



DESEMPEÑO, POTENCIAL DE MEJORAMIENTO Y OPTIMIZACIÓN EN
EL DISEÑO DE UNA ENVOLVENTE SOMETIDA A CONDICIONES
EXTREMAS DE HUMEDAD.

TIP MASE_
ESPACIOS PARA CUERPOS SANOS
ARQ3602-1

PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CHILE

POR
SOFÍA VICTORIA SCHULTZ HOFFMANN

MA. JOSÉ MARTÍNEZ | PILAR GARCÍA | RENATO D'ALENÇON



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y ESTUDIOS URBANOS
MAGISTER EN ARQUITECTURA SUSTENTABLE Y ENERGÍA

mase

DESEMPEÑO, POTENCIAL DE MEJORAMIENTO Y OPTIMIZACIÓN EN EL DISEÑO DE
UNA ENVOLVENTE SOMETIDA A CONDICIONES EXTREMAS DE HUMEDAD

POR SOFÍA VICTORIA SCHULTZ HOFFMANN

TIP MASE_ESPACIOS PARA CUERPOS SANOS
ARQ3602-1

Profesores Guía | Ma. José Martínez | Pilar García | Renato D'Alençon
Santiago de Chile | ENERO 2022

©2022 SOFIA VICTORIA SCHULTZ HOFFMANN

RESUMEN

La humedad por condensación en las viviendas del sur de Chile es causa y efecto de la generación de diversos procesos orgánicos internos y externos que vulneran el bienestar y confort de las personas que las habitan. Se suma a esto el deterioro paulatino de los materiales que componen

la edificación y al mismo tiempo comprometiendo la salud de sus residentes.

Este tipo de manifestaciones relacionadas al vapor de agua afectan directamente la arquitectura, debido al desarrollo de procesos patológicos como el moho en muros y suelos que se dispersan en el ambiente, favoreciendo al mismo tiempo la pudrición y corrosión de elementos, como disminución del aislamiento térmico presente en los paquetes constructivos y produciendo a largo plazo, problemas de salud e incluso incomodidad de habitabilidad en los usuarios.

En Valdivia, la lluvia es un factor importante en la aparición de humedad en el ambiente, condición climática desfavorable principalmente en los meses de invierno y otoño. A esto se le suma el problemático escenario del constante desarrollo de humedad en el interior de las viviendas por efectos de excesiva condensación, falta de luz solar, mala ventilación y actividad interior.

Por otro lado, nos vemos enfrentados al tema del vapor de agua y los diversos manejos y tratamientos que este nos ofrece, entregándonos beneficios sustanciales para la salud del cuerpo humano tanto física, como mental. Desde la época de los griegos, la hidroterapia y los baños a distintas temperaturas se han utilizado y aprovechado por sus propiedades médicas y espirituales, manteniéndose a lo largo de la historia, como forma de alcanzar el confort y bienestar humano. Hoy en día esta tradición se traduce a una práctica sencilla que permite estimular el cuerpo desde el interior hasta el exterior, transformándose en espacios social y culturalmente ricos por todos los beneficios que estos nos entregan, desde la relajación hasta favorecer el sistema nervioso.

Palabras clave:

Humedad relativa, condensación, bienestar integral, hidroterapia, vapor de agua.

CONTENIDO

0 RESUMEN

I INTRODUCCIÓN

- I.1 Concepto de humedad
- I.2 Concepto del "Baño"
- I.3 Formulación del problema: humedad por condensación
 - I.3.1 Estudio sobre la cocina y referentes
 - I.3.2 Estudio del caso: Valdivia

II PROGRAMA PRELIMINAR

- II.1 Propuesta de proyecto: Baño público hidro terapéutico

III INVESTIGACIÓN

III.1 Prototipo 1: Estudio sobre la envolvente

- III.1.1 Tema de investigación
- III.1.2 Problemática de investigación
- III.1.3 Pregunta de investigación
- III.1.4 Hipótesis
- III.1.5 Objetivos
 - III.1.5.1 Objetivo principal
 - III.1.5.2 Objetivos secundarios
- III.1.6 Metodología y objeto de estudio
- III.1.7 Resultados esperados
- III.1.8 Resultados Etapa A Prototipo 1
- III.1.9 Resultados Etapa B Prototipo 1
- III.1.10 Notas
- III.1.11 Conclusiones Etapa A
- III.1.12 Conclusiones Etapa B
- III.1.13 Consideraciones generales
- III.1.13 Consideraciones de proyecto

III.2 Prototipo 2: Diseño espacial y su relación con la envolvente.

- III.2.1 Tema de investigación
- III.2.2 Problemática de investigación
- III.2.3 Pregunta de investigación
- III.2.4 Hipótesis
- III.2.5 Objetivos
 - III.1.5.1 Objetivo principal
 - III.1.5.2 Objetivos secundarios
- III.2.6 Levantamiento de datos
- III.2.7 Resultados esperados
- III.2.8 Metodología y objeto de estudio
 - III.2.7.1 Etapa A: Estudio volumétrico
 - III.2.7.1.1 Objetivos específicos
 - III.2.7.1.2 Metodología
 - III.2.7.1.3 Resultados Etapa A
 - III.2.7.1.4 Notas
 - III.2.7.1.5 Conclusiones
 - III.2.7.1.6 Consideraciones
 - III.2.7.2 Etapa B: Estudio doble envolvente
 - III.2.7.2.1 Objetivos específicos
 - III.2.7.2.2 Metodología

III.2.7.2.3 Resultados Etapa B "Caja D"

III.2.7.2.4 Notas

III.2.7.2.5 Conclusiones

III.2.7.2.6 Consideraciones

III.2.7.2.3 Resultados Etapa B "Caja E"

III.2.7.2.4 Notas

III.2.7.2.5 Conclusiones

III.2.7.2.6 Consideraciones

IV PROYECTO

- IV.1 Propuesta de proyecto: Baño público hidro-terapéutico.

IV.1.1 Estudio previo: burbujas de jabón

IV.1.2 Definición Ritual del baño

IV.1.3 Definición espacial y constructiva

IV.1.4 Isométrica explotada

IV.1.5 Planimetría e imágenes proyecto

V DISCUSIÓN

VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

VII ANEXOS

I INTRODUCCIÓN

I.1 CONCEPTO DE HUMEDAD

Actualmente en Valdivia un alto porcentaje de edificaciones habitacionales sufren los afectos nocivos producidos por la humedad en sus superficies. Resultando en un daño permanente en

los materiales de construcción e incluso en la salud de los usuarios. Esta humedad puede presentarse por diversos factores; humedad en losas producto del terreno y su mal drenaje, humedad de construcción que queda atrapada en los materiales durante el proceso constructivo, humedad por condiciones climáticas (principalmente por precipitaciones), por filtraciones o fugas y por último humedad por condensación, pudiéndose ver en ventanas, muros y cubiertas. Esta última es uno de los fenómenos más enigmáticas debido a su difícil control, ya que se produce en cualquier tipo de vivienda, independiente de la calidad material que esta tenga. Sus causas principales son; clima, mal aislamiento, escaso soleamiento, mal uso de los ocupantes o actividad propia del recinto.

Para entender de mejor manera el fenómeno de la humedad por condensación, primero se deben tener claro otros términos igual de relevantes, primero el concepto de "humedad absoluta", que se define como "cantidad de vapor de agua contenido en un metro cúbico de aire en un cierto ambiente, expresada en gramos de agua por metro cúbico de aire seco" (CCHC, CDT, 2012). Cuando el aire ya se encuentra saturado y no puede admitir una mayor cantidad de vapor de agua, nace un nuevo concepto que es el de "humedad relativa". Cuando este aire contiene una cierta cantidad de vapor de agua a una cierta temperatura, ocurre el "punto de rocío", que es "aquella temperatura máxima a la cual el ambiente se satura de vapor de agua, por tanto, mientras la temperatura del aire se mantenga por sobre la de rocío no habrá condensación, no obstante, si la

temperatura del aire baja habrá condensación" (CCHC, CDT, 2012). A pesar de que la temperatura es un gran influyente en el proceso de condensación, la presión de vapor de agua también es relevante, ya que cuando la temperatura baja y la presión de vapor aumenta, las posibilidades de que se genere condensación son aún mayores.

El fenómeno de la condensación ocurre cuando el aire húmedo se pone en contacto con superficies interiores frías, transformándose en partículas de

agua de mayor tamaño. Fenómeno que suele ocurrir mayormente en invierno, apreciándose en materialidades con superficies que suelen ser más frías como cristales y metales, sin embargo, puede ocurrir también dentro de los paquetes constructivos sin poder observarla. La humedad por condensación se puede presentar de dos formas; a través de una condensación superficial presente visualmente en superficies frías, o mediante una condensación intersticial, la cual a diferencia de la anterior se genera al interior de los paquetes constructivos, entre las capas de la envolvente.

Ambas se generan a partir de tres factores; primero por las bajas temperaturas exteriores, las cuales en Valdivia alcanzan los bajo cero grados en invierno. Segundo por una baja resistencia térmica de los elementos que componen la envolvente, como muros, juntas, esquinas, puentes térmicos, ventanas, puertas, etc., que presentan una alta transmitancia térmica. Y por último una alta humedad relativa en el aire interior, dado la cantidad de personas, actividades que se realizan, artefactos que se utilizan, falta de ventilación, entre otros.

Como consecuencia de estas superficies húmedas, el moho nace como principal amenaza para la salud de las personas que habitan estos lugares. Manifestándose de diversas maneras visualmente, pero silenciosamente en cuanto a los efectos en la salud del cuerpo humano.



F.1.1-2-3; Deterioro por humedad en una vivienda en Valdivia. Elaboración propia.

I.2 CONCEPTO DEL "BAÑO"

El concepto del baño, el lavado y limpieza corporal es una práctica que hoy asociamos principalmente a la higiene, pero a lo largo de la historia

involucraba más que solo eso, se convertía en un destino diario común para todas las clases de hombres y mujeres romanos, donde bañarse y socializar eran las principales razones de su visita.

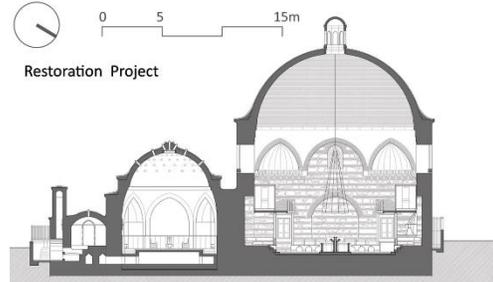
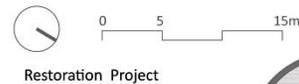
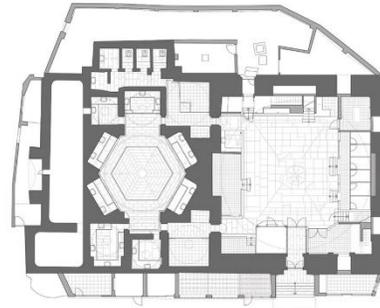
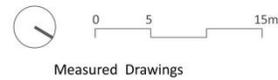
Esta limpieza equiparaba la higiene personal con la pureza y moralidad.

Los baños turcos son un gran ejemplo de perseverancia en cuanto a esta tradición. Estos espacios dentro de la ciudad son lugares creados para combinar la limpieza del cuerpo y la relajación, también cumpliendo con una función social y cultural. "El baño cualquiera que sea su forma de realización, tiene que ver con el cuidado del cuerpo. Mantener el equilibrio de este delicado instrumento, vivir en armonía con nuestra organización, es una necesidad primordial de la vida... una regeneración mayor...El papel que desempeña el baño dentro de una cultura revitaliza la actitud de la cultura hacia la relajación humana. Es una medida de hasta qué punto el bienestar individual se considera una parte indispensable de la vida comunitaria." (Guiedion, 1948).

Los baños de vapor han desempeñado un papel importantísimo sobre todo en las culturas del Medio oriente como punto de reunión, ritual de higiene y elemento arquitectónico. "Numerosas culturas a lo largo de la historia han descubierto que el baño de vapor, de una forma u otra, anima tanto el cuerpo como el espíritu... Si no sudamos con regularidad, nos privamos de una función corporal vital. La piel es el órgano más grande y complejo de nuestro cuerpo y juega un papel importante en nuestro estado físico." (Aaland, 2017).

Hay países que dado su clima y los beneficios que este tipo de tradiciones entregan al cuerpo humano, hacen uso de este método tradicional hasta el día de hoy como forma de alcanzar el bienestar de manera sencilla y de fácil acceso, por lo que "se diseñaron edificios en los que se celebraba el baño por el cambio de concepción de la higiene sobre la base de los nuevos conocimientos médicos y por una cultura física más consciente." (Grötz, 2006). En este tipo de culturas se construye la idea de "una visión de personas en todas partes disfrutando del calor saludable y la camaradería de un baño de sudor" (Aaland, 2017).

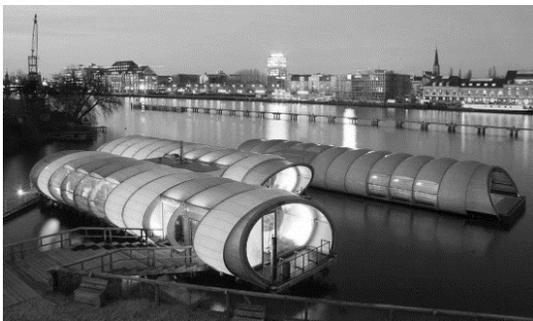
impulsan los beneficios corporales" (Allen, Macomber, 2020).



F.1.4-5-6; "Kilic Ali Pasa Hamam / Cafer Bozkurt Architecture"
[Kilic Ali Pasa Hamam / Cafer Bozkurt Architecture] 30 ene 2015.
Plataforma Arquitectura.

A través de este tipo de actos, existe una "revalorización positiva del elemento agua y su mayor uso en forma de curas" (Grötz, 2006) y un redescubrimiento de lo esencial del agua para la vida humana y como a través del manejo de esta y sus diversos estados, se puede alcanzar el bienestar físico y mental de las personas." Desde el aire que respiramos hasta el agua que bebemos, pasando por cómo la luz, el sonido y los materiales influyen en nuestro rendimiento y bienestar e

Existen referentes actuales de proyectos que aplican este tipo de tradición y donde la arquitectura juega un rol fundamental en la construcción espacial interior. Uno de ellos es "Wa-sauna" ubicado en Seattle, el cual, mediante la combinación del amor por el agua, el calor seco de relajación del sauna y artefactos flotantes, se le dio forma al proyecto. Conceptos como fuego, agua y comunidad son esenciales en el proyecto, buscando una manera de involucrar al agua que rodea la ciudad y atraer a los visitantes al lago durante todo el año. Otro referente similar es el "Badeschiff" en Berlín, el cual se construye a partir de una barcaza que funciona como un establecimiento para bañarse al aire libre en verano y como sauna en invierno. Activando de esta forma la zona, convirtiéndola en un área de recreación urbana y punto focal para muchos en cualquier momento del día.



1.3 DETECCIÓN DEL PROBLEMA

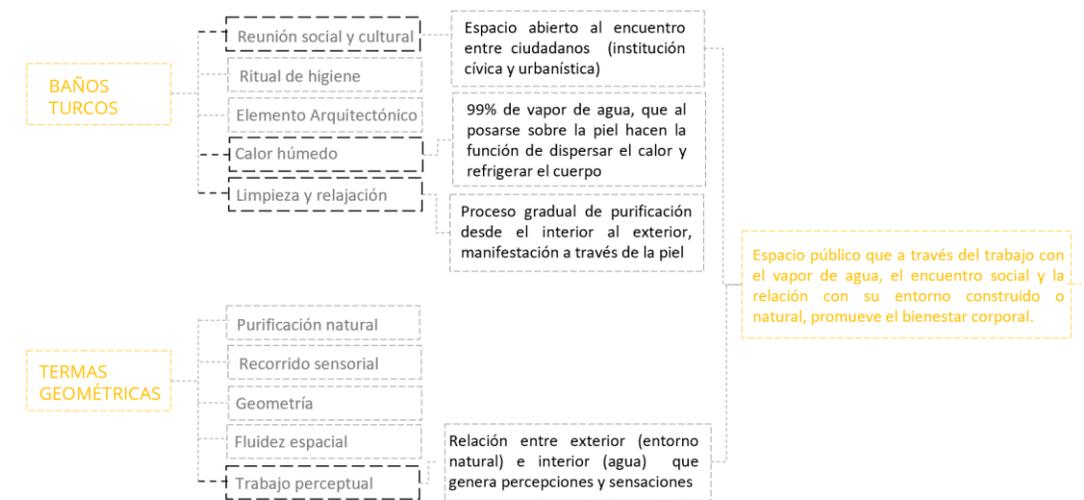
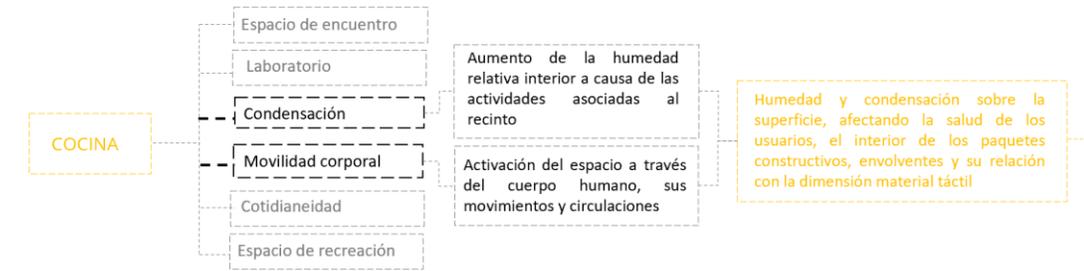
1.3.1 ESTUDIO SOBRE LA COCINA Y REFERENTES

Como primer objeto de estudio, se busca analizar e investigar una cocina ubicada en Valdivia, con el objetivo de observar el funcionamiento de este espacio y posibles fenómenos que ocurran dentro de este (*Figura 1.9*). A partir de esto se desarrolla un experimento instrumental en base a la detección de datos captados por Dataloggers, midiendo temperatura y humedad relativa interior y exterior. Como resultado nacen el concepto de **vapor de agua no inducido**, haciendo referencia a que el causante principal de este fenómeno se desarrolla de manera natural a través del uso, artefactos y actividad interior. Esto guía a la detección de un problema con potencial de proyecto de investigación; la constante **humedad relativa** interior y la **condensación** sobre superficies, lo que a largo plazo afecta la salud de los usuarios, el interior de los paquetes contractivos y las envolventes.

Como segundo tema de estudio, se construye una investigación en base a un análisis bibliográfico de autores que hacen referencia a el uso del **vapor de agua inducido** como elemento que aporta beneficios para el cuerpo humano. Como primera referencia se toman los baños turcos, los cuales a través del uso del vapor de agua tienen como objetivo limpiar y relajar el cuerpo, sumándose a esto el factor de reunión social. Estos hitos dentro de la ciudad buscan ser espacios de encuentro entre ciudadanos y transformarse en rituales de desconexión, purificación y relajación. El segundo referente son las termas geométricas, las cuales buscan alcanzar una total desconexión a través de su relación directa con su contexto natural, utilizando el agua como elemento esencial para alcanzar el bienestar corporal. A través de un recorrido sensorial, los cambios de temperatura y el estar inmersos en un entorno natural, se potencian los sentidos y se desencadenan sensaciones más allá de lo físico, haciendo que el cuerpo esté en constante búsqueda de estos espacios para obtener un bienestar integral.

En base a esto, se construye una propuesta inicial de proyecto que busca tomar el tema del vapor de agua para permitir a través del manejo y tratamiento de este, inducir el bienestar de las personas. (*Figura 1.9*)

INVESTIGACIÓN: DETECCIÓN DEL PROBLEMA
(PARTE INSTRUMENTAL)



INVESTIGACIÓN: DETECCIÓN DE UNA SOLUCIÓN
(PARTE TEÓRICA)

FORMULACIÓN DE PROYECTO

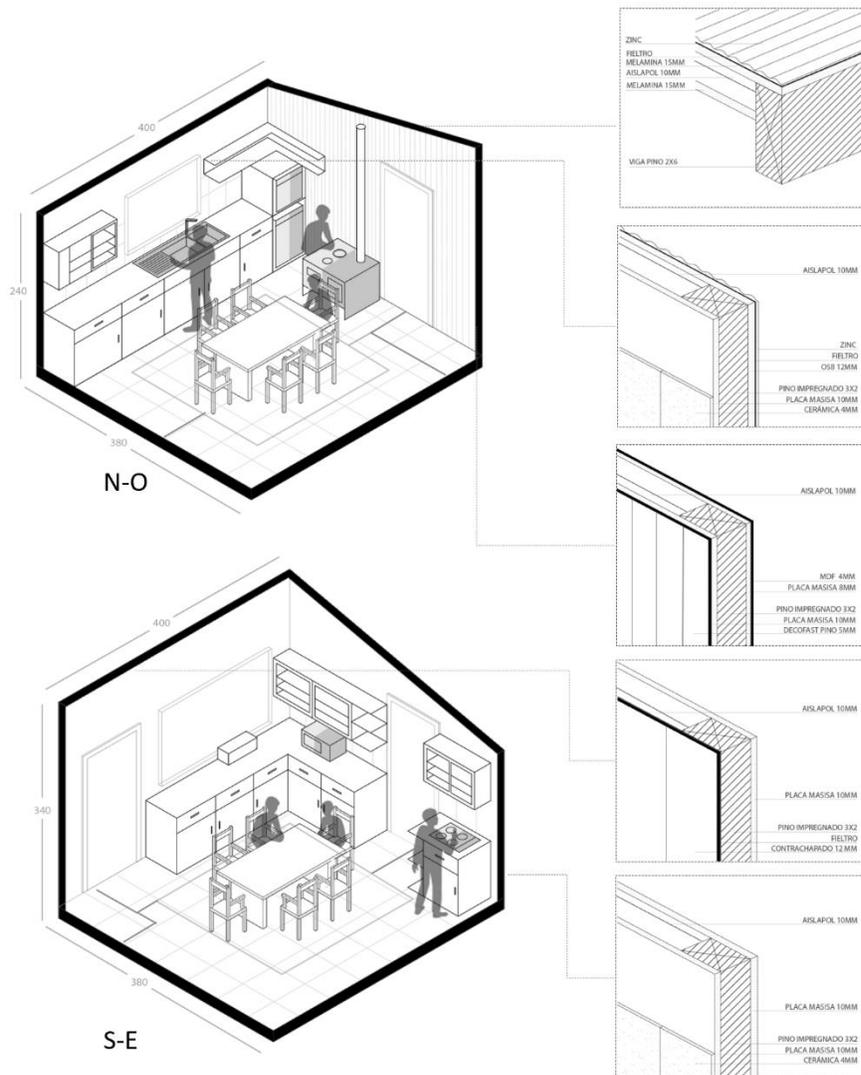
PROPUESTA DE PROYECTO



Vapor de agua como inductor de bienestar corporal: Espacio público hidro terapéutico como revalorizador del concepto de humedad en Valdivia.

Proyecto de Baño público fluvial que trabaja en conjunto con el vapor de agua para permitir a través del manejo y tratamiento de este, inducir el bienestar de las personas.

USO	DIAS MAS CONC	RECINTO	M2	15,2 m2	ARTEFACTOS
	HORAS DIARIAS		APORTAN TEMPERATURA	REFRIGERADOR COCINA A GAS COCINA A LEÑA HORNO HORNO CHICO ARTEFACTOS MENORES LAVAVAJILLAS	
	CANTIDAD DE P			ESTANCIA PROLONGADA DEL SER HUMANO	
	ACTIVIDADES		APORTAN HUMEDAD	COCINA A GAS HORNO HORNO CHICO LAVAPLATOS LAVAVAJILLAS COCINA LEÑA	ACTOS
				ESTANCIA PROLONGADA DEL SER HUMANO	



F.1.10; Esquema de usos y artefactos de la cocina analizada en Valdivia. Elaboración propia.

F.1.11; Isométrica del recinto y sus sistemas constructivos. Elaboración propia.



F.1.12; Imágenes reflejo de la humedad producto de la actividad y uso al interior de la cocina analizada en Valdivia.

