
Aplicación de sistemas pasivos de captación y aprovechamiento de agua en el proyecto arquitectónico. Estudio, evaluación y exploración.

Dumón Lamarque, Lautaro; Pagani, Valeria; Ponce, Nora
litpa@fau.unlp.edu.ar; lautarodumonlamarque@gmail.com

Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Laboratorio de Investigación en Teoría y Práctica Arquitectónica (LITPA), FAU, UNLP. La Plata, Argentina

Línea temática 2. Palabras, categorías, método
(Términos clasificatorios, taxonomías operativas)

Palabras clave

Mallas, Niebla, Exploración, Proyecto, Tecnología

Resumen

El presente trabajo expone los avances alcanzados en la BECA DE ENTRENAMIENTO CIC PARA ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS inscripto en el proyecto de investigación denominado "FORMATOS URBANOS ARQUITECTÓNICOS SOSTENIBLES EN CONTEXTOS VULNERABLES", LITPA-FAU-UNLP, que actúa como marco de referencia y escenario exploratorio de la beca.

En este contexto la investigación llevada a cabo planteó un avance en el análisis y desarrollo de la tecnología "Mallas recolectoras de lluvia horizontal", entendiéndolas como un sistema pasivo siendo utilizado como barrera condensadora, como captador de agua de lluvia y como atenuador de la temperatura. Los estudios realizados también implicaron a las mallas en la escala del proyecto

arquitectónico como configurador de la forma, del lenguaje y como elemento propositivo sostenible.

Es desde lo anterior que se exploraron estrategias proyectuales sostenibles para la vivienda colectiva sobre el sector del valle inundable del Arroyo Maldonado, La Plata, visualizando sus fortalezas para producir escenarios que habiliten nuevas formas de urbanización, nuevos formatos agro-residenciales y la construcción de identidades colectivas.

La especificidad disciplinar se propone a partir de la investigación proyectual como forma de generación del conocimiento, incorporando criterios de sostenibilidad como una necesidad para abordar nuestras problemáticas.

Fundamentación

La anegación de los suelos en el contexto agro-residencial del Arroyo Maldonado resulta un obstáculo importante para el desarrollo del hábitat social. Al respecto, los problemas derivados del uso antrópico del suelo son actualmente muy severos, derivando por ejemplo en la erosión, la desertificación, la compactación y la pérdida de fertilidad en los márgenes de la cuenca.

El arroyo Maldonado –como unidad de estudio- plantea una promesa clara de acceso a la tierra, que requiere la participación ciudadana para la modificación de su paisaje ribereño. Estos ambientes se ven potenciados por las posibilidades que les brindan a los usuarios al facilitar situaciones de expansión que son ganadas gracias al ecosistema manifestado en su estado natural.

Trabajar con este territorio implicó considerar temas como la rehabilitación de las tierras –recuperando áreas actualmente cubiertas por basurales a cielo abierto, reciclando parcelas inundables como espacios públicos y revitalizando los suelos desgastados por la intensa producción agraria-, y así también nos lleva a considerar alternativas tendientes a aumentar el rendimiento de los suelos -por medio de la extensión vertical de la actividad agrícola-, la recalificación de las zonas marginadas -tanto del sistema productivo como habitacional- y la apropiación del hábitat que permite a las comunidades reforzar su identidad.

La plata hidrografía y oportunidad

La conformación espacial de la cuenca -hoy una barrera urbana- se ubica en la extensión sureste de La Plata y Berisso. El valle conserva características semirurales con una fuerte actividad frutihortícola en el tramo inicial del arroyo y áreas urbanizadas y asentamientos sobre sus márgenes en el tramo medio, lo que produce una impermeabilización de la superficie absorbente, llevando a desbordes e inundaciones. La cuenca es alimentada por el Río de La Plata que atraviesa el área urbana debido a una gran variedad de canales que fueron entubados progresivamente liberando lotes y produciendo así un proceso de ampliación urbana (Muntz s.f.), desencadenando –según el CENSO 2010- en el asentamiento de aproximadamente 67.406 habitantes.

A partir de 1990 –debido a la crisis económica que sufrió el país- se reforzaron las ampliaciones urbanas que conllevaron al crecimiento de villas de emergencia y a la multiplicación de asentamientos y otros hábitats precarios. La rivera del arroyo Maldonado se convirtió entonces en el hogar de cientos de familias que no encontraban su lugar dentro del mercado de tierras de la ciudad. Estas áreas –por la falta de regulación- se mantienen hasta el día de hoy ocupadas por familias que no llegan a cubrir sus necesidades básicas habitacionales y de servicios.

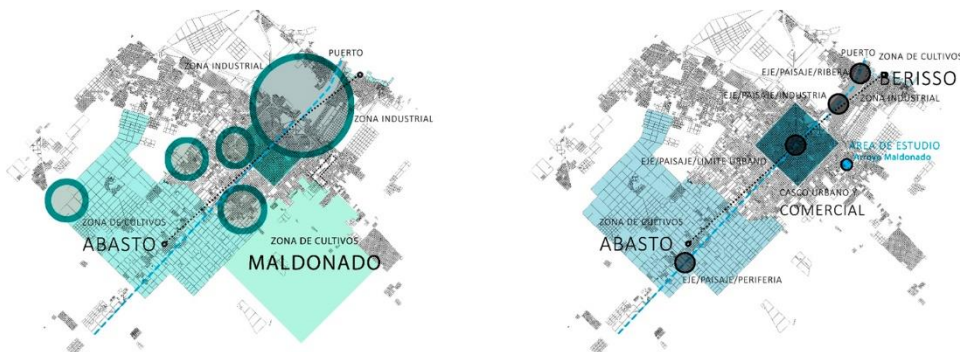
En este marco, -por la localización irregular de viviendas precarias- la periferia del sector del Arroyo Maldonado presenta una cobertura deficitaria de la provisión de agua y cloacas. Estos sectores en el mejor de los casos poseen pozos absorbentes para los desechos cloacales que normalmente contaminan las napas freáticas. De esta forma al carecer de redes de agua corriente, se ven obligados a obtenerla mediante pozos que suelen ser inadecuados por su poca profundidad o deficiente aislamiento (Frediani, 2010).

Fundamentalmente, el arroyo tiene la capacidad de albergar viviendas con mejores condiciones habitacionales –adquiriendo estas cualidades principalmente con el acceso a los servicios básicos- que en relación al rico paisaje natural podría desencadenar en el desarrollo de espacio público colectivo, valorizando la biología autóctona que tiene lugar gracias a la figura del arroyo. Además, se debe sumar la presencia de áreas de cultivo bajo cubierta en las cercanías, reconociendo su potencial en la conservación de grandes áreas verdes.

Debido a lo anterior, el trabajo proyectual implicó en gran medida concentrar los esfuerzos en la maximización de las fuentes de agua y en sistemas para su gestión, ya que generalmente corresponden a la explotación de fuentes subterráneas siendo articuladas muchas veces con infraestructura hidrológica como los sistemas de regadío.

