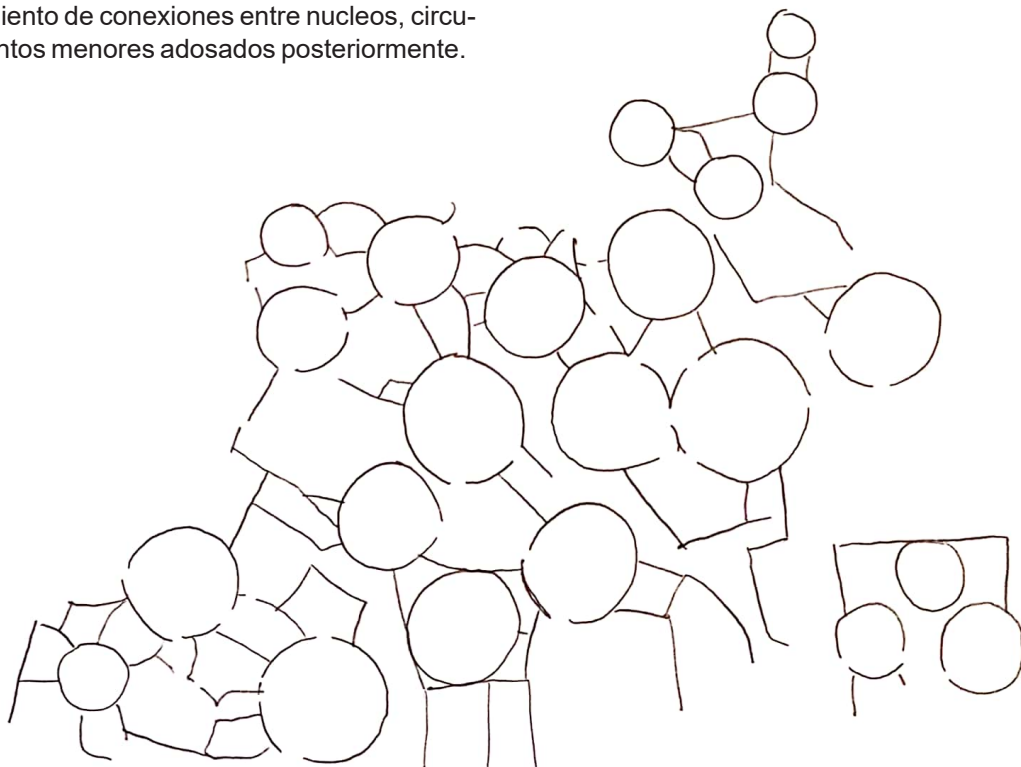
Estrategias espaciales:

2.- Reconocimiento de unidades familiares circulares, definidos como núcleos espaciales



Esquema de núcleos en base a planta general de Tulor. Barón. A (1984)

3.- Reconocimiento de conexiones entre núcleos, circulaciones y recintos menores adosados posteriormente.



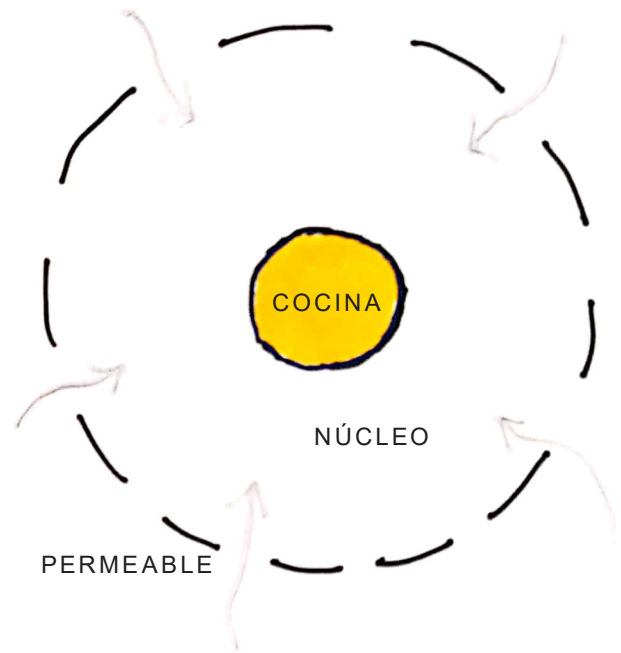
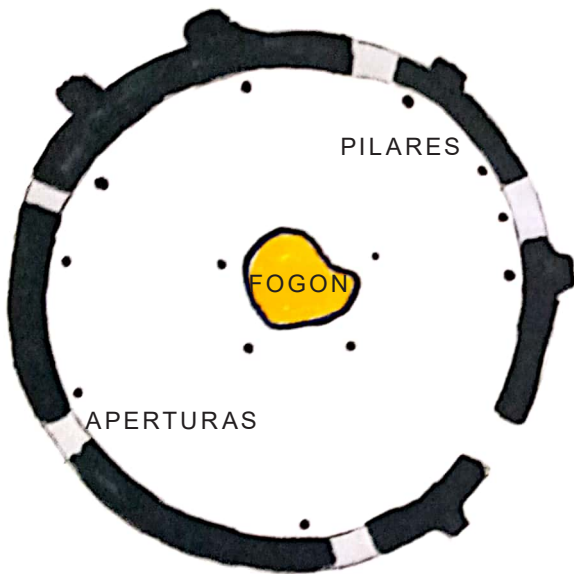
Esquema de espacios intermedios en base a planta general de Tulor. Barón. A (1984)



Estrategias espaciales:

4.- Definición de un núcleo en base a la descomposición de la planta de una de las viviendas de Tulum

Esquema de planta en base a planta de recinto de Tulum. Barón. A (1984)



Se reconoce el fogon como elemento que congrega, el calor entrega protección y se convierte en el núcleo.