P.7

1.3.2 ESTUDIO DEL CASO: VALDIVIA

Se hace un breve análisis inicial de la ciudad, con el objetivo de entender las posibilidades de aplicación de un proyecto de este tipo en ella (*Figura 1.13*). Valdivia es una ciudad con una condición natural imponente y con una completa integración con su contexto inmediato, se suma a esto su distinguida condición geográfica y su fácil adaptación a ella, haciéndolas parte de la ciudad. El río es un elemento característico de ella, el cual

funciona como eje ordenador y configurador de su sistema urbano, entregándole una identidad única a la zona, además de su potencial histórico y cultural.

Al analizar la ciudad se entiende que existen tres problemas relevantes en torno al tema de estudio. Primero Valdivia, dado su alto índice de precipitaciones, humedad y bajas temperaturas entregadas por las condiciones meteorológicas, genera problemas en la salud en las personas y arquitectura que ellos habitan. La envolvente es uno de los elementos arquitectónico que se encuentra constantemente sometido a los efectos nocivos de la humedad, sufriendo paulatinamente deterioros en sus materiales y terminaciones producto del agua resultante del fenómeno de la condensación, problemática que a largo plazo además de afectar las construcciones, también daña la salud de sus ocupantes. Este problema se ve reflejada de manera más potente en los espacios sujetos a una mayor producción de humedad como baños y cocinas (como se logró demostrar en el experimento realizado anteriormente en este espacio). Como segunda problemática, se entiende que, a pesar de ser una ciudad acondicionada para resistir las altas precipitaciones anuales, existe una falta de espacios públicos de calidad que permitan el encuentro entre ciudadanos a la intemperie. Esto contribuye y fomenta una vida al interior, disminuyendo los encuentros sociales en lugares públicos. Por último, a partir de un catastro de datos, se descubre que existen únicamente dos centros de salud dirigidos al tratamiento mediante la hidroterapia en Valdivia, los cuales se ubican en el centro de la ciudad y dentro de un espacio construido. Al ser una ciudad con un entorno natural de fácil acceso, se observa que no existen espacios que hagan provecho de este beneficio para alcanzar de mejor manera el bienestar. En base a esto, se hace necesario rescatar y poner en valor la esencia del método tradicional, el cual de manera natural entrega beneficios sustanciales para el cuerpo humano.

A partir de esto, se definen tres conceptos relevantes que permiten guiar la idea de proyecto ya planteada. El programa propuesto debe permitir una **activación social y espacial** de un sector específico de la ciudad y debe trabajar en conjunto con el vapor de agua para permitirle a los usuarios

alcanzar el **bienestar integral** mediante la **hidroterapia**.

II PROGRAMA PRELIMINAR

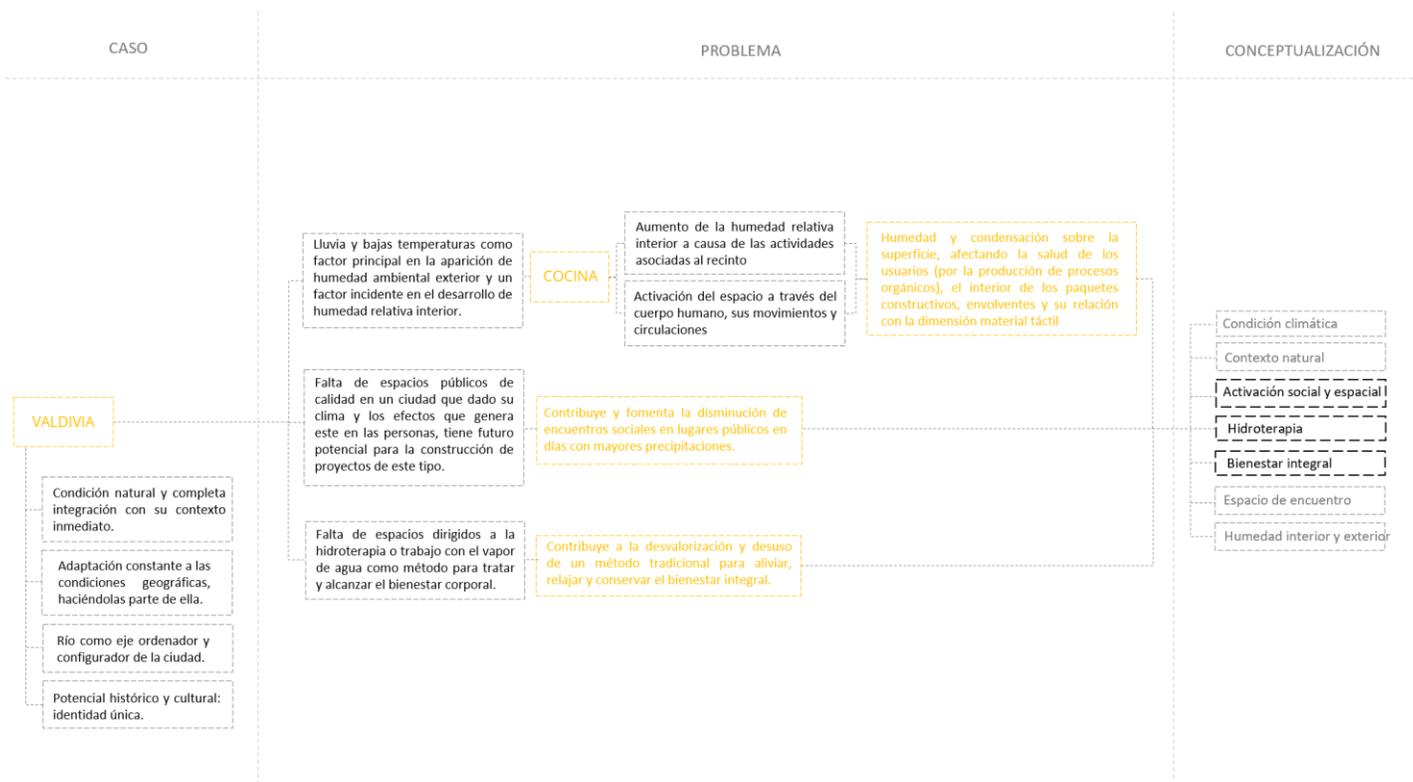
II.I PROPUESTA DE PROYECTO:

vapor de agua como inductor de bienestar corporal: Baño público hidro terapéutico como revalorizador del concepto de humedad en valdivia.

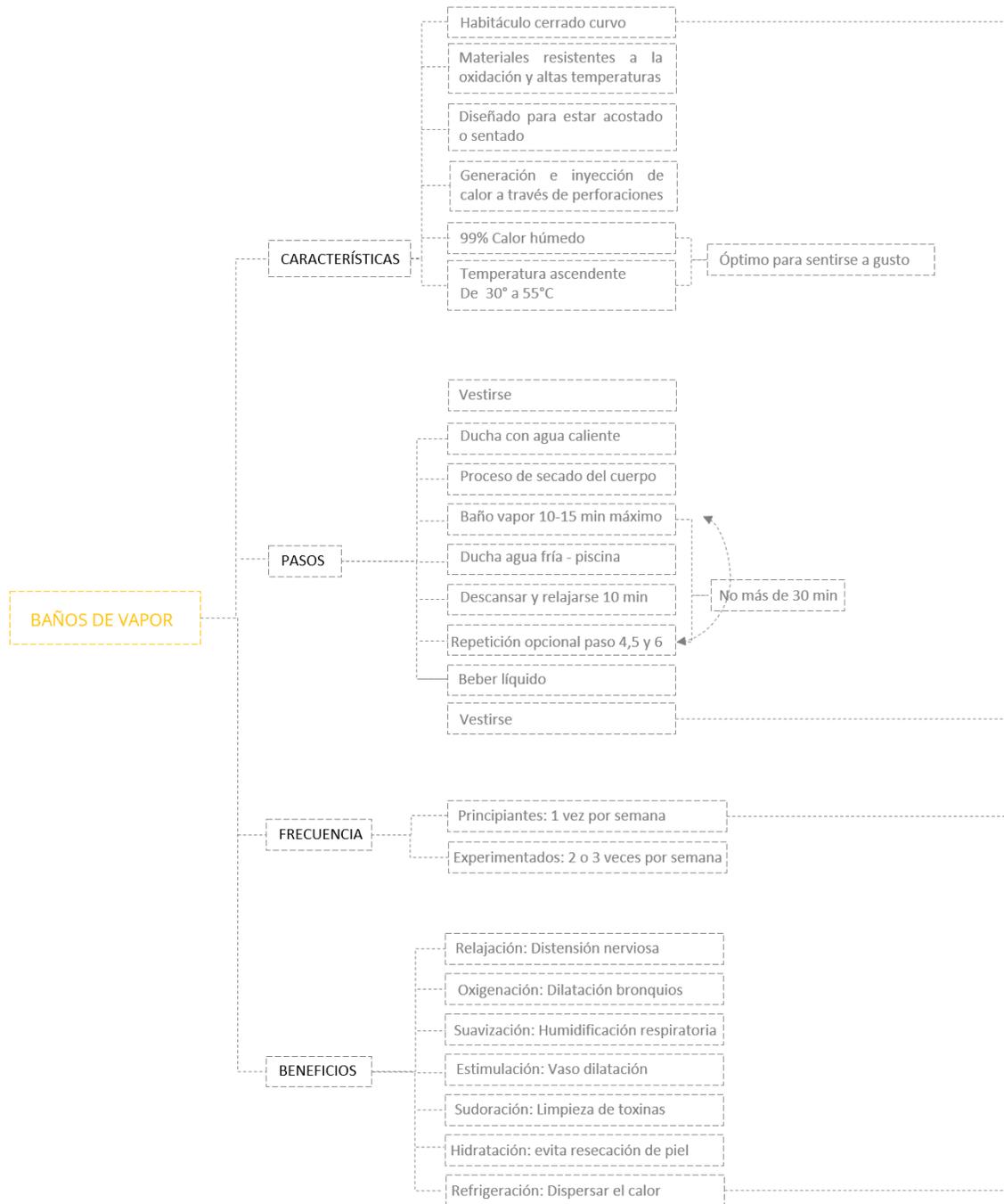
Se plantea un espacio hidro-terapéutico que busca como objetivo tomar el tema del vapor de agua y utilizarlo como un elemento a favor para alcanzar el bienestar corporal y proporcionar beneficios para la salud de los habitantes en Valdivia. Como estrategia principal sería la producción constante de vapor de agua inducido con un enfoque tradicional en un espacio de accesibilidad pública a la orilla del río calle-calle, con el objetivo de generar respuestas emocionales, sensoriales y potenciar de manera lúdica el uso socio-cultural del borde del río, valorizando este elemento originario de la ciudad. Además, mantener un contacto estrecho con el contexto natural inmediato, siempre con la idea de alcanzar la salud física y mental de las personas.

El proyecto se estructura a partir de cuatro componentes relevantes; una condición exterior natural propia de la ciudad. Una envolvente como mediadora entre interior y exterior, enfrentando el desafío arquitectónico de resistir los altos niveles de humedad y temperatura interior. Un espacio interior sometido a humedad y temperaturas variables según la zona, en donde los máximos índices que se trabajarían serían 99% de humedad relativa interior y temperatura alterable entre 30°C a 50°C. Por último, se tendría un sujeto interior como activador del espacio.

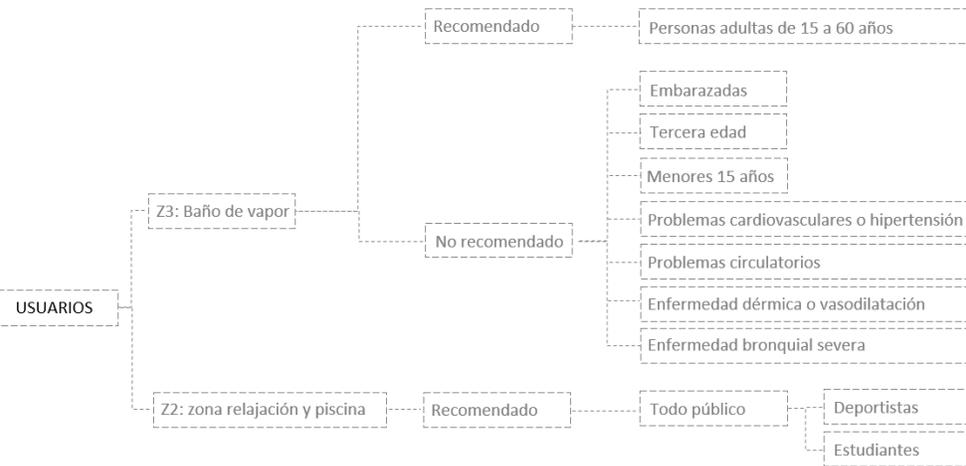
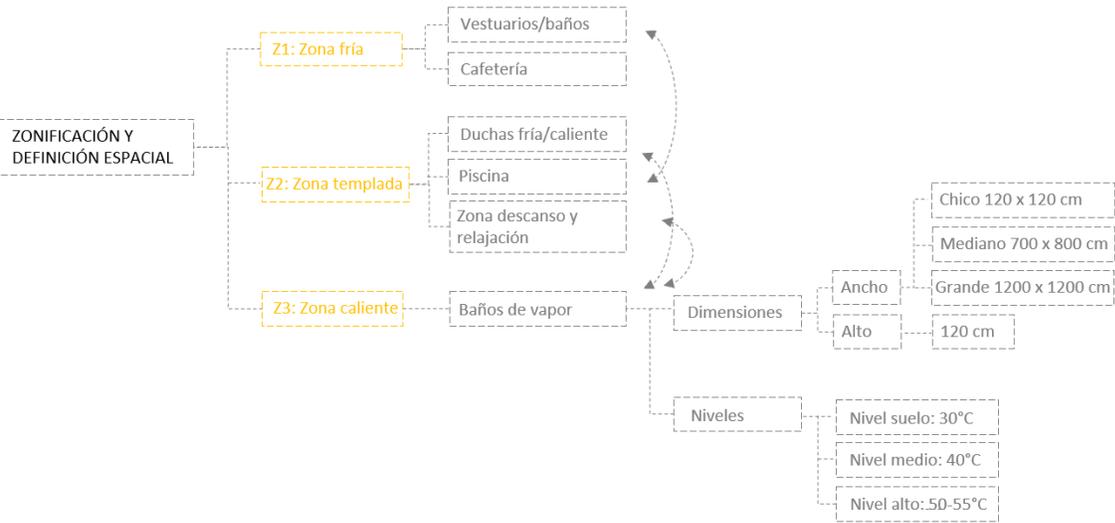
Posteriormente se defienden características, procesos, pasos que acompañan el ritual del baño, frecuencia de uso y beneficios que entrega un baño de vapor. Lo cual ayuda a definir una zonificación espacial, según también los requerimientos del usuario, partiendo desde una "Zona fría" a una "Zona cálida", (*Figura 1.14*).



F.1.13; Diagrama explicativo del proceso investigativo del caso de estudio. Elaboración propia



F.1.14; Diagrama explicativo del proceso constructivo de proyecto. Elaboración propia.



III INVESTIGACIÓN

III.I PROTOTIPO 1: DISEÑO DE LA ENVOLVENTE

III.I.I TEMA DE INVESTIGACIÓN

ESTUDIO SOBRE EL DESEMPEÑO, POTENCIAL DE MEJORAMIENTO Y OPTIMIZACIÓN EN EL DISEÑO DE UNA ENVOLVENTE SOMETIDA A CONDICIONES EXTREMAS DE HUMEDAD.

Se tiene como tema de desarrollo principal el concepto del vapor de agua y como a través de este se puede alcanzar el bienestar corporal de los usuarios. La arquitectura en este tipo de proyectos juega un rol fundamental para mantener las condiciones interiores estables y conservarse adecuadamente a lo largo del tiempo, más aún si está sujeta a temperaturas y humedades elevadas. Todo esto con el objetivo de mantener el cuerpo humano en confort dentro de los espacios propuestos. La envolvente como mediadora entre interior y exterior se ve enfrentada a una condición climática extrema en cuanto a altos índices de precipitaciones, temperaturas con gran oscilación térmica y a condiciones variables de humedad y temperatura interior, por lo tanto, debe poder resistir y conservarse en el tiempo. Como se demostró en el experimento inicial, se entiende que el vapor de agua deteriora el interior de los paquetes constructivos y las envolventes, por lo que debe existir un análisis e investigación dirigida específicamente a estudiar y encontrar una solución constructiva que permita un desempeño óptimo de envolvente y poder responder de mejor manera al programa planteado, en cuanto a su aislación, diseño arquitectónico y materialidad.

III.1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En Valdivia, el fenómeno de la humedad se convirtió en una de las condiciones más enigmáticas y difíciles de controlar en la arquitectura, por lo tanto, al proponer como proyecto un espacio que trabaje constantemente con el vapor de agua y sus estados, el desafío arquitectónico se monta aún más difícil, ya que el desempeño de una envolvente de este tipo debe ser más óptima y resistente ante las temperaturas y humedades variables.

El diferencial de temperatura entre interior y exterior y las condiciones extremas de humedad y temperatura interior, son los factores productores de humedad por condensación superficial en la envolvente, lo que a futuro afecta la propia arquitectura y la salud de los usuarios. Es por esto que, el material que se utilice y el tipo de aislación que se aplique, van a ser los elementos esenciales para evitar la problemática planteada.

III.1.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo optimizar, mejorar y potenciar el rendimiento material de una envolvente sometida a altas condiciones de humedad inducida? ¿Qué elementos específicos de una envolvente se hacen necesarios potenciar para resistir de mejor manera a la condiciones interiores y exteriores planteadas?

III.1.4 HIPÓTESIS

A través del tipo de aislación, estructura y diseño arquitectónico se puede mejorar, optimizar y potenciar el rendimiento material sometido a condiciones extremas de humedad.

Se entiende que un material específico puede tener un mejor desempeño si a este se le aplica un tipo de aislación correcta, pudiendo mejorar más aún si el material aislante se adapta adecuadamente a la envolvente propuesta y si este cumple con una baja transmitancia térmica. Se suma a esto la importancia del diseño arquitectónico y la estructura que lo acompaña, los cuales, si se encuentran bien proyectadas, respondiendo al material planteado, a las condiciones climáticas exteriores presentes y a las condiciones ambientales interiores, se va a tener una envolvente con un desempeño óptimo.

III.1.5 OBJETIVOS

III.1.5.1 OBJETIVO PRINCIPAL

Demostrar a través de un estudio de análisis material y diseño arquitectónico, la factibilidad de construir una envolvente óptima para el programa planteado, con el objetivo de que los usuarios logren alcanzar el bienestar al interior de estos espacios sometidos a altos niveles de humedad por condensación y altas temperaturas. Todo esto con el objetivo de entender y observar el comportamiento de las distintas envolventes propuestas frente a la inyección constante de temperatura y humedad, analizando al mismo tiempo la relación del usuario con estas envolventes de manera que ese deterioro no se transforme en un conflicto con y para el usuario.

III.1.5.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS

- 1) A través de una prueba física, comprender la transferencia de temperatura de cada material propuesto, mediante pruebas de inyección tomando cada envolvente como mediador entre espacios sometidos o no a temperaturas variables en el tiempo.
- 2) Entender los efectos de la humedad por condensación en las envolventes plantados y cómo este fenómeno superficial se comporta ante los diferenciales de temperatura y humedad entre interior y exterior.
- 3) Comparar los resultados obtenidos en cada iteración de material, con el objetivo de entender cuál de ellos es el más óptimo y aplicable a este tipo de proyectos.

- 4) Calcular las resistencias térmicas de los diversos materiales propuestos, para luego compararlos con los resultados obtenidos en las pruebas físicas del prototipo.

III.1.6 METODOLOGÍA Y OBJETO DE ESTUDIO

- 1) Construcción de una "Caja A" aislada con poliestireno expandido (40x40x20 cm), sometida a la inyección de humedad y temperatura variable interior. Haciendo referencia a las condiciones interiores del programa planteado
- 2) Construcción de una "Caja B" no aislada (40x40x20 cm), la cual estaría sometida únicamente a las condiciones climáticas del lugar de medición.
- 3) Construcción de envolventes asiladas y no asiladas, como mediadoras entre la "Caja A" y "Caja B":
 - Envoltente 1: Tela PVC simple
 - Envoltente 2: Tela PVC doble, asilada con aire a presión.
 - Envoltente 3: Tela PVC doble, asilada con esferas de poliestireno.
 - Envoltente 4: Tela Lona simple
 - Envoltente 5: Tela Lona doble, aislada con aire a presión.

Etapas A: Flujo de temperatura

- 4) Instalación de dos Dataloggers, uno en la "Caja A" y otro en la "Caja B".
- 5) Inyección de temperatura en un periodo de cinco minutos y posteriores dos minutos de reposo por cada envolvente propuesta
- 6) Registro y desarrollo de la información obtenida en cada iteración

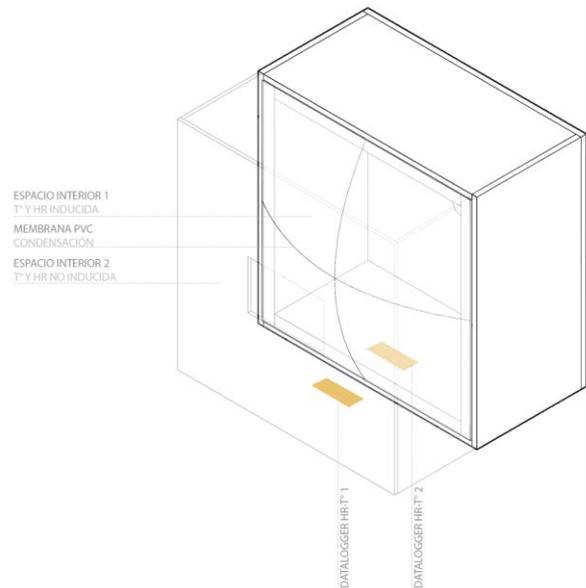
P.13

Etapas B: Humedad por condensación

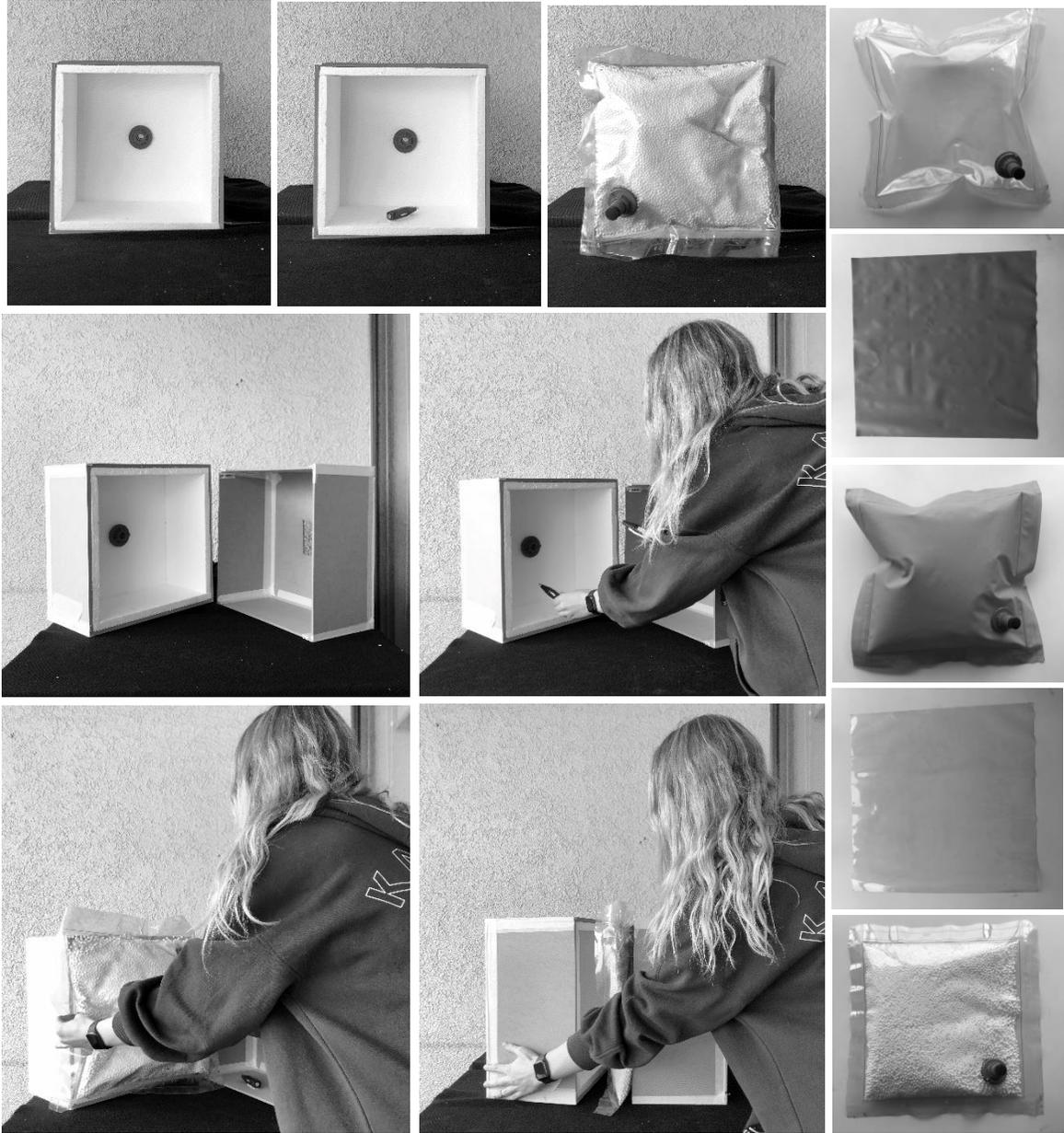
- 7) Instalación de un Datalogger en la "Caja A" aislada.
- 8) Inyección de humedad en un rango de cinco minutos y posteriores dos de reposo por las dos envolventes más óptimas seleccionadas en base a los resultados obtenidos en la "Etapa A".
- 9) Registro y desarrollo de la información obtenida en cada iteración.
- 10) Registro fotográfico del fenómeno observado en cada iteración.