Figura 1: Contexto y configuración del sector a intervenir

Partido de La Plata, fortalezas.



Análisis de la cuenca y sector del Arroyo Maldonado.

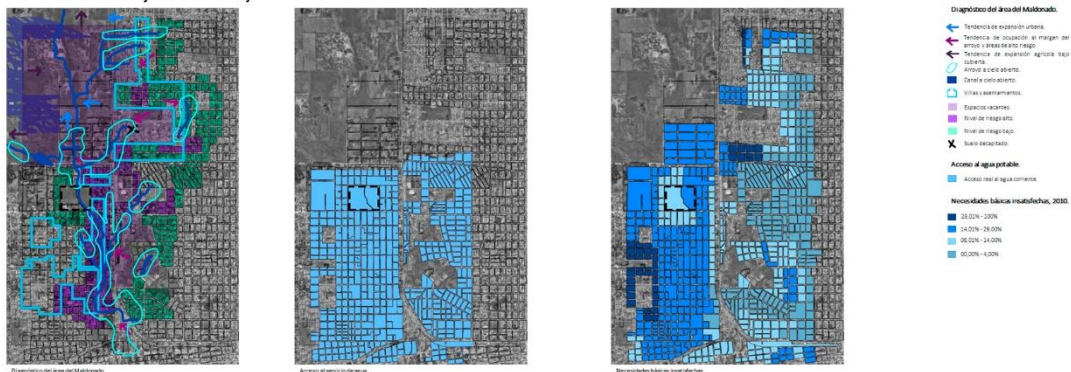
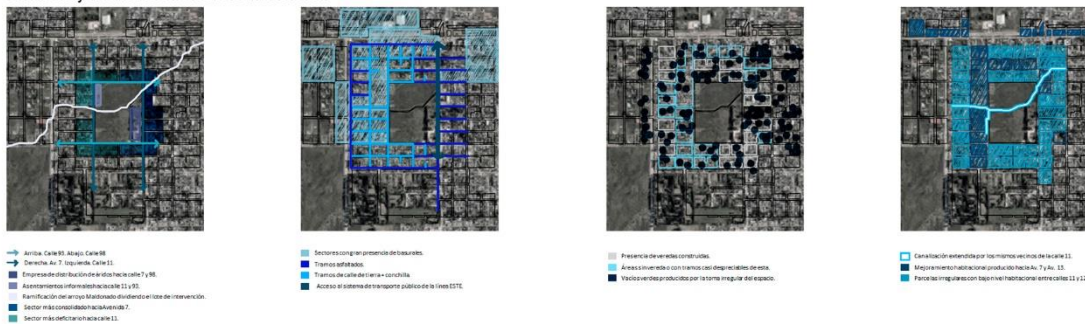


Imagen de día con niebla en La Plata.



Vista aérea del sector área de estudio

Fortalezas y debilidades en el sitio de intervención.



Fuente: Elaboración propia (LITPA)

Agro residencias y la calidad del agua:

El desarrollo de la actividad productiva trae consigo la inserción de familias en ámbitos rurales donde los habitantes se asientan informalmente. Como consecuencia se produce la falta de servicios de saneamiento, ya que las personas obtienen el servicio a partir de perforaciones subterráneas individuales o mediante conexiones a una red cercana de forma precaria (Fingermann, 2018). En el gran La Plata casi el 10.7% de la población no tiene acceso a una red domiciliaria formal, estando expuestos a la contaminación microbiológica.

Gracias a lo mencionado previamente se puede destacar que las unidades domésticas y el espacio productivo –en las áreas correspondientes al cordón exterior del casco urbano- están íntimamente integradas, compartiendo fuentes de agua y al mismo tiempo la infraestructura de obtención. Es habitual la contaminación del agua en estas zonas por las diferentes variables que afectan a la captación, conducción y almacenamiento teniendo como condicionante de su efectivo consumo a las deficiencias constructivas.

La integración de ambos sistemas contribuyó a la resolución de estas problemáticas. Entender que hábitat y producción -por más separadas físicamente que se encuentren- funcionan en conjunto, facilita el desarrollo de ideas que no busquen mejorar constructivamente a cada una por separado sino que encuentren la forma de fusionar ambas actividades. Esta fusión integra al mismo tiempo sistemas de provisión de agua que conjugan las necesidades del hábitat humano y de la producción, desembocando en unidades que se autoabastecen del recurso, liberando así a los productores de la carga de compartir el medio hídrico con sus cultivos, y mejorando directamente la forma de vida de los productores.

Marco teórico

El agua como recurso

En la actualidad, los requerimientos de agua se ven incrementados por la creciente multiplicación poblacional y por la producción agrícola ganadera, quien ocupa la mayor porción de uso del recurso. El potencial hídrico que se presenta en el sector no se ve representado únicamente por la cuenca del arroyo Maldonado, sino que manifiesta la posibilidad de aprovechar –de forma estacional- los altos niveles de humedad y las temperaturas atmosféricas en pos de favorecer la recolección de lluvia horizontal y de precipitaciones.

Es preciso que se tenga en cuenta estos factores ya que son los que definen la posición, la dirección y la potencialidad de los sistemas planteados. Los datos investigados identifican temperaturas atmosféricas de 28.8°C en enero y de 14.3°C en julio –dato útil para el posicionamiento de los elementos- , mes

donde se registra la mayor humedad anual llegando a un 83% y que se reduce hasta un 70% en diciembre manifestándose como una región costera-húmeda. La conjunción de humedad y temperatura permite la aparición de fenómenos ambientales como la niebla y las lluvias horizontales, herramientas fundamentales para brindar autonomía a la provisión del agua.

Lastimosamente la fracción estudiada de la cuenca no posee la capacidad de ser consumida por los usuarios ni de ser utilizada en el riego de la agricultura, pero contribuye de forma directa –en conjunto con otras cuencas- con el proceso de evaporación y precipitación en la época otoñal donde se registran las lluvias más altas con 119.9mm. En términos de recolección este recurso es utilizable como mínimo siete días al mes, con una máxima alcanzada en octubre superando en dos días al previo valor.

El potencial del recurso empieza a visibilizarse luego de estudiar los datos atmosféricos, quienes plantean una temporalidad en la presencia de los fenómenos quienes además de contar con sistemas de captación deben ser acompañados por conjuntos de almacenamiento para su posterior utilización en los momentos menos húmedos.

La incorporación de estos sistemas en la escala doméstica permite la independización de los usuarios, proveyéndole la aptitud de obtener el recurso sin depender de la capacidad del suministro de servicios público y mejorando así las posibilidades para los usuarios más vulnerables económicamente.

Hábitat productivo.

El uso informal del recurso hídrico, por parte de la producción agraria, plantea la inminente necesidad de estructurar respuestas contemporáneas para brindar una solución integral que no resulte anacrónica y se adecue a los avances tecnológicos y a las necesidades básicas de sus usuarios, pero que además sea consciente –desde un punto de vista ecológico- de su impacto en el territorio.

