



**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
FACULTAD DE ARQUITECTURA, CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO**

**INFLUENCIA TÉRMICA DEL MURO DE ADOBILLO EN LA CONFORMACIÓN DE LA GALERIA  
VIDRIADA DE VALPARAISO.**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN HÁBITAT SUSTENTABLE Y EFICIENCIA  
ENERGÉTICA**

**AUTOR: PABLO CASTAÑER JERIA**

**PROFESOR GUÍA: DR. GERARDO SAELZER  
PROFESOR CO GUÍA: DRA. NINA HORMAZÁBAL**

**CONCEPCIÓN 26 de ABRIL de 2019**

## Resumen

El estudio descriptivo exploratorio sobre el comportamiento térmico del muro “Platform Frame” relleno de adobillo en las galerías vidriadas de las viviendas de Valparaíso, construidas en la cuarta etapa de crecimiento de la ciudad, se enfoca en el cambio tecnológico que se dio en la arquitectura de esa época. Este cambio coincide con la llegada de inmigrantes y con el auge de las exportaciones e importaciones del período que abarca desde 1811 hasta mediados del siglo XX. Se analiza desde un aspecto técnico el confort térmico en las galerías vidriadas, estas galerías eran parte del sistema constructivo “Balloon y Platform Frame”, consistente en una estructura de madera ligera compuesta por listones o pies derechos, que permiten el relleno de los tabiques con adobillo, aportando masa térmica a los muros, favoreciendo el control de la humedad y captación solar en la galería a través del efecto invernadero.

Para analizar el comportamiento térmico de este tipo de muro, se utilizaron dos herramientas metodológicas, por un lado, mediciones in situ con sensores Dataloggers y, por otro, simulaciones dinámicas con software DesingBuilder®, para dar cuenta de los factores que contribuyen a la eficiencia energética, y en especial, sobre la utilidad ambiental de este componente arquitectónico ambiental que forma parte del patrimonio histórico de Valparaíso.

Para el presente estudio se aplicó metodología mixta, que combina aspectos cualitativos y cuantitativos, en una primera parte, para entender el espacio “galería” que se está estudiando, se realiza un análisis histórico en la ciudad de Valparaíso, identificando el componente arquitectónico ambiental y sus partes y reconociendo los valores patrimoniales presentes en la ciudad a raíz del aporte arquitectónico de los migrantes ingleses y de las nuevas técnicas constructivas de los migrantes estadounidenses, luego en una segunda parte, se analiza técnicamente con instrumentos de medición, donde se estudian todos los datos obtenidos con ambas herramientas puestas en contraste.

Los resultados obtenidos demuestran que el muro “Platform Frame” relleno de adobillo es el encargado del control térmico de los espacios adyacentes, haciendo de mediador entre el ambiente exterior y el interior, lo que determina que este componente arquitectónico ambiental pasivo tribute favorablemente en el confort térmico en la galería vidriada y en la vivienda de Valparaíso. Finalmente, las conclusiones obtenidas podrían servir, potencialmente, para futuras rehabilitaciones energéticas de viviendas de carácter patrimonial en Valparaíso y posibles nuevas aplicaciones de este componente ambiental.

**Palabras Claves:** Galerías Vidriadas, “Platform Frame”, Simulación Térmica Dinámica.

## **Abstract**

The present thesis is an exploratory descriptive study on the contribution of the mud wall, “*adobillo*” in Spanish, of the sunspace of the houses of Valparaíso built during the fourth stage of growth of the city of Valparaíso, period that covers from 1811 to the middle of the XX century. The sunspaces were part of the *Balloon Frame* and *Platform Frame* constructive system, which mass walls were filled with mud bricks, “*adobillo*”, this feature is analyzed from the technical aspect and influence on the thermal comfort of the sunspace with the mud wall.

To study the thermal performance of the sunspace and the adobillo wall, two measurement tools were applied, *Dataloggers* and thermal dynamic simulation with the *DesingBuilder*® software, which help to identify the factors that contribute to energy efficiency, and especially, how the sunspace and the adobillo wall contribute to the indoor climate of these houses of the historical heritage of Valparaiso.

For the present study mixed methodology was applied combining qualitative and quantitative aspects. In a first part, to understand the sunspace, ‘*gallería in Spanish*’, that is being studied, a historical analysis is carried out in the city of Valparaíso, identifying the environmental architectural component and its parts, recognizing the heritage values present in the city as a result of the architectural contribution of English migrants and the new constructive techniques of American migrants. In a second part, this space and its elements are measured and modeled, technically with measurement and simulation instruments, where the data obtained with both tools are analyzed and contrasted.

The results obtained show that the “Platform Frame” infilled with adobillo wall is responsible for the thermal control of the spaces adjacent to it, acting as a mediator between these two environments, where the sunspace is in turn the mediator of the external environment and the indoor environment. Determining that this passive environmental architectural component favorably contributes to thermal comfort in the sunspace and in the home as a whole. Finally, the conclusions obtained could potentially serve for future energy rehabilitation of patrimonial housing in Valparaíso and / or possible new applications of this environmental component.

**Keywords: Glazed Galleries, Platform Frame, Dynamic Thermal Simulation.**

## Índice

1.	Capítulo 1: Introducción.....	1
1.1	Formulación del Problema.....	1
1.2	Indicación del aporte.....	2
1.3	Estructura del documento.....	3
2	Capítulo 2: Metodología Propuesta .....	4
2.1	Hipótesis.....	4
2.2	Preguntas de investigación .....	4
2.3	Objetivo General .....	5
2.4	Objetivos específicos.....	5
2.5	Metodología.....	6
	Etapa 1: Revisión Estado del arte.....	6
	1.-Análisis histórico de los invernaderos y las galerías vidriadas.....	6
	2.-Caracterización de los invernaderos y de la galería vidriada.....	7
	3.-Zona de Estudio.....	7
	4.-Modelo de Confort.....	8
	Etapa 2 Caso de estudio, Casa Leighton N° 11, cerro Alegre.....	9
	1.-Mediciones in Situ.....	9
	2.-Simulación.....	9
	Etapa 3: Conclusiones .....	10
3	Capítulo 3: Las Galerías Porteñas y la ciudad de Valparaíso.....	11
3.1	Análisis histórico.....	11
3.2	Caracterización de los invernaderos y las Galerías Vidriadas .....	18
	3.2.1 Influencia del muro divisorio en la galería vidriada .....	29
3.3	Masa térmica en los muros .....	29
3.4	Zona de estudio.....	36

3.4.1	Delimitación del Área de Estudio y selección de los casos (Catastro) .....	38
3.5	Clima de Valparaíso.....	40
4	Capítulo 4: Confort Térmico.....	43
4.1	Parámetros de Confort.....	43
4.2	Modelo de Confort Térmico.....	44
4.3	Elección del Modelo.....	45
4.4	Humedad Relativa:.....	51
5	Capítulo 5: Caso de Estudio.....	53
5.1	Casa Leighton # 11 .....	53
5.2	Mediciones In Situ.....	60
5.2.1.	Localización de Instrumentos.....	60
5.2.2.	Resultados De Mediciones In Situ .....	64
5.2.3.	Termografía.....	70
5.3	Simulaciones.....	75
5.3.1.	Validación.....	76
5.3.2.	Consideraciones Iniciales Para Las Simulaciones.....	80
5.3.3.	Interrogantes.....	80
5.3.4.	Definición De Condiciones De Borde.....	82
5.3.5.	Software de simulación energética.....	82
5.3.6.	Parámetros Fijos.....	82
5.3.7.	Parámetros variables.....	83
5.3.8.	Resultados de Las Simulaciones.....	84
6	Capítulo 6 Conclusiones.....	97
6.1	Conclusiones generales.....	97
6.2	Futuras investigaciones.....	101
7	Referencias.....	102

## Lista de Figuras

Figura 1 Romero, Eva, 2001, planimetría ampliacion casa de reina, planimetría de arquitectura,“Diseños del siglo XIX para un invernadero en la casa de la reina” .....	12
Figura 2, invernadero como salón social, fotografía, <a href="http://www.victorianweb.org">www.victorianweb.org</a> .....	13
Figura 3, Garreaud, E, 1870, vista desde la ladera sur del cerro Concepción, Fotografía. ....	15
Figura 4, Obrien, M, 2010; diagrama genérico del sistema Platform Frame, ilustración, Hybrids on the Way to the Western Platform Frame: Two Structures in Western Virginia, Preservation, Education and Research, Vol, III.....	16
Figura 5, 2012, El adobe, manual audiovisual de reforzamiento, fundación Jofré culturas de tierra. ....	17
Figura 6, efecto invernadero, 1998, Sunspace Guide desing, ilustración, Solar Center Information, North Carolina Solar Center. ....	19
Figura 7, Oliveti, G, 2008, Configurations of the glazed room considered, Evaluation of the absorption coefficient for solar radiation in sunspace and windowed rooms. ....	21
Figura 8, Monge-Barrio, A, Sánchez-Ostiz, A, 2015, imágenes de tipologías de galerías vidriadas M1, M2, M3,Energy efficiency and thermal behaviour of attached sunspaces, in the residential architecture in Spain. Summer conditions.....	23
Figura 9, Mihalakakou, 2002, Galería y ubicación de las mismas, On the use sunspace for space heating/cooling in europa, Elaboración propia.....	24
Figura 10, Mihalakakou, 2002, desempeño térmico en invierno en las ciudades de Milán, Dublín, Florencia y Atenas, On the use of sunspace for space heating/cooling in Europa. ....	25
Figura 11, Mihalakakou, 2002, desempeño térmico en invierno en las ciudades de Milán, Dublín, Florencia y Atenas, On the use of sunspace for space heating/cooling in Europa. ....	25
Figura 12, Mihalakakou, 2002, desempeño térmico en invierno en las ciudades de Milán, Dublín, Florencia y Atenas, On the use of sunspace for space heating/cooling in Europa. ....	26
Figura 13, 2018, galería vidriada caso de estudio, fotografía, elaboración propia.....	30
Figura 14, tabla de capacidad volumétrica de calor, Evolución de la temperatura a lo largo del día, ICPA, departamento tecnología del hormigón, artículos técnicos ICPA-AT-501, 2013. ....	32
Figura 15,composición del muro de adobillo en Valparaíso, fotografía, elaboración propia.....	34

Figura 16, invernadero. Uso en invierno y verano, guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social, Bustamante, W, 2009) .....	35
Figura 17, 2007, Zonas de Protección Patrimonial, fotomontaje, <a href="http://www.interciudad.wordpress.com">www.interciudad.wordpress.com</a> . .....	37
Figura 18, elaboración propia, 2019, plano de catastro, elaboración propia.....	39
Figura 19, Mapa Zonificación Térmica Quinta Región de Valparaíso, Manual de aplicación reglamentación térmica, OGUC, Art. 4.1.10. ....	40
Figura 20, Borgel, R, 1983, Tomo II Colección Geográfica de Chile, IGM.....	41
Figura 21, Temperatura atmosférica de Valparaíso, Enero 2008, Laboratorio de medio ambiente y territorio, Universidad de Chile.....	42
Figura 22, elaboración propia, 2019, plano de catastro, lugar caso de estudio, elaboración propia. .....	54
Figura 23, Fichas Catastro, fotomontaje, elaboración propia.....	55
Figura 24,plano emplazamiento caso estudio N°58, cerro Alegre, planimetría, elaboración propia. .....	56
Figura 25,imagen caso de estudio, 2018, subida el peral Valparaíso, fotomontaje, archivo personal. En la siguiente imagen se muestras 4 casos del catastro: a= N°58(caso de estudio), b=N°59, c=N°60 y d=N°61, elaboración propia.....	57
Figura 26, Planta arquitectura, galería vidriada, casa Leighton #11, caso de estudio N°58, 2019, planimetría, elaboración propia.....	57
Figura 27, elevaciones caso de estudio, casa Leighton #11, caso de estudio N°58, Valparaíso, elaboración propia. ....	58
Figura 28, corte longitudinal galería vidriada caso de estudio, 2019, planimetría, elaboración propia. .....	58
Figura 29, corte galería vidriada caso de estudio, 2019, planimetría, elaboración propia.....	59
Figura 30, descripción muro de adobillo, galería vidriada caso de estudio, 2019, planimetría, elaboración propia. ....	60
Figura 31, localización de sensores periodos agosto-diciembre 2018, HOBO DATA LOGGER U12-012, fotomontaje, elaboración propia.....	61
Figura 32, localización de sensores periodos febrero 2019, HOBO DATA LOGGER U12-012, fotomontaje, archivo personal, a=sensor 2.5 m altura; b= sensor 1.0 m altura; sensor ambiente exterior; d= termocupla 2.5 m altura muro adobillo; e= termocupla 1.0 m altura muro de adobillo;	

f= termocupla 2.5 m altura marco madera; g= termocupla 1.0 m altura muro madera, elaboración propia. ....	62
Figura 33, termografía amanecer 12 de septiembre 2018, elaboración propia. ....	72
Figura 34, termografía atardecer, 12 de septiembre 2018, elaboración propia. ....	73

## Lista de Tablas

Tabla 1, servicio Hidrográfico de la Armada(Pta. Ángeles) y Dirección general de aguas(lago peñuelas).....	28
Tabla 2, tabla de comportamiento anual del clima de Valparaíso en horas respecto del confort térmico según ASHRAE HANdbook of Fundamental Comfort Model 2005, elaboración propia .....	48
Tabla 3, resumen máximas , mínimas y promedios de temperatura y humedad relativa en mediciones in situ, periodo marzo 2019, elaboración propia. ....	70
Tabla 4, valores comparados de transmitancia térmica obtenidos con el software DesingBuilder® y mediante calculo manual, ver anexo 1, elaboración propia. ....	76
Tabla 5, selección de días a contrastar entre medición in situ y archivo climático(EPW) para validación de simulación, elaboración propia.....	77
Tabla 6, tabla de contrastación del error estadístico de las 16 simulaciones, esta tabla contiene una comparación del porcentaje de error medio absoluto (PEMA), elaboración propia.....	78
Se observan en la Tabla 7, los porcentajes de error que se obtuvieron en la contratación de simulación con medición in situ, donde la simulación 13 obtuvo en promedio el menor PEMA (porcentaje de error medio absoluto). ....	78
Tabla 8, temperaturas y humedades relativas medición in situ y simulación n° 13, elaboración propia. ....	79
Tabla 9, parámetros fijos re superados de DesingBuilder®, simulación 13, elaboración propia.....	83
Tabla 10, horas de desconfort, etapa 1 caso A orientación, para la galería vidriada. ....	85
Tabla 11, promedios, máximas y mínimas temperatura humedad relativa etapa 1 caso A, galería vidriada.....	86
Tabla 12, horas de desconfort zona 2, resumen temperaturas zona 2. ....	86
Tabla 13, horas de desconfort, promedios, máximas y mínimas temperatura humedad relativa etapa 1 caso A, galería vidriada.....	87
Tabla 14, horas de desconfort, promedios, máximas y mínimas temperatura humedad relativa etapa 1 caso B, zona 2 espacio adyacente. ....	88
Tabla 15, horas de desconfort, promedios, máximas y mínimas temperatura humedad relativa etapa 1 caso C, galería vidriada.....	89
Tabla 16, horas de desconfort, promedios, máximas, mínimas de temperatura y humedad relativa etapa 1 caso C, zona 2 espacio adyacente. ....	90