III.1.7 RESULTADOS ESPERADOS

Lograr comprender a partir de un experimento previo, que existe un tipo de diseño arquitectónico que en conjunto con el mejoramiento y optimización de un material específico se logra la construcción de un tipo de envolvente óptima y con mejor desempeño para la creación de un espacio dirigido al trabajo con altos niveles de vapor de agua para obtener bienestar humano. Además de la búsqueda por obtener como resultado un manejo total de la relación usuario y envolvente que, de tal manera, si llega a existir un tipo de deterioro, no se transforme en un conflicto con y para el usuario.



F.1.15; Isométrica Prototipo 1. Elaboración propia.



F.1.17; Imágenes de componentes y proceso constructivo Prototipo 1. Elaboración propia.

III.I.8 RESULTADOS ETAPA A PROTOTIPO 1

El primer experimento realizado el día domingo 13 de junio, busca entender el flujo de temperatura de un recinto a otro, poniendo a prueba la aislación de cada material propuesto. La "Caja A" uno aislada, se sometió a la inyección constante de temperatura mediante una pistola de calor. A diferencia de la "Caja B" no aislada, que recibió la temperatura traspasada de las envolventes propuestas. Se realizó en un rango de cinco minutos por cada membrana propuesta, por lo que resultó en un experimento de 30 minutos totales. Posteriormente al finalizar el experimento, se hizo un trabajo gráfico de representación de datos, contrastando los resultados con el cálculo de transmitancia térmica, como forma de obtener conclusiones concretas.

Calculo transmitancia térmica:

Muro:

Rsi = 0,13 m²K/W

Rse = 0,04 m²K/W

Rt =

- 1) Tela PVC = 0,16 m²K/W
- 2) Tela lona = 0,1 m²K/W
- 3) Aire = 0,14 m²K/W
- 4) Esferas de Poliestireno = 0,042 m²K/W

Valdivia:

Zona 5 = Rt = 0,63 m²K/W

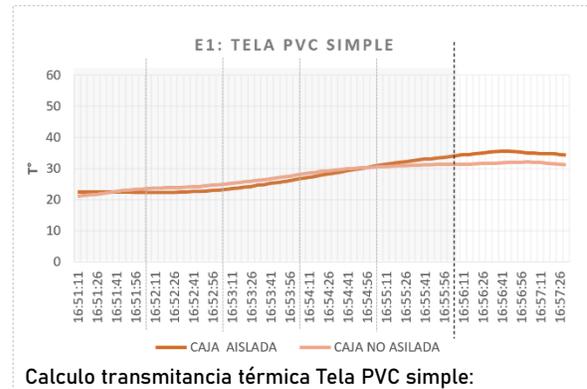
Umax = 0,63 W/m²k

Umin = 1,60 W/m²k

III.I.5.I GRÁFICOS Y RESULTADOS

1) Tela PVC simple:

En el experimento uno se toma como objeto de análisis la tela de PVC como material mediador entre un espacio y el otro, con el objetivo de analizar su comportamiento y capacidad aislante. En el gráfico se observa que al incrementar la temperatura gradualmente en la caja aislada (en donde se inyectó temperatura constante), la tela de PVC deja traspasar de manera activa la temperatura hacia la caja no aislada, sobrepasando casi 2°C a la caja aislada en gran parte del periodo de inyección. A pesar de esto en el último tramo se observa que la temperatura logra mantenerse constante, dado que la temperatura traspasada se igualó en ambas cajas.



Muro:

Rsi = 0,13 m²K/W

Rse = 0,04 m²K/W

Rt =

Tela PVC (policloruro de vinilo) = 0,0003 m / 0,16 W/(mK)

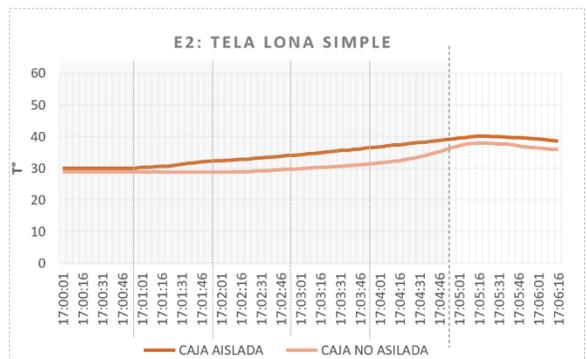
= 0,0018 m²K/W

Total = 0,17 + 0,00018 m²K/W = 0,17 m²K/W

U = 1 / 0,17 m²K/W = 5,88 W/m²·K

2) Tela Lona simple:

En el experimento dos se toma como objeto de análisis la lona como material mediador entre un espacio y el otro, con el objetivo de analizar su comportamiento y capacidad aislante. En el gráfico se observa que al incrementar la temperatura gradualmente en la caja aislada (en donde se inyectó temperatura constante), la lona logra controlar el traspaso de temperatura, manteniendo de forma constante 2°C aprox. la caja no aislada por debajo de la caja aislada. Esto no da a entender, que el material planteado funciona como aislante, pero su desempeño no es el esperado.

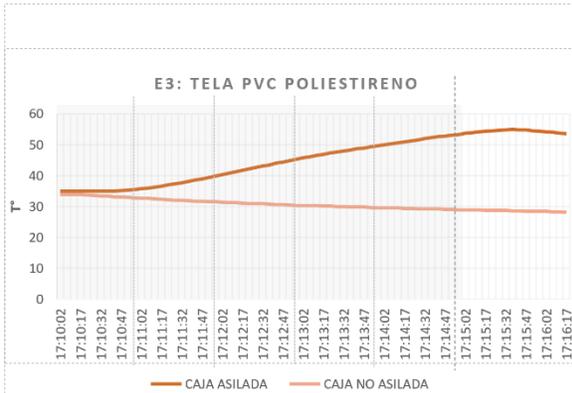


F.1.18; Gráfico resultados Tela PVC simple.
Elaboración propia.

F.1.19; Gráfico resultados Tela Lona simple.
Elaboración propia.

3) Tela PVC asilada con esferas de poliestireno:

En el experimento tres se toma como objeto de análisis la tela de PVC asilada con pelotas de poliestireno como material mediador entre un espacio y el otro, con el objetivo de analizar su comportamiento y capacidad aislante. En el gráfico se observa que al incrementar la temperatura gradualmente en la caja aislada (en donde se inyectó temperatura constante), la tela de PVC con poliestireno cumple de manera correcta con su función aislante, permitiendo incluso disminuir la temperatura de la caja no aislada a lo largo del tiempo medido mientras la temperatura de la caja aislada incrementa de manera constante.



Cálculo transmitancia térmica Tela PVC poliestireno:

Muro:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Rt =

$$\text{Tela PVC (policloruro de vinilo)} = 0,0003 \text{ m} / 0,16 \text{ W/(mK)}$$

$$= 0,0018 \text{ m}^2\text{K/W} \times 2 = 0,0036 \text{ m}^2\text{K/W}$$

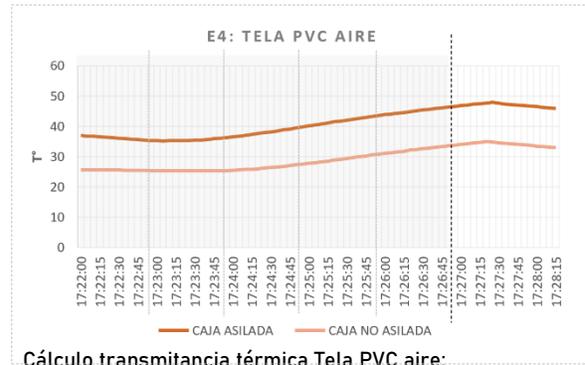
$$\text{Esferas de poliestireno} = 0,05 \text{ m} / 0,042 \text{ W/(mK)} = 1,19 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{Total} = 0,17 + 0,0036 + 1,19 \text{ m}^2\text{K/W} = 1,36 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1 / 1,36 \text{ m}^2\text{K/W} = 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$$

4) Tela PVC aislada con aire a presión:

En el experimento cuatro se toma como objeto de análisis la tela de PVC asilada con aire a presión como material mediador entre un espacio y el otro, con el objetivo de analizar su comportamiento y capacidad aislante. En el gráfico se observa que al incrementar la temperatura gradualmente en la caja aislada (en donde se inyectó temperatura constante), la tela de PVC cumple su función aislante, pero no frena el incremento de temperatura a lo largo del tiempo. Se observa que ambas cajas varían en temperatura de manera equivalente, pero con 10°C de diferencia.



Cálculo transmitancia térmica Tela PVC aire:

Muro:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Rt =

$$\text{Tela PVC (policloruro de vinilo)} = 0,0003 \text{ m} / 0,16 \text{ W/(mK)}$$

$$= 0,0018 \text{ m}^2\text{K/W} \times 2 = 0,0036 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{Aire } 0,02 \text{ W/(mK)} = 0,14 \text{ m} / 0,02 \text{ W/(mK)} = 7 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{Total} = 0,17 + 0,0036 + 7 \text{ m}^2\text{K/W} = 7,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1 / 7,17 \text{ m}^2\text{K/W} = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$$

5) Tela Lona aislada con aire a presión:

En el experimento cinco se toma como objeto de análisis la lona aislada con aire a presión como material mediador entre un espacio y el otro, con el objetivo de analizar su comportamiento y capacidad aislante. En el gráfico se observa que al incrementar la temperatura gradualmente en la caja aislada (en donde se inyectó temperatura constante), la lona aislada con aire logra controlar el traspaso de temperatura de una caja a la otra, consiguiendo un incremento más paulatino y controlado. Mientras que la diferencia entre el índice más alto y el más bajo de la caja aislada es de 20°C, la caja no aislada alcanza solo 9°C.



F.1.20; Gráfico resultados Tela PVC poliestireno. Elaboración propia.

F.1.21; Gráfico resultados Tela PVC aire. Elaboración propia.

F.1.22; Gráfico resultados Tela Lona aire. Elaboración propia

Cálculo transmitancia térmica Tela Lona aire:

Muro:

$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

$R_t =$

1) Tela lona = $0,0006 \text{ m} / 0,1 \text{ W/(mK)} = 0,006 \text{ m}^2\text{K/W}$
 $\times 2 = 0,012 \text{ m}^2\text{K/W}$

2) Aire $0,02 \text{ W/(mK)} = 0,14 \text{ m} / 0,02 \text{ W/(mK)} = 7 \text{ m}^2\text{K/W}$

Total = $0,17 + 0,012 + 7 \text{ m}^2\text{K/W} = 7,17 \text{ m}^2\text{K/W}$

$U = 1 / 7,17 \text{ m}^2\text{K/W} = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$

III.I.9 RESULTADOS ETAPA B PROTOTIPO 1

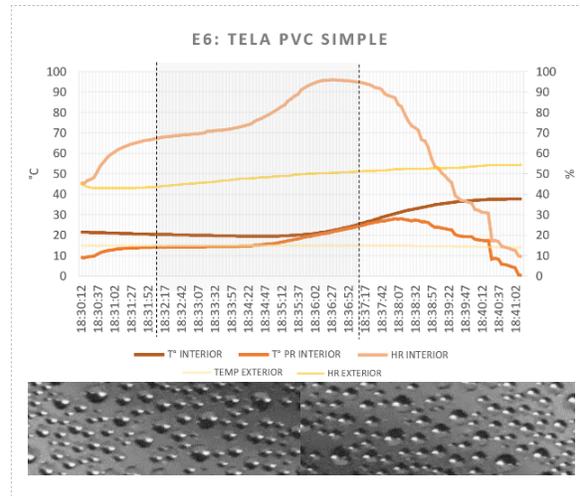
Como segundo experimento realizado el día martes 15 de junio, busca entender el fenómeno de la condensación sobre dos de las membranas planteadas, poniendo a prueba sus tipos de aislación y resistencia del material. Se toma la caja número uno aislada, a la cual se le inyecta humedad constante por cinco minutos seguidos y a la cual se le posa la membrana de PVC simple y esta misma aislada con aire a presión, con el objetivo de observar el comportamiento de esta humedad al interior del espacio y sobre la superficie. La caja número dos en este caso no aplica, ya que se buscaba tener contacto directo con el exterior para un diferencial de temperatura mayor.

6) Tela PVC Simple

En el experimento dos se toma como objeto de análisis la tela de PVC simple como material mediador entre un espacio y el otro, con el objetivo de analizar su comportamiento al someterlo a altos niveles de humedad interior en contraste con la temperatura exterior. En el gráfico se observa que al incrementar los niveles de humedad relativa interior la temperatura logra descender de manera leve, mientras que el punto de rocío aumenta en función del comportamiento de la humedad. Después de haber cumplido los cinco minutos de medición, al frenar la inyección de humedad al interior del espacio aislado, bruscamente desciende la curva de la humedad relativa y la de punto de rocío, a diferencia de la temperatura que vuelve a ascender, evidenciando la falta de aislación del material y su fácil flujo de temperatura.

F.1.18; Gráfico resultados Tela PVC simple. Elaboración propia.

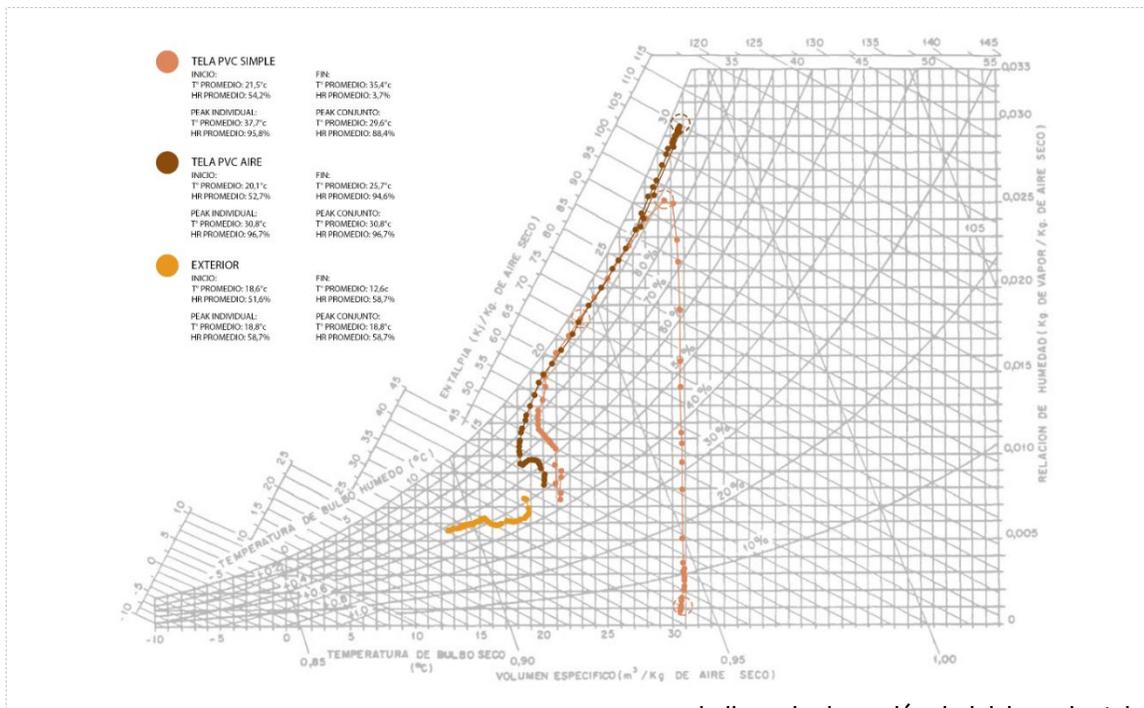
F.1.19: Gráfico resultados Tela PVC aire. Elaboración propia.



7) Tela PVC aislada con aire a presión

En el experimento dos se toma como objeto de análisis la tela de PVC aislada con aire como material mediador entre un espacio y el otro, con el objetivo de analizar su comportamiento al someterlo a altos niveles de humedad interior en contraste con la temperatura exterior. En el gráfico se observa que al incrementar los niveles de humedad relativa interior la temperatura logra descender de manera leve, mientras que el punto de rocío aumenta en función del comportamiento de la humedad. Después de haber cumplido los cinco minutos de medición, al frenar la inyección de humedad al interior del espacio aislado, la temperatura y humedad interior logran mantenerse constante, por lo que la aislación del material ayudó evitar un flujo de temperatura más directo de un lado al otro.





Los datos obtenidos a partir de los experimentos se llevaron a una carta psicrométrica para observar la relación entre temperatura, humedad y la relación con el exterior del día de medición. En base a esto, se observa una clara diferencia entre las dos pruebas realizadas, donde las extremas alcanzadas en una, son mayores a la otra.

La prueba de Tela de PVC simple, alcanza una diferencia entre inicio y fin de 13,9 °C y 50,5%, a diferencia de la Tela de PVC aislada con aire a presión, que alcanza una diferencia única de 5,6°C y 41% de humedad. Se entiende visualmente, que la prueba dos, de Tela de PVC aislada con aire a presión, logra llegar a extremas de humedad y temperatura en conjunto mayores a las de la prueba número uno (29,6°C y 88,4%), con máximas de 30,8°C y 96,7%. Esto nos indica que, la aislación de la envolvente propuesta en el experimento dos, al ser más efectiva, mayores índices alcanza el espacio interior, a diferencia de la tela de PVC simple, que al tener un menor espesor y no contar con ningún tipo de aislación, el traspaso se genera con mayor facilidad y rapidez.

Otro fenómeno que se logra distinguir, es que, en ambos casos, la temperatura y humedad de inicio

son similares. La inyección de inicio en La tela de PVC simple alcanza 21,5°C y 54,2% y en La Tela de PVC asilada con aire a presión se alcanzan 20,1°C y 52,7%.

La diferencia entre ambos, se logra observar al final del experimento, en donde llega un punto en el que la prueba número uno comienza a descender drásticamente llegando a un mínimo de 35,4°C y 3,7%, a diferencia de la prueba número dos, que logra estancarse en el último tramo y mantenerse con extremas de 25,7°C y 94,6%. Esto se debe a que la Tela de PVC simple durante todo el periodo de tiempo del experimento, permite un flujo de temperatura entre interior y exterior constante, dada su falta de aislación, favoreciendo las pérdidas, hasta igualar o incluso sobrepasar la temperatura presente en el exterior.

III.1.10 NOTAS

- 1) El experimento se realizó en Santiago, con un clima no correspondiente al original planteado para el proyecto (Valdivia).
- 2) Se consideró únicamente el clima correspondiente a invierno (dado la fecha en la que se realizó), sin tomar en cuenta el resto de las estaciones.
- 3) Se toma como recinto de estudio únicamente la Zona 3 planteada en el programa (Baño de vapor), dado a su exposición constante a niveles mayores de humedad y temperaturas.

F.1.20; Carta psicrométrica de relación humedad y temperatura del experimento uno, dos y relación con el exterior. Elaboración propia.

III.1.11 CONCLUSIONES ETAPA A

A través del cálculo de transmitancia térmica y realización del prototipo como forma de experimento, se confirma que la tela de PVC con poliestireno en su interior cumple con los índices más altos de aislación entre un espacio y el otro, dada la baja conductividad térmica del material que se está utilizando. A diferencia de las telas simples, las cuales cumplen con una transmitancia mucho más alta dado su espesor y por ende fácil intercambio de temperatura entre un lado y el otro.

A partir del cálculo de transmitancia térmica del aire como aislante, se obtiene que la envolvente supera los estándares mínimos exigidos para la zona. Al contrastarlo con los resultados entregados en el gráfico del experimento, se observa que esta envolvente no cumple con los estándares de aislación como se demostró a partir del cálculo. Este fenómeno se asocia a que, al presentar una curvatura, la existencia de irregularidades en el volumen de aire total se hace evidente y por ende la cantidad de puentes térmicos es mayor en sus uniones.

III.I.12 CONCLUSIONES ETAPA B

Al observar los gráficos, se entiende que la mayor diferencia entre ellos es lo que ocurre posterior a la inyección de humedad, en donde el tipo de aislación toma total relevancia en el fenómeno. Al tener menos aislación (tela PVC simple) el intercambio de temperatura entre interior y exterior ocurre de manera rápida y brusca, a diferencia del caso en el que, si existe algún tipo de aislación, en donde el flujo de temperatura logra estancarse y mantenerse en el tiempo.

Al realizar el experimento, se observa que nuevamente los puentes térmicos son un tema relevante, ya que la condensación ocurre de manera más rápida en las uniones y bordes, los cuales no cumplen con una aislación adecuada. Es en estos puntos, donde había un mayor contacto directo con el exterior y se lograron observar partículas de agua de mayor tamaño, a diferencia del resto de la envolvente donde eran más pequeñas.

Al analizar los gráficos, se entiende que el interior no alcanzó altas temperaturas (únicamente al final se alcanzan máximo 37°C) y el exterior no contaba climáticamente con temperaturas tan bajas (mínimo 13°C), por lo que se entiende que el punto

de rocío no alcanzó la temperatura adecuada para completar la condensación. Fenómeno que si se

logró ver al finalizar el experimento debido a que la almohada fue extraída de la caja y tuvo contacto directo con la temperatura exterior.

Se observa que en ninguno de los dos casos se alcanzó la recolección de partículas de agua descendentes por a la envolvente. Como punto número uno, se entiende que la diferencia de temperatura entre interior y exterior no fue la suficiente para alcanzar el punto de rocío. Y como punto número dos, al realizar el experimento con la almohada puesta de forma horizontal, la curva no tuvo la suficiente gravedad para permitir el escurrimiento del agua que quizás se podría haber producido en el caso de encontrarse de forma vertical.

III.I.13 CONSIDERACIONES GENERALES

- 1) Los puentes térmicos van a ser mayores si el tamaño de las almohadas es menor.
- 2) A mayor tamaño de las almohadas, mayor volumen de aire central se tendrá para obtener una aislación efectiva (aire central=ancho más grande del volumen total de la almohada).
- 3) A través del diseño arquitectónico, traslape de las almohadas o aumento del volumen de aire central, complementar la envolvente como forma de evitar los puentes térmicos a través de uniones.
- 4) La presión de aire dentro de las almohadas puede permitir una mejor aislación.
- 5) Material resistente para el programa planteado (baño de vapor con 30°C y 100% de humedad, lo que se alcanzó en el experimento)
- 6) Se espera en un futuro investigar de manera más detallada los puentes térmicos y el tamaño de las almohadas.