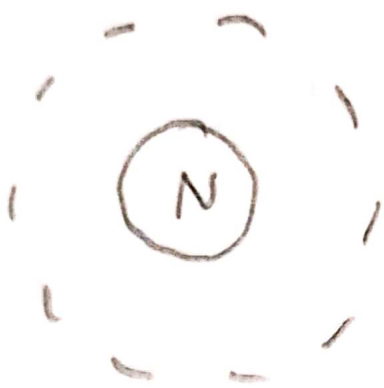
Se plantea un núcleo donde se emplazan las áreas comunes del recinto.

Se reconocen sus aperturas como elementos que conectan el núcleo con el mundo exterior.

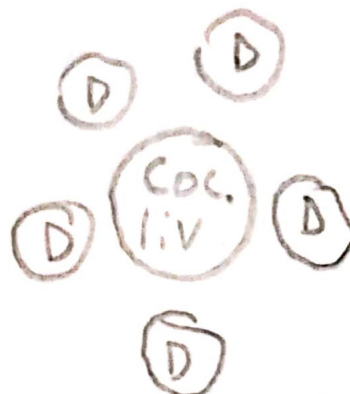
Se plantea la cocina como elemento central de ese núcleo, entendiéndolo como un espacio que cumple con las mismas características.

Se reconoce el sistema de pilares como estructura colaborante en la techumbre

Se plantea que el núcleo sea permeable, con aperturas y conexiones funcionales en el cual se adosan los recintos privados



Definir un núcleo central de áreas comunes.



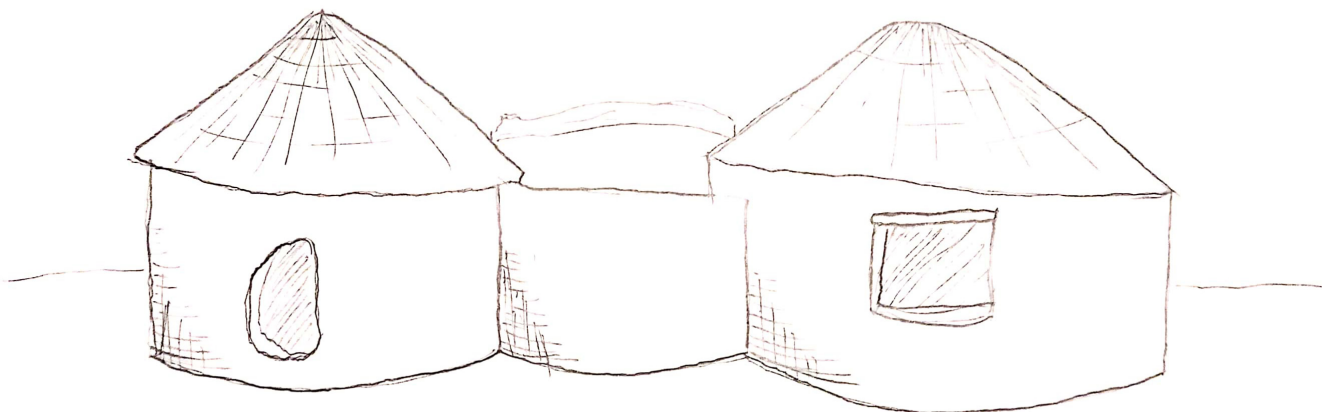
Adición de varios subnúcleos de recintos privados. (Tipo A)



Adición de un subnúcleo de recintos privados. (Tipo B)

Estrategias espaciales:

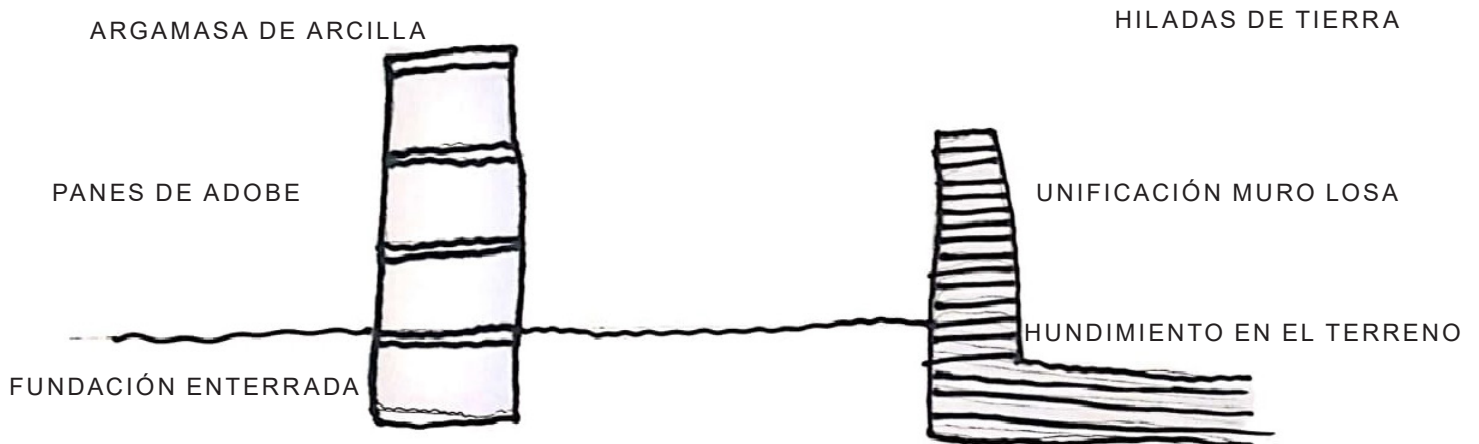
5.- Descomposición por partes de los componentes constructivos de la aldea de Tulor y comparación con tecnologías de impresión 3D



Tulor ( 1000 AC. - 500 D.C)

Marcos de madera en puertas y ventanas o aperturas ovaladas en accesos, pasillos cerrados con muros, pilarización interior, techumbre vegetal, fogon central o pilar central.