Es probable que no se trate del planteo de posibles soluciones para la erradicación de la vivienda insalubre rural, sino todo lo contrario, sentar las bases para una vivienda rural adecuada a su medio y usuario. El desarrollo de estos modelos responde directamente a las necesidades básicas diarias, configurando además una fuente de energía y trabajo para quien la habite. La definición del habitar como productivo se produce particularmente desde su génesis, apoyándose en el uso de materiales normalizados y en los sistemas pasivos de recolección de agua.

Plantear sistemas de construcción prefabricados involucra el entendimiento de la dimensión temporal que afecta a los productores, poder trasladar las viviendas a futuras localizaciones genera un diálogo más sano con el entorno,

impactando lo menos posible. A su vez que la provisión del servicio de saneamiento esté dentro de la vivienda, produce una disminución en los recursos económicos a invertir, dignificando al recurso por evitar precarias provisiones.

Como resultado de la sumatoria de hábitat + producción, la vivienda plantea una metáfora del invernadero, donde las técnicas constructivas propias de estos elementos y el interés en la sustentabilidad se combina con los modos de fabricación y ensamblaje estandarizados, permitiendo el ahorro de energía, recursos económicos y mano de obra humana.

Conceptos fundamentales para el entendimiento de la tecnología de las mallas de niebla.

El “consumo sostenible” de los recursos hídricos manifiesta la necesidad de entender los ciclos del agua para poder aprovecharla no solo en estado líquido sino también en el gaseoso, es por eso que el primer concepto que se debe describir es el de *lluvia horizontal*, esta se produce cuando hay suficiente humedad atmosférica –agua en estado gaseoso- y fuerza del viento que la pueda mover hasta chocar con elementos que puedan interceptarla permitiendo la acumulación de gotas (Santamarta Cerezal & Seijas Bayón, 2010). Se relaciona con el aumento de la humedad en las primeras horas de la mañana, lo que se debe a que por la ausencia de radiación solar se disminuye la temperatura, evento que es frecuentemente reconocible en las hojas de los árboles con una alta presencia de humedad incluso sin haber precipitaciones.

Consecuentemente, el segundo concepto a estudiar es *la niebla*¹ que se define como la suspensión en la atmosfera de gotitas de agua y/o cristales de hielo muy pequeños² – menor a 40 micrones- muy frecuentes en las áreas costeras y montañosas andinas, que por ser tan livianas no caen, sino que se mantienen suspendidas a merced del viento (Cereceda, 2014). La cantidad de agua contenida en un metro cubico de aire húmedo puede variar desde los 3g/m³ en nubes muy densas como las de tormenta, hasta los 0.05g/m³ en nubes de menor densidad, en comparación la niebla tiene un valor que varía entre los 0.22 y los 0.73 g/m³.

La formación de la niebla se debe a la inversión térmica que produce el descenso del aire desde la tropósfera -debido a los anticiclones- produciendo la disminución de la temperatura. Esta inversión no permite que las micropartículas de agua se eleven formando generalmente una nube estratocúmulo (Cereceda, 2014). Esto quiere decir que existen dos factores

¹ A diferencia de la bruma, no es posible ver a través de la niebla, no al menos a una distancia de 1km (Programa de Meteorología Aeronáutica, s.f.).

² El tamaño de las gotas de agua va a variar en relación al fenómeno que analicemos, yendo de 5 mm en precipitaciones intensas hasta los 40 micrones de la niebla propiamente dicha (Organización Meteorológica Mundial, 1996).

fundamentales para que se produzcan las masas de lluvia horizontal, en primer lugar, la saturación del vapor de agua atmosférica hasta alcanzar la condensación y en segundo la presencia de núcleos de condensación en el aire que provoquen el cambio de estado sobre ellos.

El cambio de estado del agua de gas a líquido depende fundamentalmente de la temperatura, la humedad y la presión del aire. Entonces las lluvias horizontales se pueden producir cuando:

- Desciende la temperatura del aire, hasta que el vapor de agua que existe en el entorno alcanza la temperatura del punto de rocío y se condensa.³
- Cuando aumenta la humedad en el aire, saturándolo y por lo tanto condensando el vapor que ya existe en él.
- Cuando desciende la presión atmosférica sin que se suministre calor, como cuando se produce un ascenso adiabático del aire.

Éste fenómeno puede clasificarse según el proceso que les da origen en: niebla de radiación, de advección, de evaporación, y nieblas orográficas. Enfocándonos particularmente en la segunda categoría ya que es la que afecta particularmente al sitio.

La niebla de advección es muy común en los bordes costeros, se desarrollan cuando una corriente de aire cálido y húmedo se desplaza sobre una región más fría, gracias a esto el aire se enfría desde abajo permitiendo que su humedad relativa aumente pudiendo saturarse (Horacio E. Sarochar, UNLP, s.f.). Esta nube estratocúmulo es desplazada por el viento a una velocidad moderada entre 8 y 24 km/h -es necesario que el viento sople con esta intensidad para que pueda mantenerse constante el flujo de aire cálido y húmedo- desde el plano de agua hasta la superficie terrestre donde es interceptada por elementos geográficos o construidos transformándose en niebla, por lo que se denomina como “nube a ras del suelo” (Cereceda, Agua de Niebla, 2014).

Atrapanieblas

Como bien se ha mencionado al explicar los fenómenos atmosféricos intervinientes en el proceso de captación de agua de niebla, las micropartículas de agua se encuentran en constante suspensión a la espera de una superficie natural o artificial donde posarse. Esto puede suceder al encontrarse con una ladera, con un gran edificio, con árboles o, en este punto, con los finos filamentos que componen las mallas recolectoras.

³ El parámetro más importante es el descenso de la temperatura del aire, cuando la masa de aire se enfría por debajo del punto de rocío se satura y el vapor que contiene se transforma en líquido (Cuadrat and Pita, 1997).

La técnica artificial se fundamenta en exponer un plano permeable –quien se compone de materiales que favorecen la adhesión de gotas como mallas o hilos plásticos o metálicos- a lugares adecuados en donde circule una masa de aire que empuje la niebla sobre la superficie.

Siguiendo el entendimiento, cuando el viento empuja a la niebla, ésta entra en contacto con la superficie recolectora y parte de las microgotas de agua quedan adheridas a la misma por impacto. A medida que impactan las siguientes gotas se acumulan en una más grande hasta que por gravedad caen a una canaleta que está situada en la parte inferior y son dirigidas por ella hacia un depósito para su almacenamiento. En palabras de Pilar Cereceda (2014) “...Este es el equipo encargado de capturar y juntar las gotitas de agua de la niebla, dejando el agua colectada disponible para ser almacenada y utilizada...”. El Sistema de Captación de Agua de Niebla (SCAN), está compuesto por un atrapanieblas, un sistema de conducción del agua a los estanques de almacenamiento y un sistema de distribución, que distribuye el líquido desde los estanques hacia el punto donde es requerida.