Tabla 17, horas de discomfort, promedios, máximas y mínimas temperatura humedad relativa etapa 1 caso D, galería vidriada. ....	91
Tabla 18, horas de discomfort, promedios, máximas, mínimas de temperatura y humedad relativa etapa 1 caso D, zona 2 espacio adyacente.....	92
Tabla 19, horas de discomfort, promedios, máximas y mínimas temperatura humedad relativa etapa 1 caso F, galería vidriada. ....	93
Tabla 20, horas de discomfort, promedios, máximas, mínimas de temperatura y humedad relativa etapa 1 caso F, zona 2 espacio adyacente. ....	94
Tabla 21, resumen anual horas de discomfort para la galería vidriada en todas las simulaciones. ..	95
Tabla 22, resumen anual horas de discomfort para la zona adyacente (zona 2 ) para todas las simulaciones.....	96

## Lista de Gráficos

Gráfico 1, tabla psicométrica, Adaptative Confort Confort Model in ASHRAE Standart 55-2010, Software Climate Consultant 6.0.....	47
Gráfico 2, Tabla Psicometrica Clima Valparaíso,, ASHRAE handbook of fundamentals Confort Model 2005, Software Climate Consultant 6.0. ....	49
Gráfico 3, Hammersley, UTFSM 2005, recuperado de Visión de ciudad para Valparaíso, CCHC, 2018. ....	50
Gráfico 4, medición in situ periodo 21-25 noviembre 2017, software HOBOware, elaboración propia. ....	64
Gráfico 5, medición in situ periodo 20-23 agosto 2018, software HOBOware, elaboración propia.	65
Gráfico 6, medición in situ periodo 08-16 marzo 2019, software HOBOware, de arriba hacia abajo: medición exterior, medición 2.5 m altura(termocuplas en muro de adobillo) y medición 1.0 m de altura(termocuplas en muro madera y ventanal), elaboración propia. ....	69
Gráfico 7, validación de curvas de comportamiento de medición in situ y simulación n°13, elaboración propia. ....	78
Gráfico 8, resumen anual horas de desconfort para la galería vidriada en todas las simulaciones ..	95
Gráfico 9, Consolidado de horas de desconfort según estaciones del año. ....	96

## **1. Capítulo 1: Introducción**

### **1.1 Formulación del Problema.**

Actualmente Valparaíso se caracteriza por ser una de las ciudades más visitadas del país producto de su nombramiento en 2003, como patrimonio de la humanidad por la UNESCO, su importancia histórica radica en que es considerada un testimonio de los inicios de la fase temprana de la globalización comercial y cultural a fines del siglo XIX (Informe remitido al Estado por el Director del Centro de Patrimonio Mundial de la UNESCO el 22 de enero de 2014), un aspecto importante en su nombramiento, es su valor arquitectónico histórico producto de las migraciones, donde destacan las galerías vidriadas de las viviendas, las cuales poseen características ambientales pasivas, solamente por su conformación constructiva aportando al confort térmico de los habitantes.

En la actualidad, se evidencia un deterioro paulatino de esta arquitectura histórica en Valparaíso, y particularmente de las galerías vidriadas, las cuales sufren por fenómenos destructivos como incendios, plagas de termitas, terremotos, especulación inmobiliaria, falta de mantención entre otros y una nula normativa que las proteja. Otro aspecto es el escaso conocimiento de su comportamiento y conformación, por la carencia de estudios, mediciones y levantamientos de datos preliminares que permitan la toma de decisiones arquitectónicas de intervención de estos componentes pasivos.

Es preciso levantar información cualitativa y cuantitativa respecto de las galerías vidriadas, ya que, en la actualidad no hay investigaciones al respecto sobre esta temática, es por esto que resulta relevante visibilizar este tema y sentar bases para futuras investigaciones sobre estos componentes pasivos en la arquitectura histórica de Valparaíso.

## 1.2 Indicación del aporte.

Como primer aporte, el reconocimiento de la utilidad ambiental de un componente constructivo del patrimonio arquitectónico histórico como las galerías vidriadas y sus muros “Platform frame y Balloon frame” rellenos de adobillo construidos en las viviendas tradicionales de Valparaíso, sugiere que se realicen levantamientos de información y mediciones en el lugar, análisis de los mismos y simulación de su comportamiento térmico.

Como segundo aporte, la investigación otorga conocimiento específico sobre el confort térmico del espacio galerías vidriadas de las casas patrimoniales de Valparaíso, así como los factores que le confieren el comportamiento particular en el caso estudio, además de estrategias pasivas de las viviendas tradicionales de Valparaíso correspondiente a la cuarta etapa de crecimiento de la ciudad. Actualmente, no existen estudios sobre el comportamiento térmico de las galerías de Valparaíso ni de sus elementos constructivos, como es el muro Platform frame, relleno de adobillo, proporciones geométricas y relación superficie translúcida versus superficie opaca, es por ello, que esta investigación podría considerarse como un referente para estudios posteriores, o bien para desarrollar proyectos de rehabilitación de estos inmuebles.

*“La arquitectura bioclimática es algo más que una especialidad de interés para alguno poco entendidos, forma parte de la cultura misma y de la identidad de cada pueblo y región del planeta. Pero ahora, además adquiere dimensiones trascendentes por lo que significa para el desarrollo sustentable del medio ambiente, construido en sus tres dimensiones: economía, social y ecológica. La arquitectura bioclimática deberá procurar el mayor bienestar de las personas con el mínimo consumo de recursos y el menor impacto ambiental”.* (González, Couret, D, 2010)

Finalmente, los alcances de esta investigación están orientados a mejorar el confort térmico de las viviendas, sean estas viviendas nuevas o de antaño. Con ello, se permite aportar al diagnóstico técnico a modo de efectuar una rehabilitación consciente en el funcionamiento y comportamiento energético de estas viviendas. En este sentido, tal cual indica esta tesis, este estudio consiste en esclarecer los valores ambientales patentes en la arquitectura histórica y, en nuestro caso, objetivar estos valores a partir de datos contrastables. Gracias a métodos científicos podemos valorar en su justa medida el funcionamiento ambiental de estos edificios, evitando una rehabilitación basada en los estilos y la estética meramente.

### 1.3 Estructura del documento

La presente tesis se estructura en 6 capítulos que presentan las etapas de investigación, los elementos que no se consideraron imprescindibles en el cuerpo del documento son referenciados en el texto y se presentan en el apartado anexos.

En el capítulo uno, se presenta la motivación y temática de esta investigación donde se plantea la formulación del problema y los aporte en la temática estudiada.

En el capítulo dos, se presenta la organización de la investigación a través del marco metodológico general. En el cual se describen todos los pasos a seguir del estudio

En el capítulo tres, se hace una revisión del estado del arte de la situación de Valparaíso y en específico de las galerías porteñas a partir de como este componente espacial arquitectónico ambiental se da en el mundo y llega a Valparaíso.

En el capítulo cuatro, se definen los alcances de los parámetros del confort térmico según la literatura y posteriormente, se definen los modelos de confort térmico a utilizar.

En el capítulo cinco, se presenta el caso de estudio seleccionado del catastro de la zona de trabajo en la ciudad de Valparaíso al cual se le aplican dos herramientas metodológicas, estas herramientas son mediciones in situ con instrumento del tipo Datalogger y simulaciones dinámicas con software DesingBuilder®, estas mediciones se analizan por si solas, para después ser comparadas y poder establecer conclusiones.

En el capítulo seis, se presentas las conclusiones generales del estudio y se proponen futuras línea de investigación a raíz de los campos que abre este trabajo.

## **2 Capítulo 2: Metodología Propuesta**

### **2.1 Hipótesis.**

Las galerías vidriadas de las viviendas construidas en la cuarta etapa de crecimiento de la ciudad de Valparaíso, constituyen un componente espacial pasivo, que aporta al confort térmico en las viviendas, en virtud de su conformación material únicamente. Estas están conformadas por un muro de masa con estructura “Platform frame” relleno de adobillo hacia el interior de la vivienda, y hacia el exterior, una envolvente compuesta por una superficie de vidrio en la mitad superior y una superficie liviana de madera en la mitad inferior, donde es el muro “Platform frame” relleno de adobillo, el que aporta masa encargada del control térmico en las galerías vidriadas. Este componente ambiental pasivo, posee un alto potencial en la regulación y amortiguación térmica, confiriendo en mayor medida, a la eficiencia energética de las viviendas de Valparaíso.

### **2.2 Preguntas de investigación**

- ¿Cómo influye en el confort térmico el azimut del muro “Platform frame” relleno de adobillo en cuanto a captación solar con respecto a comportamiento térmico de la galería vidriada?
- ¿Cómo influye en el confort térmico el espesor del muro “Platform frame” relleno de adobillo en el comportamiento térmico de la galería vidriada?
- ¿Cómo influyen en el confort térmico las medidas características del sistema constructivo Platform y Balloon frame, ancho y alto, respecto del área de captación solar del muro de adobillo en el comportamiento térmico de la galería vidriada?
- ¿Cómo influye en el confort térmico el muro “Platform frame” relleno de adobillo de la galería en el comportamiento térmico de la zona adyacente al mismo?
- ¿Cómo influyen en el confort térmico estrategias de mejoramiento y rehabilitación de la envolvente como, cambio de ventanas simples a DVH y tabique de madera simple a tabique aislado que cumpla con la normativa?

### 2.3 Objetivo General

analizar el comportamiento pasivo del muro “Platform frame” relleno de adobillo, y su impacto sobre el confort térmico de los habitantes en la galería vidriada de Valparaíso, desde el punto de vista de la masa térmica, captación solar, orientación, conformación geométrica y material únicamente.

El estudio del comportamiento de la galería vidriada contempla el análisis de diversas variables que están implicadas en el comportamiento térmico pasivo de la vivienda. A pesar de la influencia de estas variables, se estudiará y con ello, determinará el tributo del muro “Platform frame” relleno de adobillo, el cual confiere la particularidad a la galería en estudio, respecto del confort térmico en un análisis de mediciones in situ y simulación dinámica, incorporando variables estandarizadas respecto de la simulación de la casa y parametrizando variables finitas, tales como el tipo de vidrio, mezcla de adobe, ventilación e infiltración, entre otras.

### 2.4 Objetivos específicos.

- **Objetivo específico 1:** catastrar viviendas con galerías vidriadas en Valparaíso que cumplan con condiciones de esta investigación y definir criterios para seleccionar los casos de estudio.
- **Objetivo específico 2:** Medir variables que influyen en el confort térmico ( $T^{\circ}$  superficie.,  $T^{\circ}$  del aire, H.R., ventilación e infiltración) de las galerías vidriadas mediante el instrumento especializado *Data Logger U12-012* en dos períodos representativos, como son los meses de noviembre-diciembre (solsticio verano) y agosto-septiembre (solsticio invierno). Para obtener datos en periodos fríos y calurosos.
- **Objetivo específico 3:** Determinar el espesor de muro “Platform frame” relleno de adobillo más eficiente que tributa al interior de los dos espacios adyacentes a este muro. Para determinar comportamiento de la masa térmica.
- **Objetivo específico 4:** determinar estrategias de mejoramiento en virtud de las condiciones actuales de las galerías vidriadas. Para establecer parámetros de mejoramiento y rehabilitación.

## 2.5 Metodología.

Para lograr los objetivos general y específicos se ha establecido una metodología mixta, cualitativa y cuantitativa de manera experimental realizadas a través de mediciones in situ, para poder cumplir con los requerimientos de información y parámetros esperados. Si bien la metodología integra las características particulares constructivas de la galería vidriada y del muro “Platform frame” relleno de adobillo, con los parámetros del confort térmico, posteriormente estas serán analizadas para elaborar conclusiones individuales e integradas.

Experimentalmente, se realizaron mediciones de temperatura interior y exterior del inmueble considerando las variables de humedad relativa, temperatura de la superficie del muro de adobillo y del muro de madera a diferentes alturas y, en dos períodos del año: Agosto-septiembre y noviembre-diciembre. La simulación dinámica incorpora variables parametrizadas tales como tipo de vidrio, mezcla de adobe, patrones de ventilación, infiltración y, con ello obtener una relación entre la proporción adobe-entramado de madera respecto del confort térmico y así una comprensión en el comportamiento térmico de la galería vidriada en relación a l espesor óptimo del muro de adobillo en la vivienda estandarizada.

### **Etapas 1: Revisión Estado del arte**

#### **1.-Análisis histórico de los invernaderos y las galerías vidriadas**

Como parte del estado del arte, se estudia a través de la valorización de los elementos ambientales de carácter histórico que posee la arquitectura de Valparaíso, donde impera el estudio del origen y desarrollo de la galería vidriada y su relevancia como elemento patrimonial y ambiental para Valparaíso.

Para este propósito se presentan las siguientes direcciones:

- Recopilar información sobre el origen de las galerías vidriadas a través de los invernaderos, su influencia y aplicaciones en la historia de la arquitectura.
- Recopilar información de la historia de la arquitectura en Valparaíso y su relación con la galería vidriada, la cual se considera como un espacio de contemplación, ocio y confort, propio del inmueble en las viviendas catastradas de Valparaíso.

- Catastrar casas con galerías vidriadas en Valparaíso, identificarlas, exhibirlas y definir las a través de fichas.
- Establecer tipología y características particulares del elemento a estudiar en relación al clima local.

## **2.-Caracterización de los invernaderos y de la galería vidriada.**

Esta parte consiste en la recopilación de información e investigación teórica sobre las galerías vidriadas (“*conservatory*”, “*sunspace*”) y su relación con la masa térmica en muros de adobillo.

Para este propósito se establecen las siguientes tareas:

- Recopilar la información base de las galerías vidriadas en cuanto a sus limitaciones y potencialidades referentes al clima local.
- Recopilar información base sobre el funcionamiento de la masa térmica en cuanto a sus limitaciones y potencialidades respecto al clima local.
- Recolectar información sobre experiencias, diseños y desarrollos previos en el ámbito nacional e internacional sobre galerías vidriadas (*sunspace*) relacionada con la masa térmica referente al clima local.

## **3.-Zona de Estudio**

Como primera acción se realiza un catastro en toda la zona definida como: *sitio patrimonio mundial por la UNESCO y zona de conservación histórica cerros del anfiteatro* por el plan regulador vigente de la comuna de Valparaíso, donde se localizan la mayor cantidad de viviendas que cuentan con galerías vidriadas. Luego se realiza la caracterización del elemento a valorizar y su importancia en la ciudad como elemento ambiental repetitivo, dentro de las zonas anteriormente enunciadas.

Para tal fin se desarrollarán las siguientes tareas:

- Caracterización de la galería vidriada de Valparaíso y zona de estudio.
- Catastro de las casas con galería vidriada de Valparaíso en zona de estudio.

- Elaboración de un plano de la zona de estudio con casas caracterizadas.
- Elaboración de ficha descriptiva de las viviendas catastradas con fotografías y esquema de galerías vidriadas.

#### **4.-Modelo de Confort**

La evaluación del confort térmico permite conocer las condiciones confortables del espacio interior de la galería vidriada, esta correspondencia de las medidas arroja un rango de horas respecto de una banda de temperaturas comparables respecto a parámetros determinados dependiendo del modelo de confort a utilizar y con ello, conocer el comportamiento del muro y, por consiguiente, el espesor óptimo del muro de adobillo, respondiendo así con la influencia térmica del muro interior en la conformación de la galería vidriada.