Croquis vista frontal, reconstrucción de dos viviendas en Tulor.



Se reconoce la construcción vernacula en base a la utilización de la arcilla local como unico material constructivo.

Se da cuenta de que la primera hilera de panes de adobe se encuentra enterrada a modo de fundación.

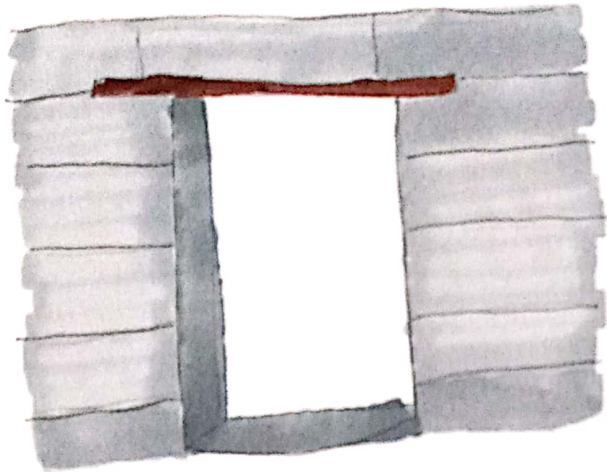
Se da cuenta del uso de argamasa de arcilla como elemento de unión entre hileras de panes de adobe

Se diferencia la manufactura aditiva en base a la uniformidad del material a lo alto y ancho. Se unifican los muros con las losas.

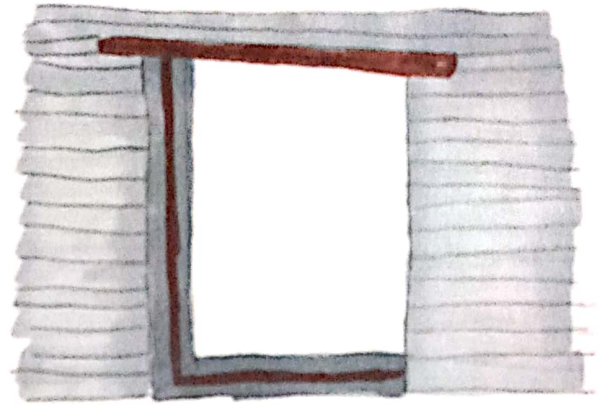
Se reconoce el hundimiento en el terreno como una herramienta valida para enfrentar la varianza termica local.

DESCOMPOSICIÓN DE DETALLE EN MARCO DE PUERTA

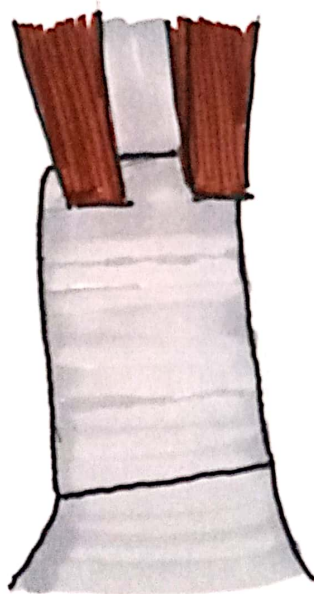
Se reconoce la necesidad de empotrar el dintel de la entrada en la vivienda de Tulor en el detalle constructivo de los marcos de las puertas, se reconoce la similitud a la manufactura aditiva. En base a eso se plantea un sistema similar de union constructiva.



VISTA FRONTAL MARCO DE PUERTA EN TULOR



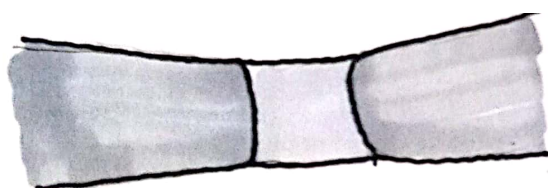
VISTA FRONTAL MARCO DE PUERTA EN IMPRESIÓN 3D