La eficiencia de la recolección depende principalmente de otras tres eficiencias: la eficiencia aerodinámica, la de deposición y la de drenado. La primera depende mucho del coeficiente de sombra⁴ para una malla determinada⁵, la segunda tiene en cuenta la disposición que presentan las gotas a seguir la línea del flujo de aire y la posibilidad de que traten de pasar por los costados de los hilos y la tercera a su vez se relaciona con la diferencia de agua que se deposita en la malla y la que es recogida por las canalizaciones. La malla es una obstrucción para el flujo de la niebla, la fracción de esta que pasa depende de la permeabilidad de los tejidos y también depende de la presión del viento sobre ellos, que es la fuerza que hace que la niebla pase a través de la malla. Las gotitas tienen una densidad casi mil veces mayor que el aire, y si su tamaño y velocidad no son suficientes comparado con la línea del flujo de aire, no podrán seguirla por lo que seguirán la trayectoria más recta y así chocará con el filamento, a lo que llamamos deposición por inercia (Cereceda, 2014).

Antecedentes en la región sur de América.

El tema de la obtención de agua a partir de la niebla en cantidades suficientes para algunas aplicaciones corresponde a una tecnología muy antigua que ha despertado un gran interés desde hace algunas décadas, especialmente en climas y ámbitos en los que el recurso hídrico se constituye como escaso (Pascual, 2014). Fray Bartolomé escribió la “Historia de las indias”, un texto basado en sus viajes con ruta hacia América donde escaló en la isla de El

⁴ El porcentaje de sombra es la fracción porcentual del área que cubren los filamentos de la malla. Se usa este término en vez de porosidad, que es el complemento, porque es la forma corriente de designar a las mallas Raschel que son las más usadas en atrapanieblas.

⁵ Es posible aumentar la permeabilidad de la malla mediante un diseño aerodinámico cuidadoso del tejido y así mejorar la eficiencia de colección.

Hierro (Canarias) y donde se interesó por la cultura de los indígenas – ya casi desaparecidos en el siglo XVI – que habitaban en las islas. Éstos estaban emparentados con los bereberes⁶ que dedicaban culto particular a un árbol -el Garoé – que les proporcionaba agua dulce en abundancia. El árbol era capaz de captar agua de las nieblas y de las lloviznas, lo que permitió desarrollar una vida agrícola en medios de precipitación escasa (Cereceda, 2014).

Esta situación es reconocida también en el desierto de Atacama donde se recogía agua de rocío y niebla mediante un sistema de piedras que eran colocadas de tal manera que la condensación de las gotas de niebla se iba depositando dentro de la base del montón, esta técnica también fue utilizada en el antiguo Egipto donde luego de recolectado el líquido, se almacenaba en acueductos subterráneos (Pascual, 2014).

Llegando más a la actualidad, hacia el año 1987 se inicia con éxito el proyecto “Agua de niebla” en la antigua explotación minera de El Tofo en Chile para abastecer al poblado de pescadores de Chungungo⁷ (Corell, 2014), donde se construyeron 100 atrapanieblas en la comunidad. El promedio de recolección de agua de niebla fue superior a 3l/m²/d, lo que supuso una producción media de 15.000 l/d (Schemenauer & Cereceda, 1992). Sin embargo, las mallas se fueron desgastando por los fuertes vientos y la falta de mantenimiento derivada de la mala gestión del proyecto y el pueblo volvió a ser abastecido por camiones de agua cisterna.

Chile conformo la base del conocimiento que fue utilizado luego por Colombia quien ha testeado diferentes tipos de mallas con valores de recolección medios de 4.15 y 0.19 l/m²/d (molina 2007). También hacia 1990 Perú estudio el potencial del agua de niebla en el cerro Orara mostrando un promedio de recolección de 8.5 l/m²/d (cereceda, 1993) y en lomas de Antiquita, un desierto costero que alcanzó promedios de 21.9 l/m²/d (cereceda, 1998).

Morfología de las Atrapanieblas

Los antecedentes de estudio técnico formaron la base para el desarrollo de nuevos ejes exploratorios como lo es por ejemplo la recolección de niebla por medio de la forma. Durante muchos años se indagó en las características morfológicas desencadenando en dos categorías fundamentales, las bidimensionales y las tridimensionales, primando a nivel mundial el uso de las primeras.

⁶ Bereberes: son las personas pertenecientes a un conjunto de etnias autóctonas de África del norte. Se distribuyen desde las islas canarias y la costa atlántica continental al oasis de Siwa en Egipto. Fueron los primeros pobladores de las Islas.

⁷ Distintos lugares de la costa de Antofagasta, entre ellos la mina de Andrómeda, Cerro Moreno y los Nidos ofrecieron lugares aptos para estudiar el potencial del recurso hídrico de la niebla, poblando los acantilados de los cerros costeros (Martos D.S, 2009).

El colector de niebla más ampliamente utilizado es el *Standard Fog Collector* (Corell, 2014), el cual se trata de un captador plano bidireccional formado por una superficie de recolección de 1m² -o sea 1mx1m- que se instala a dos metros como mínimo sobre el nivel del suelo, ubicándose perpendicularmente con respecto a la dirección del viento (Cereceda, 2014). A pesar de que la malla Raschel sea la más utilizada, no en todos los trabajos ha sido así, fundamentalmente por la dificultad que se presenta para adquirirla, en cambio se utilizan mallas de origen local lo que facilita su reposición en el caso de ser necesario⁸.

Además, podemos mencionar un tipo de captador que utiliza como material de recolección un hilo -de nylon o teflón, aunque también de alambre⁹- el cual es conocido como “tipo arpa” por su colocación de manera tensada verticalmente. Este colector se construye en base a dos capas cuadradas de 500 hilos de nylon cada una, teniendo la principal ventaja sobre los que se conforman por mallas, ya que con filamentos individuales verticales se aumenta la velocidad de caída porque carecen de hilos horizontales que detengan el deslizamiento. (Corell, 2014).

Atrapanieblas como sistema arquitectónico no espacial

La tecnología en relación a la arquitectura desemboca –históricamente- en una puja entre la función y la forma. Desde su creación, cada elemento tiene una formalidad determinada y las mallas de agua no sirven de excepción –ya que responden a un uso específico al que satisfacen- y de allí que en su etapa de génesis o diseño se tomen decisiones formales para mejorar su funcionamiento. Entender a la tecnología desde una perspectiva arquitectónica significa aceptar que la formalidad de un elemento tecnológico -por sí mismo- no puede ser la misma al ser integrado en un sistema espacial. Es por ese entendimiento que se debe reformular cual sea el elemento para lograr una interrelación armónica que haga de la arquitectura y la tecnología un conjunto en funcionamiento que cumpla con sus requerimientos de manera conjunta.

La formalidad de las mallas fue explorada –por investigadores y científicos- como elemento independiente, llevando a modificaciones de los tipos “bidimensionales” y “tridimensionales”, dando como resultado un sinnúmero de ejemplos prometedores capaces de sobre cubrir las ausencias de agua en zonas áridas –principalmente en Chile y África-. Entre los más destacados se encuentran la “Torre de niebla costera”, un ejemplo helicoidal que se posiciona a 400 metros de altura y que acumula hasta 200.000 litros de agua por día en un aljibe por debajo de la estructura. Este ejemplo desarrolla dos asuntos de

⁸ Durante los últimos años se ha prestado atención en materiales con estructura tridimensional lo que supone un aumento en la eficacia de captación. (Sarsour, 2010).