Para realizar este análisis, es requerido levantar información de las variables a cotejar en un caso de estudio a través de mediciones experimentales de temperaturas superficiales en el muro de adobillo, muro de madera a diferentes alturas, humedad relativa mediante determinada instrumentación. Con los datos obtenidos, se realiza una simulación dinámica, incorporando variables parametrizadas, tales como, tipo de vidrio, mezcla de adobe, ventilación, infiltración, entre otras, en una vivienda estándar y posterior a ello, las simulaciones entregan como resultado la génesis de un estudio comparativo de las simulaciones respecto del modelo a elección de acuerdo al análisis de datos, con ello, definir la relación entre el espesor óptimo del muro de adobillo y el comportamiento térmico, concluyendo el impacto sobre el confort térmico al interior de la galería vidriada.

## **Etapas 2 Caso de estudio, Casa Leighton N° 11, cerro Alegre.**

### **1.-Mediciones in Situ**

En esta etapa, primero se selecciona una casa del catastro que contenga el elemento arquitectónico a investigar y los criterios de elección más favorables: ubicación, condición de emplazamiento, materialidad, geometría, sup. Captación solar del muro.

Luego, se tomarán dos tipos de muestras en la galería vidriada caracterizada.

En primer lugar, a través del instrumento *Data Logger U12-012* se realizan mediciones de temperatura y humedad relativa interior y exterior. Por otro lado, mediante una *termocupla* se miden las temperaturas superficiales de los muros de adobillo y madera.

En segundo lugar, a través de una cámara termográfica FLIR E5 se dio cuenta en horarios establecidos de acuerdo a los datos medidos por el *Data Logger U12-012* del comportamiento de las fachadas de la galería.

Para finalizar, una entrevista a los ocupantes para saber las modalidades de uso del espacio y control de las ventanas para conocer régimen de ventilación de la galería.

Para esta etapa se desarrollaron las siguientes tareas:

- Logística y permisos para adquirir los equipos y acceso a objeto de estudio para elaborar mediciones.
- Instalación de *Data Logger U12-012* en la galería y visitas para el estudio mediante la cámara termográfica FLIR E5.
- Recolección y consolidación de datos obtenidos en la muestra *in situ*.

### **2.-Simulación**

Esta actividad tiene como objetivo el procesamiento de los datos recolectados en las mediciones *in situ*, de tal manera que permitan y faciliten la generación de conclusiones enfocadas en las preguntas e hipótesis del proyecto. Para tal fin se realizaron las siguientes tareas:

**Mediciones in situ.**

- Identificar comportamientos de borde en cada uno de los sensores en mediciones *in situ*.
- Comparación de momentos específicos y mediciones simultáneas de sensores en mediciones *in situ*.

**Simulaciones.**

- Identificar límites de borde en cada una de las simulaciones.
- Comparación de las diversas proporciones geométricas y composiciones constructivas de las galerías en las simulaciones.
- Comparación de tipos de espesor de muro “Platform frame” relleno de adobillo (masa térmica) en las simulaciones.
- Determinar y proponer acciones e investigaciones futuras.

**Etapas 3: Conclusiones**

Esta actividad tiene por objetivo conseguir la información proveniente de la actividad de análisis de datos.

Para completar esta actividad, se realizaron las siguientes tareas:

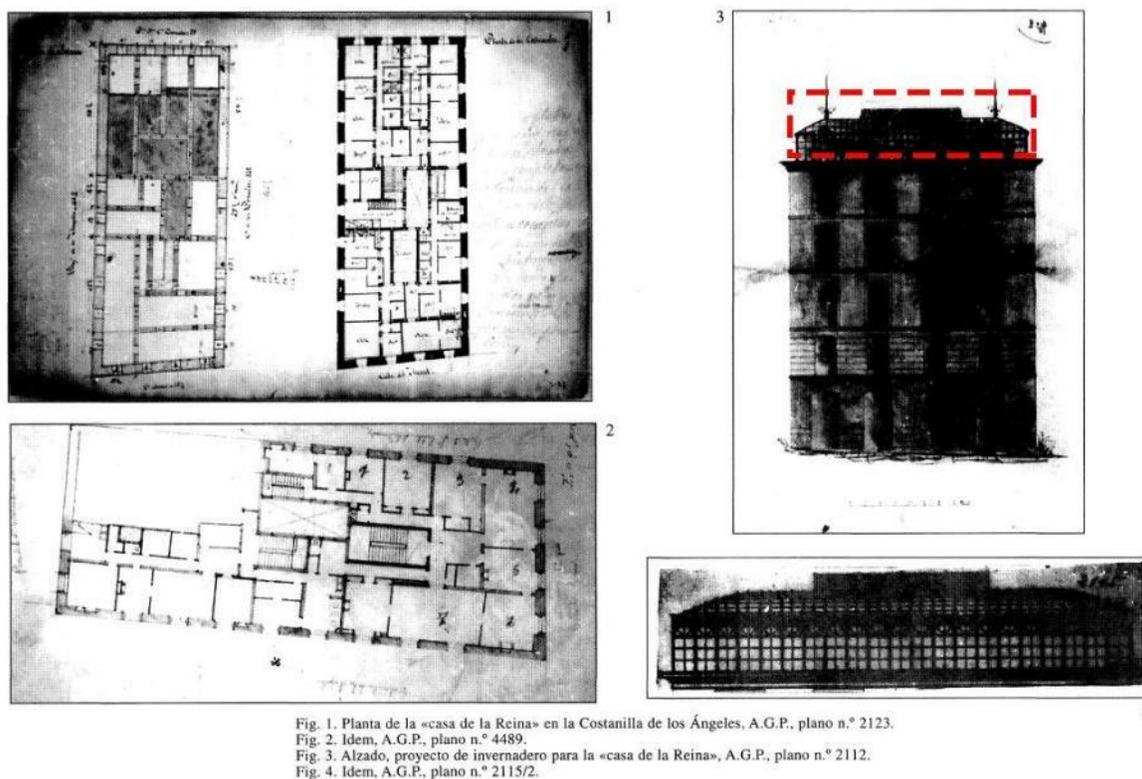
- Formular conclusiones generales y por aspectos específicos (proporciones geométricas, espesor masa térmica, orientación, comportamiento térmico)
- Formular parámetros, criterios de diseño y rehabilitación de estos elementos ambientales de arquitectura histórica para su eficiente funcionamiento.

### **3 Capítulo 3: Las Galerías Porteñas y la ciudad de Valparaíso.**

#### **3.1 Análisis histórico.**

El origen de la galería vidriada europea o “*Conservatory*”, surge de una adaptación de los invernaderos del siglo XIX a la arquitectura doméstica aprovechando sus cualidades climáticas y espaciales, es por ello, que ha sido estudiada por diversos investigadores con distintos enfoques, ya sea por: la relación de superficies translúcidas y opacas, demanda y consumo energético, tipo de envolvente, tipos de vidrios y la relación de la masa térmica en el aporte al confort térmico en la galería vidriada, donde se centra la presente investigación, puesto que, es la principal característica distintiva de la galería vidriada de Valparaíso, la cual posee un muro “Platform frame” relleno de adobillo que comunica la galería con el interior de la vivienda.

Es así como la historia de la arquitectura nos indica que, los invernaderos, elementos de donde provienen las galerías, nacen en el siglo XVIII, producto de la evolución y el desarrollo en las ciencias de los materiales, en este sentido, se destaca un desarrollo tanto para el acero como para el vidrio, pudiéndose obtener láminas de vidrio más grandes y resistentes y perfiles de acero más delgados, estos tienen por objeto aprovechar al máximo el ingreso de luz radiante dentro del edificio, reduciendo los espesores de los perfiles. Cabe mencionar que, estos fueron los edificios más característicos de jardines y parques en el siglo XIX, en ellos se almacenaban las especies exóticas traídas de todos los rincones de la Tierra. (Kostof, Spiro, 2004)



**Figura 1** Romero, Eva, 2001, *planimetría ampliación casa de reina, planimetría de arquitectura, “Diseños del siglo XIX para un invernadero en la casa de la reina”*.

Estas construcciones, si bien, se encontraban aisladas en los jardines, con el paso del tiempo se comenzaron a adosar a las fachadas posteriores o laterales como espacios de transición entre la arquitectura y el jardín, como fue corriente en las villas suburbanas y en los palacetes de la nobleza y las aristocracias de las grandes capitales europeas. Fueron tan populares entre la aristocracia y la nobleza, que se prefabricaron en finos materiales para cerrar balcones o adosar a fachadas iluminadas por el sol, tal como se menciona en la tesis *“Diseños del siglo XIX para un invernadero en la casa de la reina”* (figura 1), esta investigación denota cómo, hacia fines de 1878 se proyecta un invernadero a modo de remate de la llamada, *“casa de la Reina”*, en la costanilla de los Ángeles de Madrid, describiendo el proceso y el contexto histórico de la arquitectura de la época. (Romero, Eva, 2001)

A finales de siglo XIX, Balbino Cortéz realiza uno de los primeros estudios exhaustivos de los invernaderos y su construcción en la *“Novísima guía de hortelano, jardinero y arbolista”*, donde dedica todo un capítulo a los invernáculos y estufas (sunspace). Este jardinero explica que, aunque el hierro es más elegante y duradero, la estufa (nombre en España a la galería vidriada) construida

de madera tiene la ventaja de aumentar y disminuir su temperatura de forma paulatina en el tiempo, además de no concentrar una cantidad de vapor en su interior debido a la naturaleza del comportamiento de la madera. También llegó a establecer tres tipos de invernáculos; los fríos, los templados y los calendarios u holandesas, donde cada una maneja distintos grados de confort, las primeras entre 4°C y 5°C, las segundas entre 8°C y 10°C y finalmente entre 15°C y 30°C. (Romero, Eva, 2001)



**Figura 2, invernadero como salón social, fotografía, [www.victorianweb.org](http://www.victorianweb.org)**

Los invernaderos proliferaron a mediados del siglo XIX, cuando estos materiales bajaron sus costos, fenómeno que se extendió a los pequeños palacios y casas con modelos industrialmente prefabricados para adherir a las fachadas y techos (Hix, John: *the Glasshouse*, ed. Phaidon, 1996). Es justo en este periodo cuando el invernadero comienza a lograr otro protagonismo como elemento social y ambiental incorporándose a la arquitectura habitacional del siglo XIX, pues además de ser un lugar de aclimatación de plantas y especies exóticas se convierte en un lugar de fiestas y reuniones sociales de los aristócratas y nobles de la época, socialmente atrayente como símbolo de estatus y distinción en Europa (figura 2), como se menciona en Cfr, Simó, Trinidad: *Formación del espacio burgués*; fragmentos nº15-16, 1989, pp, 98-105 “*Las estancias que constituían esta zona pública solían dar a la fachada principal y estar comunicadas entre sí por puertas dispuestas a lo*

*largo de un eje, para poder generar un gran espacio único durante la fiesta y recepciones ofrecidas por lo señores. Los invernaderos y estufas estaban casi siempre en prolongación de estos espacios, a modo de transición de las fiestas, cumpliendo la misma función que los salones de casa”.*

Estos nuevos preceptos de la arquitectura comienzan a expandirse por todo el mundo a través de los puertos; el puerto además de ser la “puerta de entrada y salida de la población” (Harris, G. 1987. P, 17), fue el principal canal de intercambio comercial y cultural mediante las actividades económicas, mercantilismo, actividades portuarias y flujo de inmigrantes en busca de oportunidades y/o establecer negocios, lo que hace de Valparaíso una ciudad cúspide para el asentamiento de los mismos y surgimiento de la cultura portuaria y multicultural de la ciudad, el país y de la región.

Por el año 1831, el puerto de Valparaíso ocupa un lugar privilegiado dentro de las costas del Pacífico, y entre 1810 y 1837 se contabilizan más de 7.000 naves arribadas en el puerto (Estrada, B. 1987), de este modo Valparaíso llegó a posicionarse como principal puerto del Pacífico Sur atrayendo a miles de inmigrantes de todos los estratos socioeconómicos, principalmente europeos y norteamericanos que llegan a Chile en gran número a través de diversas embarcaciones.

La apertura de la ciudad en este periodo no fue sólo comercial y económica, sino que la influencia cultural europea y norteamericana fue un factor muy importante que marca el desarrollo de la ciudad, y a lo largo del tiempo consolida su carácter cosmopolita, esta influencia permite valorar la función del espacio público, del ocio y las nuevas tecnologías constructivas. (Gutiérrez, R, 2002)

En el siglo XIX, surge en Estados Unidos un nuevo sistema para erigir construcciones de madera elaborada llamada *Balloon Frame* (Sobon 1995), que jugó un rol fundamental haciendo posible el crecimiento de ciudades sin árboles, debido al uso de maderas aserradas y estandarizadas que pudieron ser transportadas desde las fábricas existentes en Chicago, Wisconsin y Michigan a otras regiones del país (Gutiérrez, R, 2002) inclusive a otros países como fue el caso de Chile. En la actualidad, el sistema *Balloon Frame* ha variado a la tipología llamada *Platform Frame*, que es la norma para la construcción de casas de madera norteamericana. (Benavides, J, Pizzi, M, Valenzuela, M, P, 1998)

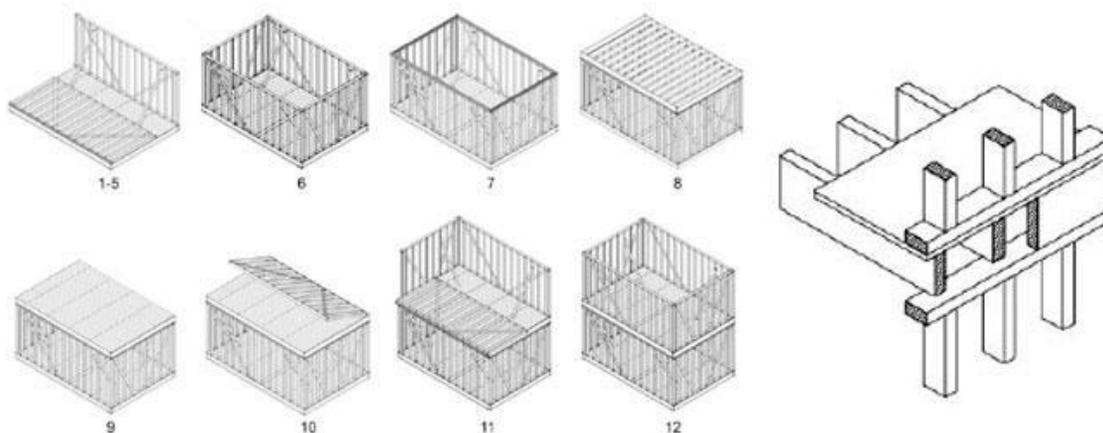
Por otra parte, los terremotos han marcado la historia de Valparaíso, según Jiménez (1999) la condición sísmica de este territorio marcó el desarrollo de las diversas etapas de la historia de la ciudad, en cuanto a su morfología y sistemas constructivos, ya que, con los consecutivos terremotos, se pusieron a prueba estos nuevos materiales y modos de construcción. Dicho esto, es así como los

sistemas constructivos *Platform* y *Balloon Frame* (figura 3) se transforman en un hito al sobrevivir intactos luego del terremoto del año 1906. (Rivas, 2000)



**Figura 3, Garreaud, E, 1870, vista desde la ladera sur del cerro Concepción, Fotografía.**

Por consiguiente, respecto de la *transculturización arquitectónica* de construcciones que según Rivas (2000) cambiaron la fisonomía de la ciudad “*las casas de aire español y de un piso fueron cambiadas por otras de estilo del norte de Europa con dos y tres pisos y amplias ventanas. Aparecieron edificios suntuosos que incorporaron cal y ladrillo, aunque la tabiquería, el adobe y el zinc seguían siendo lo más común*”. Valparaíso se convirtió en una ciudad moderna, acorde a los cánones europeos de la época. (Rivas, F. 2000)