III.I.14 CONSIDERACIONES DE PROYECTO

- 1) Se debe considerar una estructura exterior que ayude a evitar un mayor flujo de temperatura a través de los puentes térmicos.
- 2) Almohadas del tamaño adecuado para tener menor cantidad de puentes térmicos. Por lo tanto, a mayor volumen de aire central, mejor va a ser la aislación.
- 3) Implementación de una envolvente de PVC con distintos tipos de aislantes que responden a requerimientos y

humedades distintas según la zonificación del programa planteado:

- Zona 1: menos temperatura y menos humedad
- Zona 2: mayor temperatura y menos humedad
- Zona 3: mayor humedad y menos temperatura

III.2 PROTOTIPO 2: DISEÑO ESPACIAL Y SU RELACIÓN CON LA ENVOLVENTE

III.2.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN

Hoy se hace evidente que la humedad es tan importante para el comportamiento térmico interior de un edificio, como las propiedades de temperatura. Es por esto que, actualmente también se habla de “confort higro-térmico”, el cual “determina una serie de factores como la humedad, temperatura y ventilación de los espacios habitados y se relaciona directamente con las características de la vivienda, con el clima del entorno y con los habitantes.” (Espinosa Cancino, C. F., & Cortés Fuentes, A. 2015). Se torna, por lo tanto, indispensable “modelar el espacio en relación al vapor de agua con el fin de inaugurar una relación profunda y compleja entre los habitantes, sus cuerpos, y el espacio según sus características físicas y químicas.” (Rahm. P. 2014)

Como recapitulación de componentes, se tienen tres fenómenos o elementos que caracterizan al proyecto planteado. En primer lugar, existe una humedad relativa y temperatura interior que definen las diversas zonas del programa, la cual, por una parte, es no inducida, ya que es proporcionada por elementos que componen el programa y, por otro lado, es inducida de manera intencionada para caracterizar otros tipos de espacios propuestos. Como segundo fenómeno, se tiene el espacio interior, el cual se ve afectado por una convección de humedad relativa interior constante, dado por el diferencial de temperatura. Y, por último, el elemento clave del proyecto, la envolvente, la cual se encuentra sometida a las condiciones climáticas exteriores propios del lugar y a los índices extremos del interior. Es este último elemento, el que se torna esencial para alcanzar un confort higrotérmico interior, la cual no tenga pérdidas por superficie, ni tampoco presente condensación superficial. De este modo germinan espacios que permiten construir una relación sana entre el usuario y la arquitectura del lugar.

III.2.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Se detecta como nueva problemática en base a la construcción del Prototipo 1, que la envolvente estudiada al estar compuesta en gran medida por un material impermeable, la condensación superficial producto de la convección de humedad interior entregado por fuentes principales que componen el programa, por ejemplo, la piscina cálida, y el diferencial de temperatura entre interior y exterior, se va a producir directamente en la superficie interior de la envolvente, sumándose a esto la presencia de puentes térmicos que facilitan la producción de condensación en uniones y remates. Por lo tanto, esto puede desencadenar futuros problemas en los mismos componentes de la edificación. La presencia permanente de partículas de agua de mayor tamaño en la envolvente, pueden dañar y degradar la estructura y los diversos materiales complementarios a esta, sumándose a esto, la posible alteración del bienestar de los usuarios que visitan este espacio, por la producción de microorganismos que pueden afectar su salud a largo plazo.

III.2.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo es posible construir un dialogo en términos higrotérmicos entre el volumen del espacio y la envolvente? ¿Cómo poder controlar de manera pasiva la condensación sobre la envolvente? ¿Cómo se comportan las masas de aire húmedo al interior de espacios con dimensiones variables?

III.2.4 HIPÓTESIS

Por más optimizada que esté la envolvente, las pérdidas de temperatura dada la convección ascendente de humedad relativa interior y la posible condensación superficial desencadenada por el diferencial de temperatura entre interior y exterior, van a ocurrir de todas formas. Por lo tanto, a partir de la construcción de una doble envolvente ventilada, se busca minimizar el impacto directo de este fenómeno en la envolvente, construyendo un espacio intersticial como buffer mediador entre el espacio interior y exterior, en donde en invierno permite regular las posibles bajas de temperatura que sometan a la hoja inferior a alcanzar una temperatura que pueda condensar la humedad cálida interior y en verano poder ventilar el exceso de calor almacenado.

Existen dos formas de entender la doble envolvente, una de ellas es la construcción de una doble fachada ventilada, en donde las dos hojas forman parte de un mismo sistema constructivo, o

que exista una mayor separación entre las ellas y el espacio interior se transforme en una semi-temperie habitada. Se entiende que ambas dos formas pueden responder a las distintas zonas planteadas para el proyecto, según porcentajes de humedad y temperatura que existan al interior de cada uno.

III.2.5 OBJETIVOS

III.2.5.1 OBJETIVO PRINCIPAL

Estudiar en base a la construcción de un prototipo físico posibles formas de evitar la condensación sobre la envolvente estudiada en el Prototipo 1, desde el punto de vista espacial y constructivo. Comprendiendo al mismo tiempo la relación entre la envolvente y el espacio interior, mediante el análisis específico de humedad y temperatura del volumen construido y su vínculo con el buffer mediador que conforma la doble envolvente.

III.2.5.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS

- 1) Análisis del comportamiento de la humedad en volúmenes con dimensiones y formas variables, con el objetivo de comprender el movimiento y recorrido interior de la humedad en relación al volumen construido.
- 2) Estudiar posibles formas de controlar la humedad ascendente, mediante la construcción de una cámara ventilada entre la doble hoja de la envolvente, como forma de evitar la condensación superficial en la cara interior de aquella propuesta en el Prototipo 1 (Almohadas Tela PVC aisladas con aire a presión).
- 3) Exploración detallada de formas de construcción de una cámara ventilada como doble envolvente, en relación a los distanciamientos entre ambas fachadas, dimensiones específicas de la cámara y sus proporciones.

III.2.5.3 LEVANTAMIENTO DE DATOS

Construcción del prototipo 2 físico:

Parte A) Estudio volumétrico:

- Construcción de volúmenes con dimensiones variables
- Medición con Dataloggers HR y T°
- Registro video

- Registro de observaciones
- Construcción de gráficos

Parte B) Estudio de doble envolvente:

- Construcción de volumen.
- Estudio y aplicación de materiales óptimos para una doble fachada
- Medición con Dataloggers HR y T
- Registro video
- Registro de observaciones
- Construcción de gráficos

III.2.6 RESULTADOS ESPERADOS

Se espera de la investigación, lograr reflejar lo estudiado en un futuro proyecto arquitectónico. En donde los espacios y elementos constructivos que lo conforman tengan un fundamento base estudiado previamente a partir de prototipos de investigación. Además, se busca poder definir guías y consideraciones que permitan de manera justificada crear espacios aptos en cuanto a dimensiones, programa y sistemas constructivos para aportar a la construcción del bienestar y cuerpo sano en su interior.

Por último, al finalizar la investigación se busca tener una idea clara del comportamiento de la humedad en espacios interiores variables y su relación directa con el elemento constructivo principal, la envolvente. Además de comprender nuevas formas de control de la humedad, para evitar las posibles condensaciones superficiales en sus sistemas constructivos, fenómeno presente constantemente en la arquitectura de la zona.

Como solución pasiva a esta problemática se busca llegar a resultados positivos en base a una indagación profunda de una posible y novedosa forma de control de humedad sobre las superficies, basada en una doble envolvente ventilada, estudiada como sistema propio de la envolvente (doble fachada) o como elemento conformador del espacio interior (semi-temperie)

III.2.7 METODOLOGÍA Y OBJETO DE ESTUDIO

III.2.7.1 ETAPA A: ESTUDIO VOLUMÉTRICO

III.2.7.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

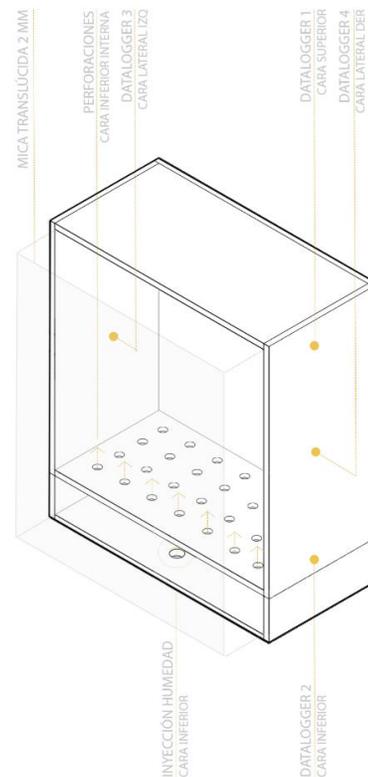
- 1) Observar el comportamiento de la humedad inducida al interior de volúmenes con dimensiones variables, al

ser inyectada y posteriormente al estar en reposo, cumpliendo con una proporcionalidad y razón volumétrica de las cajas a construir.

- 2) Medir mediante Dataloggers los distintos espacios dentro del volumen (caras superiores y laterales), con el objetivo de comprender la circulación de las masas de aire húmedo interior y la tendencia de movimiento al relacionarse con las distintas superficies.
- 3) Tomar las consideraciones recogidas del modelo y aplicarlas en un futuro proyecto arquitectónico, haciéndose justificada la construcción de sus espacios, según el tipo de humedad que se busca en las diferentes zonas planteadas anteriormente como programa.

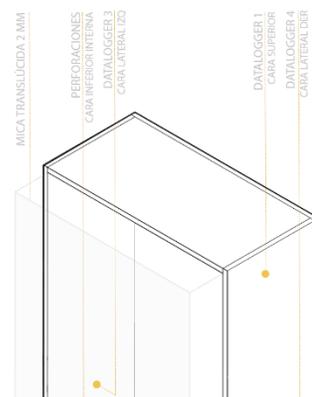
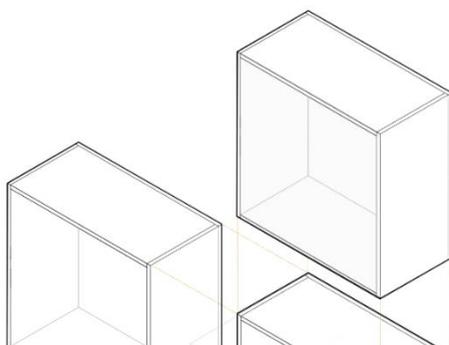
III.2.7.1.2 METODOLOGÍA

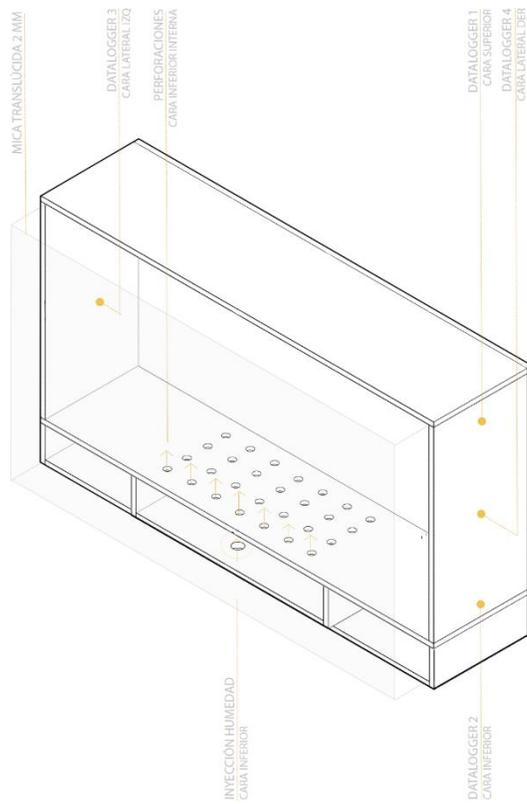
- 1) Construcción de tres cajas: "Caja A": 40x40x20 cm, "Caja B": 40x80x20 cm, "Caja C": 80x40x20 cm.
- 2) Medición con cuatro Dataloggers, uno en la cara superior, otro en la cara inferior y otros dos en las caras laterales, para la recolección de datos de humedades y temperaturas que se alcanzan en distintos sectores al interior de cada caja.
- 3) Medición en un rango de 5 min por caja: 2 min de inyección de humedad y 3 min posteriores en reposo.
- 4) Registro fotográfico del comportamiento de la humedad interior al ser inducida por perforaciones inferiores en los distintos volúmenes construidos.
- 5) Desarrollo de la información captada: generación de gráficos y observaciones aplicables a un futuro proyecto.



F.1.21; Isométrica explotada de cajas construidas para la "Etapa A" del prototipo 2. Elaboración propia.

F.1.22: Isométrica componentes "Caja A". Elaboración propia.



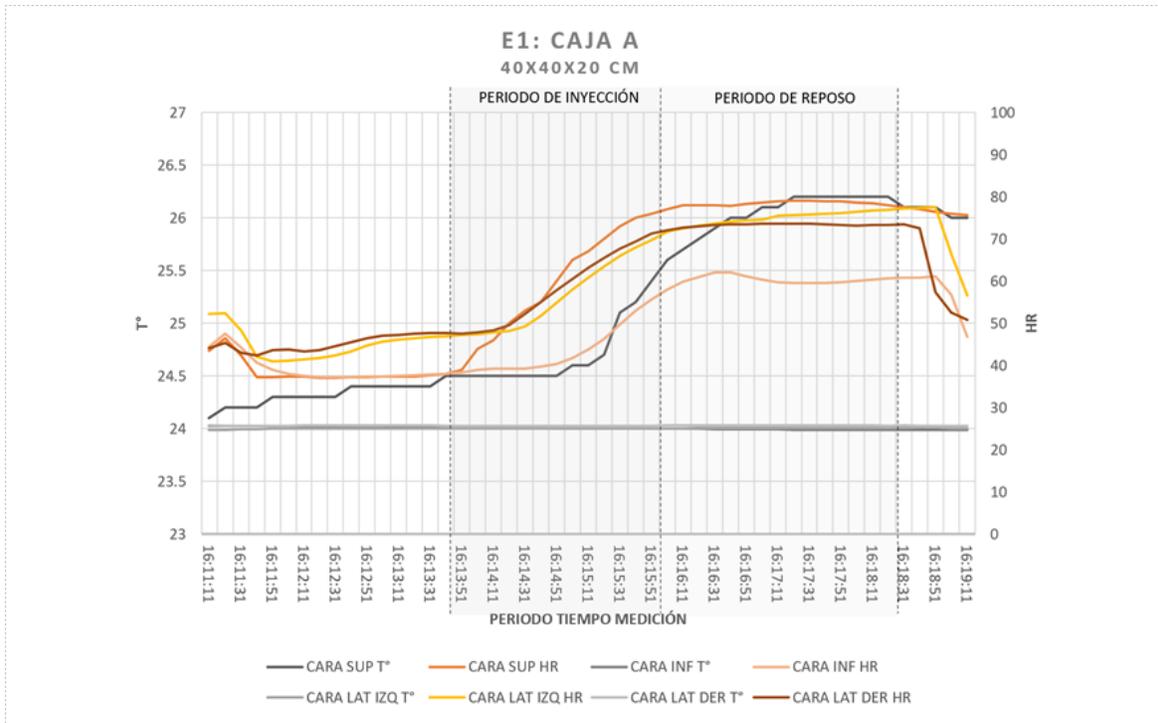


F.1.23: Isométrica componentes "Caja C".
Elaboración propia.

F.1.24: Isométrica componentes "Caja B".
Elaboración propia.



F.1.23: Imágenes proceso constructivo y posterior proceso de inyección. Elaboración propia.



1) "CAJA A"

Al analizar el gráfico (Figura 1.24), se observa que, al finalizar el periodo de inyección de humedad, se alcanza máximo un 82% de humedad relativa interior y temperaturas no mayores a 26.3°C obtenidas únicamente en el periodo de reposo. En cuanto a temperatura interior, se logra observar una gran diferencia entre las caras medidas, la superior alcanzó índices más altos en relación a las otras (máximo 26.3°C) a pesar de contener la misma cantidad de área en su superficie, dado que sus moléculas al encontrarse a mayor temperatura, pierden gran parte de su peso específico, ascendiendo rápidamente. A diferencia de la cara inferior y laterales, que alcanzan únicamente 24°C, por lo que sus moléculas al encontrarse más frías, se mantienen en la parte inferior. En cuanto a humedad, las máximas se registraron en las caras superior y laterales (sobresaliendo la cara superior con máximo 82%, a diferencia de las laterales con un máximo promedio de 79%), entendiéndose al igual que la temperatura, que cumple con una capacidad ascendente dada sus pequeñas partículas de agua a mayor temperatura.

En cuanto al volumen espacial, se entiende que al ser un espacio con dimensiones regulares (el área de todas sus caras iguales) y no tan elevadas. Interiormente, la humedad relativa tiene la capacidad de distribuirse homogéneamente, sin tener tendencias de desplazarse hacia un sector u otro, dado que el volumen de aire contenido al interior está en contacto directo con todas las caras con mismo porcentaje de área, existiendo de esta forma, menos pérdidas por superficie (teniendo en cuenta que existirán más pérdidas en la cara superior por el fenómeno natural de convección interior).

F.1.24: Gráfico resultados mediciones "Caja A".
Elaboración propia.



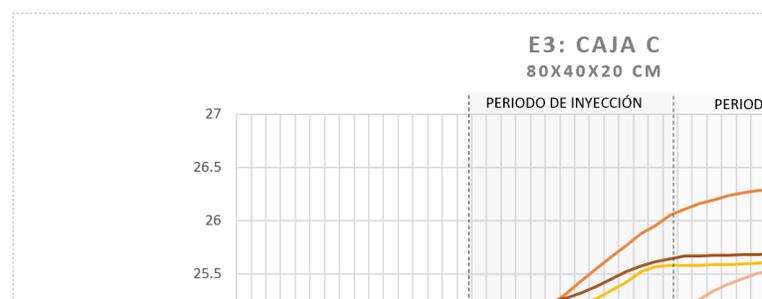
2) "CAJA B"

Al analizar el gráfico (Figura 1.25), se observa que, al finalizar el periodo de inyección de humedad, se alcanza máximo un 95% de humedad relativa interior y temperaturas no mayores a 26.5°C obtenidas únicamente en el periodo de reposo. En cuanto a temperatura interior, se logra observar una gran diferencia entre las caras medidas, la cara superior fue una de las que alcanzó los índices más altos en relación a las otras (máximo 26.5°C), dado que sus moléculas al encontrarse a mayor temperatura, pierden gran parte de su peso específico, ascendiendo rápidamente y porque contiene menor área superficial que las laterales (la mitad). A diferencia de la cara inferior y laterales, que alcanzan únicamente 24.4°C, por lo que sus moléculas al encontrarse más frías, se mantienen en la parte inferior, la diferencia es que, en las laterales pueden existir mayores pérdidas por superficie dado que contiene el doble del área que la cara inferior y superior.

En cuanto a humedad, las máximas se registraron en las caras superior y laterales (llegando casi a los mismos índices con un promedio de 89%), entendiéndose al igual que la temperatura, que cumple con una capacidad ascendente dada sus pequeñas partículas de agua a mayor temperatura.

En cuanto al volumen espacial, se entiende que al ser un espacio con dimensiones más altas en la parte superior. Interiormente, la humedad relativa como se explicó anteriormente va a concentrarse en la zona más alta, distribuyéndose heterogéneamente dentro de todo el volumen, existiendo un diferencial de humedad relativa y temperatura más marcado entre arriba y abajo (diferencia máxima de 40% HR y 2°C). Se suma a esto, que la cara superior al tener menor área en relación al resto, registra mayores índices dado que existirán menos pérdidas por superficie.

F.1.25: Gráfico resultados mediciones "Caja B".
Elaboración propia.



3) "CAJA C"

Al analizar el gráfico (Figura 1.26), se observa que, al finalizar el periodo de inyección de humedad, se alcanza máximo un 82% de humedad relativa interior y temperaturas no mayores a 25,2°C obtenidas únicamente en el periodo de reposo. En cuanto a temperatura interior, se logra observar una gran diferencia entre las caras medidas, la cara superior fue una de las que alcanzó los índices más altos en relación a las otras (máximo 25,2°C), dado que sus moléculas al encontrarse a mayor temperatura, pierden gran parte de su peso específico, ascendiendo rápidamente, sumándose a esto, que cumple con un mayor porcentaje de área en esa cara (el doble que las laterales). A diferencia de la cara inferior y laterales, que alcanzan únicamente 24°C, por lo que sus moléculas al encontrarse más frías, se mantienen en la parte inferior. En cuanto a humedad, las máximas se registraron en la cara superior (con máximo 82%), entendiéndose al igual que la temperatura, que cumple con una capacidad ascendente dada sus pequeñas partículas de agua a mayor temperatura y porque contiene mayor área superficial para almacenar distribuida mente mayor humedad en la parte superior.

La humedad relativa en las caras laterales se mantiene bajo el 68%, solo en promedio 10% más que la inferior, esto se debe a que, por tener mayor volumen de aire interior, se hace más compleja la llegada a los extremos de la caja.

En cuanto al volumen espacial, se entiende que, al ser un espacio con dimensiones más longitudinales, interiormente, la humedad relativa contiene mayor espacio para desplazarse y distribuirse. La cara superior contiene mayor área, por lo tanto, los índices alcanzados en ésta, no varían notoriamente en relación al volumen original (variación de 2%), de todas formas, algo que contribuye a que no existan máximas, pueden ser las posibles pérdidas por superficie superior, al tener un mayor porcentaje de área.

III.2.7.1.4 NOTAS

- 1) El experimento buscaba analizar únicamente el comportamiento de la humedad y temperatura interior de volúmenes variables, por lo tanto, las condiciones climáticas exteriores de las cajas no fueron consideradas como punto relevante dentro de la investigación.

- 2) Se trabajó con humedad inyectada, por lo que los altos resultados de humedad relativa en la cara superior pueden haberse visto influenciados debido a la fuerza propia de la inyección.
- 3) Al tener una de las caras con un material translúcido no aislado, puede haber afectado levemente las mediciones, dada la posible pérdida de temperatura a través de este medio.
- 4) Las cajas al haber sido construida manualmente, pueden haber presentado leves pérdidas en uniones.

III.2.7.1.5 CONCLUSIONES GENERALES

- 1) Todos los experimentos realizados, se confirma que el aire al contener moléculas a mayor temperatura estas pierden parte de su peso específico y ascienden rápidamente a la cara superior, alcanzando esta la mayor parte del tiempo los índices más altos.
- 2) Al aumentar el volumen al doble en horizontal, la humedad relativa interior se mantiene estable en la cara superior, a diferencia de los laterales en donde se alcanzan en promedio 10% menos que el volumen original. Esto se debe a que, el volumen al contener mayor área de superficie superior (dos veces el área de la cara lateral), la humedad tiene mayor volumen de aire para mayor circulación, haciéndose más compleja la llegada homogénea a las diversas zonas de la caja, sumándose a esto, que podrían existir mayores pérdidas por superficie dada las dimensiones de la cara.
- 3) Al aumentar el volumen al doble en vertical (dos veces el área de la cara superior), la humedad relativa en la cara superior alcanza variaciones de hasta 15% más que el volumen original, ya que la concentración de humedad alcanza mayor densidad en una zona específica, la más alta, dada su capacidad ascendente, por contener menor área de superficie y por la característica volumétrica de la caja, sumándose a esto, que las pérdidas por superficie ocurrirían en las caras laterales más que en la superior dada la diferencia de sus dimensiones y existirán menores pérdidas en la cara superior por contener menor área de superficie..
- 4) En el periodo de reposo se alcanza mayor temperatura, haciendo que la humedad relativa se mantenga estable o incluso alcanzando sus índices más altos. Esto se debe a que cuando se alcanza una

temperatura interior más alta, se logra mantener un mayor porcentaje de humedad en suspensión, por la capacidad del aire, de retener a esa temperatura mayor cantidad de agua, desencadenando un aumento del porcentaje de humedad relativa interior.