⁹ En países donde el viento es un parámetro determinante, se utilizan materiales que puedan resistir esas fuerzas, como por ejemplo filamentos metálicos -que se reconoce que son utilizados en lugares como Sudáfrica-.

una alta relevancia para el proyecto, por un lado, la posibilidad de diseñar un edificio como generador de energía y la posibilidad de estudiar una vinculación volumétrica entre el recurso hídrico de las nieblas y la propia arquitectura (Aravena, 2009). Define su ausencia dentro del ámbito de la arquitectura por conformarse desde su génesis como elemento independiente, poco utilizable por los habitantes más que como fuente de agua.

Otro de los modelos más actuales es el denominado “Warkawater” la cual se trata de una torre de bambú inspirada en los árboles warka por su importancia dentro de la comunidad donde se insertan. Estas construcciones llegan a recolectar hasta treinta litros de agua por noche, y si bien como ejemplo no se considera a sí mismo como elemento arquitectónico, produce extensiones de las mallas por fuera del volumen de recolección generando espacios exteriores de sombra. Por esta razón, es importante recalcar el esfuerzo formal por imitar o representar iconos de identidad comunitaria produciendo espacialidades que no imponen su inserción, sino que tienen un significado emocional para quienes vayan a utilizarlo.

Los atrapanieblas como elementos arquitectónicos deben ser insertados en un sistema más amplio –posiblemente- definiendo piezas en edificios de uso individual o comunitario para lograr la relación técnico-espacial que caracteriza a la arquitectura y de esta forma conjugar las posibilidades innovadoras de los sistemas con la vida cotidiana de las personas.

Investigación proyectual

Los nuevos problemas que afrontan las comunidades devienen de la capacidad arquitectónica para brindar experiencias parciales que a veces no llegan a favorecer el bienestar colectivo. Esta situación produce un paisaje fragmentado, de superposición de realidades, de criterios, de formas a lo que llamamos paisaje mosaico. Para la resolución de estas problemáticas no nos basta con la experiencia histórica, sino que nos desafían a investigar y encontrar un método racional para determinar alternativas que incorporen respuestas a esas inéditas complejidades.

Gracias a lo anterior, la investigación proyectual plantea la utilización del proyecto como objeto de estudio, debido a que éste contiene en su

Figura 2: Referencias y exploraciones formales

Referencias de mallas de agua como objetos arquitectónicos:

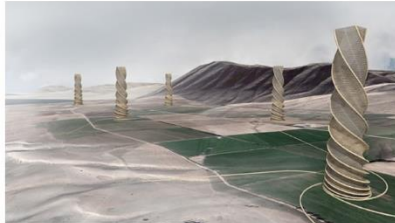


Fig. Torre costera. Concurso de diseño de rascacielos eVolo, Alberto Fernández/Susana Ortega, Chile.



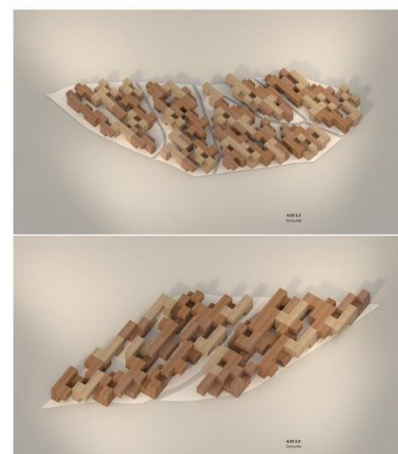
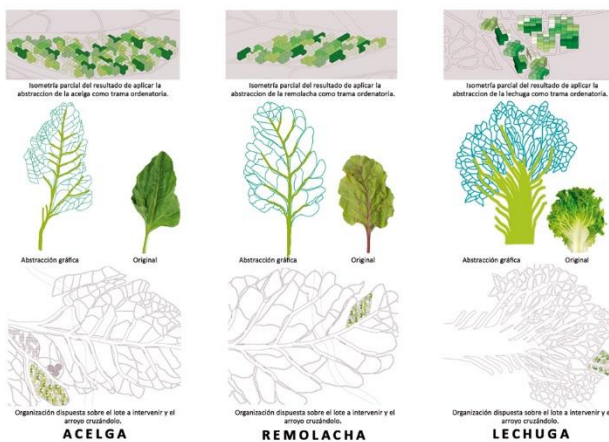
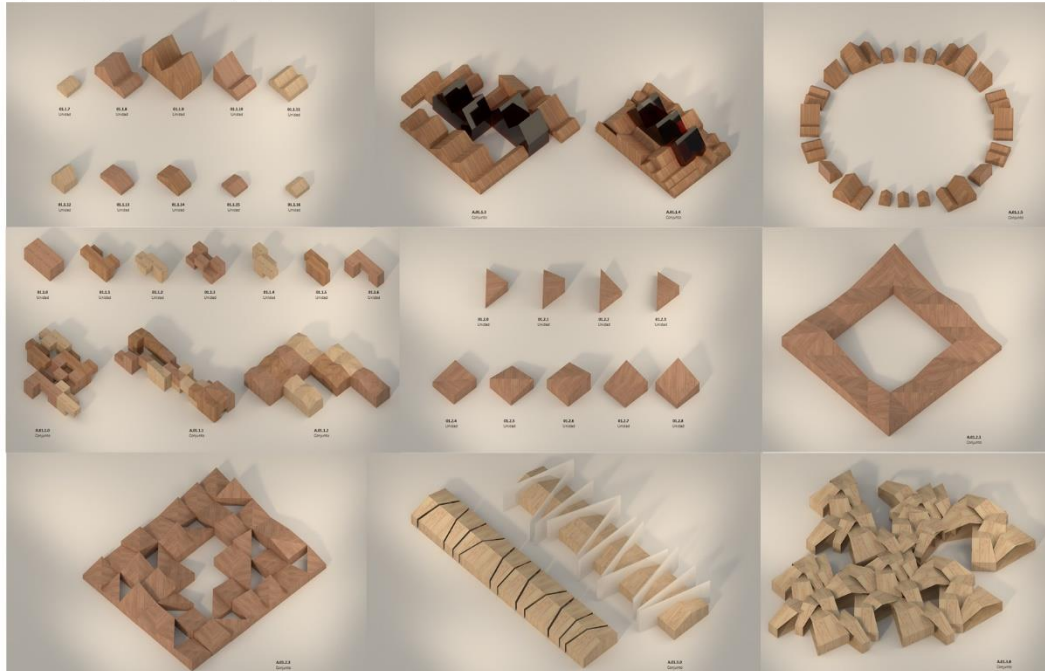
Fig. Warka Water, Arturo Vittori, Dorca, Etiopía.