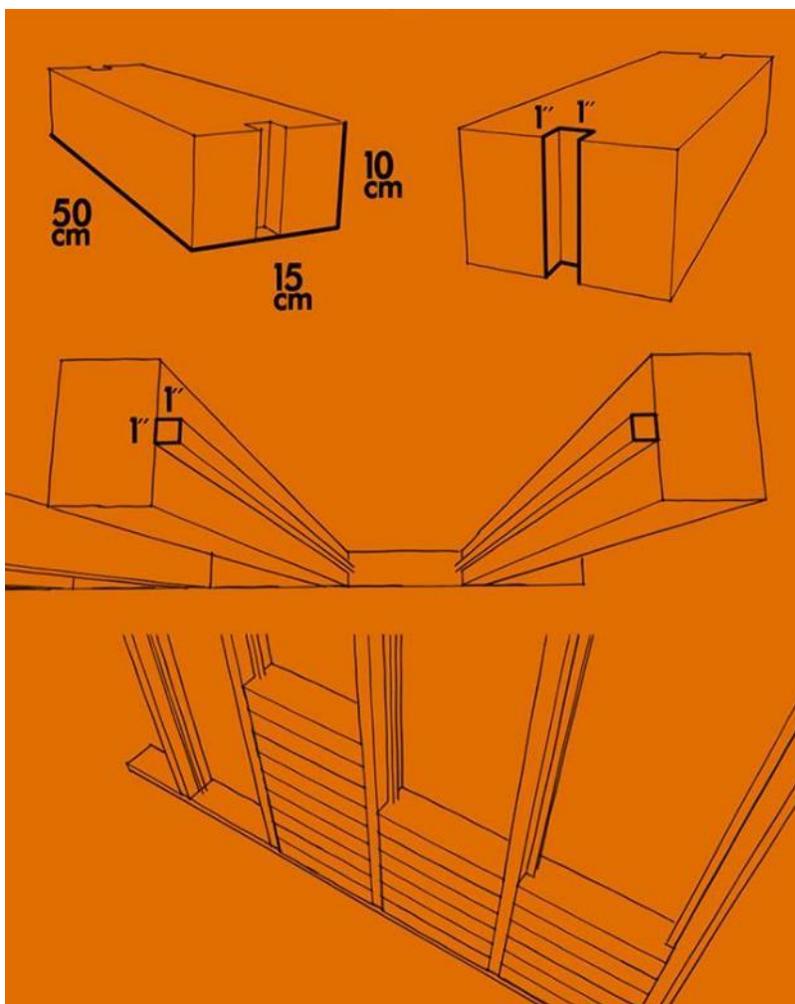


**Figura 4, O'Brien, M, 2010; diagrama genérico del sistema Platform Frame, ilustración, *Hybrids on the Way to the Western Platform Frame: Two Structures in Western Virginia, Preservation, Education and Research, Vol, III.***

El cambio trascendental entre los sistemas de construcción “*Balloon y Platform Frame*” (figura 4) corresponde a la separación de los pies derechos en el entrepiso, lo que facilita el montaje de la estructura con sistemas de plataformas y permite que la construcción pueda crecer en altura sin depender del largo de los pies derechos.

Cabe destacar que, las culturas prehispánicas ya manejaban muchas tecnologías que también fueron de dominio español, como el adobe, otras como el tapial, de origen árabe, la teja y el ladrillo fueron aportes de los españoles, “*en áreas de predominio maderero, la utilización ligera en estructuras independientes, donde los muros de adobe o tapia jugaban un papel secundario o simple cerramiento llevó a sistemas constructivos de gran interés*” (Gutiérrez, R. 2002.p. 354) como el adobillo, para efectos de la presente investigación, se detalla el sistema de construcción de adobillo en su conformación: se fabrica en base a tierra, paja y agua. La tierra debe ser arcillosa y la paja larga construyendo así la estructura interna del adobe, al agregar el agua se revuelve generando una mezcla viscosa la que se recomienda remojar para ayudar al pegamento interno del barro. Para dar forma a los adobes, se utilizan moldes de madera o adoberas que en su interior tienen la medida del bloque de tierra, los bloques son ventilados y dejados al sol, luego de un par de días deben colocarse de lado y dejar pasar un par de días más, hasta cuando estén secos, duros y no agrietados. El adobillo es un bloque de 50 x 15 x 10 centímetros, que en ambos extremos tiene unas ranuras de 1 x 1 pulgadas en el alto, el sistema se construye con pies derechos de madera de 4 x 4 pulgadas, a los que se les incorpora listones de 1 x 1 pulgadas en el centro de sus costados, estos tabiques son

rellenos con los adobillos, los que son dispuestos del extremo inferior hasta el extremo superior, la ranura del adobillo deja pasar los adobillos de forma vertical actuando como traba evitando el desprendimiento de los bloques del plomo del muro, posteriormente ambas caras se revisten con barro en forma de estuco de 3 centímetros de espesor, para finalizar con una terminación de yeso, tal cual indica la figura 5. (El adobe, manual audiovisual de reforzamiento, fundación Jofré culturas de tierra, 2012)



**Figura 5, 2012, El adobe, manual audiovisual de reforzamiento, fundación Jofré culturas de tierra.**

Como objetivo de estudio, es sino preponderante la comprensión de la conformación del muro “Platform frame” relleno de adobillo en su elaboración, como se mencionó en el párrafo anterior, y posterior a ello su uso en un tipo de vivienda en Valparaíso; es decir, viviendas históricas que contienen un componente ambiental en estudio, en este caso, la galería vidriada y con ello, la

connotación que aporta a la concepción de la ciudad en el espectro del valor ambiental de la misma. Para el objetivo del estudio, estos conceptos culminan en la invención de la vivienda que incluye la galería vidriada con muro “Platform frame” relleno de adobillo, otorgándole un carácter particular ambiental a la *“arquitectura portuaria”* de la ciudad de Valparaíso.

Por lo tanto, este patrón evolutivo es el que se repite desde fines del siglo XIX y comienzos del XX, con los aportes tecnológicos de los inmigrantes europeos y simultáneos procesos de transculturación que proliferaron en distintas regiones de Latinoamérica, donde hoy en día se pueden rastrear en América Latina, diversas tipologías constructivas como la de los colonos alemanes, *“con sus viviendas con tramas madereras en la colonia de Tovar en Venezuela, en el sur de Chile o en la región misionera de Argentina, Paraguay o Brasil”*(Gutiérrez, R. 2002.p . 357).

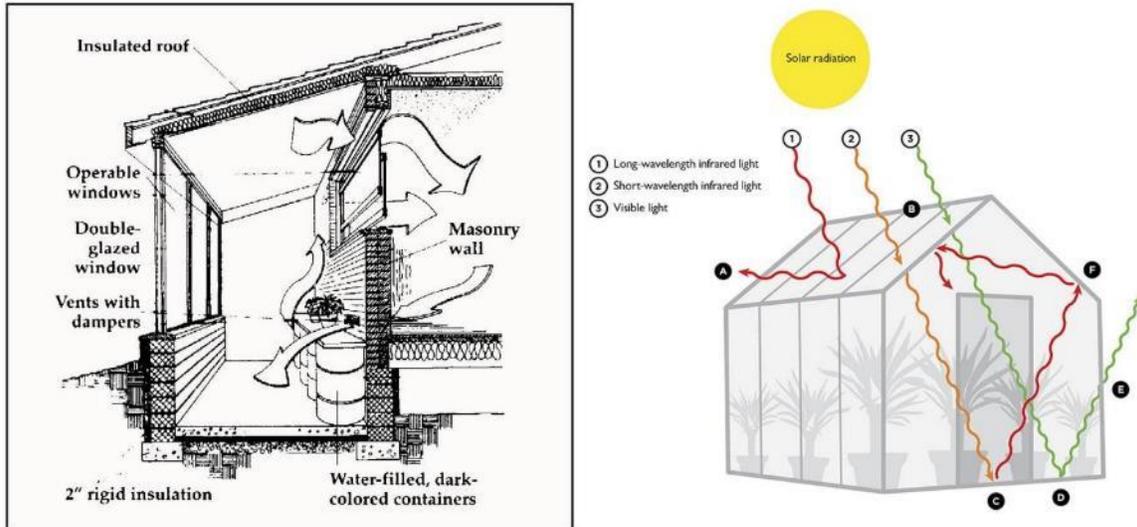
El patrón evolutivo de los carpinteros genoveses en zonas portuarias de La Boca (Buenos Aires) o ingeniero White (Bahía Blanca; Argentina), donde *“erigieron sus arquitecturas de madera y chapa”* (Gutiérrez, R. 2002.p. 357). Y el de los británicos y norteamericanos que incorporaron sus sistemas constructivos en varias regiones de Chile.

Finalmente, el concepto *“arquitectura portuaria”* hace referencia a una categorización generalizada de las viviendas que se asentaron durante el siglo XIX en las regiones de Iquique, Valparaíso y Punta Arenas (Benavides, Pizzi y Valenzuela 1998). Este proceso de la transculturización arquitectónica culmina en las primeras décadas del siglo XX, configurándose en un modelo auténtico de arquitectura, caracterizada por una expresión formal unitaria y repetitiva con una total adaptación al medio natural, geográfico y paisajístico del puerto (Waisberg, 1998).

### **3.2 Caracterización de los invernaderos y las Galerías Vidriadas**

A lo largo de la historia, las galerías vidriadas se han convertido en una eficiente solución para reducir la demanda de energía, en los períodos de invierno en climas templados, como sabemos esta es una popular estrategia pasiva que proviene de un fenómeno físico llamado efecto invernadero; a diferencia del común proceso de gases invernaderos, este efecto invernadero en invierno, constituye una zona de almacenaje entre la casa y el ambiente exterior permitiendo la entrada de una gran cantidad de radiación solar. En cambio, en verano, este dispositivo debe evitar el sobrecalentamiento producido por la radiación solar, por lo cual debe contar con elementos de

sombreado, para reducir las ganancias o aperturas controladas para su ventilación de modo que debe funcionar evitando la acumulación de calor.



**Figura 6, efecto invernadero, 1998, Sunspace Guide desing, ilustración, Solar Center Information, North Carolina Solar Center.**

Este fenómeno se explica por las diferencias de frecuencias de ondas que emite el sol y la materia que existe en la Tierra, por ejemplo, si se ingresa a una mina profunda se encontrará que está caliente todo el año. Eso se debe en último término a la radioactividad del interior de la Tierra. Gran parte de ese calor se conduce hasta la superficie, de donde es irradiado como radiación terrestre. Así la energía radiante es emitida tanto por el sol como por la Tierra. La diferencia principal es que el sol emite altas energías de gran frecuencia, por otra parte, la atmósfera es transparente a la radiación solar de alta frecuencia, que la atraviesa sin estorbo, pero es opaca a gran parte de la radiación terrestre de baja frecuencia, que en consecuencia se queda atrapada en la atmósfera. Esto es lo que se llama efecto invernadero y es posible que cause el calentamiento global (Hewitt, 2002).

Este mismo fenómeno se produce a menor escala dentro de la galería vidriada, el efecto invernadero obtiene su nombre de las estructuras de vidrio que los agricultores y floricultores usan para “atrapar” la energía solar. El vidrio es transparente a las ondas de luz visible y opaca al ultravioleta y al infrarrojo del espectro electromagnético, respectivamente. Mecánicamente, el vidrio soportado en una ventana, funciona como una válvula de retención. El material de vidrio permite que, ingrese

luz visible, pero evita que salgan ondas más largas. Así, las ondas cortas de la luz solar entran por el techo de vidrio y se absorben en el suelo y las plantas del interior. A su vez, el suelo y las plantas emiten ondas largas; es decir, infrarrojas. Esta energía no puede atravesar el vidrio del invernadero y por consecuencia calienta el aire del espacio interior.

Es interesante mencionar que el principal fenómeno que produce el calentamiento del invernadero corresponde a la capacidad que tiene el vidrio de evitar que las corrientes de convección mezclen el aire exterior más frío con el aire interior más caliente. (SunSpace Guide Desing, North Carolina Solar Center, 1998)

Por otro lado, la comprensión del sistema de la galería vidriada y el análisis propio de la mecánica y la física del mismo, proviene desde la relación matemática de Oliveti. La propuesta de una nueva estrategia en el cálculo intercambio térmico entre una galería vidriada y un interior, propuesto por **Oliveti, De Simone, Ruffolo, 2008**, es un modelo de cálculo simplificado donde vincula a través de una ecuación, la energía absorbida por la superficie interna de la galería y la energía que entra por el área vidriada, esto nos entregará el coeficiente de absorción efectivo de la cavidad, que nos indicará algunas certezas sobre cuál es la relación más óptima entre la superficie translúcida y opaca para la galería.

Es de conocimiento que el sol emite cerca de 1.4 KW/m<sup>2</sup> de potencia en un ángulo recto con la Tierra, donde a esta energía se le denomina *constante solar* (Hewitt, 2002), consecuentemente, este fenómeno da soporte a la capacidad que tenga la galería de absorber radiación.

Por consiguiente, la concepción de la galería vidriada y los factores que en ella determinan cuán eficiente energéticamente es, se encuentra descrita mediante factores internos y factores externos, los cuales corresponden a la proporción de vidrio versus el área opaca de la envolvente, las propiedades ópticas del vidrio y la masa térmica como factores internos y, por otro lado, orientación, latitud y clima como factores externos.

Se ha establecido por el investigador Italiano G. Oliveti, luego de estudiar diez configuraciones de invernaderos solares, en diferentes orientaciones espaciales y cardinales, que la capacidad de almacenaje de calor que tienen estos elementos depende de dos factores principalmente, "*la proporción de vidrio versus el área opaca de la envolvente*" y "*las propiedades ópticas del vidrio*". (Oliveti, De Simone, & Ruffolo, 2008).

Respecto de los factores internos, cabe mencionar que la estrategia en el cálculo de intercambio térmico queda descrita a continuación en la fig.7, la cual, incide con el factor de proporción de vidrio

versus el área opaca de la envolvente.

La propuesta de una nueva estrategia en el cálculo intercambio de térmico entre una galería vidriada y un interior, propuesto por **Oliveti, De Simone, Ruffolo, 2008**, es un modelo de cálculo simplificado donde vincula a través de una ecuación, la energía absorbida por la superficie interna de la galería y la energía que entra por el área vidriada, lo anterior nos entrega el coeficiente de absorción efectivo de la cavidad, que nos indicará algunas certezas sobre cuál es la relación más óptima entre la superficie translúcida y opaca para la galería.

Para comprobar lo descrito anteriormente, este estudio establece diez configuraciones posibles donde la relación de superficie translúcida y superficie opaca se dará mediante la relación  $A_g/A_{op}$  que se explica en la siguiente fig.7, la galería vidriada de Valparaíso tiene una relación de  $A_g/A_{op}=0.59$ , con una configuración similar a la configuración 6 de la figura 7.