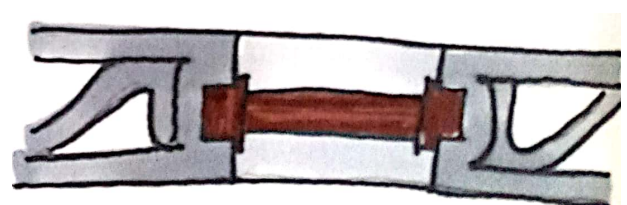
VISTA LATERAL MARCO DE PUERTA EN TULOR



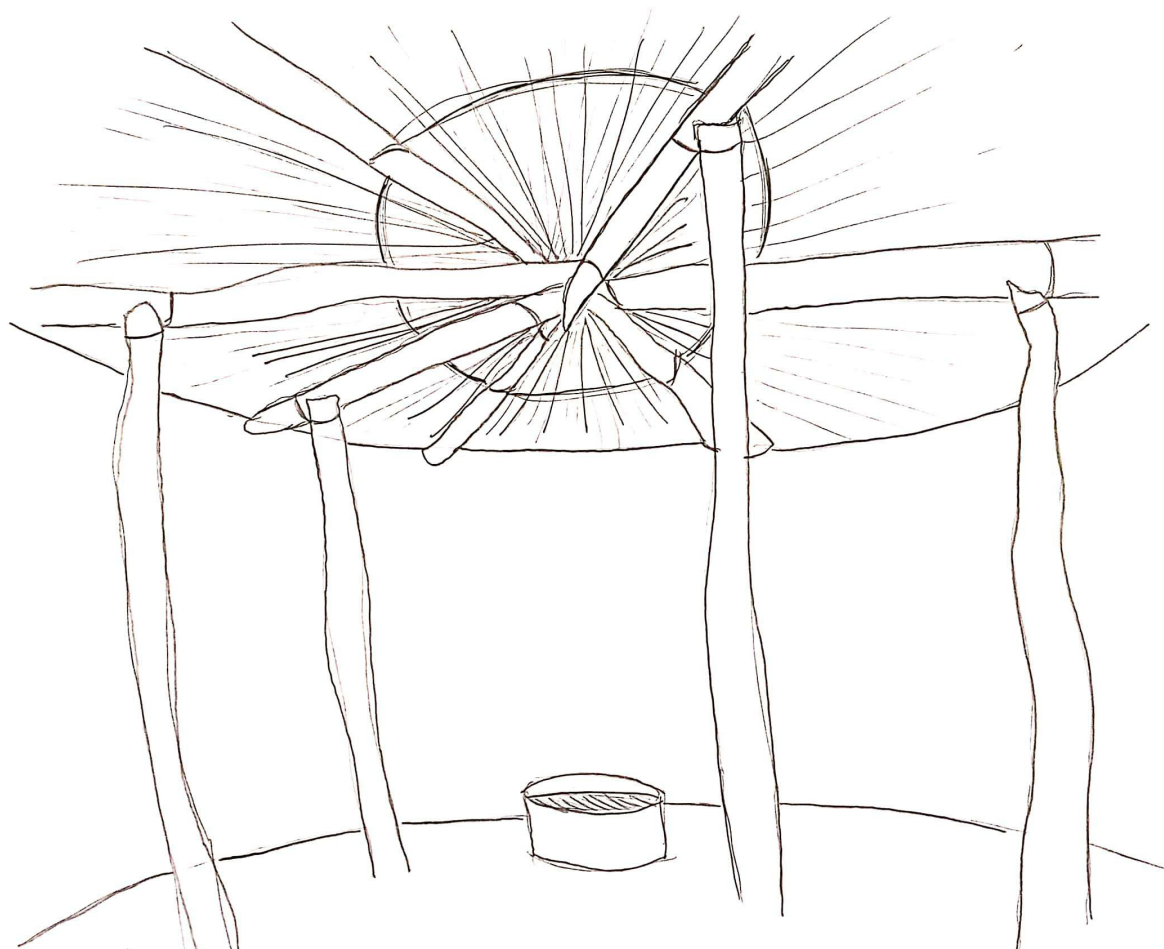
VISTA LATERAL MARCO DE PUERTA EN IMPRESIÓN 3D



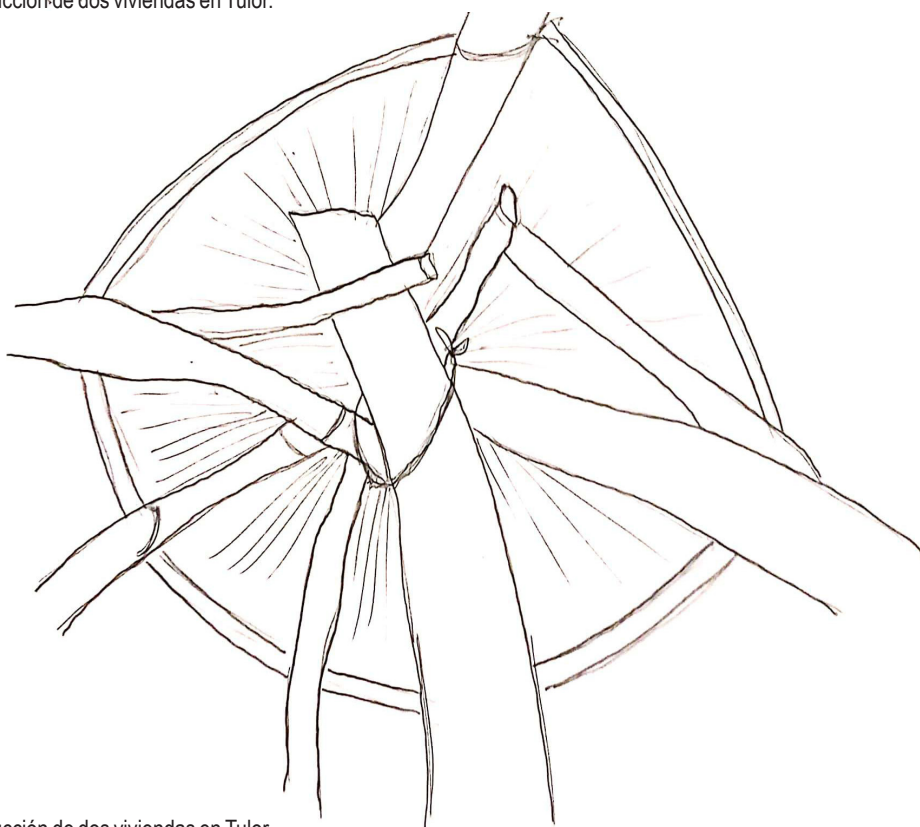
CORTE ESQUEMATICO MARCO DE PUERTA EN TULOR