Ref. Arquitectónica:



Fig. Foto actual del proyecto RR del estudio Andrade-Moretin.

Exploración proyectual de unidades y conjuntos:



Fuente: Elaboración propia (LITPA)

formulación, teorías, conceptos, metodologías, lógicas y estrategias proyectuales, convirtiéndolo en una rica herramienta de investigación para producir nuevos conocimientos y habilitar los espacios de innovación tan requeridos. Producir un verdadero cambio de paradigma, es una situación que requiere de exploración, renovación y una necesaria vinculación interdisciplinaria, potenciando la idea de obtener la construcción integral de la ciudad.

Villa del agua y casa nube.

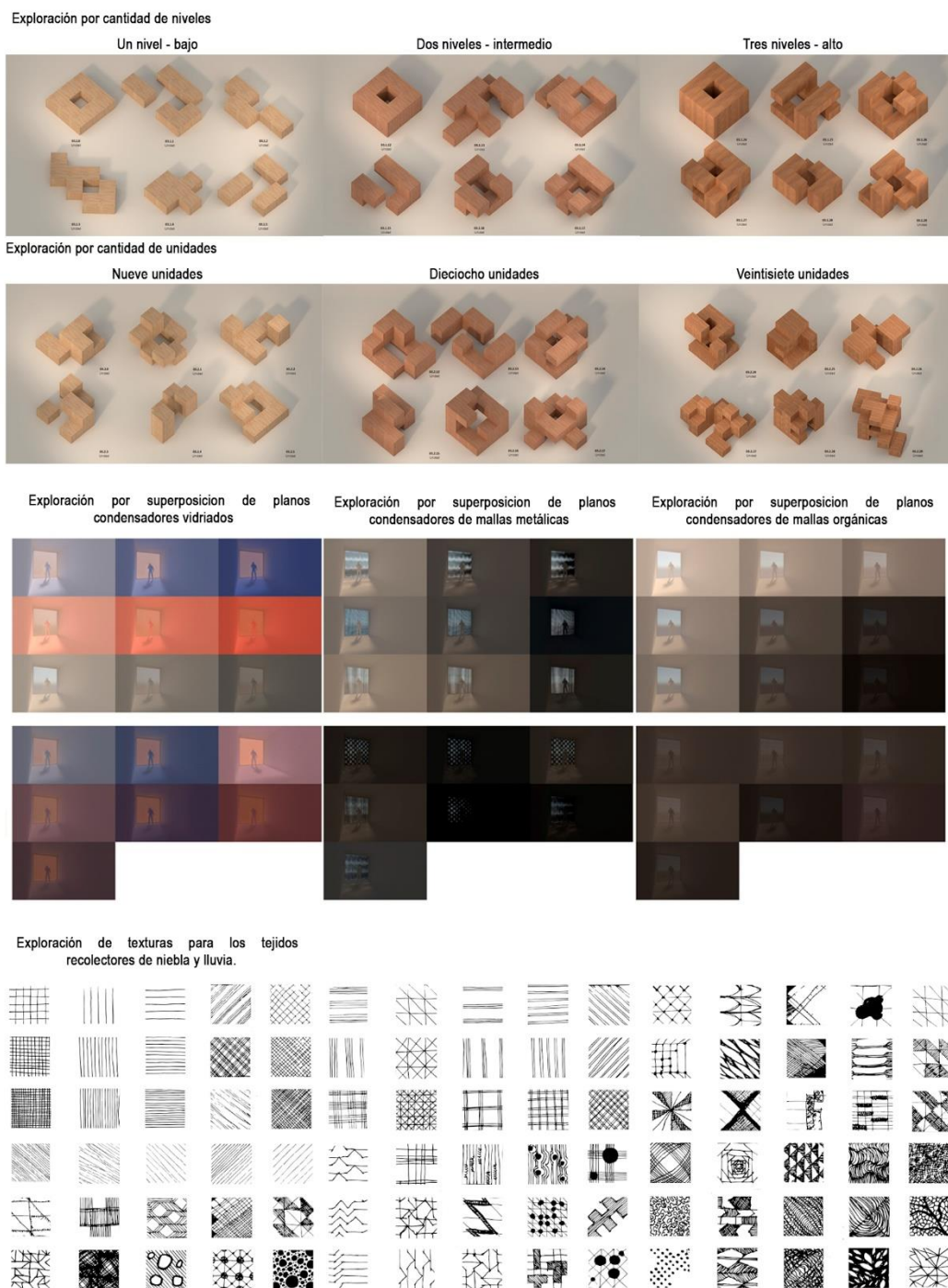
Surge entonces, un concepto disparador que se decide llamar como “proyecto en capas”, manifestando que el tratamiento de la unidad se produce desde el interior hacia el exterior. Se presenta fundamental la comprensión del tema planteado ya que la vivienda se termina por conformar gracias a la inserción en primer lugar de los sistemas de recolección de agua de niebla y en segundo del hábito de producción agrícola doméstica, viéndose tratada como un sistema de partes que busca un funcionamiento armónico.

El análisis de los invernaderos –muy presentes en la estética de los bodes de la ciudad- plantea su utilización práctica para reproducir temperaturas que requieren ciertos vegetales para poder crecer en un tiempo considerable. Se entiende que posee una perspectiva formal cargada de emotividad al desarrollarse como un ícono presente en la vida de los trabajadores del área y se mantienen como una pieza clave en el paisaje agreste de la ciudad, por eso se convierten en hitos arquitectónicos dentro del proyecto al brindar nuevas interpretaciones. El proyecto arquitectónico debe nutrirse de esta información, entendiéndose como un objeto dentro de un contexto determinante que no intenta separarse de la realidad sino que busca fundirse en torno a la vida cotidiana de los habitantes.

Como resultado del análisis de los sistemas de atrapanieblas se puede deducir que el sistema manifiesta complicaciones de funcionamiento relacionadas con su disposición en cercanía con un objeto arquitectónico, imposibilitando el cruce de vientos cargados de humedad y por consiguiente la captación de agua. Es por lo anterior que se concibió al sistema como contribuyente a la definición formal del objeto, logrando adaptarlo a cubiertas inclinadas que cumplen con sus principales necesidades: la altura y la independencia. Estas cubiertas captadoras se extienden hacia las caras que contienen los jardines de la unidad, sumando capacidad de recolección debido al alejamiento de elementos verticales que impidan la corriente de aire.