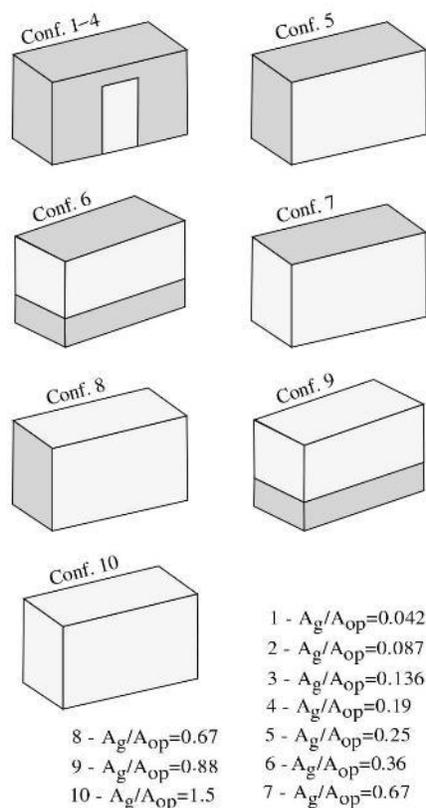


Fig. 2. Configurations of the glazed room considered.  $A_g$  is the area of the glazed surface (light),  $A_{op}$  is the area of the opaque surface (dark).

**Figura 7, Oliveti, G, 2008, Configurations of the glazed room considered, Evaluation of the absorption coefficient for solar radiation in sunspace and windowed rooms.**

Por otro lado si Consideramos como factor externo a la orientación cardinal, hace referencia el *North Carolina Solar Center* que para el hemisferio norte una galería debe estar orientada al sur idealmente, pero existe un rango de 15 grados al este o al oeste donde el desempeño sigue siendo aceptable en cuanto al confort térmico, también se declara que en algunas situaciones dependiendo del lugar una variación de hasta 30 grados resulta no óptima pero aceptable, en el caso de estudio en Valparaíso el azimut corresponde a 51° al este, sin embargo la efectividad de un voladizo para disminuir la incidencia del sol en verano puede reducir la ganancia de calor en invierno. En consecuencia, para el hemisferio sur; es decir, para la ciudad de Valparaíso, la orientación solar juega un rol en cuanto al confort térmico, puesto que, idealmente la orientación norte debiese comprometer un estándar óptimo y aceptable. La cualidad de la ciudad de Valparaíso y su traza urbana se orienta hacia el noreste en vista al mar, donde además soporta un espacio de contemplación al mismo.

Como caso similar de estudio análogo al caso de estudio de Valparaíso sucede en España, éste compara tres tipos de galerías: Tradicionales, Balcones o terrazas acristaladas y Galerías Bioclimáticas. Las galerías tradicionales construidas en el siglo XIX, donde están en todas las orientaciones, poseen tres lados acristalados incluso en algunas el techo también está acristalado, su hoja exterior está 100% acristalada y puede ser movida para limpiar los vidrios, no poseen fijaciones metálicas, usualmente no poseen protecciones para el sol, también el muro que separa la galería del interior de la casa posee una gran inercia térmica al igual que nuestro caso de estudio en la ciudad Valparaíso.

Balcones o terrazas acristaladas, estas son el resultado de los acristalamientos posteriores de balcones en edificios de corte inmobiliario, independientemente de su orientación en la mayoría de los casos no poseen sistemas de protección contra el sol y es muy bajo su porcentaje de aperturas para una óptima ventilación, en la mayoría de los casos con muro interior poseen cortinas de roller para protegerse.

Galerías Bioclimáticas, diseñadas como un elemento pasivo de recolección solar para reducir la demanda de energía en invierno, pero en su mayoría no poseen criterios de protección para el verano en su fachada exterior, por lo general esta protección se encuentra en el muro interior a modo de cortinas roller, donde un 25% del muro exterior puede ser abierto para ventilar a una altura de 1 metro, el muro de separación interior puede ser con o sin aislación.



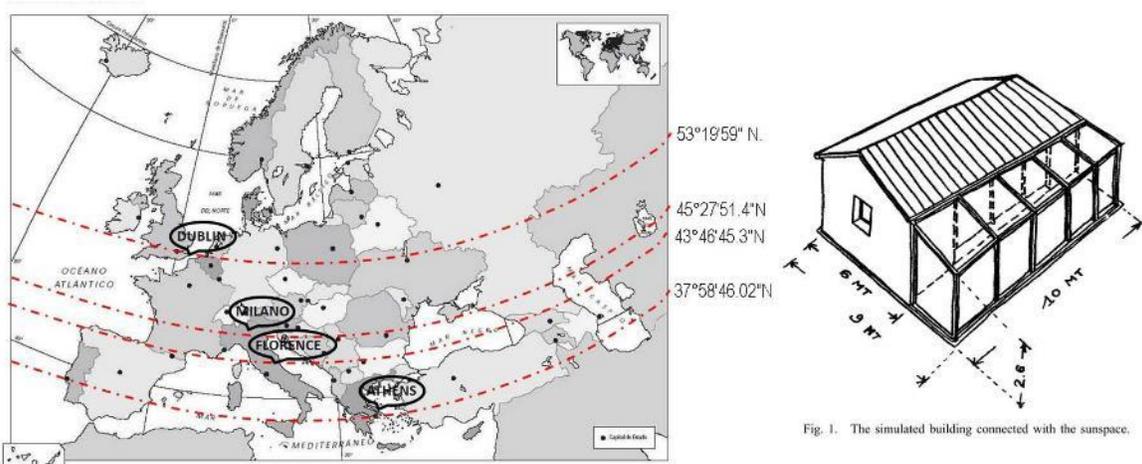
Fig. 1. Images of sunspaces typologies M1, M2 and M3, with a general absence of solar protection in the sunspace HE.

**Figura 8, Monge-Barrio, A, Sánchez-Ostiz, A, 2015, imágenes de tipologías de galerías vidriadas M1, M2, M3, Energy efficiency and thermal behaviour of attached sunspaces, in the residential architecture in Spain. Summer conditions.**

El objetivo específico de este estudio fue medir el comportamiento térmico de las galerías en un verano templado como en Pamplona y otros lugares de España, si la incorporación de una galería vidriada a la casa mejora el confort interior versus la casa sin galería, entonces se pueden establecer parámetros y condiciones de uso para optimizar su desempeño en verano. La metodología utilizada corresponde al estudio de casos existentes de tres tipos, ya mencionados, en distintas locaciones españolas, los que fueron monitoreados, testeados, simulados y del cual se obtienen resultados, finalmente se obtuvieron conclusiones donde se establece que las galerías deben tener un 25% de superficies de hojas móviles para la ventilación durante el día y sistemas de protección solar, principalmente en la cara exterior de la galería. (Monge-Barrio & Sánchez-Ostiz, 2015).

Por lo tanto, en el caso de las galerías vidriadas de Valparaíso, para este estudio tiene como resultado que al menos el 75% de la superficie vidriada es móvil y que no posee protecciones solares en la cara exterior, lo que podría producir el fenómeno de sobrecalentamiento en verano al no poseer protecciones contra el sol directo.

Considerando como otro factor externo a la latitud, se entiende que la galería irá cambiando su comportamiento de acuerdo al tipo de clima en donde se encuentre, ya que, las ganancias solares difieren de acuerdo a la ubicación geográfica. En el estudio realizado por (Mihalakakou, 2002) se analiza el desempeño térmico de una galería vidriada en cuatro ciudades de Europa de distintas latitudes norte, Atenas (BSh), Florencia (CFa), Milán (CFa) y Dublín (CFb) en los meses de julio y enero de modo de obtener datos respecto del mes más caluroso y el mes más frío del año en distintas ubicaciones. Se establecen 3 criterios de simulación: la galería, el edificio cuando no está conectado a la galería y el edificio conectado a la galería.



**Figura 9, Mihalakakou, 2002, Galería y ubicación de las mismas, On the use sunspace for space heating/cooling in europa, Elaboración propia.**

En la figura 9, se muestran las ciudades, latitudes y especificaciones geométricas en las cuales se realizó el estudio del desempeño térmico de una galería vidriada.

En el desarrollo del estudio se observó que el espacio solar podría contribuir significativamente a la reducción de la carga de calefacción durante el invierno en todas las ciudades, mientras que, durante el verano crea un grave problema de sobrecalentamiento, especialmente en las zonas del sur de

Europa, como Atenas (BSh, según clasificación climática de koppen).

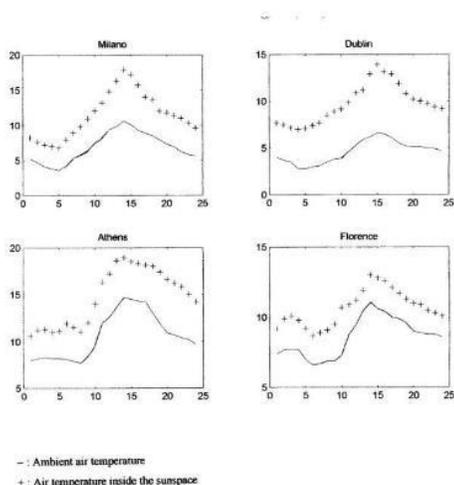


Fig. 2. The ambient air temperature distribution for the four European cities (Milan, Dublin, Athens and Florence), for one representative day of January as well as the indoor air temperature values calculated inside the sunspace.

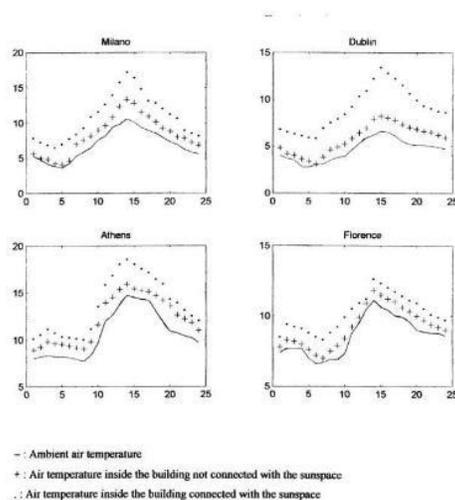


Fig. 3. The ambient air temperature distribution for the four European cities for one representative day of January as well as the indoor air temperature values calculated inside the same building when it is not connected with the sunspace, and when it is connected with the sunspace.

**Figura 10, Mihalakakou, 2002, desempeño térmico en invierno en las ciudades de Milán, Dublín, Florencia y Atenas, On the use of sunspace for space heating/cooling in Europa.**

En la figura 10, podemos observar que para enero del hemisferio norte con orientación sur la galería se desempeña de buena manera ayudando en todos los climas a conseguir más horas de confort térmico, en Dublín es donde obtiene mejor desempeño

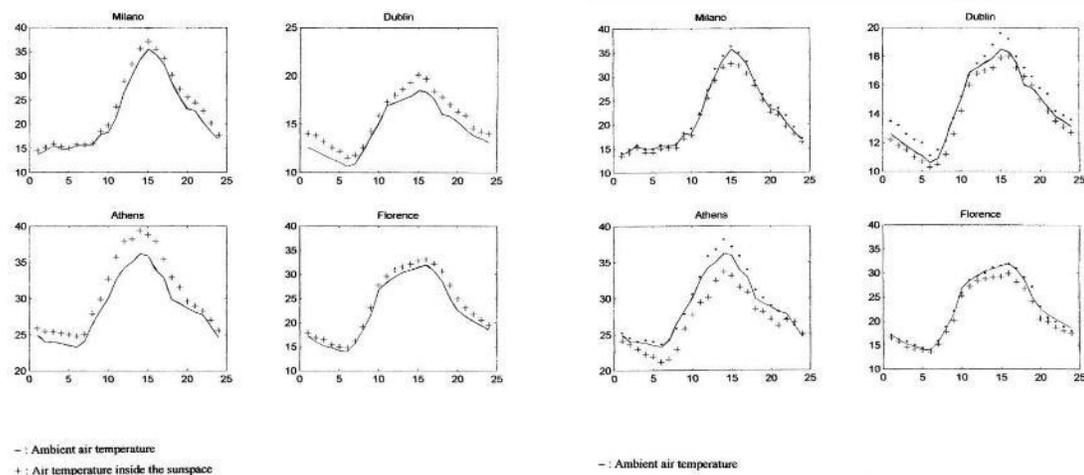
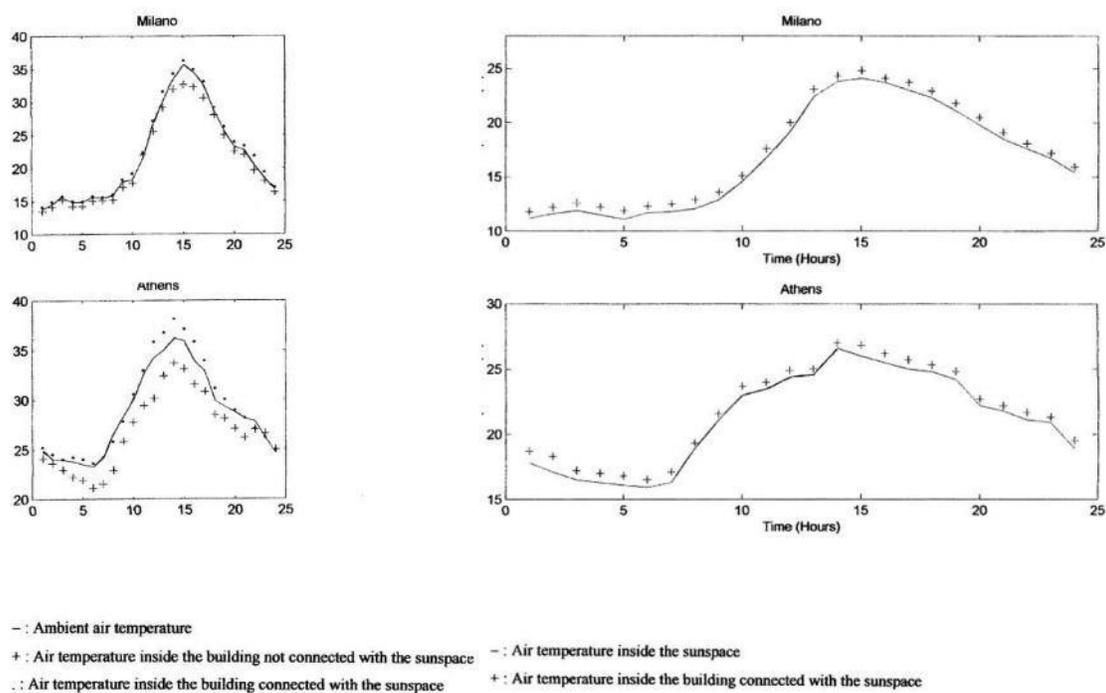


Fig. 4. The ambient air temperature values for one representative day of July for the four European cities and the indoor air temperature values calculated inside the sunspace.

**Figura 11, Mihalakakou, 2002, desempeño térmico en invierno en las ciudades de Milán, Dublín, Florencia y Atenas, On the use of sunspace for space heating/cooling in Europa.**

Es posible observar que en dos de los casos (ambos con la galería incluida en el edificio) la temperatura interior para el día más representativo del mes de julio (verano en el hemisferio norte), es mayor que en el exterior, con ello, destacamos que ambas simulaciones no dieron los resultados esperados para el desempeño de la galería vidriada. En el caso sin galería, la simulación arroja como evaluación que el desempeño mejora, ya que, la temperatura interior es menor que la temperatura exterior.

También en el estudio se proponen tres estrategias de mejoras para disminuir el sobrecalentamiento causado por la presencia de la galería en verano. Estas técnicas fueron: tuberías enterradas de ventilación, técnicas de ventilación nocturna y dispositivos de sombreado. Todas las técnicas pueden mejorar el comportamiento térmico del edificio conectado con el espacio solar mientras que el uso combinado de los tres métodos resultó ser la forma más eficiente de proporcionar refrigeración espacial y evitar el sobrecalentamiento durante el período cálido del año en las ciudades de Atenas y Milano (Mihalakakou, 2002).