CORTE ESQUEMATICO MARCO DE PUERTA EN IMPRESIÓN 3D

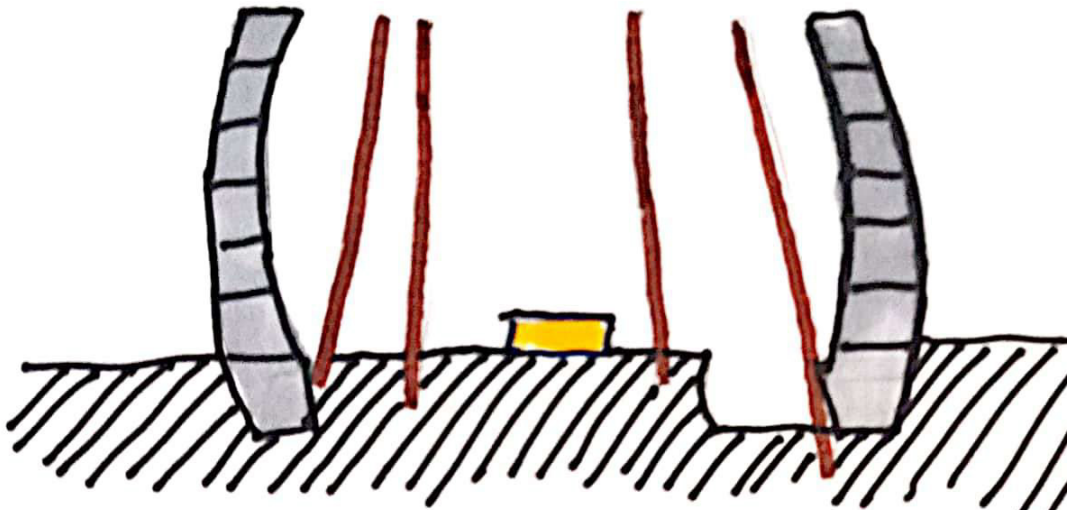


Croquis vista interior, reconstrucción de dos viviendas en Tulor.



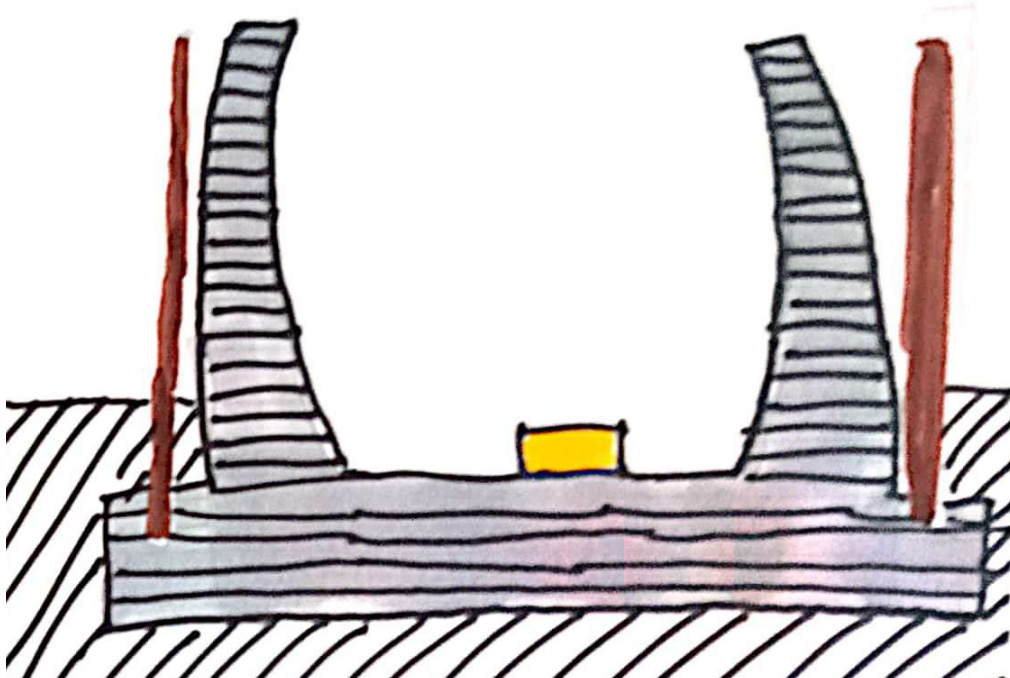
Detalle de postación, reconstrucción de dos viviendas en Tulor.