La exploración proyectual se definió como teoría propositiva y experimental, habilitando la definición y el diseño de las principales estrategias de intervención:

Figura 3: Exploraciones, mallas de niebla y tramas



Fuente: Elaboración propia (LITPA)

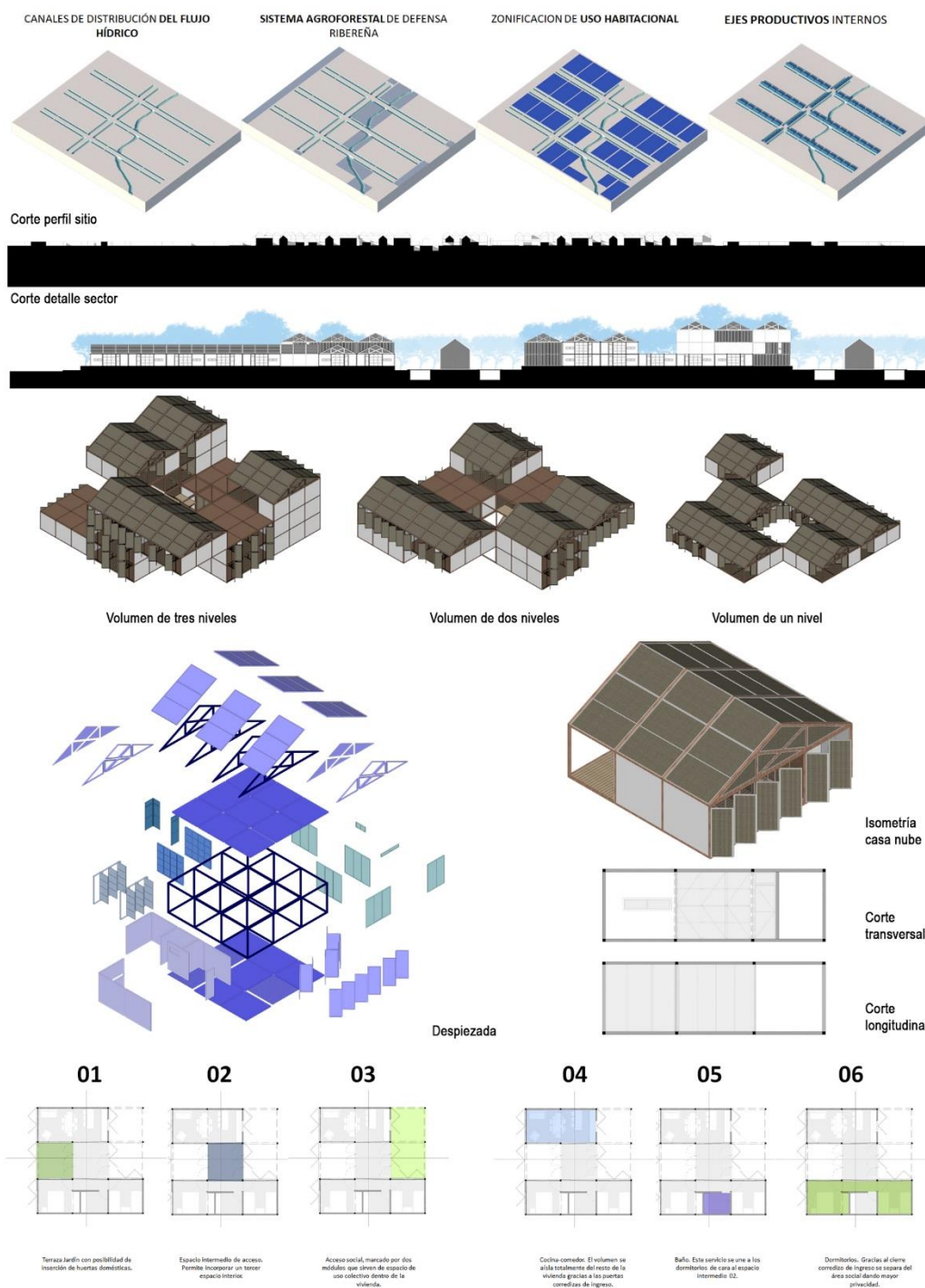
A escala sectorial:

- Continuar con los ejes circulatorios dominantes considerando la inserción del sitio en la trama urbana.
- Definir amanzanamientos elevados de materialidad porosa –ladrillo + grava + tierra- permitiendo el escurrimiento de la superficie útil durante los días de lluvia.
- Implementar una ocupación parcial del nivel cero teniendo en cuenta áreas de absorción comunitarias.
- Componer un conjunto arquitectónico aireado permeabilizando los límites físicos, permitiendo así crear áreas de flujo de vientos cargados de niebla para ser recolectada.
- Diseñar una imagen representativa a través de las cubiertas recolectoras visibles como partes de la composición visual y caracterizadora del conjunto, remitiendo a los invernaderos.
- Implantar un sistema de huertas hidropónicas colectivas en los ejes fundamentales del planeamiento.
- Componer diferentes canales de distribución hídrica manteniendo un nivel de agua contenido y un sistema de desagüe en caso de lluvias, constantemente relacionado con el cauce natural a cielo abierto presente en el sitio.
- Materializar un sistema agroforestal de defensa ribereña, utilizando vegetación nativa para contener y filtrar el suelo evitando su erosión.

A escala del proyecto arquitectónico:

- Plantear una vivienda como oportunidad de integración social, incorporando espacios de uso colectivo a las unidades habitacionales.
- Operar sobre la adición y la relación entre los bloques de viviendas para controlar la escala de los espacios compartidos, siendo los dedicados a la recolección de niebla por escorrentía del flujo de humedad.
- Concretar las exploraciones proyectuales colectivas en: conjuntos de uno, dos y tres niveles que comparten situaciones de acceso, de expansión y de producción.
- Propiciar configuraciones espaciales que puedan incorporar actividades productivas, integrando en las unidades sectores propicios para el uso de huertas hidropónicas.
- Plantear un sistema constructivo conocido como el *Balloon Frame*, permitiendo a la comunidad participar en la construcción de las unidades.
- Proponer un módulo de vivienda inicial que posibilita un eventual crecimiento pautado por el habitante en pos de modificar su lugar de vida.

Figura 4: Resoluciones espaciales por escala



Fuente: Elaboración propia (LITPA)

A escala técnica:

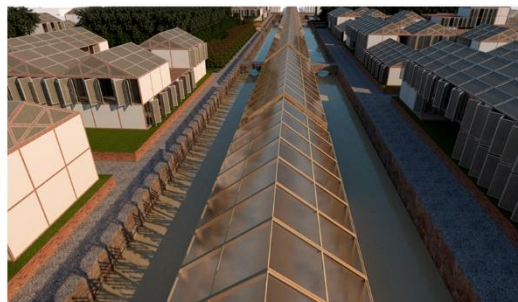
- Manifestar un sistema de recolección de agua de niebla que aprovecha las características espaciales para potenciar su funcionamiento.
- Diseñar un tamiz térmico que a su vez permita el ingreso de luz natural durante el día por medio de bastidores abatibles.
- Incorporar sistemas de nieblas por medio de entubamientos metálicos que son incorporados como elemento formal en fachadas.
- Crear un espacio compuesto que facilite su separación hermética de las habitaciones permitiendo la apertura del bloque central de circulación del aire y así facilitando la corriente de niebla dentro de los conjuntos.
- Proyectar un módulo formal de paneles recolectores que contenga tejidos hechos localmente para facilitar el cambio ante el desgaste material.