**Figura 12, Mihalakakou, 2002, desempeño térmico en invierno en las ciudades de Milán, Dublín, Florencia y Atenas, On the use of sunspace for space heating/cooling in Europa.**

En la figura 11 se comparan gráficos de la investigación “On the use of sunspace for space heating/cooling in Europa”, entre galería sin mejoras y con las 3 mejoras propuestas, a partir de esto se observa una baja de 10°C en el promedio de temperatura interior disminuyendo notablemente el sobrecalentamiento.

Análogamente, Valparaíso tiene una clasificación de koppen de Csb, “clima templado cálido con lluvias invernales y estación seca prolongada (7 a 8 meses)” por lo cual, de las ciudades estudiadas, Florencia es la que más cercana de este punto de vista, pudiendo establecer algún tipo de comparación en cuanto a la latitud. Cabe mencionar, que la ciudad de Valparaíso posee un promedio anual de 14,7°C, el promedio en verano (enero) es de 18°C y para invierno (julio) el promedio es de 11,8°C, para el caso de Florencia, el promedio anual es de 15°C, el promedio en verano (julio) es de 25°C y para invierno (enero) el promedio es de 6°C; si analizamos estos datos promedios de temperatura, entonces la similitud que tienen permite analizar el comportamiento de la galería vidriada y su confort térmico; es decir, la galería se desempeña de mejor manera en climas más fríos, ya que responde a los rangos de confort térmico establecidos para Chile entre 18°C y 24°C. Sin embargo, considerando como un factor externo al clima, Valparaíso posee similitudes con la ciudad de Dublín, en la cual los promedios para verano e invierno son de 18°C y 9°C, respectivamente. Por lo tanto, la respuesta de la galería frente a la estación de verano con un promedio de 18°C, incide en que la temperatura interior aumenta en unos 2°C aproximadamente, acomodándose dentro del rango de confort establecido y, por consiguiente, mejorando el confort térmico. Para la estación de invierno, se espera una situación similar, mejorando las condiciones. Paralelamente, la ciudad de Valparaíso posee condiciones climáticas comparables a Dublín y, por tanto, la incorporación de la galería vidriada mejora la temperatura interior, sosteniendo un confort térmico dentro de los parámetros establecidos para Chile en el que la galería se considera como un elemento ambiental esencial protagonista de la eficiencia energética para la vivienda. Utilizando otro recurso de comparación, notamos que, en Dublín, la galería tiene un buen desempeño, aumentando el tiempo en el rango de confort para verano e invierno, esta ciudad tiene un promedio de cielo nublado o mayormente nublado del 67 % del tiempo ([es.weatherspark.com/y/33845/Clima-promedio-en-Dublín-Irlanda-durante-todo-el-año](http://es.weatherspark.com/y/33845/Clima-promedio-en-Dublín-Irlanda-durante-todo-el-año)), lo cual nos indica el gran potencial para ciudades de este tipo, Valparaíso en épocas muy secas genera condiciones de “*clima de estepa con nubosidad abundante*”, y “*la nubosidad muestra una oscilación diaria típica del régimen anticiclónico, en particular en los meses de verano cuando la cobertura de cielo de origen frontal es menos frecuente. Así, por ejemplo, en enero, febrero y marzo las nubosidades medias a las 7, 13, 18 horas dan 5.5, 3.8 y 2.6 décimos de*

*cielo cubierto*". (visión de ciudad para Valparaíso, CCHC, 2018). También se puede agregar que, del total de días del año, un 50% pueden ser denominadas de buen tiempo (despejado tibio y despejado frío), preferentemente entre septiembre y marzo durante el periodo anticlinal de verano; un 34% son de mal tiempo (o inestable), especialmente entre mayo y agosto; y un 16% son regulares (neblinas parciales o nublados totales).

Valores medios mensuales de precipitaciones, Estación Faro Punta Ángeles

Mes	Precipitación (mm)		Temperatura (°C)	Nubosidad (décimas de cielo)
	Pta. Ángeles	Lago Peñuelas	Pta. Ángeles	Pta. Ángeles
Enero	1	0,3	17,5	3,51
Febrero	1	0	17,3	3,79
Marzo	3,6	4,8	16,4	4,06
Abril	17,3	25,3	14,7	5,21
Mayo	58,8	88,3	13,4	5,95
Junio	107	144,5	12,5	5,81
Julio	80,6	220,6	11,8	5,81
Agosto	66,2	104,9	12	5,35
Septiembre	21,3	48,9	12,5	5,35
Octubre	12,2	18,4	13,5	5,23
Noviembre	5,2	12,9	15,3	4,42
Diciembre	2,3	2,2	16,6	3,92

**Tabla 1, servicio Hidrográfico de la Armada(Pta. Ángeles) y Dirección general de aguas(lago peñuelas).**

Se puede observar de la tabla 1 que el promedio anual de décimas de cielo de nubosidad para ciudad de Valparaíso es 4.87 lo que nos indica que en promedio la mitad de los días del año hay nubosidad o mayormente nublado, comparado con Dublín las cifras son un poco menor, pero se podría establecer una similitud para posibles estrategias pasivas para ambos climas.

Respecto a lo anterior en un estudio se comenta que más de 43 millones de estadounidenses viven en ciudades con predominancia de días nublados en invierno (Rempel, Rempel, Gates, & Shaw, 2016), donde la proporción media de días nublados en invierno es ligeramente superior al 50% para las 300 ciudades más grandes de Estados Unidos; como resultado, los climas de carácter nublados son de gran interés para la evolución del diseño de calentamiento solar pasivo, así como sucede en la ciudad de Valparaíso.

### 3.2.1 Influencia del muro divisorio en la galería vidriada

En el artículo *On the Evaluation of solar Greenhouses Efficiency in Building Simulation During the Heating Period* (Asdrubali, Cotana, & Messino, 2012), se planteó el objetivo de analizar energéticamente la influencia de la galería en el muro divisorio, ya que es claro que la incorporación de la galería disminuye la incidencia de la radiación directa del sol sobre la cara exterior del edificio, por lo cual se propone un estudio del muro con galería y sin ella, esta investigación se localiza en un edificio en la región de Umbría en Italia donde se estudia bajo dos metodologías de cálculo, un procedimiento estacionario Method 5000 mediante ISO 13790 y con una herramienta dinámica del software TRNSYS. Luego del análisis, se deja en evidencia que la contribución de la galería al ahorro de energía en invierno se ve afectado por las características térmicas del muro divisorio entre la galería y el volumen de aire del edificio. También se logró establecer que el aporte de las galerías vidriadas redujo la demanda de energía en invierno en aproximadamente un 20% y que el METHOD 5000 sobre-estimó ligeramente la contribución de las galerías. (Asdrubali, Cotana, & Messino, 2012)

Por lo tanto, respecto de lo anterior, las galerías deben tener su diseño enfocado en la máxima captación de radiación solar, pero resulta inapropiado en verano, donde se debe evitar el sobrecalentamiento, en climas templados, con veranos calurosos e inviernos fríos, se deben buscar soluciones intermedias que optimicen resultados bajando la demanda de energía y que generen un adecuado confort interior durante todo el año.

### 3.3 Masa térmica en los muros

El sistema estudiado posee la siguiente disposición respecto de la imagen presentada en la Figura 13. En el presente sistema podemos observar que el sistema está dispuesto por un muro de adobillo, frente a este se encuentra una envolvente de vidrio soportada en un muro de madera. Estos materiales se encuentran formando el espacio de la galería vidriada, los cuales en esta sección se define respecto de sus propiedades materiales, comenzando con la envolvente de vidrio compuesta por un vidrio regular monolítico



**Figura 13, 2018, galería vidriada caso de estudio, fotografía, elaboración propia.**

Respecto de las propiedades ópticas del vidrio contemplan que hay varias medidas importantes al determinar la cantidad de luz que pasa a través del vidrio. El índice de refracción determina cuánto se “dobla” una onda de luz al entrar o salir de la superficie del vidrio, ya que la luz se desvía al pasar de un medio a otro, oblicuamente, esta desviación se llama refracción. *Esto es importante para producir ciertos dispositivos ópticos, como los lentes. La dispersión mide la separación de la luz en la composición de sus colores, como un prisma que dispersa la luz blanca en una banda de color o un efecto de arcoíris. (Hewitt, 2004)*

La transmisión mide la cantidad de luz que pasa a través del material de vidrio, y su opuesto, reflectividad que mide el retorno de la luz desde la superficie. La propiedad de absorción es la cantidad de energía de la luz convertida en calor dentro del vidrio que no se transmite ni se refleja. Los materiales tintados absorberán más luz que los materiales transparentes. Si el ángulo del sol es bajo, se producirán menos ganancias de calor, a medida que el sol se eleva hacia su cenit de verano estas ganancias aumentarán. Un voladizo bien diseñado puede ser todo lo que se necesite para sombrear el acristalamiento en el verano. (Olivetti 2012). Otro de los factores internos que se definió,

corresponde a la masa térmica, la cual tiene una incidencia en el intercambio térmico, según G. Oliveti, M. de Simone, S. Ruffolo la masa térmica es un fenómeno de radiación superficial y de intercambio térmico que ocurre como consecuencia de la presencia de irradiación solar donde una parte de la transmisión de radiación que pasa a través de las superficies acristaladas, es absorbida por las superficies internas del espacio solar; la mayor absorción ocurre con las superficies opacas, el piso y las paredes, que debido a su capacidad térmica se comportan como acumuladores sometidos a períodos de carga y descarga de energía. Según el North Carolina Solar Center, en ese mismo sentido el agua es la masa térmica más eficiente, ya que contiene la mayor cantidad de calor por unidad de volumen. Los materiales de mampostería (ladrillo, hormigón o piedra) también son buenas opciones para la masa térmica, aunque almacenan solo la mitad del calor que un volumen igual de agua, también pueden soportar la estructura, formar el piso del espacio y servir como la pared entre la casa y el espacio solar. La mampostería es más efectiva en espesores de 10 a 15 centímetros. Las superficies de los materiales de masa térmica deben ser de colores oscuros de al menos 70% de absorbancia.

Es necesario definir a que corresponde el concepto de Absorbancia; es decir, la cantidad de radiación solar absorbida por un material de superficie. El negro tiene una tasa de absorbancia del 95%, el azul intenso tiene alrededor del 90% y el rojo intenso, aproximadamente el 86%. Los materiales no almacenadores deben ser de colores más claros para que reflejen la luz en la masa térmica que no se encuentra en el sol. Los materiales de almacenamiento térmico se pueden ubicar en el piso y en las paredes norte, este y oeste del espacio solar, para el hemisferio norte a diferencia de lo que sucede en el caso de estudio, Valparaíso, ubicado en el hemisferio sur. Las galerías vidriadas pueden proveer un espacio suplementario saludable y de calefacción para plantas y personas dentro de la casa. Si quisiéramos que la galería funcionara como espacio de estar durante todo el año el diseño debería contemplar un mínimo deslumbramiento y una humedad relativa moderada, para esto la masa térmica debe ser cuidadosamente medida de modo de estabilizar las temperaturas extremas. Los materiales con masa térmica deben ser colocados en directa relación con la luz del sol y no deben tener obstaculizaciones de muebles, plantas u otros elementos.

El muro que soporta el vidrio corresponde a un muro de madera, en este caso la madera permite infiltración y ventilación a la Galería por la forma en la que está construida.

Respecto del muro de adobillo, el material en si permite que este se comporte como un aislante térmico aportando que la masa térmica actúe como un factor principal en la discusión posterior en

el capítulo de Confort térmico.

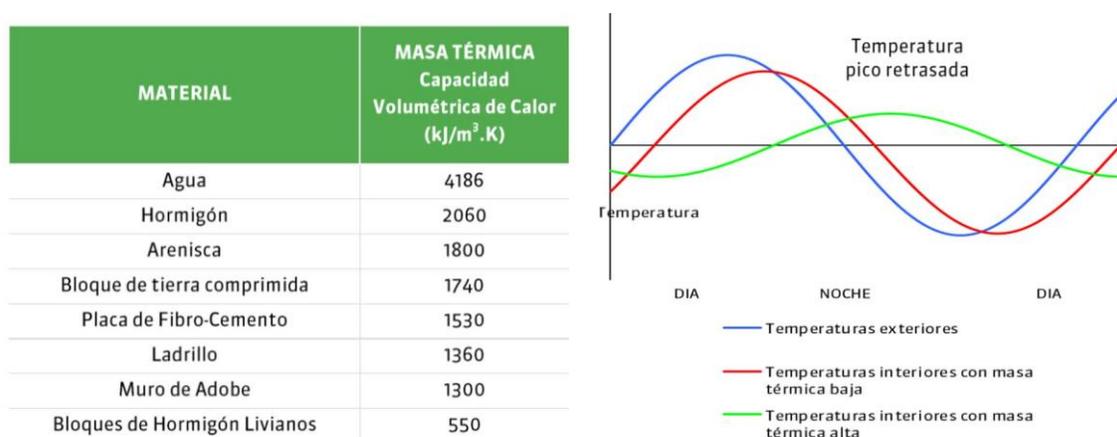
La masa (o inercia) térmica es la capacidad de un material de absorber calor, almacenarlo y posteriormente liberarlo y entregarlo. En general, cuanto mayor es el calor específico de los materiales de construcción, mejora su capacidad para almacenar grandes cantidades de energía calórica y, en consecuencia, se traduce en una masa térmica elevada. (Hewitt, 2004)

También se define como la Capacidad calorífica o masa térmica, ( $M = C_e m$ ), es en un cuerpo determinado de masa  $m$ , la cantidad de calor necesaria para elevar un grado su temperatura su unidad se expresa como  $J / ^\circ C$ . (Serra, 1995)

La masa térmica puede almacenar energía solar durante el día y volver a radiarla por la noche, ésta modera las temperaturas internas promediando los extremos diurnos (día-noche). Esto estabiliza la temperatura aumentando el confort. (figura21)

Las propiedades más relevantes para mejorar la masa térmica son:

- **Conductividad Térmica:** el material debe permitir que el calor lo atraviese, pero si la conductividad es demasiado grande, la energía absorbida podría ser liberada tan rápidamente lo cual no permite la acumulación requerida.
- **Alta Densidad:** a mayor densidad, resulta una masa térmica más elevada.
- **Baja Reflectividad:** las superficies oscuras, de color mate o con textura, absorben mayor cantidad de energía que las luminosas, lisas y brillantes o reflectantes. Un buen diseño, por ejemplo, permite que el piso refleje cierta cantidad de energía hacia un muro de alta masa térmica, con el de optimizar su capacidad de aceleramiento. (Instituto del Cemento Portland Argentino, Artículos Técnicos, 2013)



**Figura 14, tabla de capacidad volumétrica de calor, Evolución de la temperatura a lo largo del día, ICPA, departamento tecnología del hormigón, artículos técnicos ICPA-AT-501, 2013.**

El uso deficiente de la masa térmica puede exacerbar los peores extremos del clima y puede ser una gran carga de energía e incomodidad, puede irradiarte calor toda la noche mientras intentas dormir durante una ola de calor en verano, por ejemplo, o absorber todo el calor que produces en una noche de invierno. Para ser efectiva, la masa térmica debe integrarse con técnicas de diseño pasivo, y espesores apropiados, esto significa tener áreas medidas de acristalamiento frente a las orientaciones apropiadas, con niveles adecuados de sombreado, ventilación, aislamiento y masa térmica. (Gonzales Couret, D, 2010)

La masa térmica no es un sustituto del aislamiento esta almacena y vuelve a liberar el calor; el aislamiento detiene el flujo de calor que entra o sale del edificio. Un material de alta masa térmica generalmente no es un buen aislante térmico. La masa térmica es particularmente beneficiosa cuando hay una gran diferencia entre las temperaturas exteriores diurnas y nocturnas, el uso correcto de la masa térmica puede retrasar el flujo de calor a través de la envoltura del edificio hasta 10-12 horas, produciendo una casa más cálida en la noche en invierno y una casa más fría durante el día en verano (Wilson 1998).