Esquema de corte de recinto de Tulo. Barón. A (1984)



Se reconoce la dualidad material, adobe como muros en forma de arco ovoidal, más un sistema de postes a los cuales se adosa la techumbre vegetal y que trabaja en base a colaboración con los muros

Esquema de corte de recinto posible en manufactura aditiva



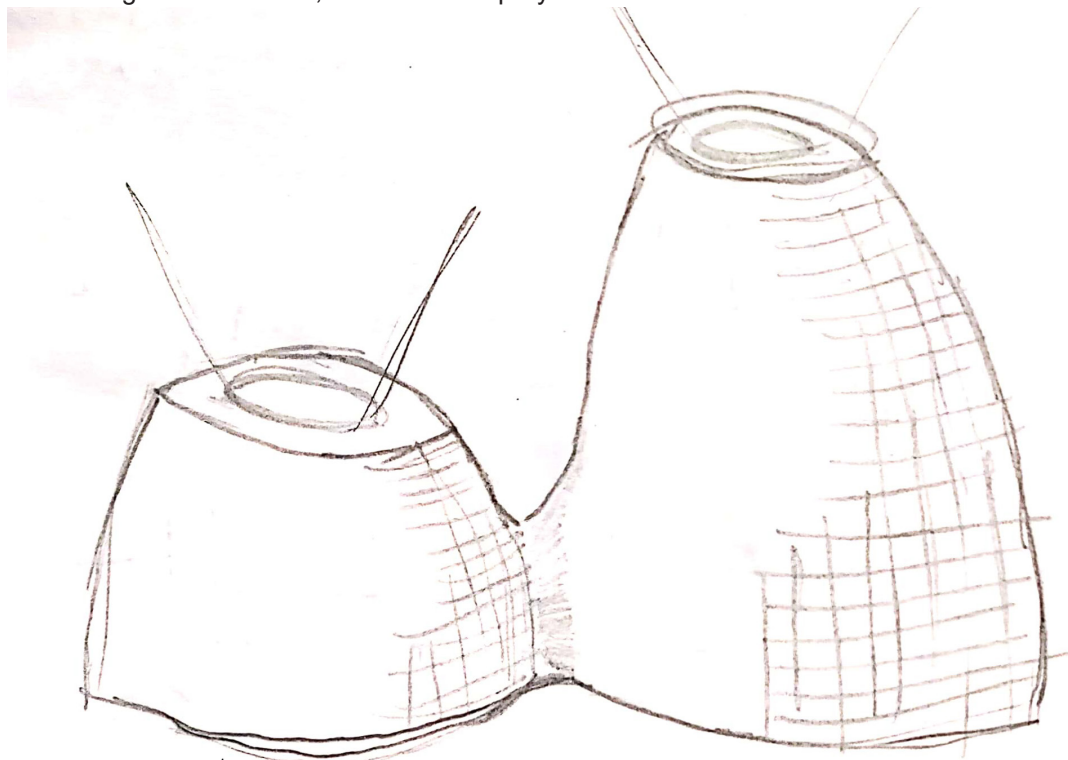
Se plantea la posibilidad de trabajar los muros y techumbre de manera similar, hundiendo el volumen en el terreno, trabajando los muros de forma ovoidal, y con un sistema de postes externos que puedan colaborar para soportar la techumbre.

Estudio de volúmenes:

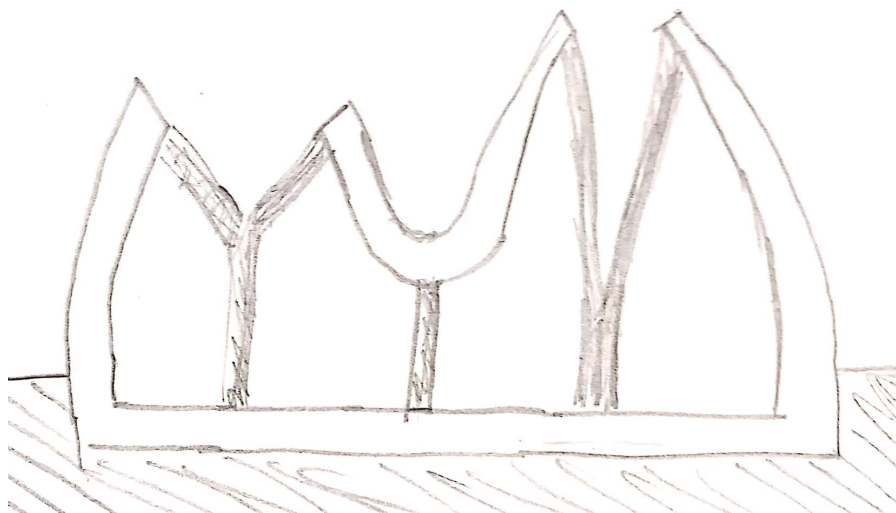
Se plantean según la forma de los muros en Tulum, generando lucarnas como posible solución a la techumbre y necesidad de luz solar al interior, además se plantea un sistema de pilarización que soporte la estructura flotante impresa en 3D.

En base a esto y todo lo anterior se propone como primer acercamiento:

- Definición de forma semi ovoidal cortada en su base debido a la resistencia sísmica que entrega.
- Definición de forma semi ovoidal cortada en su base y parte superior como forma de núcleos.
- Diferenciación de núcleo público y privado según altura de formas para notar importancias.
- Intersección de núcleos públicos y privados y definición de circulaciones en torno a estas intersecciones.
- Definición de iluminación cenital a través de lucarnas.
- Pilarización interior en madera, como estructura colaborante, basándose en Aldea de Tulum.
- Relleno interior orgánico de muros, basándose en proyecto WASP.