Las problemáticas actuales de la población dan parte de que los saberes disciplinares se deben revisar permanentemente, esta situación promueve la búsqueda de respuestas técnicas-proyectuales que permitan repensar estrategias utilizadas en el pasado para adecuarlas a las problemáticas del presente. Del estudio exploratorio surgen nuevas herramientas conceptuales y metodológicas que son útiles para repensar alternativas tendientes a abordar las problemáticas actuales de nuestro hábitat colectivo, del problema residencial en áreas vulnerables y del derecho humano del acceso al agua.

Los procesos de investigación dan resultados acabados que son útiles como disparadores de nuevos estudios. El conocimiento resultante no se agota en este proceso, sino que debe ser revisado e indagado con el objetivo de perpetuar el proceso de construcción del conocimiento que se requiere para abordar la complejidad de las sociedades de hoy en día.

Figura 5: Imágenes finales del proyecto

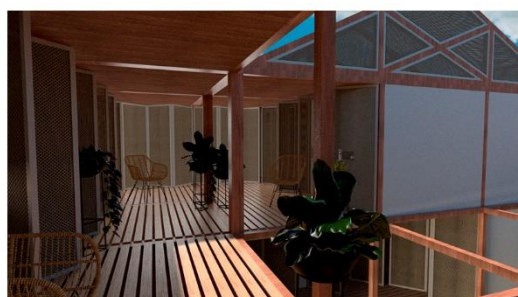
Escala sectorial.



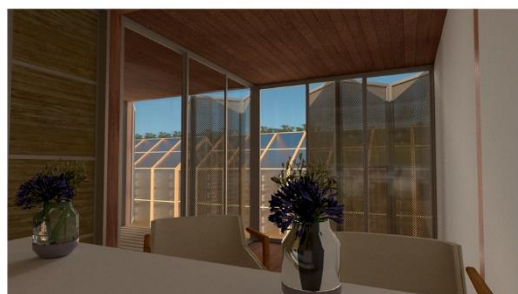
Escala de conjunto.



Escala de unidades colectivas.



Escala de proyecto arquitectónico.



Fuente: Elaboración propia (LITPA)

Bibliografía

Aravena Nieto J. M., (2009). *“Diseño generativo: aplicación en sistemas de atrapanieblas en el norte de Chile”*. Seminario de diseño computacional II. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Cereceda P., Hernández P., Leiva J. y Rivera J. (2014). *“Agua de niebla”*. Región de Coquimbo, Chile. Impresora La Discusión S.A.

Cereceda P., R. S. Schemenauer, y M. Suit (1992). *“An alternative water supply for chilean coastal desert villages”*. *International Journal of Water Resources Development* 8 (1): 53-59.

Cereceda P. y R. S. Schemenauer (1993). *“Producción de agua de niebla en Perú”*. *Alisios* 3: 63-74.

Cereceda P. y R. S. Schemenauer (1998). Fogwater collection at El Tofo, *“Chile and other coastal sites in South America and Arabia”*. En: *Proceedings of the First International Conference on Fog and Fog Collection. Vancouver, Canada. July 19-24, 1998*, editado por R. S. Schemenauer y H. Bridgman, Ottawa, Canada: International Development Research Centre (IDRC), p. 409-411.

Corell Custardoy D. (2014). *“Estudio estadístico de la potencialidad de uso del agua de niebla como recurso hídrico en el litoral Mediterráneo de la Península Ibérica”*. (Tesis Doctoral). Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad. Valencia, España.

Cuadrat J. M. y M. F. Pita (1997). *“Climatología”*, Madrid (España): Ediciones Cátedra.

Fingermann L. (2018). *“La agricultura familiar en el área hortícola de La Plata, Berazategui y Florencio Varela: diversas formas de dependencia y el camino de construcción de su autonomía”* [et al.]; compilado por Luciana Fingermann; prólogo de Héctor Espina. 1ª edición. La Plata, Buenos Aires: Ediciones INTA.

Fundación AQUAE. (2019). *“El 70% de la huella hídrica a nivel mundial está relacionada con la producción de alimentos”*. Madrid, España. Recuperado el día 7 de junio del 2020. <https://www.fundacionaquae.org/fundacionaquae-campus-aquae/infografias>.

Frediani J. C. (2010). *“Lógicas y tendencias de la expansión residencial en áreas periurbanas: El partido de La Plata, Buenos Aires, Argentina, entre 1990 y 2010”* (Tesis doctoral). Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Molina J. M. (2007). *“Spatial and temporal variability of fog water collection in a mountainous zone of Southern Colombia”*. En: *Proceedings of the Fourth International Conference on Fog, Fog Collection and Dew*, editado por A. Biggs y P. Cereceda, Atacama Desert Center. Pontificia Universidad Católica de Chile, p. 101-104.

Martos D.S (2009). *“Estudio sobre la captación pasiva de agua de niebla y su aplicabilidad”*. PFM de Ingeniería del Agua. Universidad de Sevilla.

Muntz D., Giani. E., Hurtado M., da Silva M., Boff L. & Palma J. (s.f.). *“Las inundaciones en la Región Capital – Cartografía Temática para el Planeamiento”* (Informe final Pio). IGS-CISAUA, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Organización Meteorológica Mundial. *“Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation”*. (1996) WMO-Nº 8, Genova (Suiza): Secretariado de la Organización Meteorológica Mundial.

Pascual J.A. Naranjo M.F. Payano F. Medrano O. (2014). *“Tecnología para la recolección de agua de niebla”*. Paper. Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares, 28805 Madrid, España.

Programa de Meteorología Aeronáutica. (s.f.). *“Meteorología Aeronáutica”*. Recuperado el 17 de mayo de 2020, de Ideam:
<http://bart.ideam.gov.co/infngen/claniebla.htm>

Rees, W. (1996). *“Nuestra huella ecológica: Reduciendo el impacto humano sobre la tierra”*. Edición original en inglés de 1996. IEP/Lom Ediciones, Santiago, Chile, 2001.

Sabljić I. (s.f.). *“Agua, producción y consumo bajo la lupa”*. Secretaría de agricultura. Lugar de publicación: Alimentos Argentinos.
<http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/revistas/nota.php?id=499>.

Santamarta Cerezal, J., & Seijas Bayón, J. (2010). *“Fundamentos y tecnologías para la captación y uso del agua procedente de la lluvia horizontal en los montes canarios”*. *Montes, Revista de ámbito forestal*, 15-21

Sarochar Horacio E., (s.f.). *“Introducción a la Meteorología General”*. Ciudad de La Plata, Buenos Aires, Argentina. Recuperado de http://extension.fcaglp.unlp.edu.ar/content/obs/descargas/Introduccion_a_la_Meteorologia_1.pdf

Sarsour J., T Stegmaier, M. Linke, y H. Planck (2010). "*Bionic development of textile materials for harvesting water from fog*". En: Proceedings of Fifth International Conference on Fog, Fog Collection and Dew. Münster, Alemania. 25-30 de julio de 2010, Münster (Alemania): Universidad de Münster, p. 88.

Wadel, G. (s.f.). "*La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: La construcción modular aplicada a la vivienda*".