A propósito de lo anterior en el estudio de (Rempel et al., 2016) se investiga la incidencia del tipo y espesor de masa térmica ubicada en el piso y su relación con el suelo, donde se establecen tres conclusiones principales, para el correcto uso:

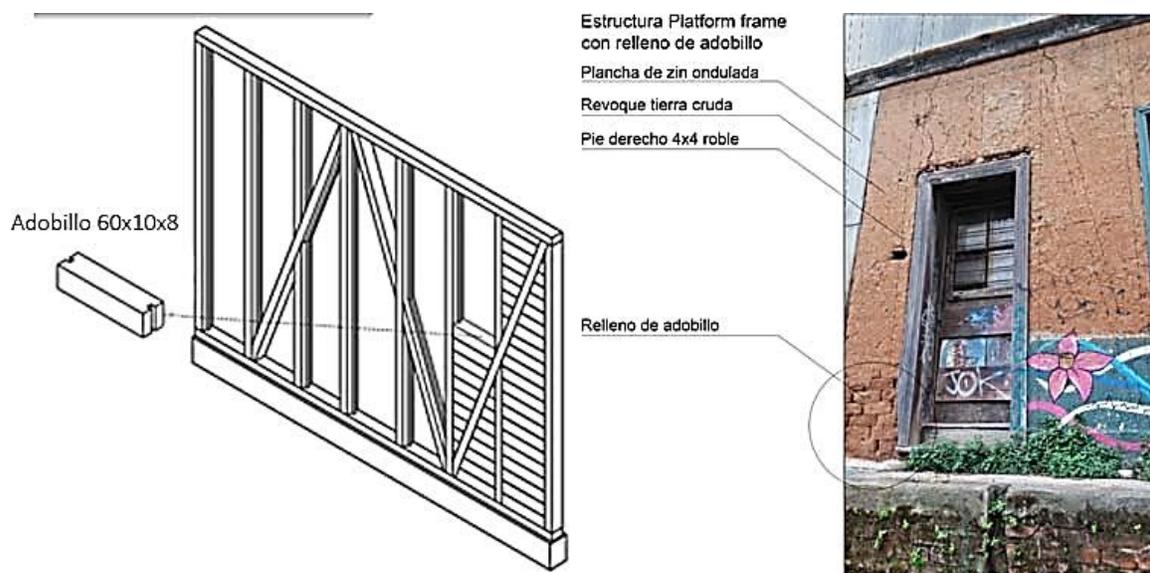
- (1)** el óptimo diseño de masa térmica depende fundamentalmente de la prioridad del diseño térmico de un espacio.
- (2)** las reglas convencionales sobrepasan enormemente la masa térmica para el clima marino de la costa oeste de Estados Unidos.
- (3)** la masa térmica debe estar completamente aislada de los suelos húmedos.

Con ello, la masa térmica es un componente esencial para los sistemas de almacenaje de calor, ya que, al convertir la energía solar en su propio movimiento molecular, un material masivo permite que el aire del interior permanezca más frío durante la ganancia solar, más tarde cuando las temperaturas exteriores descienden, la masa devuelve parte de su energía al espacio a través de la radiación y la convección. Este desempeño térmico depende de la magnitudes físicas como la conductividad térmica y el calor específico, además del espesor y su configuración, tales como, piso, muros, techos, entre otros (Hewitt, 2002), en el caso de la galería vidriada de Valparaíso, la masa

térmica actúa a través del muro de adobillo, donde el adobillo se encuentra como bloques de mampostería entre los pies derechos de la estructura y como terminación un estuco de barro que aporta a la hermeticidad del muro por ambas caras.

El uso adecuado de la masa térmica en toda la casa puede marcar una gran diferencia para el confort térmico, la calefacción y refrigeración, un edificio de gran masa necesita ganar o perder una gran cantidad de energía para cambiar su temperatura interna, mientras que un edificio liviano requiere solo una pequeña ganancia o pérdida de energía para cambiar la temperatura del aire, es por esto que se debe tener muy en cuenta el tipo de clima del lugar.

La utilización de materiales con gran masa térmica puede reducir la energía necesaria para calefacciones y refrigerar un local hasta un 25% comparado con una vivienda construida con materiales livianos, con baja masa térmica. (Sustainable Energy Authority- Victoria, Australia, 2005)



**Figura 15, composición del muro de adobillo en Valparaíso, fotografía, elaboración propia.**

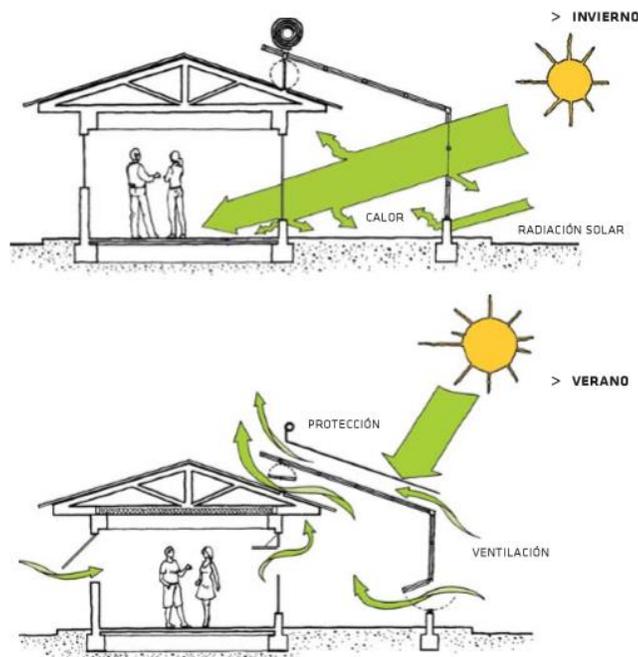
### **Invierno**

Permite que la masa térmica absorba calor durante el día de la luz solar directa o de los calentadores radiantes a través de pisos y paredes, ésta vuelve a irradiar este calor durante la noche ya que baja la temperatura ambiente y esta masa debe equilibrarse con la temperatura ambiente ya que la temperatura va de caliente a frío, un diagrama de una casa en invierno muestra que, durante el día,

el calor del sol entra a la casa y se almacena en la masa térmica de la casa. Por la noche, el calor se libera dentro de la casa, en esta configuración es trascendental la capacidad de captación solar y que los paños vidriados estén libres de obstrucciones

**Verano**

Un diagrama de una casa en verano (figura 22) muestra que, durante el día, los aleros de la casa protegen el interior de los rayos del sol. El calor se libera desde el interior de la casa a la masa térmica. Por la noche, las ventanas abiertas permiten que pase una brisa fresca a través de la casa, y también liberan calor hacia el exterior. El uso adecuado de la masa térmica en toda su casa puede marcar una gran diferencia para la comodidad y las facturas de calefacción y refrigeración.



**Figura 16, invernadero. Uso en invierno y verano, guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social, Bustamante, W, 2009)**

La masa térmica es más apropiada en climas con un amplio rango de temperatura diurna, como regla general, los intervalos diurnos de menos de 6 °C son insuficientes; de 7 °C a 10 °C puede ser útil dependiendo del clima; donde exceden los 10 °C, es deseable una construcción de alta masa térmica. Las excepciones a la regla ocurren en climas más extremos, en climas fríos, donde a menudo se usa calefacción suplementaria, las casas se benefician de la construcción de gran masa independientemente del rango ya que hay una fuente de calor activa.

### **Propiedades del adobe como material térmico aislante**

Como el adobe, es higroscópico y tiene capacidad de difusión; también posee buena capacidad para almacenar frío o calor y tiene una emisión radiactiva muy baja. No es buen aislante, pero su grosor le proporciona una gran inercia térmica, recordar que la inercia térmica es una medida de la masa térmica y de la onda térmica que controla la temperatura superficial de un material y con ello, modela los mecanismos de transferencia de calor relacionando la conductividad térmica de la capacidad calorífica. El adobe, absorbe la humedad atmosférica cuando el aire está saturado, de manera que por ello pierde su resistencia a los esfuerzos. Recordar, que, en este caso de estudio, el adobe funciona como un relleno térmico en forma de adobillo, por lo cual, mientras más gruesos sean más aislantes serán.

### **Muro Adobe Respecto Masa Térmica**

La finalidad de utilizar adobe, es lograr muros capaces de absorber energía solar durante el día y transferirla a la vivienda en un lapso de tiempo que coincide con las necesidades de calentamiento nocturnas, por tanto, es una solución ideal para climas templados y nublados costeros como Valparaíso. Es una solución tradicional un tanto rudimentaria para lograr un aislamiento térmico natural, pero es el material con que se contaba en el lugar y una solución apropiada como aislante térmico para esa época, además de su fácil ejecución destaca la maleabilidad que posee al estar compuesta de materiales básicos con los que se pueden obtener diferentes tipos de formas y adaptarse a las necesidades, así como modificarse y repararse en cualquier momento y en el propio lugar.

## **3.4 Zona de estudio**

El recorrido por la ciudad de Valparaíso refleja a la galería vidriada como un componente repetitivo dentro de la zona UNESCO de Valparaíso, representando cualidades arquitectónicas/constructivas típicas del centro histórico, que dicen relación con la influencia de distintas épocas, producto de factores culturales y socioeconómicos que imprimieron el carácter al Puerto de Valparaíso.

Igualmente, significativo a ese efecto han sido los acontecimientos que han dado forma a su desarrollo histórico asociados directamente a las contingencias de su condición de enclave portuario y la producción arquitectónica que allí ha tenido lugar. Así, la ciudad en su conjunto y su arquitectura

en particular manifiesta un intenso sentido de identidad en cuanto al acto de habitar la geografía en circunstancias de un devenir histórico específico y consolidado en el tiempo.

Dicho proceso histórico-urbano contempla cuatro etapas principales según ha sido establecido:

**“Primera etapa:** formación del núcleo portuario a partir de mediados del siglo XVI, origen de la ciudad e inicio de la trama de la ciudad.

**Segunda Etapa:** instalación durante el siglo XVII de un sistema de fortificaciones militares abarcando distintos puntos de la bahía confiriéndole a la población la condición de plaza militar.

**Tercera Etapa:** ocupación del sector del Almendral a modo del desdoblamiento del núcleo original e inicio de una ocupación dispersa de las quebradas inmediatas al borde costero, ambos fenómenos acontecen durante el siglo XVIII.

**Cuarta Etapa:** expansión decimonónica caracterizada por la urbanización de los cerros en torno al amplio arco de la bahía, permitiendo que al finalizar el siglo XIX se haya definido, en general, la trama urbana de la ciudad y donde el siglo XX representará más que nada el momento de su consolidación y densificación (Waisberg, 1995).



**Figura 17, 2007, Zonas de Protección Patrimonial, fotomontaje, [www.interciudad.wordpress.com](http://www.interciudad.wordpress.com).**

Esta investigación se centra específicamente en el estudio de viviendas de carácter histórico, término empleado en la clasificación hecha por la primera declaración de Zona Típica de la ciudad de Valparaíso. En efecto, en 1971 antes de que se cumplieran dos años de la promulgación de la Ley 17.288 sobre Monumentos Nacionales, el sector de la Iglesia la Matriz y su entorno son declarados Monumento Nacional (DS MINEDUC N°2412 de 1971); a ésta le siguieron la declaración del entorno

de la Plaza Sotomayor (DS MINEDUC N° 170) y de los Cerros Alegre y Concepción (DS MINEDUC N° 1876) ambas en 1979. Estas últimas dos zonas se ampliaron en el año 1982 (DS MINEDUC N° 4086) y en 1999 (DE MINEDUC N° 19), respectivamente.

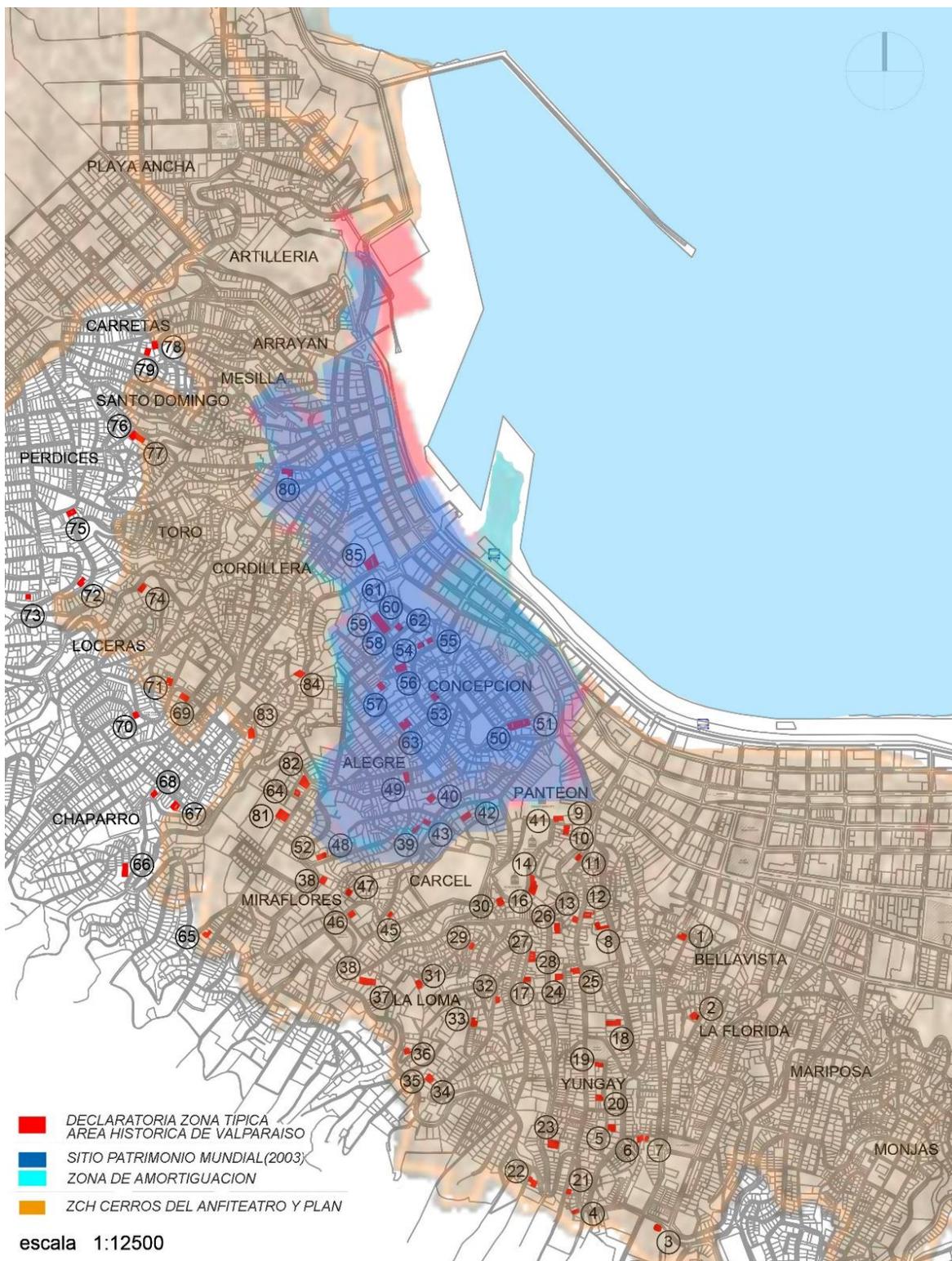
Posteriormente en el 2001, se declara Zona Típica al sector Quebrada Márquez, Plaza Echaurren y Calle Serrano, Cerro Cordillera, Sector Bancario de Calle Prat, ampliando y refundiendo anteriores declaraciones (DE MINEDUC N° 601), en lo que hoy se llama Zona Típica Área Histórica de Valparaíso. En este contexto, el 3 de Julio del 2003 la Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) deliberó unánimemente a favor de declarar Valparaíso como Patrimonio de la Humanidad. A partir de ese momento la ciudad pasó a constituir el primer sector urbano habitado de Chile en recibir esta distinción en la categoría de Bien Cultural.