III.2.7.1.6 CONSIDERACIONES DE PROYECTO

- 1) Como forma de evitar la excesiva concentración de humedad relativa interior en la cara superior del volumen, este debe tener mayor área en esa superficie, para una distribución homogénea de este fenómeno dentro del espacio, permitiendo de esta forma evitar índices extremos.
- 2) El volumen al ser más ancho que alto (doble del área superficial en horizontal), va a evitar alcanzar extremos índices de humedad relativa sobre todo en la cara superior, ya que habrá mayor volumen de aire interior para una distribución mejor.
- 3) Los espacios que trabajen directamente con el vapor de agua (Zona 3: Baños de vapor), deben considerar que la altura y el ancho son los factores predominantes en el porcentaje de humedad relativa que se quiera alcanzar. En este caso particular, menor debe ser la altura y ancho del volumen, para alcanzar una menor diferencia entre losa y cubierta, con una mayor concentración de humedad relativa interior en los distintos niveles del programa.
- 4) Si la superficie superior es mayor al alto del espacio, se debe tener en consideración, que existirán mayores pérdidas por superficie en la zona donde mayor temperatura existirá, por lo tanto, la cubierta que se aplique al proyecto, debe cumplir con una aislación correcta, evitando de esta forma enfriamientos indeseados del volumen de aire interior y mayor demanda de calefacción.
- 5) Para el espacio que trabaja con elementos que aportan humedad al espacio, por ejemplo, una piscina templada o caliente, se debe considerar una menor humedad relativa interior y mayor temperatura para el confort térmico, priorizando temperatura antes que humedad. Por lo tanto, un equilibrio de alturas en relación a losa y cielo, evitará el ascenso total de ambos fenómenos, previniendo un enfriamiento de la parte inferior (donde se encuentran los usuarios) y evitando también alcanzar

extremos índices en la parte superior y que se genere condensación superficial.

- 6) Como forma de evitar los altos índices de humedad relativa y temperatura en la parte superior del volumen, con posible condensación superficial interior, se confirma que la construcción de una doble envolvente con cámara de aire ventilada, se transforma en una buena estrategia pasiva para erradicación este fenómeno.

III.2.7.2 ETAPA B: ESTUDIO DOBLE ENVOLVENTE

III.2.7.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Entender las posibilidades y diferencias, en cuanto a la función de la cámara ventilada. Analizando si es que este cumple con un mejor rendimiento al formar parte de la envolvente como sistema constructivo, o del espacio como semi-temperie habitada.
- 2) Entender el comportamiento del buffer en relación a su vertical (muro) y horizontal (cubierta), desde el punto de vista higrotérmico basado en un estudio térmico y constructivo, probando materialidades, proporciones, dimensiones y distanciamientos entre envolventes.
- 3) Medir el diferencial de temperatura y humedad entre los espacios construidos (Buffer-espacio interior), para luego relacionarlo al grado de separación y de materialidad más óptima de las capas propuestas.

P.30

- 4) Tomar las consideraciones recogidas del modelo y aplicarlas en un futuro proyecto arquitectónico, haciéndose justificada la aplicación de un sistema constructivo que responde como solución pasiva a las problemáticas planteadas.

III.2.7.2.2 METODOLOGÍA

- 1) Calcular y analizar la gradiente de T° en el espesor de la envolvente en función de la resistencia térmica de los materiales propuestos, para luego contrastarlo con los resultados de medición.
- 2) Construcción de una "Caja D": 40x80x40 cm, compuesta por:

- Cubierta: propuesta planteada en el prototipo 1
 - Tela PVC aislada con aire a presión.
- Cuatro fachadas principales aisladas: con el objetivo de mantener estables las condiciones de T° interior y funcionar como apoyo estructural:
 - MDF + Plancha de Poliestireno
- Envolvente interior secundaria: Con el objetivo de probar el comportamiento de los materiales propuestos:
 - Barrera de vapor
 - Algodón
 - Malla Rachel

Dada las condiciones volumétricas de esta caja y como se demostró en la "Parte A" del experimento, este tipo de volúmenes son capaces de concentrar un mayor porcentaje de humedad relativa y temperatura en la cara superior por contener 50% menos del área lateral, alcanzando una extrema diferencia entre la zona inferior y superior. Por lo tanto, se decide como primer ejercicio, poner a prueba las tres materialidades permeables propuestas para una segunda envolvente, en base a su comportamiento frente a la inyección de humedad y temperatura interior, observando el traspaso de estos fenómenos del espacio interior al buffer intermedio.

En donde se instalarán dos Datalogger, uno en el espacio interior y otro en el Buffer, de esta forma se medirá por 5 minutos cada material, dos primero de inyección y tres posteriores de reposo. Finalizando con la construcción de la información obtenida a través de gráficos y observaciones.

Como segundo procedimiento, en base a elección del material más óptimo analizado en el ejercicio anterior, se pondrá a prueba la espacialidad del Buffer a partir de un estudio de distanciamiento entre capas. Se probará con distancias de 20 cm, 40 cm y 60 cm desde la cara superior hasta la inferior, en donde se podrá analizar el comportamiento de la humedad entre estas capas y además definir la espacialidad de esta semi-temperie. Esto se demostrará mediante un

siguiente análisis gráfico de la información entregada por los tres Dataloggers a utilizar. El primero se instalará en el exterior (respondiendo al clima de Valdivia), el siguiente en el Buffer (el cual estudia la semi-temperie) y por último uno en el espacio interior (sometido a inyección de humedad y temperatura), los cuales generarán mediciones durante un periodo de inyección de tres minutos y posterior estado de reposo de tres minutos más.

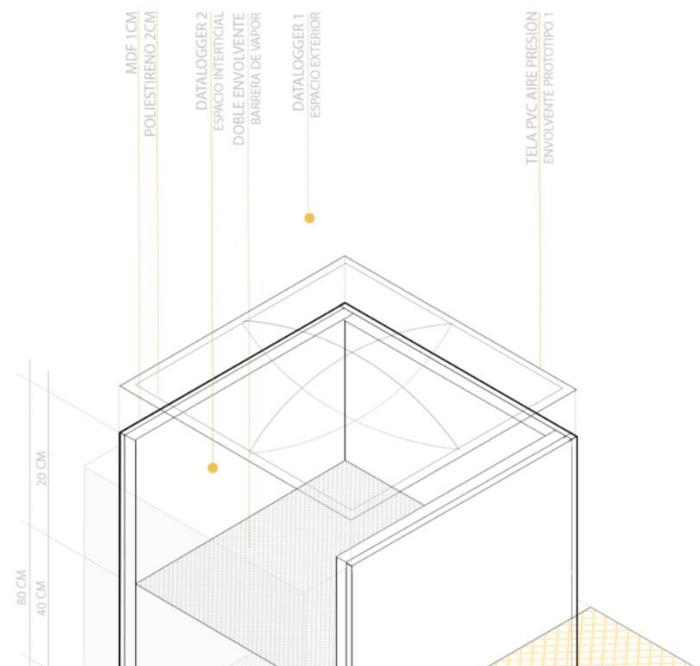
3) Construcción de una "Caja E": 80x40x40 cm, compuesta por:

- Cubierta aislada: con el objetivo de mantener estables las condiciones de T° interior:
 - MDF + Plancha de pliestireno
- Cuatro fachadas principales aisladas: con el objetivo de mantener estables las condiciones de T° interior y funcionar como apoyo estructural.
 - MDF + Plancha de Poliestireno
- Una fachada: propuesta planteada en el prototipo 1
 - Telav PVC asilada con aire a presión
- Envoltente interior secundaria: Con el objetivo de probar el comportamiento de los materiales propuestos.
 - Material más óptimo estudiado en el ejercicio número uno de la "Caja D"

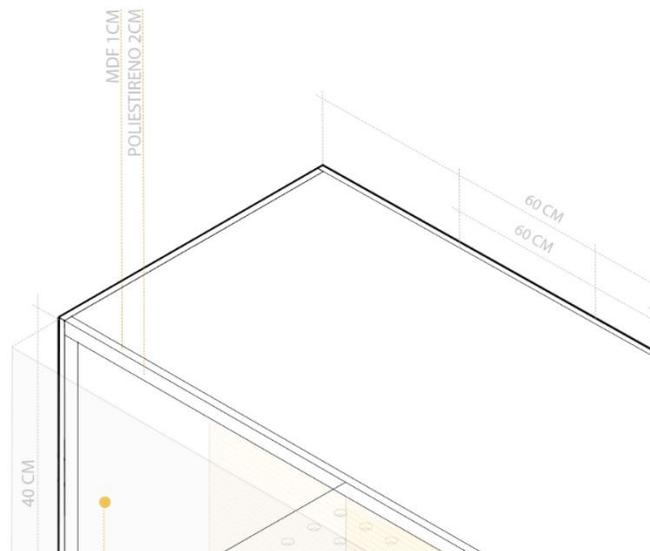
periodo de inyección de tres minutos y posterior estado de reposo de tres minutos más.

- 4) Registro fotográfico del comportamiento de la humedad al interior de los espacios construidos y al traspasar las capas propuestas, hasta llegar a la envoltente principal.
- 5) Desarrollo de la información captada: generación de gráficos y observaciones aplicables a un futuro proyecto.

Siguiendo la misma idea del procedimiento número dos de la "Caja D", se volverá a poner a prueba el material seleccionado en el ejercicio número uno, pero de manera horizontal (haciendo referencia a los muros). En base a esto, se estudiará la espacialidad del Buffer a partir de un estudio de distanciamiento entre capas. Se probará con distancias de 20 cm, 40 cm y 60 cm desde la cara lateral derecha hasta la lateral izquierda, en donde se podrá analizar el comportamiento de la humedad entre estas capas y además definir la espacialidad de esta semi-temperie. Esto se demostrará mediante un siguiente análisis gráfico de la información entregada por los tres Dataloggers a utilizar. El primero se instalará en el exterior (respondiendo al clima de Valdivia), el siguiente en el Buffer (el cual estudia la semi-temperie) y por último uno en el espacio interior (sometido a inyección de humedad y temperatura), los cuales generarán mediciones durante un



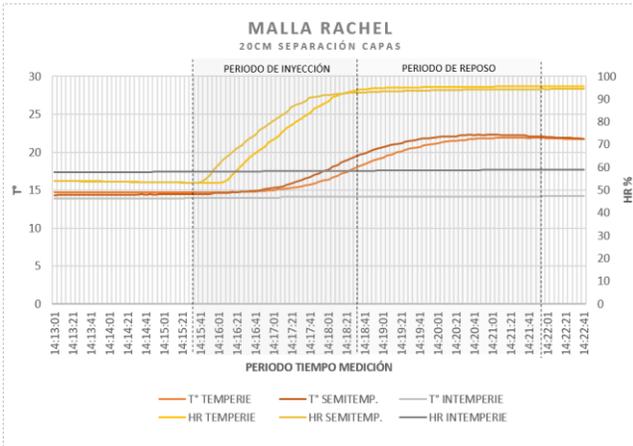
F.1.27: Esquema isométrico "Caja D".
Elaboración propia.



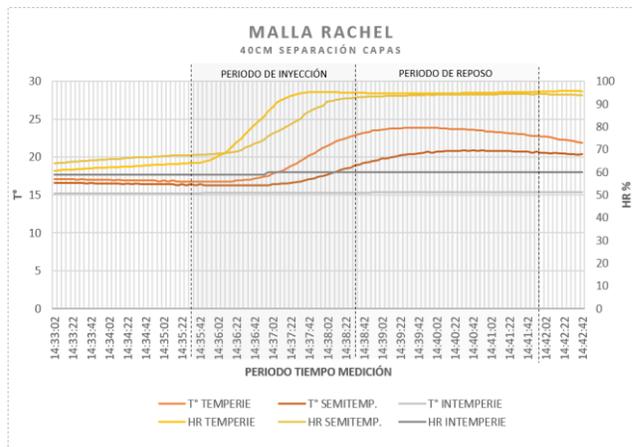


F.1.29: Imágenes componentes y proceso constructivo "Caja D y E". Elaboración propia.

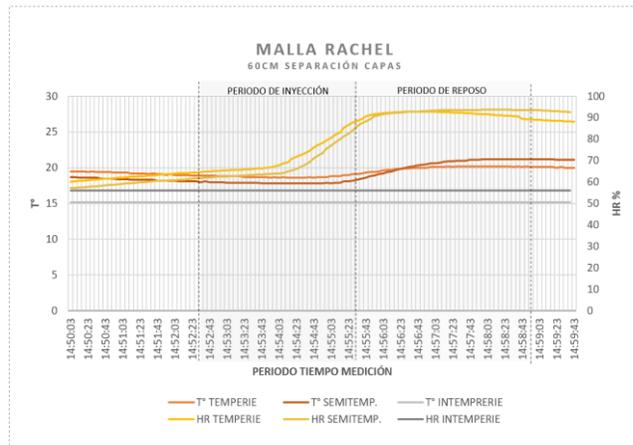
III.2.7.2.3 RESULTADOS ETAPA B "CAJA D"



Se observa en todas de las mediciones realizadas (Figura: 1.30-1.31-1.32), que la curva de humedad relativa interior en temperie y semi-temperie se comporta de la misma forma, la curva de ascenso en el periodo de inyección de humedad tiene la misma tasa de crecimiento, alcanzando 97% de HR pero con aproximadamente un rango de 20 segundos de diferencia. En cuanto a temperatura, ocurre algo similar, solo que los índices alcanzados son menores, con un máximo de 24°C en un posterior periodo de reposo y con una diferencia entre temperies muy reducida. A diferencia de la temperatura interior, en todos los casos, la humedad relativa alcanza su máximo en el periodo de inyección de humedad, logrando mantenerse estable en el periodo de reposo.



Al observar la diferencia de distanciamientos entre la envolvente principal y la hoja secundaria, se entiende que, en cuanto a humedad relativa, entre mayor separación de las capas, más tardío es el ascenso de la curva. Por lo tanto, entre mayor separación de las capas, más lento es el traspaso de humedad relativa y temperatura de una temperie a otra, lo que no significa que sea mejor, dado el los índices alcanzados, son los mismo en las tres pruebas.

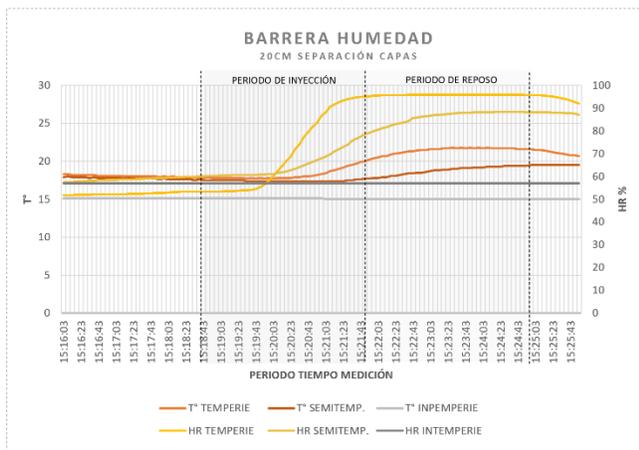


Se entiende que, la medición con 40 cm de separación entre capas tiene curvaturas con una mayor diferencia de índices entre temperies en el mismo periodo de tiempo, dado que el traspaso de un lado al otro es más lento. A diferencia de las otras, en donde el traspaso entre temperies ocurre de manera instantánea y simultánea a la inyección de humedad.

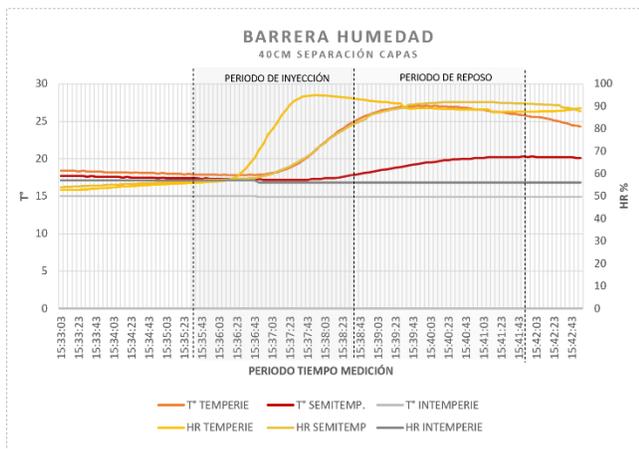
F.1.30: Gráfico Malla Rachel 20 cm separación. Elaboración propia.

F.1.31; Gráfico Malla Rachel 40 cm separación. Elaboración propia.

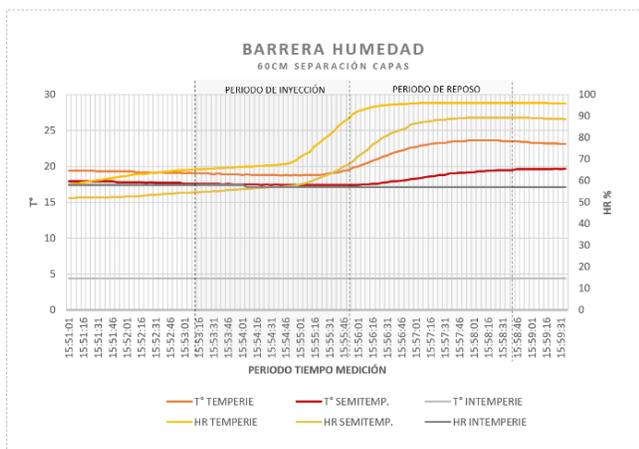
F.1.32; Gráfico Malla Rachel 60 cm separación. Elaboración propia.



En cuanto a la Barrera de Humedad (Figura:1.33-1.34-1.35), se entiende que existe una mayor diferencia en las curvas de humedad relativa en temperie y semi-temperie, con una diferencia de aproximadamente 10% en el periodo de reposo, a diferencia del periodo de inyección, donde el diferencial es mayor según el periodo de tiempo. En cuanto a temperatura, se observa que, al tener una separación de 40 cm entre capas, la temperatura de la temperie alcanza los índices más altos, con 26°C, a diferencia de los otros dos ensayos, donde se alcanzan 2°C menos, con un máximo de 24°C.



Al observar la diferencia de distanciamientos entre la envolvente principal y la hoja secundaria, se entiende que, al igual que la Malla Rachel, entre mayor separación de las capas, más tardío es el ascenso de la curva. Por lo tanto, entre mayor separación de las capas, más lento es el traspaso de humedad relativa y temperatura de una temperie a otra, lo que no significa que sea mejor, dado el los índices alcanzados, son los mismo en las tres pruebas. Lo que sí es importante resalta, es que se alcanza una mayor diferencia en cuanto a índices medidos entre temperie y semi-temperie, donde esta última hasta el periodo de reposo logra mantenerse bajo los alcanzados en la temperie.

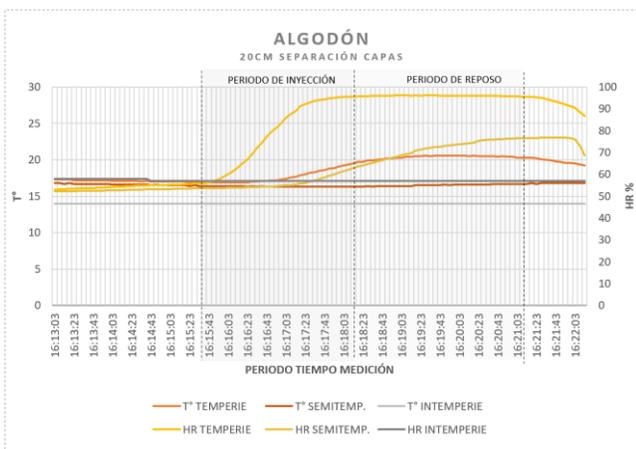
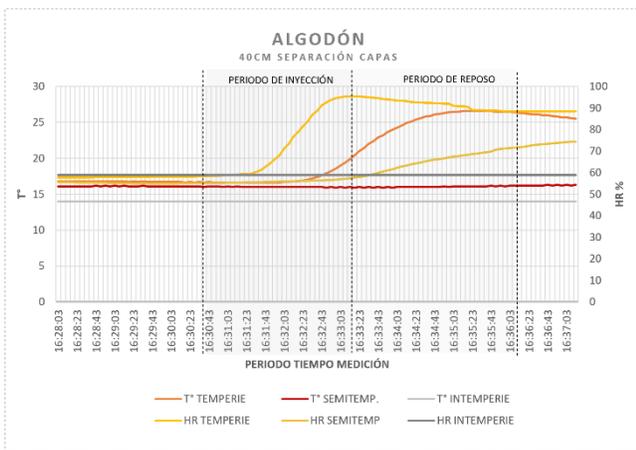
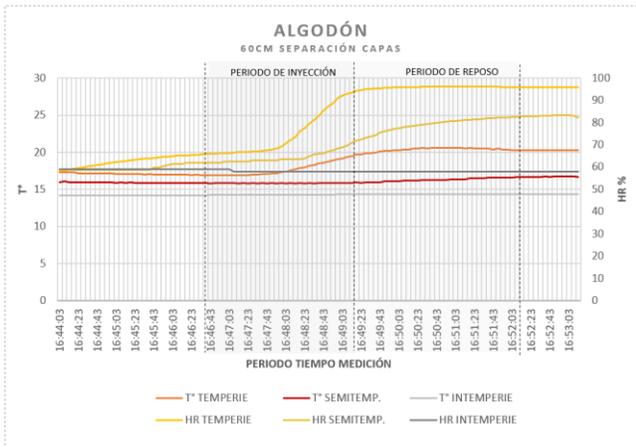


El ensayo con una separación de 60 cm, logra demostrar una diferencia clave en cuanto a humedad relativa, en donde desde el inicio del periodo de inyección hasta finalizado el periodo de reposo, logra mantenerse paralela la distancia entre curvas, a diferencia de los otros dos primeros, en donde al iniciar el periodo de inyección la humedad logra mantenerse estable entre espacios, pero luego al pasar un mayor periodo de tiempo comienzan a distanciarse notoriamente.

F.1.33: Gráfico Barrera Humedad 20 cm separación. Elaboración propia.

F 1.34; Gráfico Barrera Humedad 40 cm separación. Elaboración propia.

F 1.35; Gráfico Barrera Humedad 60 cm separación. Elaboración propia.



Se observa que, en todas las mediciones realizadas (Figura:1.36-1.37-1.38), la diferencia entre la curva de humedad relativa interior en temperie y semi-temperie es notoriamente variable, alcanzando aproximadamente 30% de diferencia. Entendiendo también, que la humedad relativa en temperie asciende de manera abrupta durante el periodo de inyección, a diferencia de la humedad registrada en la semi-temperie, donde el ascenso leve se registra en el periodo de reposo, alcanzando un máximo de 75%. En cuanto a temperatura interior, se entiende que la temperatura registrada en la temperie, asciende hasta 26°C, dado que la humedad interior en ese caso y periodo de tiempo, fue menor.

Al observar la diferencia de distanciamientos entre la envolvente principal y la hoja secundaria, se entiende que, en cuanto a humedad relativa, a menor distanciamiento entre capas, mayor es la diferencia entre una temperie y otra, desde el periodo de inyección, hasta finalizar el de reposo. Por lo tanto, entre más juntas se encuentren las dos hojas, más tardío es el traspaso de los índices medidos de un lugar al otro. Esto si demuestra que el desempeño de este material cumple con lo esperado, dado que, de todos los ensayos realizados, es el que mayor diferencial entre ambas temperies alcanza independiente de la separación de sus hojas.

F.1.36: Gráfico Algodón 20 cm separación. Elaboración propia.

F 1.37; Gráfico Algodón 40 cm separación. Elaboración propia.

F 1.38; Gráfico Algodón 60 cm separación. Elaboración propia.

- 1) El experimento fue medido en la ciudad de Santiago, por lo que la humedad y temperatura exterior fue diferente a las condiciones de la ciudad de origen del proyecto. De todas formas, las temperaturas máximas del día de medición no superaron los 15°C con un máximo de 60% de HR, lo que permitió acercarse en gran parte al clima de la ciudad de Valdivia.
- 2) Se entiende que los resultados de las mediciones pueden no haber sido totalmente exactos, dado que las cajas no están construidas herméticamente, por lo que pueden haber existido ciertas filtraciones en uniones interiores y exteriores.
- 3) Las mediciones se pueden ver alteradas en ciertos gráficos, dado que puede haber ocurrido algún inconveniente externo a la hora de medir.
- 4) Se observa posterior al proceso de medición, que el Algodón es el material que mejor se comporta como doble envolvente, pero al mismo tiempo el que mayor humedad es capaz de almacenar en su espesor, factor que se debe tener en consideración en futuras decisiones.