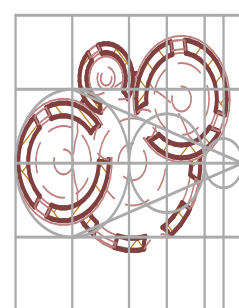
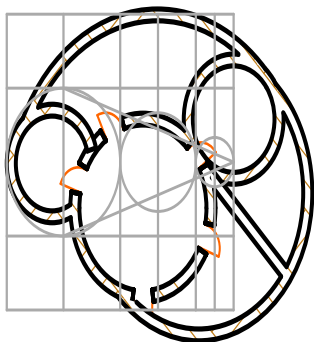
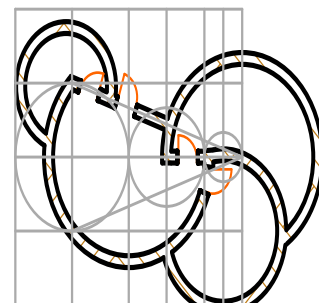
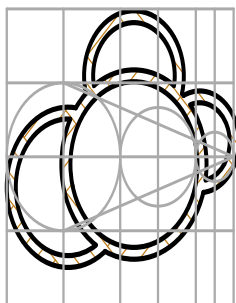
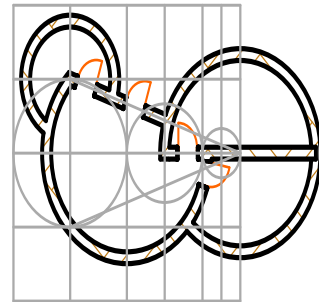
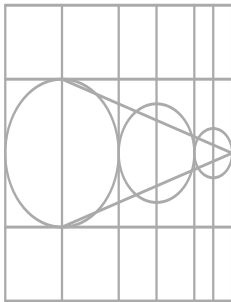
Esquema de volumen posible en manufactura aditiva



Esquema de corte de recinto posible en manufactura aditiva

Estudio de plantas:

Se plantea una grilla en base a círculos de áreas mínimas para la vivienda social según el cuadro normativo propuesto por el Decreto Supremo °49 resolución 7712, en base a la utilización de dicha grilla se entrega una primera aproximación en planta a una posible volumetria de vivienda.







# BIBLIOGRAFIA

- Barón, Ana et al. (1984). Estudios Atacameños N° 7, (pp. 105-115)
- Alba, A. F. (1990). Los documentos arquitectónicos populares como monumentos históricos, o el intento de recuperación de la memoria de los márgenes. CARO Baroja, J.(dir): Arquitectura popular en España, actas de las Jornadas, 1-5.
- Imilan Ojeda, W. (2017). Demandas indígenas por vivienda en Santiago de Chile.
- Salazar Ibáñez, C. I. (2018). Diseño y construcción de un dispositivo extrusor de probetas para estudios de concretos aptos para la impresión 3D.
- Agostini, C. A., Brown, P. H., & Roman, A. (2010). Estimando indigencia y pobreza indígena regional con datos censales y encuestas de hogares. Cuadernos de economía, 47(135), 125-150.
- Jorquera, N. (2017). Culturas constructivas que conforman el patrimonio chileno construido en tierra. AUS [Arquitectura/Urbanismo/Sustentabilidad], (16), 30-35.
- Jorquera, N. (2014). Culturas sísmicas: estrategias vernaculares de sismorresistencia del patrimonio arquitectónico chileno. Arquitecturas del Sur, 18-29.
- Guerrero Baca, L. F. (2007). Arquitectura en tierra: Hacia la recuperación de una cultura constructiva. Apuntes: Revista de estudios sobre patrimonio cultural-Journal of Cultural Heritage Studies, 20(2), 182-201.
- Sanhueza, M. C., & Gundermann, H. (2007). Estado, expansión capitalista y sujetos sociales en Atacama (1879-1928). Estudios atacameños, (34), 113-136.
- Gundermann Kröll, H. (2018). Los pueblos originarios del norte de Chile y el Estado. Diálogo andino, (55), 93-109.
- Plaza Gámez, B. (2014). Estudio de la posibilidad de sustitución de hormigones tradicionales por hormigones ecológicos fabricados con conglomerados procedentes de residuos industriales y áridos reciclados (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Serrano, M. (2017). Levantamiento arquitectónico y cultura constructiva de la vivienda vernácula en San Pedro de Atacama.
- Hager, I et al. (2016), Procedia Engineering 151. 3D printing of buildings and building components as the future of sustainable construction? (pp 292-299).
- Perkins, I & Skitmore M. (2015), International Journal of construction management vol.15. 3D printing in the construction industry: A review (pp 1-9).
- Labonnote, N et al. (2016), Automation in construction vol. 72. Additive construction: state-of-the-art challenges and opportunities (pp 347-366).
- Duballet, R et al. (2017). Automation in construction vol 83. Classification of building systems for concrete 3D printing (pp 247-258).
- Oxman, N. (2010). Architectural Design vol 80. Structural Materiality: Design Fabrication of heterogeneous materials (pp 78-85).
- Wu, Peng, Jun Wang, y Xiangyu Wang. (2016). Automation in Construction 68. A Critical Review of the Use of 3-D Printing in the Construction Industry (pp 21-31).
- Ngo, T et al. (2018). Composites Part B: Engineering vol 143. Additive Manufacturing (3D Printing): A Review of Materials, Methods, Applications and Challenges. (pp 172-196).
- Gibson, I et al. (2015). New York, NY: Springer New York. Additive Manufacturing Technologies.
- Delgado Camacho, et al. (2018). Automation in Construction vol 89. Applications of Additive Manufacturing in the Construction Industry – A Forward-Looking Review. (pp 110-119).
- Gosselin, C et al. (2016). Materials & Design vol 100. Large-Scale 3D Printing of Ultra-High Performance Concrete – a New Processing Route for Architects and Builders. (pp 102-109).
- García-Alvarado, R, A Martínez, L González, y F Auat. (2020). Revista Ingeniería de Construcción vol 35. Proyecciones de la construcción impresa en 3D en Chile.
- Khoshnevis, B et al. (2006). International Journal of Industrial and Systems Engineering 1, n.º 3. Mega-scale fabrication by contour crafting. (pp 301-320).
- Khoshnevis, B., & Bekey, G. (2003). Automated Construction Using Contour Crafting--Applications on Earth and Beyond. Nist Special Publication Sp, 489-494.