III.2.7.2.5 CONCLUSIONES GENERALES

- 1) Al contrastar los tres materiales con una separación de 20 cm, se entiende que las curvas de humedad relativa en temperie se comportan de manera similar, con la diferencia en que el traspaso hacia la semi-temperie es más lento. La Malla Rachel, es la que mayores índices de humedad y temperatura alcanza, sobrepasando en un 10% más los índices medidos en la temperie, alcanzando una diferencia máxima de 3% en un menor periodo de tiempo en la semi-temperie en relación a los otros materiales medidos. Por lo tanto, su desempeño no cumple con lo esperado para una posible aplicación a proyecto, entendiendo que es un material con mayor porcentaje de permeabilidad. A diferencia del Algodón, el cual logra frenar de manera notoria el traspaso entre temperies, alcanzando un 30% menos entre los espacios medidos, cumpliendo con los objetivos como barrera de humedad.
- 2) Al igual que lo anterior, al contrastar los materiales con una separación de 40 cm, se entiende que los índices de humedad relativa alcanzados en la temperie, son similares, diferenciándose en los índices

alcanzados en la semi-temperie, donde la Malla Rachel por contener mayor permeabilidad logra alcanzar únicamente 5% de diferencia entre espacios, a diferencia del algodón que alcanza 35% menos en semi-temperie.

- 3) Al contrastar los materiales con una separación de 60 cm, se observa que al igual que los ensayos anteriores, los índices de humedad relativa en temperie se mantienen iguales, con la diferencia de que en semi-temperie el algodón alcanza una mayor diferencia con un máximo de 24%. A diferencia de la Malla Rachel, la cual muestra una diferencia únicamente de 3%, lo que indica que el traspaso es casi instantáneo de una temperie a otra.

*Se entiende en todos los casos que la barrera de humedad alcanza índices intermedios entre la Malla Rachel y el Algodón.

- 4) La Malla Rachel, al contener mayor permeabilidad, es capaz de traspasar de manera instantánea la humedad y temperatura de una temperie a la otra. A pesar de eso, se logra observar una diferencia en la separación de 40 cm, esto se puede deber a que como se demostró en la Etapa A, al contener un volumen de aire más regular, la humedad interior va a distribuirse de manera más uniforme por contener la misma área de superficie en sus caras. A diferencia de cuando el volumen contiene mayor altura y menor separación entre capas (20 cm), ya que, la humedad al tener menor peso molecular va a alcanzar mayor temperatura por lo tanto ascenderá con mayor velocidad y menor densidad, alcanzando traspasar rápidamente entre los poros del material. Se suma a esto también la diferencia con la separación de 60 cm, en donde al contener menor espacio entre la base de la caja y la doble hoja, existirá mayor concentración de humedad a mayor presión, evacuando con mayor rapidez de una temperie a la otra.

- 5) Al observar el comportamiento de la Barrera de humedad se entiende que, a mayor distanciamiento, menor es el traspaso de una temperie a la otra durante todo el periodo de medición, a diferencia del Algodón, el cual, a menor distanciamiento entre capas, menor es el

traspaso, alcanzando la diferencia máxima de todos los ensayos realizados (30%). Esto se debe a que, el Algodón al tener mayor espesor, por lo tanto, mayor densidad de material, impide de mejor manera el traspaso de humedad de una temperie a la otra, teniendo al mismo tiempo la capacidad de almacenar mayor porcentaje de humedad en el material, evitando casi en su totalidad la transferencia de los fenómenos medidos durante largos periodos de tiempo. A diferencia de la Barrera de Humedad que es más delgada, pero con menor porosidad, permitiendo un mayor traspaso que el Algodón, pero de todas formas de manera paulatina en el tiempo, cumpliendo de todas formas como protección.

III.2.7.2.6 CONSIDERACIONES DE PROYECTO

- 1) Se entiende en base a lo estudiado, que la Malla Rachel es un material con mayor permeabilidad que los otros materiales medidos, por lo tanto, los niveles de humedad relativa y temperatura en temperie y semi-temperie alcanzan los mismos índices. Es por esto que no cumple con los objetivos esperados, dado que de todas formas se generará, independiente de la separación entre capas, condensación sobre la envolvente principal.
- 2) Se entiende que la Barrera de Humedad, a mayor distanciamiento entre las hojas de la envolvente, menor es el traspaso de humedad relativa y temperatura de la temperie a la semi-temperie, por lo tanto, es un material que puede ser aplicado para la construcción de una doble envolvente habitable, en aquellos espacios que requieren de un menor uso de humedad y temperatura (zona de relajación- piscina templada).

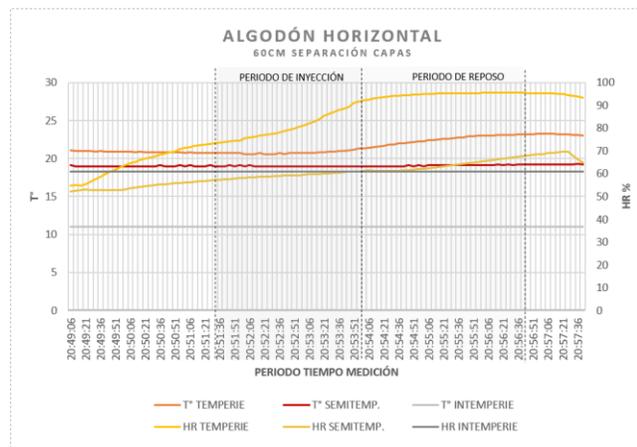
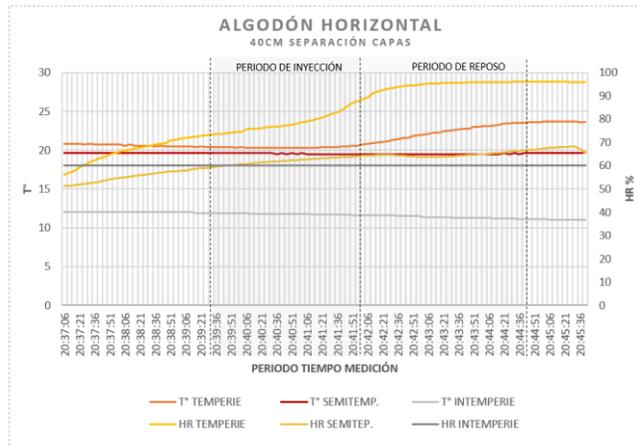
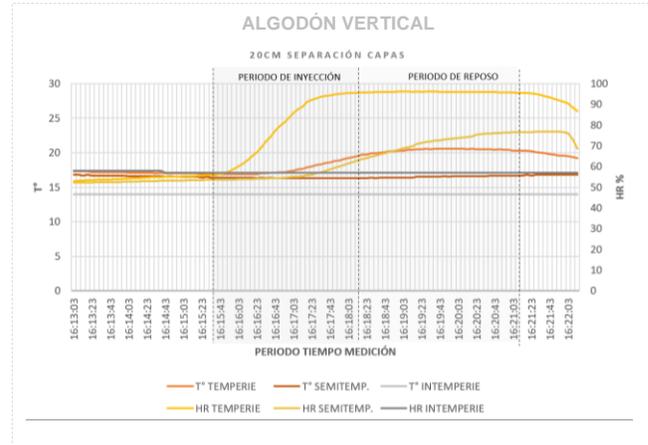
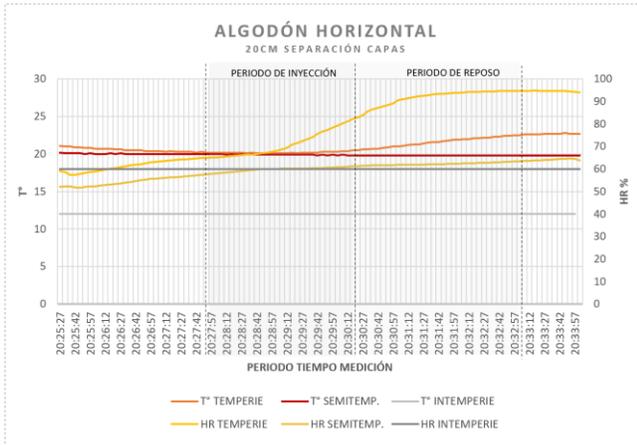
envolvente, se entiende que, a menor distancia entre las capas, menor es el traspaso de humedad. En relación a los otros materiales medidos, es el que mejor rendimiento material presenta para lo que se busca, es por esto que puede ser aplicado a una doble envolvente como parte de un sistema constructivo en aquellos espacios que hacen uso de un mayor porcentaje de humedad y temperatura (como los baños de vapor-piscina cálida).

- 4) Como se planteó anteriormente, el Algodón es un material que permite retener en él un mayor porcentaje de vapor de agua, permitiendo de esta forma traspasar de una temperie a otra considerablemente menos humedad, por lo tanto, surge un nuevo cuestionamiento ¿Qué material podría corresponder en la práctica constructiva de proyecto al desempeño que cumple el algodón hoy en el prototipo?

A pesar de que su traspaso alcance de todas formas altos índices, estos son en un periodo de tiempo prolongado, por lo tanto, es en este punto, donde la ventilación de esta semi-temperie pasa a ser fundamental, para lograr evitar en un 100% la condensación superficial interior de la cara principal.

- 3) Al observar el comportamiento del Algodón como doble hoja de la

III.2.7.2.7 RESULTADOS ETAPA B "CAJA E"



Se observa en los gráficos, que, en los tres ensayos realizados (Figura:1.36-1.37-1.38), el comportamiento de la humedad y temperatura interior en temperie y semi-temperie es muy similar. Se entiende que existe una leve diferencia en cuanto a la humedad alcanzada en temperie en el periodo de inyección, pero que, de todas formas, no influyó en los datos alcanzados en la semi-temperie. Esto se puede deber a que la doble hoja al encontrarse más lejos, la humedad requirió de un mayor periodo de tiempo para circular en un mayor volumen de aire, además de verse enfrentada a una mayor área de superficie superior que debía ser recorrida. De todas formas, se entiende que el material cumple con un excelente desempeño como barrera de humedad, ya que permite alcanzar un máximo de 65% de humedad relativa en semi-temperie, a diferencia de la temperie con un máximo de 97%. En cuanto a temperatura, en los tres casos se alcanza un máximo de 24°C en temperie, con una diferencia de 4°C en relación a la semi-temperie.

Al contrastar el Algodón horizontal con el Algodón vertical de la prueba anterior (Figura: 1.39), ambos con 20 cm de separación entre hojas, se observa de manera clara la diferencia en sus comportamientos. Se entiende, en base también a lo concluido en la Etapa A del prototipo, que el volumen al ser vertical alcanza mayor porcentaje de humedad en temperie en un menor periodo de tiempo, dada la condición de sus particulares de contener menor peso molecular a mayor temperatura. A diferencia del volumen en horizontal, donde su llegada al extremo lateral se hace más compleja y lenta por contener mayor superficie superior de contacto.

F.1.36; Gráfico Algodón horizontal 20 cm separación. Elaboración propia.
F.1.37; Gráfico Algodón horizontal 40 cm separación. Elaboración propia.
F.1.38; Gráfico Algodón horizontal 60 cm separación. Elaboración propia.
F.1.39; Gráfico Algodón vertical 20 cm separación. Elaboración propia.

III.2.7.2.8 CONCLUSIONES GENERALES

- 1) Se entiende que, independiente de la distancia de la doble hoja, la humedad trasferida de la temperie a la semi-temperie, va a alcanzar índices muy similares.
- 2) A mayor distancia de la doble hoja (60 cm de separación), mayor es la diferencia de humedad y temperatura entre temperie y semi-temperie.
- 3) Al colocar el volumen de forma horizontal, se logra minimizar en un 10% menos la humedad alcanzada en el periodo de inyección, en un periodo más prolongado de tiempo de ascenso de la curva. Se suma a esto, el control de temperatura interior, el cual se mantiene estable, dado que la humedad relativa interior, no alcanzó altos índices.

III.2.7.2.9 CONSIDERACIONES DE PROYECTO

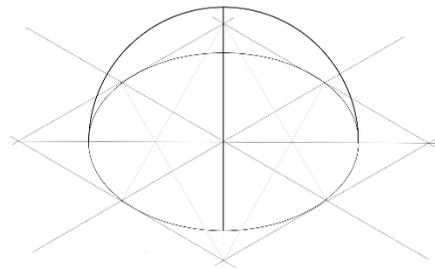
- 1) Las zonas laterales de la envolvente, independiente a que distancia se trabajen las hojas, siempre van a recibir menor humedad y temperatura que la zona superior, únicamente por la capacidad ascendente de la humedad explicada en la Etapa A del prototipo.
- 2) Mientras mayor distancia exista en horizontal entre la hoja interior de la doble envolvente con la principal (60 cm), mayor diferencia entre temperie y semi-temperie va a existir. Por lo tanto, y tomando lo estudiado en los ensayos anteriores, los espacios a los que se le aplicará este tipo de envolvente (Baños vapor, piscina cálida), pueden aumentar su distanciamiento cuando más cerca del usuario se encuentren, (muros) y disminuirlo cuando mayor distancia del usuario exista (cubierta). Por lo tanto, a menor altura, mayor distancia entre hojas de la envolvente, y entre mayor altura, menor distancia entre hojas.
- 3) Se entiende que a mayor volumen de aire de temperie que se tenga, mayor distancia de recorrido va a tener que hacer la humedad para poder alcanzar la superficie de la doble hoja de la envolvente, por lo tanto, a mayor ancho del volumen, menor va a ser la humedad alcanzada en la temperie, disminuyendo al mismo tiempo el traspasado a la semi-temperie.

vapor de agua como inductor de bienestar corporal: Baño público hidro terapéutico como revalorizador del concepto de humedad en valdivia.

Se plantea valorizar el elemento natural de la ciudad, a través de un proyecto arquitectónico que busca tomar el Rio Calle-Calle y transformarlo en la pieza principal de la propuesta. En base al estudio previo de los baños de vapor y la posterior investigación, se mantiene la propuesta de Baños de Vapor sobre el Río, construyéndose de esta forma un **ritual del baño**, conectado con su contexto natural inmediato.

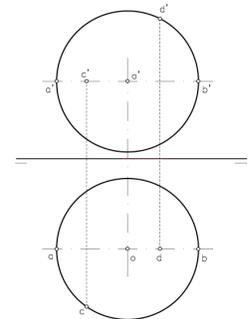
IV.1.1 ESTUDIO PREVIO: BURBUJAS DE JABÓN

Como se comprobó en el Prototipo 1, La esfera es una de las formas geométricas, que permite la construcción de una envolvente óptima para el proyecto planteado, dado que no presenta uniones, por lo tanto, imposibilitando la existencia de puentes térmicos. (Figura;1.40)



Es por esto, que se inicia un estudio de burbujas de jabón, para comprender su geometría, forma de unión y su conjunto, basado en las "Leyes de Plateu". Jean E. Taylor en el libro *The Structure of Singularities in Soap-Bubble-Like and Soap-Film-Like Minimal Surfaces* explica que:

- 1) Una burbuja en el aire siempre es esférica. La esfera como cuerpo geométrico con menor superficie para un determinado volumen (Figura:1.41)

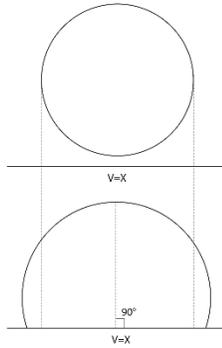


F.1.40: Isométrica geometría esférica. Elaboración propia.
F 1.41; Planta y Corte geométrico de una esfera. Elaboración propia.

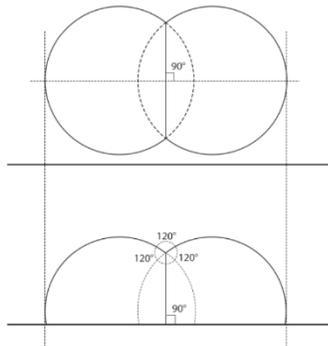
IV PROYECTO

IV.1 PROPUESTA DE PROYECTO:

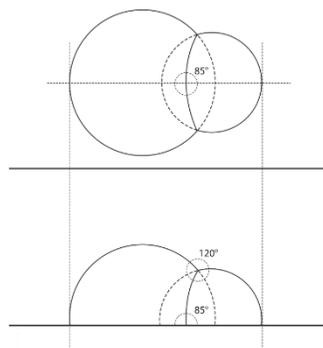
- 2) Cuando la pompa de jabón esférica se convierte en una semiesfera al caer sobre un plano en 90° , la cantidad de aire que encierra se mantiene constante (Figura: 1.42).



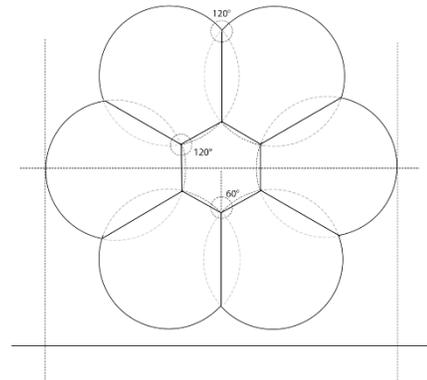
- 3) Cuando dos pompas esféricas o semiesféricas de jabón se unen, forman un ángulo de 120° y una superficie plana. Esta unión constituye lo que se denomina una pompa doble (Figura:1.43).



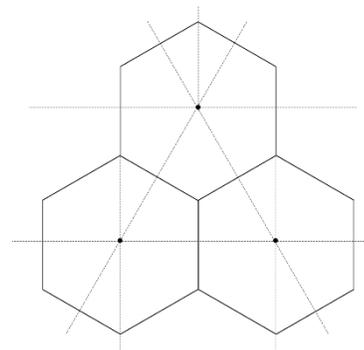
- 4) Si una de las dos pompas semiesféricas es más grande que la otra, la membrana de separación que las une se curva siempre hacia la pompa de mayor radio, ya que al tener la pompa más pequeña mayor presión interna empuja la membrana de separación hacia la grande para minimizar la energía (Figura:1.44).



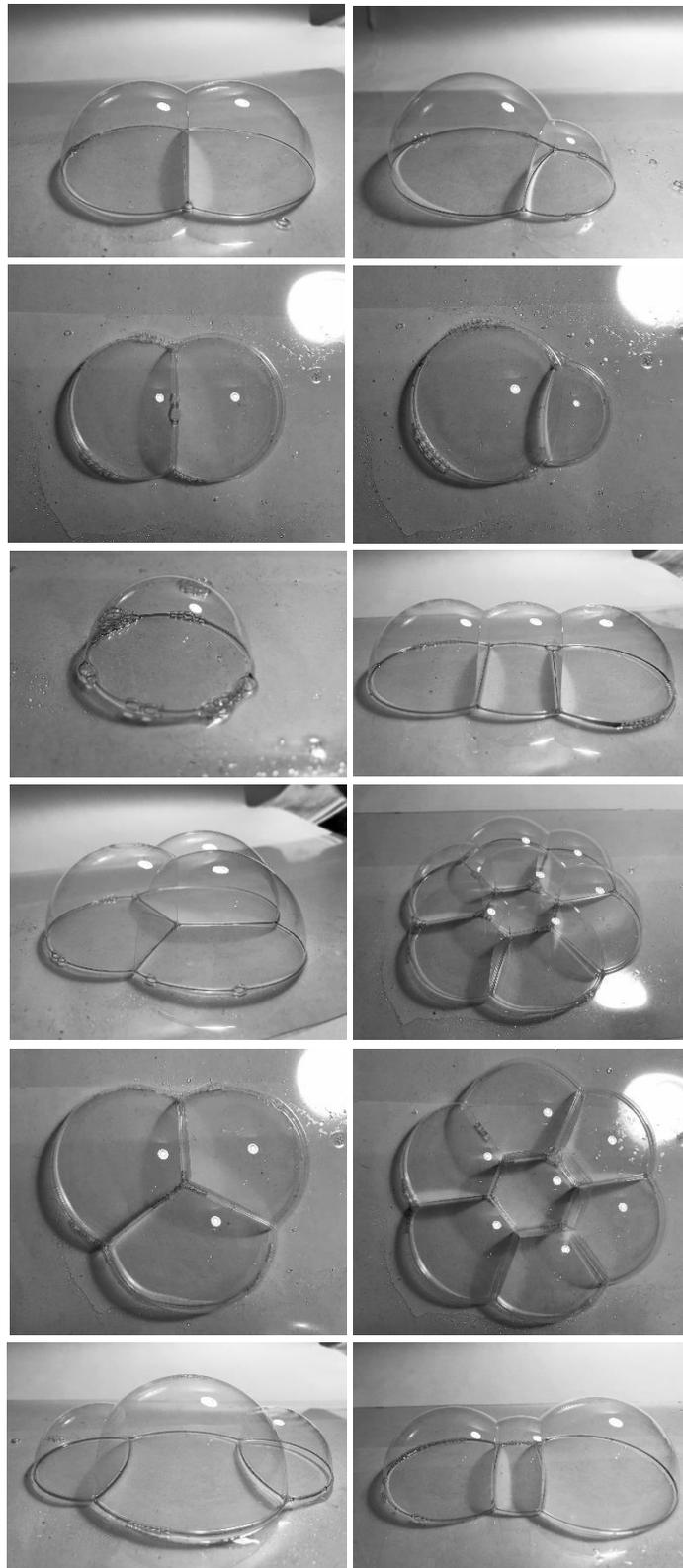
- 5) La superficie de unión entre más de 7 pompas con el mismo radio, es hexagonal y no curva. Si fueran curvas se generarían espacios libres entre ellas, por lo tanto, al establecerse hexagonalmente, la unión sería continua y con mayor estabilidad estructural (Figura:1.45).



- 6) Cuando un conjunto de burbujas esféricas de igual radio, se posan sobre una superficie plana, de forma natural los centros generarán una matriz de triángulos equiláteros (Figura:1.46).

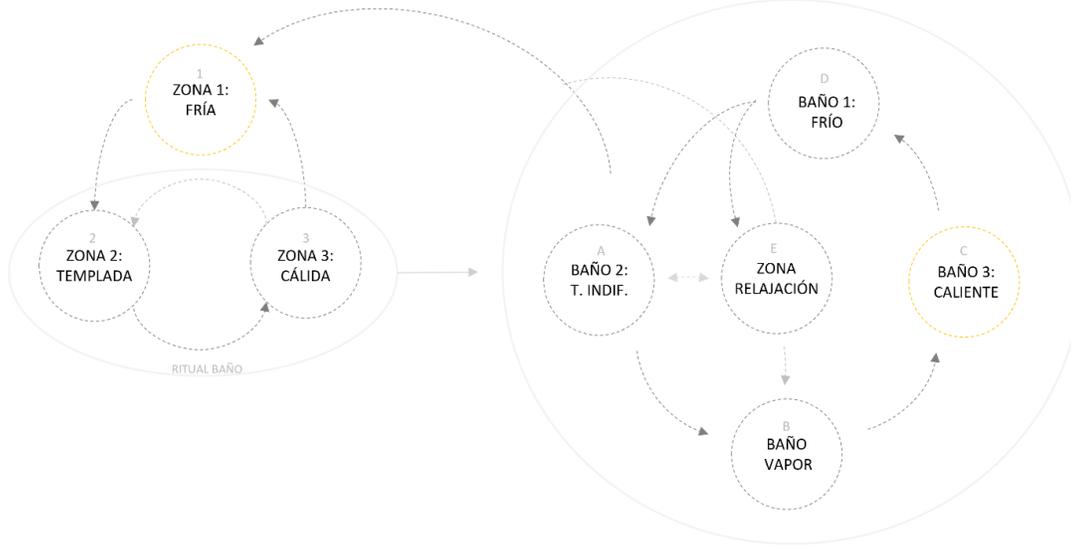


En base a esto, se definen lógicas constructivas aplicables por un lado a la volumetría del proyecto y por otro, al diseño de la envolvente. De esta forma, se construye una cubierta semi esférica hexagonal, eficiente, en el caso que requiera algún reemplazo por defecto, permite ventilación a través de aperturas de los mismos hexágonos y por último jugar con opacidades, regulando el acceso de la radiación al interior de los espacios,



F.1.47: Imágenes estudio experimental burbujas y sistemas de unión. Elaboración propia.

IV.1.2 DEFINICIÓN RITUAL DEL BAÑO

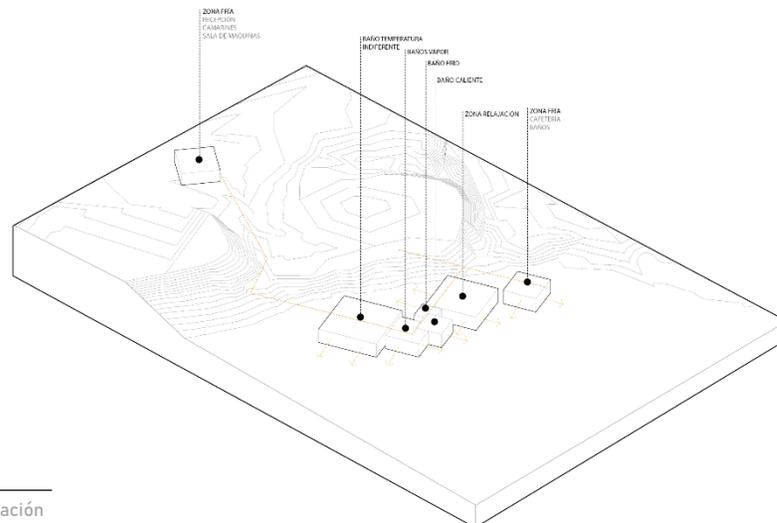


Como ejercicio siguiente, basado en el estudio de los Baños turcos y las piscinas presentes en las termas, se define con mayor claridad los componentes del programa, desde la Zona Fría, pasando por la Templada, hasta la Zona Cálida (Figura: 1.48).

El inicio del recorrido comenzaría en tierra, en la Zona Fría, compuesta por la recepción, los vestidores y sala de máquinas. Posterior a eso iniciaría el ritual del baño, en donde el usuario, a pesar de existir un recorrido guiado, tendría la libertad de vivir cada espacio como desee. Cada lugar trabaja con humedades y temperaturas diferentes, lo que existen diferencias claras en cuanto a dimensiones y sensaciones (definido en la investigación) (Figura 1.49)

Como cada zona tiene restricciones de uso, no todos pueden realizar el ritual de manera completa, por lo tanto, el Baño de Temperatura indiferente y la Zona de Relajación serían los protagonistas del recorrido, ya que recibirían mayor cantidad de personas, estando al mismo tiempo contactadas para pasar de un lado al otro sin problemas.

Dicho esto, se entiende que los baños de vapor al tener mayores restricciones, serían de unas dimensiones menores y estarían separados de las zonas nombradas anteriormente. De todas formas, se busca visualmente construir un recorrido definido y claro, pero al vivirlo físicamente se comprenderían sus diferencias.



F.1.48: Diagrama Ritual del Baño. Elaboración propia.
 F. 1.49; Isométrica componentes del proyecto. Elaboración propia.

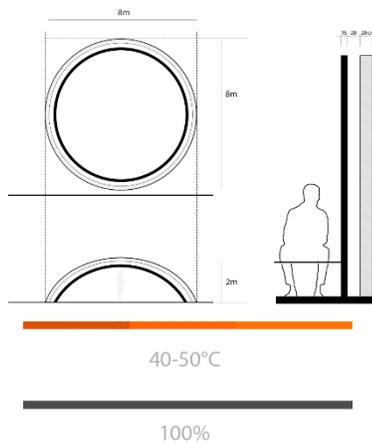
IV.1.3 DEFINICIÓN ESPACIAL Y CONSTRUCTIVA

Según las consideraciones de proyecto recogidas de la investigación anterior. Cada espacio al trabajar con humedades y temperaturas variables, le corresponde un tipo de envolvente específica.

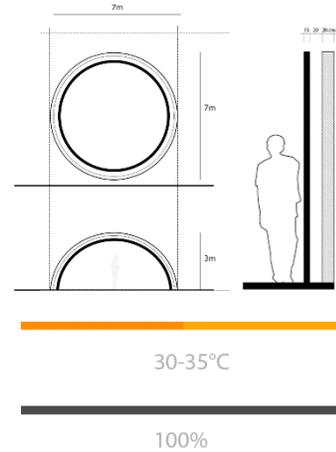
- 1) Baño de temperatura indiferente, con 25°C y 90 % de HR, se compone de una envolvente almohada de ETFE, aislada con aire a presión en contacto con el exterior y una Barrera de humedad como doble envolvente habitada (Figura: 1.50).



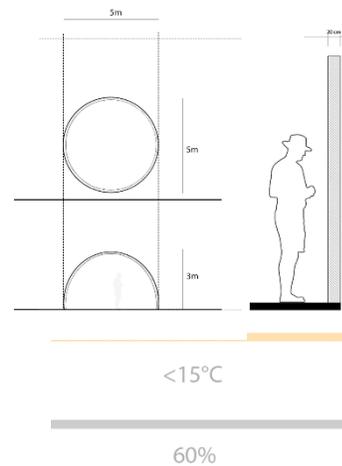
- 2) Baño de vapor, con un rango de 40°C a 50°C y 100% de HR, se compone de una envolvente almohada de ETFE, aislada con aire a presión en contacto con el exterior y una doble envolvente ventilada de Lana (Figura: 1.51).



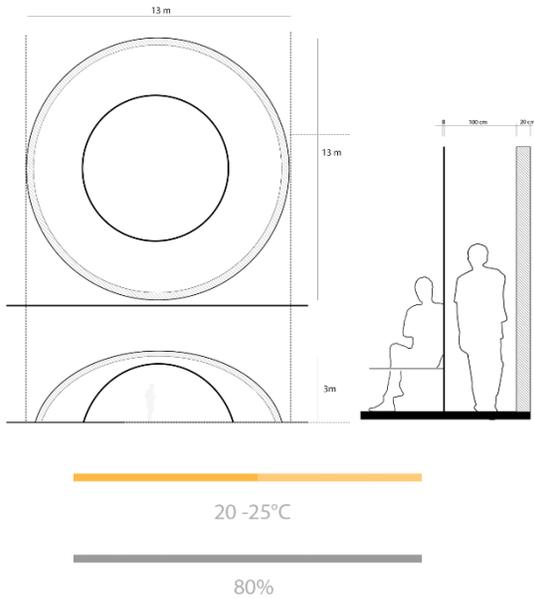
- 3) Baño caliente, con un rango de 30°C a 40°C y 100% de HR, se compone de una envolvente almohada de ETFE, aislada con aire a presión en contacto con el exterior y una doble envolvente ventilada de Lana (Figura: 1.52).



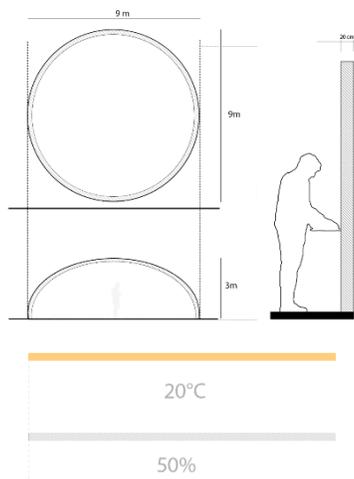
- 4) Baño frío, con un rango menor a las 15°C y 60% de HR, se compone de una envolvente almohada de ETFE, aislada con aire a presión en contacto con el exterior (Figura: 1.53).



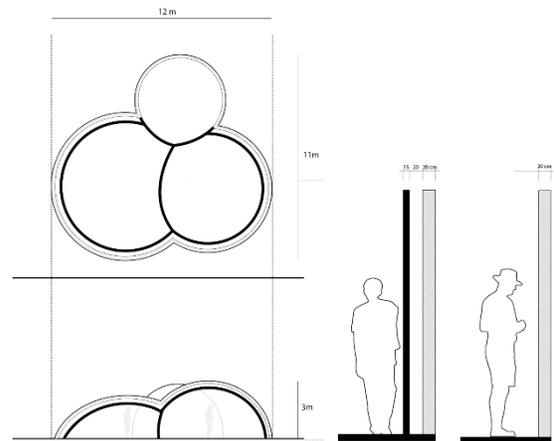
- 5) Zona de relajación, con un rango de 20°C a 25°C y 80% de HR, se compone de una envolvente almohada de ETFE, aislada con aire a presión en contacto con el exterior y una Barrera de humedad como doble envolvente habitada (Figura: 1.54).



- 6) Cafetería, con 20°C y 50% de HR, se compone de una envolvente almohada de ETFE, aislada con aire a presión en contacto con el exterior (Figura: 1.55).

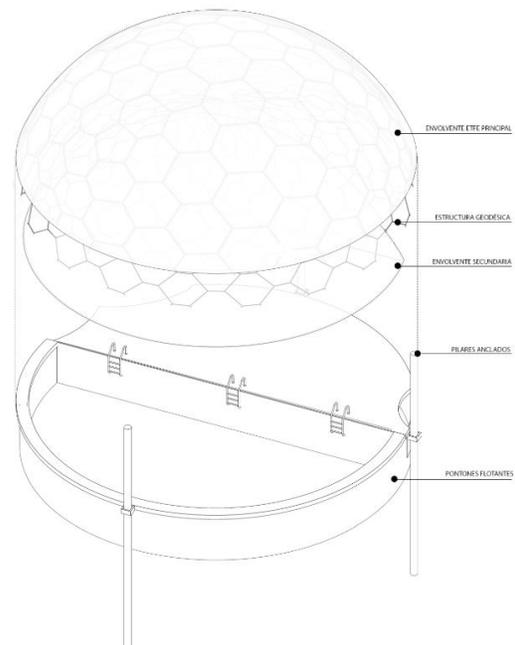


Se entiende que, de todos estos espacios, hay tres que, por temas de diferencias extremas de temperatura y humedad de unas con otras, se pueden mantener unidas, evitando que el usuario experimente cambios bruscos de temperatura corporal al salir al exterior, sin perjudicar su salud (Figura 1.56).

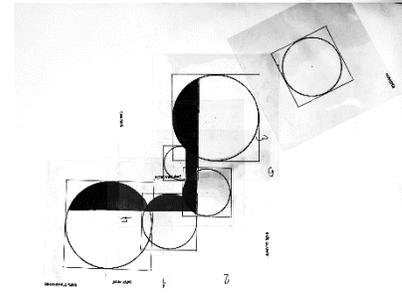
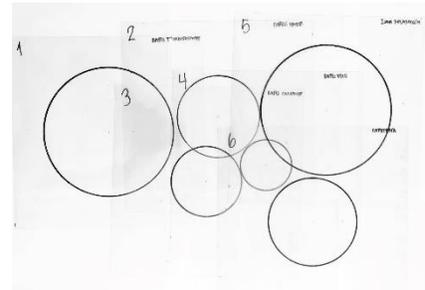
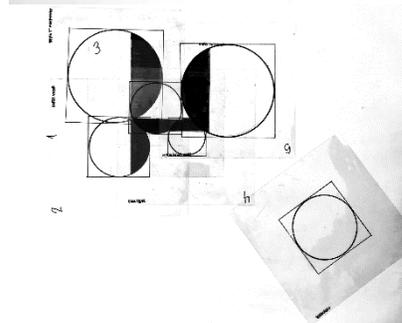
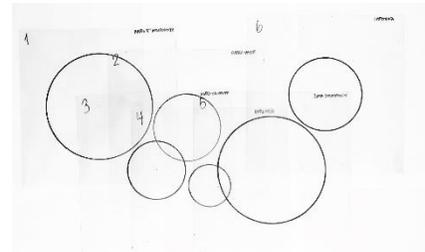
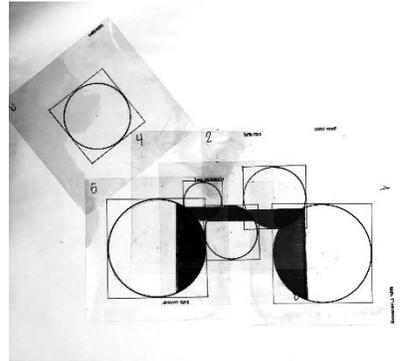
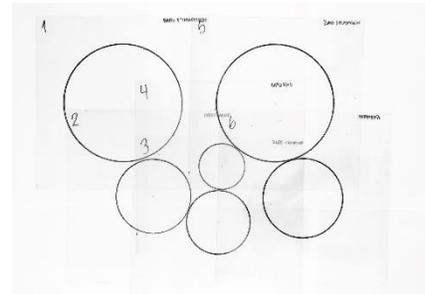
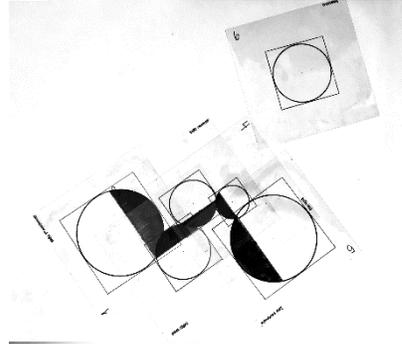
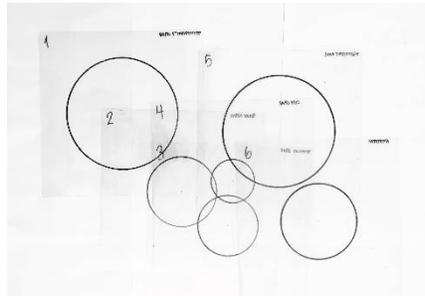
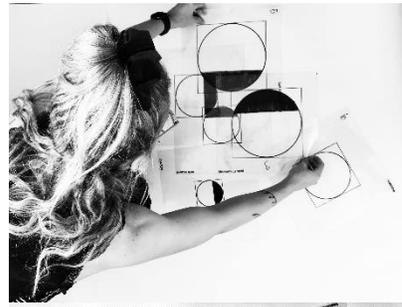
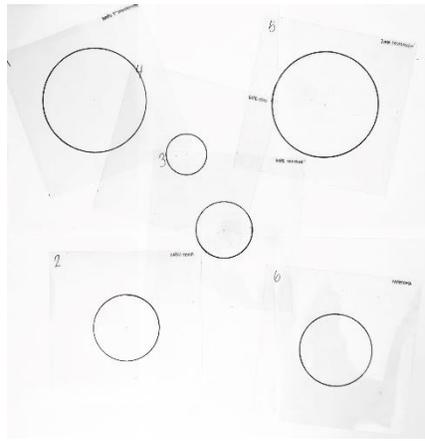


IV.1.3 DEFINICIÓN MODULAR

Cada Módulo, se caracteriza según su tipo de envolvente, pero compartiendo como elemento común el sistema estructural. Todos los espacios se encuentran flotando mediante pontones, los cuales al mismo tiempo dirigen las instalaciones correspondientes. Cada pontón se mantiene estable a los movimientos horizontales y verticales de mareas y corrientes a través de pilares anclados al fondo del Río. Por último, como tercer elemento estructural, se define una estructura geodésica entre la envolvente principal, la cual se mantiene tensada con fuerzas hacia el interior y una segunda envolvente que se mantiene tensada con fuerzas hacia el exterior. (Figura 1.57)

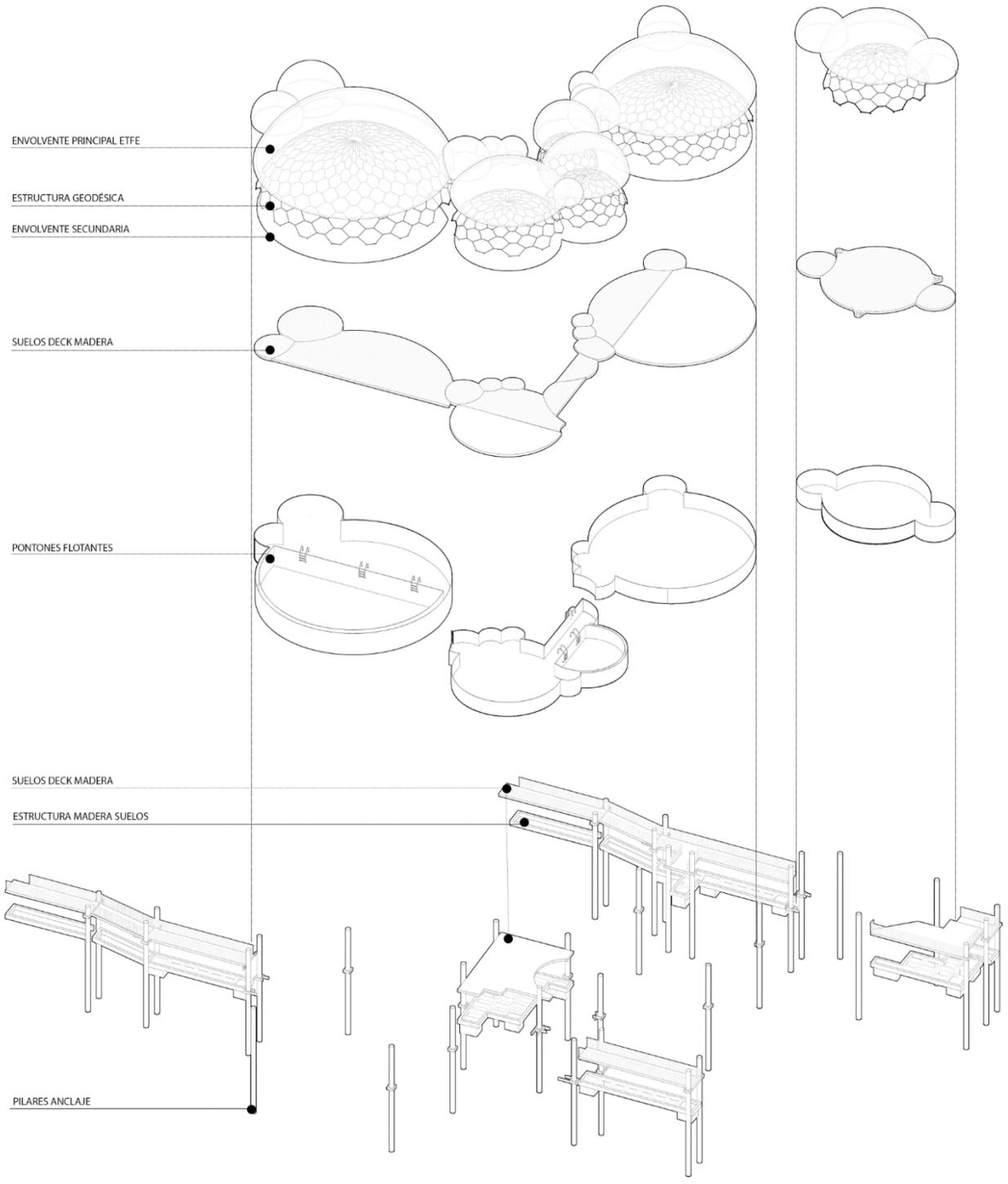


F.1.55-56: Plantas y Cortes de las envolventes y dimensiones de cada espacio. Elaboración propia.
F. 1.57: Isométrica explotada módulo. Elaboración propia

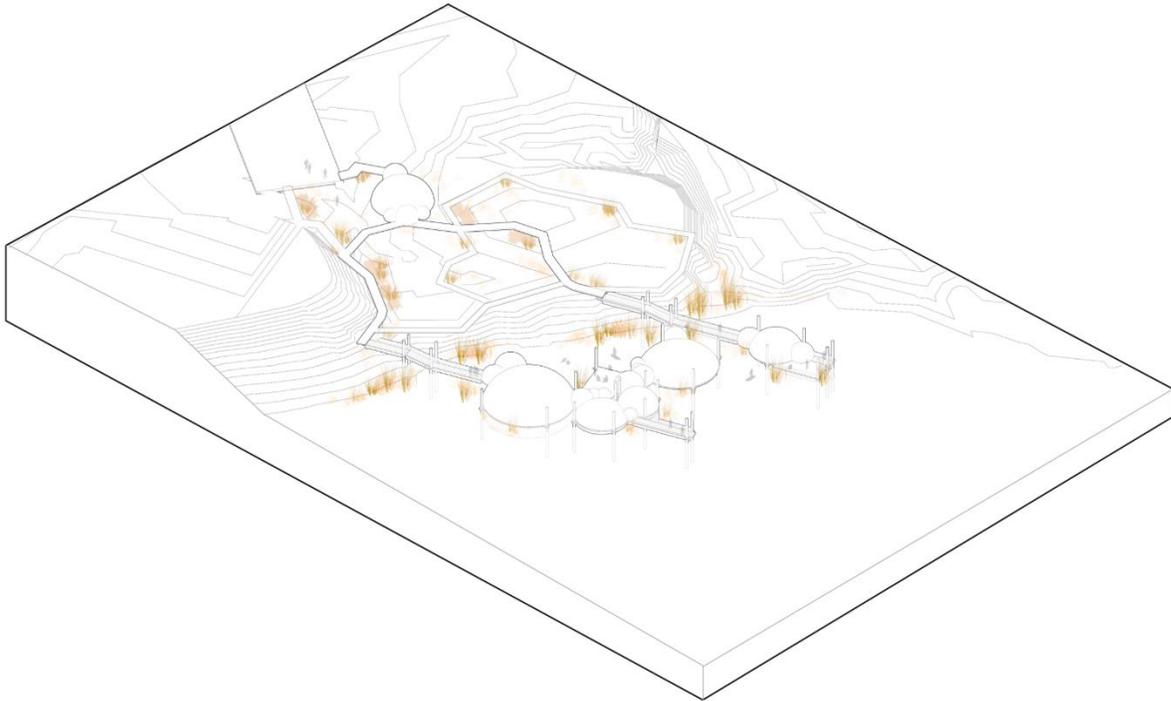


F.1.58: Imágenes estudio experimental distribución programática y definición del recorrido. Elaboración propia.

IV.1.4 ISOMÉTRICA EXPLOTADA



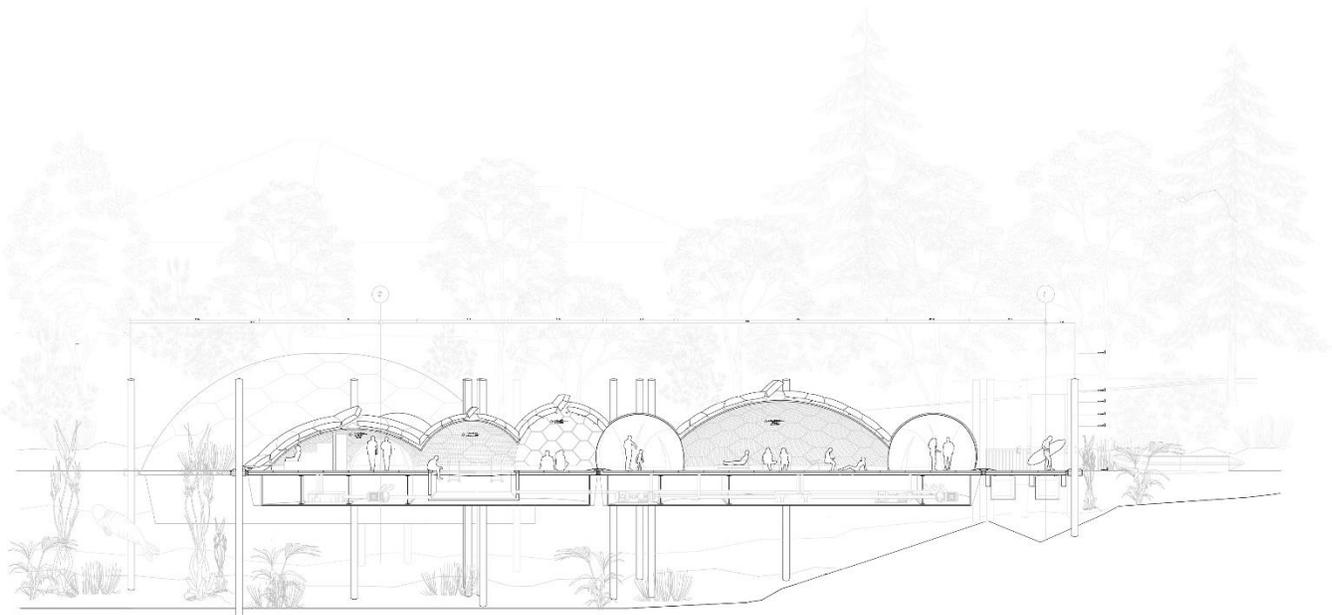
IV.1.4 PLANIMETRÍA E IMÁGENES DE PROYECTO



Al observar la isométrica general de proyecto (Figura; 1.60), se entiende entonces, que el recorrido inicia de manera orgánica sobre el terreno, como forma de adecuarse a la topografía del lugar intervenido y también haciéndose parte de la vegetación existente. Lo que se busca con esto, es que el usuario pueda recorrer libremente, pero que de todas formas sea guiado a través de

pasarelas, para cumplir correctamente con el objetivo del programa planteado. Posterior a eso inicia un recorrido sobre agua, el cual se caracteriza por ser de orden más definido, guiado por ejes perpendiculares, lo cuales determinan de manera más específica, el orden de transitar del usuario dentro o fuera del proyecto.