- Imilán, W. A. (2017). Luchas y demandas por la vivienda indígena urbana. Emergencia de conjuntos de vivienda subsidiada para población indígena urbana en Chile. AUS [Arquitectura/Urbanismo/Sustentabilidad], (21), 61-67.
- Vásquez Fierro, V. V. (2009). Optimización de una metodología de análisis para la rehabilitación y protección sostenible de la arquitectura vernácula. Una Metodología de investigación aplicada a zonas de valor constructivo, ecológico y cultural. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Pastor Quiles, M. (2017). La construcción con tierra en arqueología: teoría, método, técnicas y aplicación.
- Aguilar, B. M. (2013). Desde la etnografía antropológica hacia un turismo sostenible. El caso de la Macrozona andina norte, en las actuales regiones de Arica, Parinacota, Tarapacá y Antofagasta. In VIII Congreso Chileno de Antropología. Colegio de Antropólogos de Chile AG.
- Fuster-Farfán, X. (2019). Las políticas de vivienda social en Chile en un contexto de neoliberalismo híbrido. Eure (Santiago), 45(135), 5-26.
- BAEZA, E. A. (2013). Políticas indígenas, multiculturalismo y el enfoque estatal indígena urbano. Revista de Historia Social y de las Mentalidades, 17(1), 133-161.
- García-Alvarado, R., Martínez, A., González, L., & Auat, F. (2020). Proyecciones de la construcción impresa en 3D en Chile. Revista ingeniería de construcción, 35(1), 60-72.
- García-Alvarado, R. (2018, September). Initial Developments and Projections of 3D Construction Printing. In ARCC Conference Repository.
- Instituto Nacional de Estadísticas. (2018). Radiografía de género: Pueblos originarios en Chile 2017.
- Salinas Arriagada, A., García Alvarado, R., & Carrasco Perez, P. (2020). Bio-mimetic design for architecture built by 3D robotic printing.
- Karmelic Visintainer, L. (2016). Terremoto Chile 2010. Reconstrucción/restauración patrimonial: proceso de validación de la tierra como material vigente. Balance de las intervenciones en la VI región.
- CASEN. (2017). Pueblos indígenas síntesis de resultados. [CASEN 2017]. Ministerio de Desarrollo Social y Familia. [www.desarrollosocial.cl](http://www.desarrollosocial.cl)
- Resolución exenta N° 7712 de 2017 [Ministerio de Vivienda y Urbanismo] Por la cual se define el cuadro normativo y tabla de espacios y usos mínimos para el mobiliario para proyectos del Fondo Solidario de Elección de Vivienda regulado por el D.S. N° 49. 16 de Junio de 2017.
- Resolución exenta N° 1380 de 2020 [Ministerio de Desarrollo Social y Familia] Por la cual se aprueba bases reglamentarias del 18° concurso, subsidio para la adquisición de tierras por indígenas. 18 de Diciembre de 2020.
- Resolución exenta N° 1975 de 2019 [Ministerio de Vivienda y Urbanismo] Por la cual se define la selección de beneficiarios del llamado individual de fondo solidario de elección de vivienda regulado por el D.S. N° 1 Tramo 1. 29 de Agosto de 2019.
- Resolución exenta N° 1.516 de 2021 [Ministerio de Vivienda y Urbanismo], Que llama a postulación en condiciones especiales año 2021 para presentación de proyectos habitacionales del programa de integración social y territorial DS N° 19. 5 de Noviembre de 2021.
- Ministerio de Obras Publicas. 2004. Diagnostico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. (p. 1-23). Santiago: Ministerio de Obras Publicas.
- Ministerio de Obras Publicas. 2012. Guía de Antecedentes Territoriales y Culturales de los Pueblos Indígenas de Chile. (p. 21-26). Santiago: Ministerio de Obras Publicas.
- Ministerio de Planificación. 2010. Estudio Análisis de las oportunidades de mercado para la definición de estrategia de acción en las políticas públicas de fomento productivo a nivel local y regional para población indígena. (p. 9-25). Santiago: Ministerio de Planificación.
- Ministerio de Desarrollo Social y Familia. 2019. Informe de desarrollo social 2019. (p. 13-24). Santiago: Ministerio de Desarrollo Social y Familia.
- Instituto Nacional de Estadísticas. 2017. Síntesis de resultados CENSO 2017. (p. 16). Santiago: Instituto Nacional de Estadísticas.
- Plan de Desarrollo Comunal Comuna San Pedro de Atacama. 2006. San Pedro de Atacama: Municipalidad de San Pedro de Atacama.
- Maulén, J. (2020). Propiedades físicas de las tierras y su relación con las técnicas de las culturas constructivas en tierra del patrimonio chileno. [Seminario no publicado]. Universidad de Chile.



# HABITAR EL DESIERTO

## VIVIENDA SOCIAL LIKAN ANTAI IMPRESA EN 3D

GONZALO ALONSO ARRAÑO RIVERA  
PROFESOR GUÍA PATRICIO ARIAS

UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
SEMESTRE DE VERANO