F.1.62: Planta Nivel 1 conjunto. Elaboración propia.
F.1.63: Corte A-A'. Elaboración propia.

V DISCUSIÓN

Se entiende a partir de lo estudiado, que Valdivia es una ciudad con un potencial para la aplicación de este tipo de proyecto que buscan mediante el manejo y tratamiento del vapor de agua alcanzar el bienestar físico y mental de los usuarios, dado los beneficios que esta entrega al cuerpo humano en relación a la problemática de la humedad y los efectos negativos que este fenómeno produce en la salud de los habitantes. La ciudad de Valdivia, dado su clima y constantes precipitaciones, requiere con urgencia proyectos públicos que fomenten la vida en comunidad mediante la reunión social en espacios óptimos capaces de mantener a los usuarios en confort permanente. Al mismo tiempo se requiere potenciar el borde del río, que hoy no cumple con proyectos que fortalezcan este elemento característico y originario de la ciudad.

El agua es un elemento esencial de la vida humana y que mejor que tomarlo y potenciarlo para la construcción de proyectos que involucren el cuerpo humano y la arquitectura. Construyendo espacios en donde el ser humano pueda sentirse en confort y al mismo tiempo recibiendo frutos positivos para su salud y bienestar.

La construcción de una arquitectura óptima, se hace fundamental en este tipo de condiciones. La envolvente es el elemento esencial para el funcionamiento correcto de este tipo de programa, ya que debe de alguna forma resistir a las condiciones climáticas exteriores y al mismo tiempo conservar las condiciones de temperatura y humedad interior variables, sumándose siempre a que debe estar compuesta por materiales que puedan perdurar a lo largo del tiempo, sin deteriorarse y que en un futuro no afecten la salud de los usuarios. Es por esto que se plantea en base a la construcción de un Prototipo 1, una envolvente compuesta por una almohada de tela ETFE como un material resistente en el tiempo, impermeable y translúcido para un mejor contacto con el contexto natural inmediato. Este sistema constructivo, en conjunto con un buen sistema de aislación (aire a presión) va a permitir conservar las condiciones interiores que se plantean para cada recinto.

Posterior a eso, se entiende que al ser un material impermeable y dada también la convección de

temperatura interior y la diferencia de temperatura entre exterior e interior, se va a producir de todas formas condensación superficial, lo que como material puede resistir en el tiempo, pero la relación humano-arquitectura se puede ver afectada, desencadenando un conflicto con el espacio. Es por esto que en base a la construcción del prototipo 2, se buscó entender según la humedad relativa y temperatura que se quiere trabajar en cada espacio, las dimensiones espaciales y materialidades constructivas de una segunda envolvente, como forma de evitar este fenómeno.

De esta forma, se finalizó con la construcción de tres tipos de envolventes distintas, ya sean habitadas, dobles ventiladas o simples, según los requerimientos de cada zona. Por lo tanto, se llegó a la definición de una envolvente óptima con un buen desempeño para el programa propuesto.

En base al estudio previo de los Baños turcos y el funcionamiento de los Baños y termas públicas a lo largo de la historia, se logró definir un ritual del baño, que le permitiera al usuario libremente alcanzar el bienestar, donde quiera y cómo quiera (guiado por un recorrido base), y por sobre todo ser un espacio socio-cultural que aportara de manera positiva a la ciudad y que se conecte con los elementos naturales de ella. Por lo que, como se nombró anteriormente, se definieron zonas con temperaturas y humedades variables, que tienen objetivos diferentes para el cuerpo humano, los cuales se conectan a través de un recorrido que inicia y finaliza en tierra, pero que se desarrolla la mayor parte sobre el agua. Por otro lado, se hace un estudio sobre las burbujas de jabón y sus geometrías, lo que permitió establecer leyes de unión que conformaran el conjunto.

De esta forma, se define entonces como proyecto, un espacio abierto a la comunidad, que juega de manera constante con el usuario, el espacio y su contexto, permitiéndole desenvolverse en cada uno de estos espacios de manera libre. En donde al mismo tiempo se construye en base a una arquitectura y por, sobre todo, una envolvente óptima y con buen desempeño ante las condiciones extremas de humedad y temperatura que se plantean.

Aaland, Mikkel. *Sweat: The Illustrated History and Description of the Finnish Sauna, Russian Bania, Islamic Hammam, Japanese Mushi-Buro, Mexican Temescal, and American Indian & Eskimo Sweatlodge*. 1st edition. Cyberbohemia Press, 2017.

Allen, Joseph G., y John D. Macomber. *Healthy Buildings: How Indoor Spaces Drive Performance and Productivity*. Harvard University Press, 2020.

Almgren, Frederick J., Jr.; Taylor, Jean E. (Julio de 1976), "La geometría de las películas y las pompas de jabón", *Científico americano*, 235: 82-93, doi:10.1038 / scientificamerican0776-82.

Burkinshaw, Ralph. *How to Investigate Damp: Practical Site Inspection Skills and Remedial Options*, 2020.

Corporación de Desarrollo Tecnológico - Cámara Chilena de la Construcción. (2012). "Humedad por Condensación en Viviendas. Prevención y Soluciones" N° 33. p. 2-132. <https://extension.cchc.cl/datafiles/30807-2.pdf>

D'ALENÇON, Renato. *Acondicionamientos, arquitectura y técnica*. Santiago, ARQ. 2008. 219 p. ISBN 9789561410275.

Espinosa Cancino, C. F., & Cortés Fuentes, A. (2015). Confort higro-térmico en vivienda social y la percepción del habitante. *Revista INVI (Impresa)*, 30(85), 227-242.

Fernandez-Galiano, L. (1991). "El fuego y la memoria: Sobre arquitectura y energía". Madrid: Alianza Editorial.

FANGER, Povl Ole. *Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering*. New York, McGraw-Hill. 1972. 244 p. ISBN 0070199159.

Giedion, Sigfried. «Mechanization of the Bad». En *Mechanization takes command: a contribution to anonymous history*. New York: Oxford Univ. Press, 1948.

Grötz, Susanne, y Ursula Quecke. *Balnea: Architekturgeschichte des Bades*. 1st edition. Marburg: Jonas Verlag, 2006.

HERZOG, Thomas. (1977). *Compuer neumáticas; Manual de arquitectura*. Barcelona: Gustavo Gili.

Houghton, F., & Yaglou, C. (1923). *Determining comfort lines*. (*J Am Soc Heat Vent En*) 176.

Jean E. Taylor. *The Structure of Singularities in Soap-Bubble-Like and Soap-Film-Like Minimal Surfaces*. *The Annals of Mathematics*, 2nd Ser., Vol. 103, No. 3. May, 1976), pp. 489-539.

Mostafavi, M., & Leatherbarrow, D. (1993). *On weathering: the life of buildings in time*. MIT Press.

Ministerio de Energía (2021). *Reporte Recurso Solar y datos meteorológicos*. Santiago, 4-17.

Orozco, M. (2018). "Diagnóstico ambiental en ciudades". (*Prometeo Editores S.A*), 139, 133-143.

Philippe Rahm Architectes. *Atmosfera Costruite - Constructed Atmospheres* published by Postmedia Books (Milano 2014) isbn 9788874901241

Rose, William B. *Water in Buildings: An Architect's Guide to Moisture and Mold*, 2008.

Taylor, Jean E. (1976), "La estructura de las singularidades en superficies mínimas tipo pompas de jabón y películas de jabón", *Anales de Matemáticas, Segunda Serie*, 103 (3): 489-539, doi:10.2307/1970949, SEÑOR 0428181.

Vásquez, C., & Prieto, A. (2013). *La fachada ventilada*. ARQ (Santiago. Impresa), 84, 102-105.

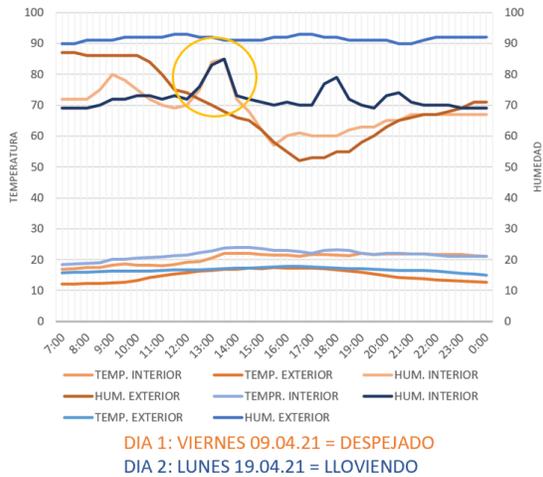
DESEMPEÑO, POTENCIAL DE MEJORAMIENTO Y OPTIMIZACIÓN EN EL DISEÑO DE UNA ENVOLVENTE SOMETIDA A CONDICIONES EXTREMAS DE HUMEDAD.

P.51

VII ANEXO

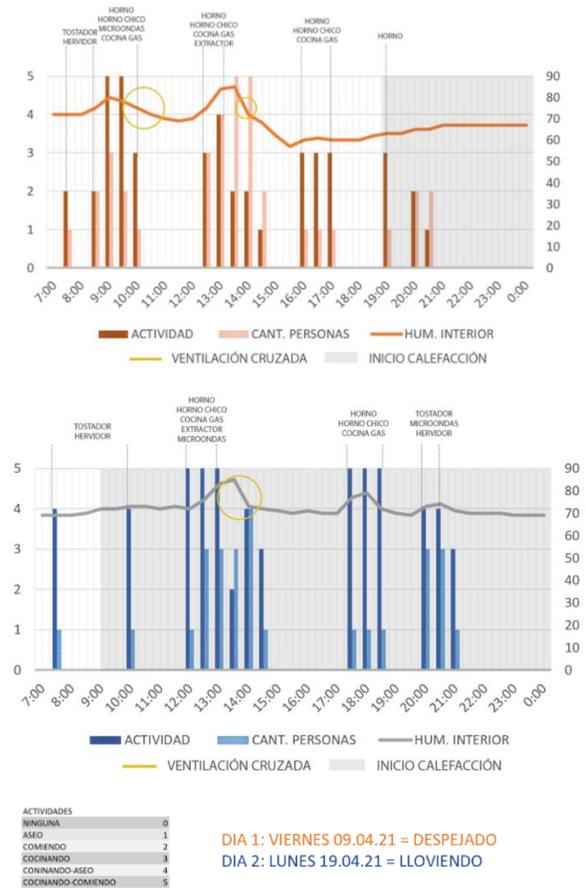
VII.I ESTUDIO SOBRE UNA CONCINA EN VALDIVIA

1) T° y HR interior y exterior



El gráfico (*Figura 1.60*) busca mostrar la comparación de dos días con temperaturas y humedades distintas. En sí, ambos días presentan una variación de temperatura entre interior y exterior de 4°C de manera constante. Lo que marca una leve diferencia, es que el día 2 logra igualar o superar la temperatura interior del día 1, debido a que la calefacción se mantuvo todo el día prendido. Por otro lado, en cuanto a humedad exterior se logra ver una gran variación, en donde el día 2 no baja del 90% debido a la lluvia constante durante todo el día, a diferencia del día 1 que gracias a la salida del sol logra incluso alcanza menor humedad que el interior. un punto interesante a resaltar es que la humedad relativa interior está sujeta a las actividades y cantidad de personas que hacen uso del espacio, esto se demuestra en el gráfico entre 12:30 y 14:30 (cocinar y almorzar), en donde en ambos días la humedad se comporta de forma idéntica.

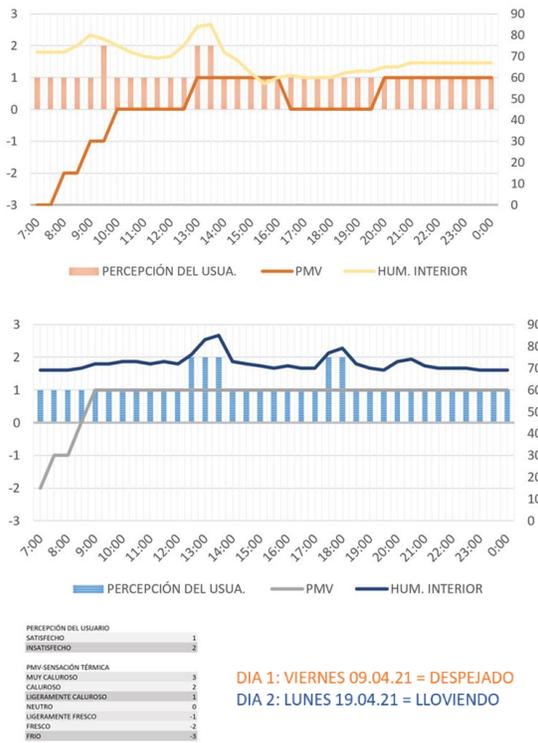
2) HR y Actividad interior en ambos días de medición



Los gráficos (*Figura 1.61 - 1.62*) buscan comparar humedad relativa con actividades, artefactos, personas, ventilaciones y calefacción interior de los días registrados. En primer lugar, se logra observar que la actividad (cocinar principalmente, aumentando si se combina con otra actividad) y cantidad de personas (dos a más) al combinarse se relacionan directamente con el aumento de humedad relativa del espacio y en ambos casos se observa que el eje de humedad aumenta siempre en los horarios mañana, medio día y tarde. además, se suma a esto la existencia de diversos artefactos que gracias a su uso aportan mayor temperatura y humedad al espacio. A partir de esto, se comprende que este fenómeno puede ser controlado o disminuido al generar una ventilación cruzada o inyectándole mayor temperatura al espacio (prendiendo la calefacción).

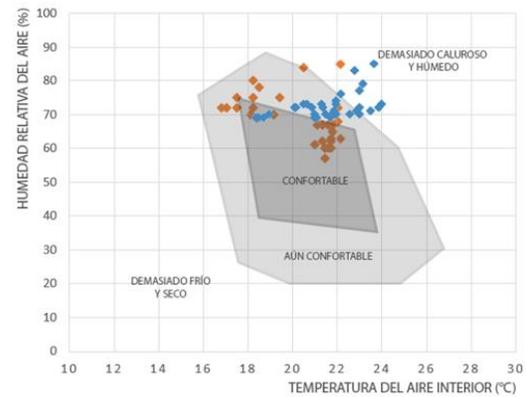
F.1.60: Gráfico comparativo de T° y HR de los dos días de medición. Elaboración propia.
F.1.61; Gráfico comparativo HR y actividad interior en día 1 de medición. Elaboración propia.
F.1.62; Gráfico comparativo HR y actividad interior en día 2 de medición. Elaboración propia.

3) HR, PMV Y Percepción del usuario



Los gráficos (Figura: 1.63 -1.64) buscan comparar humedad relativa con la sensación térmica (PMV) y la percepción del usuario según el método de Fanger. a partir de esto se logra observar que el porcentaje de insatisfacción durante ambos días (menor o igual al 15%) concuerda con las horas en las que se cocinó, hubo mayor presencia del humano en movimiento y al mismo tiempo se utilizaron artefactos que incrementaron la humedad y temperatura del espacio. A diferencia de la percepción del usuario, el PMV varió bastante si se comparan los dos días. el día 1 presento menor temperatura que el día 2, por lo tanto, la mañana se sintió más fría. Además, al ser un día soleado con diversas nubes y sin calefacción, hizo que la sensación térmica durante la tarde sea más variada, a diferencia del día 2, el cual a pesar de que haya sido un día totalmente lluvioso, la calefacción constante permitió mantener ligeramente caluroso el interior. Por último, el PMV no influyó en si la persona se sentía satisfecha o insatisfecha dentro del recinto.

4) Confort térmico en función de la T° Y HR



Se logra observar a partir del gráfico de función (Figura: 1.65), que en el caso del día 1, un 56% del día se logra el confort térmico interior y un 6% de disconfort por demasiada humedad y calor, a diferencia del día 2 que solo un 13% del día se mantuvo en confort térmico y un 27% en disconfort. esto último debido a que el día al estar sometido a constantes precipitaciones, la humedad interior y exterior fue mayor a la del día 1, superando en cada momento el 70% de confort de humedad relativa establecido (mínimo 68% y máximo 85%), lo que provocó insatisfacción en la persona y mayor sensación de sofoco cuando se hacía uso del recinto.

F.1.63: Gráfico comparativo de HR, PMV y Percepción del usuario en día 1 de medición. Elaboración propia.

F.1.64: Gráfico comparativo de HR, PMV y Percepción del usuario en día 2 de medición. Elaboración propia.

F. 1.65. Gráfico de función T° Y HR ambos días de medición. Elaboración propia.

- 1) Dado que el recinto estudiado es de gran volumen, la hipótesis no se cumple del todo, ya que solo un 27% de día más lluvioso se sintió discomfort por exceso de calor y humedad relativa interior (sobre 22°C y 70%).
- 2) El aumento de la humedad relativa interior es proporcional a la cantidad y tipo de actividades que se realizan, la cantidad de artefactos que se utilizan y la presencia y movimiento del cuerpo humano.
- 3) La humedad entregada por la lluvia si se encuentra sobre el 90% afecta directamente a la humedad interior y su incremento.
- 4) es posible regular la humedad relativa interior generando ventilación cruzada. disminuyendo hasta un 13%, pero si no es renovación de aire continua, la humedad vuelve a aparecer y mantenerse. (puede ocurrir en algunos casos, que si afuera hay exceso de humedad (sobre 90%) logre entrar, aumentando la humedad relativa interior).
- 5) El uso de calefacción logra conservar la temperatura interior sobre los 20°C, por lo tanto, la humedad logra mantenerse bajo el 70% y solo estaría sometida su variación a la actividad interior que se esté realizando. --> Al aumentar la temperatura en 1°C la humedad relativa puede disminuir un 4%.
- 6) La insatisfacción está directamente relacionada con el aumento de humedad relativa (sobre 80%) y temperatura (sobre 20°) interior. a pesar de eso cuando la humedad disminuye, se logra satisfacción a pesar de que la temperatura se mantenga.
- 7) El PMV no influyó en la percepción del usuario, si no que la humedad fue el principal determinante de satisfacción o insatisfacción al interior del recinto.
- 8) La actividad dentro del recinto es más influyente en la producción de humedad relativa interior que las condiciones exteriores. Además, se transforma en el principal productor de condensación en ventanas e interiores de muros.

- 9) Los muros cumplen con buena resistencia (baja transmitancia térmica), es por esto que las juntas, puertas y ventanas pasan a ser los elementos principales de flujo y pérdida de calor entre interior y exterior.
- 10) Si la envolvente no es homogénea las pérdidas de calor a través de filtraciones, juntas constructivas, discontinuidad estructurales o aberturas se transforman en puntos clave de flujos permanentes.

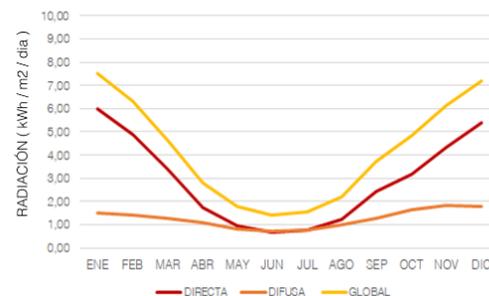
VII.II ESTUDIO CLIMÁTICO

Como punto relevante dentro de la parte investigativa de contexto, se estudia el clima de Valdivia basado en los datos recogidos del Explorador Solar del Ministerio de Energía, para comprender las condiciones del sector y tomarlo como referencia para la construcción adecuada del proyecto planteado.

1) Radiación

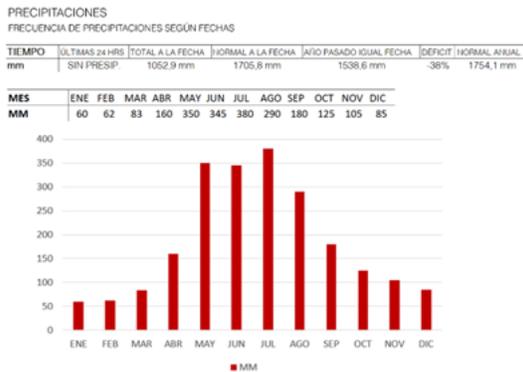
RADIACIÓN
INCIDENTE EN EL PLANO HORIZONTAL

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
DIRECTA	6,01	4,90	3,39	1,73	0,97	0,67	0,79	1,23	2,45	3,17	4,31	5,39
DIFUSA	1,53	1,41	1,26	1,07	0,81	0,73	0,78	0,99	1,28	1,65	1,84	1,79
GLOBAL	7,54	6,31	4,65	2,80	1,78	1,40	1,57	2,22	3,73	4,82	6,15	7,18



La tabla y el gráfico (Figura. 1.66) indican un promedio de datos sobre la radiación obtenido por la sumatoria de antecedentes de cada mes desde el año 2004 a 2016 en la ciudad de Valdivia. cómo se puede observar, los meses con mayor radiación directa son enero y diciembre, alcanzando su máxima radiación el mes de enero con 6,01 KWh/m2/día. y por el contrario donde la mínima radiación directa alcanzada se mostró en el mes de junio con apenas 0,67 KWh/m2/día. toda esta información concordando con las estaciones del año de cada dato.

2) Precipitaciones



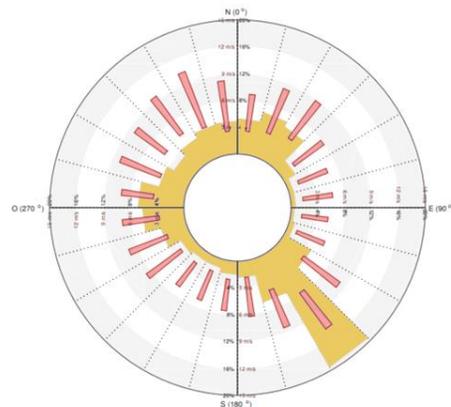
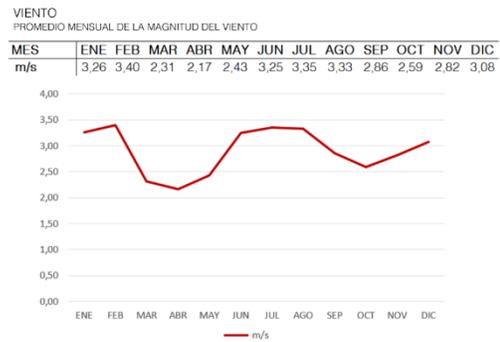
La tabla y el gráfico (Figura 1.67) indican un promedio de datos sobre las precipitaciones obtenida por la sumatoria de antecedentes del último año en la ciudad de valdivia. cómo se puede observar, los meses con mayores precipitaciones son mayo y julio, alcanzando su máxima magnitud el mes de julio con 280 mm. y por el contrario donde el mínimo nivel de precipitaciones se alcanzada a observar en el mes de enero con solo 60 mm de agua.

3) Temperaturas



La tabla y el gráfico (Figura 1.68) indican un promedio de datos sobre la temperatura media (promedio del día y la noche) obtenida por la sumatoria de antecedentes de cada mes desde el año 2004 a 2016 en la ciudad de valdivia. cómo se puede observar, los meses con mayor temperatura son enero y febrero, alcanzando su máxima temperatura el mes de febrero con 15,81 C°. y por el contrario donde la mínima temperatura media alcanzada se mostró en el mes de agosto con apenas 10,06 C°. toda esta información concordando con las estaciones del año de cada dato

4) Viento



Los gráficos (Figura: 1.69 - 1.70) indica un promedio de datos sobre la magnitud y dirección del viento obtenida por la sumatoria de antecedentes del año 2010 en la ciudad de valdivia. cómo se puede observar en color amarillo, aproximadamente el 20% del día se caracteriza por tener vientos sur este con dirección nor- oeste. en color rojo se indica el rango de velocidad del viento, en donde se puede observar que los vientos provenientes del nor-oeste son con una mayor velocidad.