Complementariamente, el año 2004 se declara Zona de Conservación Histórica (Artículo 60 de la Ley General de Urbanismo y Construcciones) a los cerros del anfiteatro y el plan de Valparaíso. Esta declaratoria fue ampliada en el año 2005, incluyendo en la misma categoría a los Cerros Placeres y Esperanza, además de un sector del Almendral. Por último, en el año 2007, se suma también a esta categoría el sector de Playa Ancha Norte, ampliando nuevamente la Zona Típica hacia el sector del Cerro Artillería y los Almacenes Fiscales.

Es así como se termina por reconocer el área total de influencia que tuvieron estos fenómenos culturales sobre la arquitectura de Valparaíso, donde la galería vidriada desarrollada por los migrantes ingleses fue valorada y repetida, sistemáticamente sobre toda el área antes descrita.

### **3.4.1 Delimitación del Área de Estudio y selección de los casos (Catastro)**

El área de estudio contempla como catastro el sitio patrimonial mundial y zona de conservación histórica cerros del Anfiteatro, Zona ZCHLT, en un estudio del área se pudo detectar 85 casos de galería vidriada en viviendas de Valparaíso correspondientes a las características de la cuarta etapa de crecimiento de la ciudad y que posean las características particulares de las construcciones “Balloon y Plaform frame” rellenas de adobillo y que contengan una galería vidriada. Esta selección se hace de manera visual reconociendo cualidades materiales, proporciones geométricas, detalles constructivos y estilo arquitectónico. el resultado del catastro se observa a continuación en la figura 8. Se puede añadir que podrían existir muchos más casos ya que por la morfología de la ciudad hay fachadas de las viviendas que nos inaccesible para un reconocimiento visual a pie.



**Figura 18, elaboración propia, 2019, plano de catastro, elaboración propia.**

### 3.5 Clima de Valparaíso.

Chile continental abarca desde latitud 18°S hasta 55°S y desde 0 hasta 6891 metros sobre el nivel de mar (m.s.n.m), dándole variada gama de climas y microclimas, sin embargo, se puede clasificar en 3 macro-zonas importantes; desértica al norte, templada al centro y lluviosa en el sur, con diferentes subzonas dependiendo de la altura y cercanía al mar, siendo las zonas cercanas al mar más húmedas y templadas, mientras que las interiores más secas y con mayor rango de valores extremos.

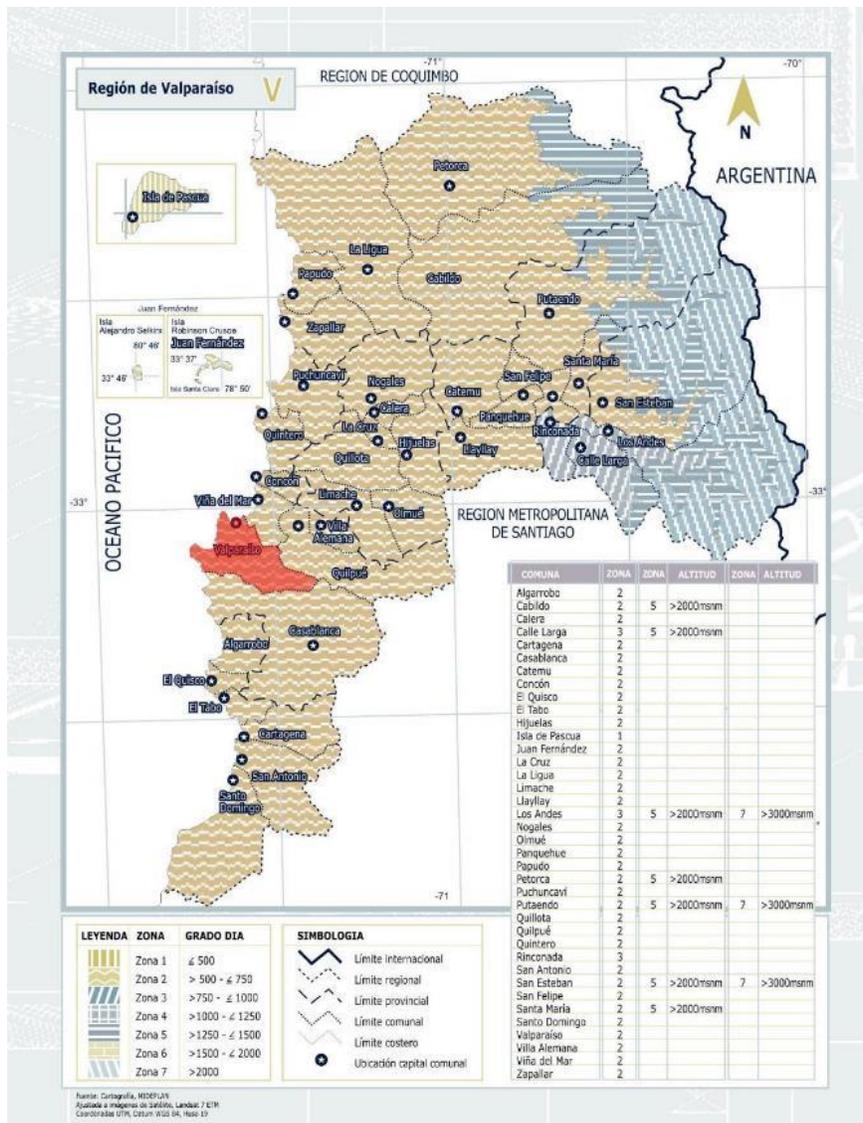
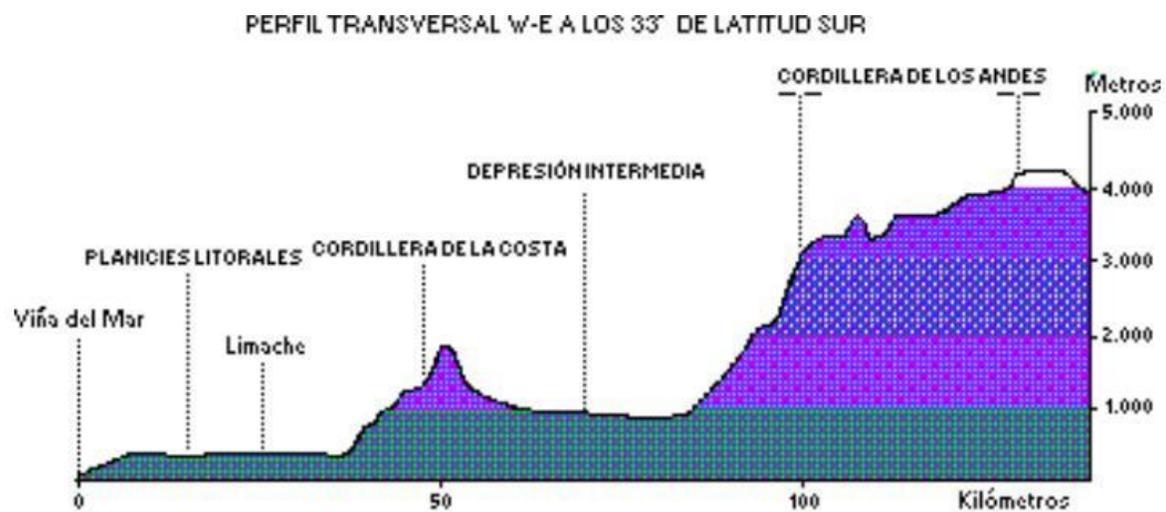


Figura 19, Mapa Zonificación Térmica Quinta Región de Valparaíso, Manual de aplicación reglamentación térmica, OGUC, Art. 4.1.10.

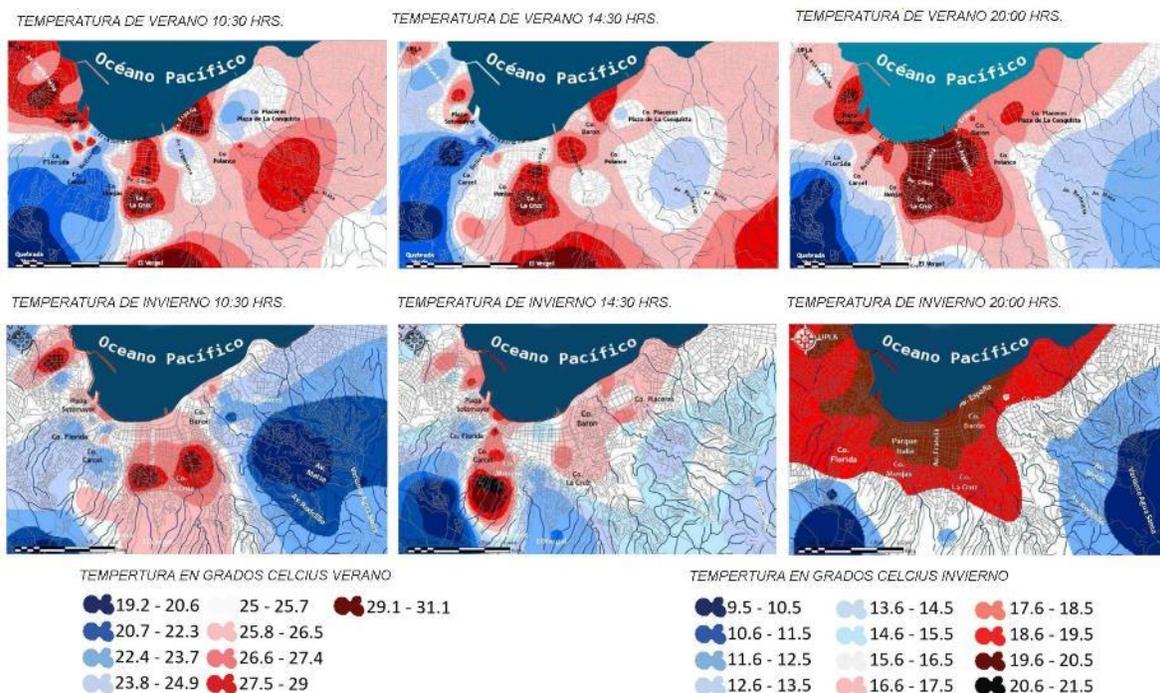
Para la ciudad de Valparaíso, la mayoría de la población vive en la zona centro templada, donde se tiene un clima clasificado nacionalmente (NCh 1079, 2008) como “Central litoral” o zona 2, mientras que para Santiago se tiene “Central Interior” o zona 3 y para Concepción se tiene “Litoral sur” o zona 4. En el caso de Valparaíso (Sarmiento, 2007), se caracteriza por alta influencia marina con baja oscilación térmica, alta humedad relativa y nubosidad matutina, con un promedio anual aproximado de 14,7°C, mientras que para enero 18,0°C y para Julio 11,8°C, vientos predominantes del S-O. Los veranos son secos y los inviernos húmedos con aproximadamente 400 mm de lluvia anuales, de los cuales aproximadamente 100 mm suceden en el mes de Julio.



**Figura 20, Borgel, R, 1983, Tomo II Colección Geográfica de Chile, IGM.**

Cabe destacar que, se entiende por clima “año estándar” a las características meteorológicas de cierta zona para un periodo de datos acumulados y promediados por 30 años, donde se consideran los promedios y rangos comunes para temperatura (mínima, máxima y media), humedad relativa, pluviosidad, radiación, viento, entre otros. Por lo que, a pesar de tener un clima definido, el clima de Valparaíso está afecto a cambios climáticos o años anormales, como sequía, los efectos de fenómenos meteorológicos como *El Niño* o *La Niña*, que pueden tener en los últimos periodos, mediciones diferentes a las del clima estándar.

Según D’Alencon (2008), Valparaíso posee un clima mediterráneo de gran nubosidad con veranos secos y tibios e inviernos húmedos y templados. Sin embargo, la distribución de temperaturas está condicionada por tres factores principales: la cercanía al mar, la topografía del anfiteatro de Valparaíso y la urbanización.



**Figura 21, Temperatura atmosférica de Valparaíso, Enero 2008, Laboratorio de medio ambiente y territorio, Universidad de Chile.**

Se puede observar en la figura 21, que en la zona del plan de Valparaíso hay un aumento en la temperatura, en la cual, la sensación térmica es mayor, esto se debe a que se presenta el fenómeno de *isla de calor*, a diferencia de los sectores altos de la ciudad, donde se aprecia un descenso en la temperatura debido a la altura sobre el nivel del mar y el influyente factor de la vegetación abundante y los vientos sur oeste, provenientes del océano pacífico.

La zona del caso de estudio presenta un promedio de temperaturas no superior a los 25°C la mayor parte del año, según la gráfica de zonificación (figura 21), debido a la altura que presenta la zona respecto del plan de Valparaíso y la influencia de los vientos sur oeste y norte dependiendo de la estación del año.

## 4 Capítulo 4: Confort Térmico

### 4.1 Parámetros de Confort

*“Es interesante el hecho de que en realidad el aislamiento de cualquier tipo no evita que el calor pase por él, simplemente disminuye la velocidad con que penetra el calor, hasta una casa caliente, bien aislada, se enfría en forma gradual. El aislamiento solo desacelera la transferencia de calor”. (Hewitt, 2002)*

Para tener una noción de confort térmico es necesario definir en primera instancia los parámetros del confort. Para ello, este último puede definirse operacionalmente como el rango de las condiciones del entorno consideradas aceptables dentro de un espacio habitable, en el que el ser humano desarrolla sus actividades. La ausencia de confort implica una sensación de incomodidad o molestia, ya sea por frío, calor, deslumbramiento, por exceso de ruido, por olores desagradables y por falta de iluminación, entre otros” (Bustamante 2009, p. 37).

Según Serra, R. Coch, H. (1995) debemos distinguir claramente los dos tipos de agentes que influyen en este confort, parámetros ambientales y factores del usuario:

**Parámetros ambientales de confort** son manifestaciones energéticas, que expresan las características físicas y ambientales de un espacio habitable, independientemente del uso del espacio y de sus ocupantes. Estos parámetros pueden ser específicos para cada uno de los sentidos (térmicos, acústicos, visuales), y ello permitirá que, en muchos casos, se puedan “calcular” con unidades físicas ya conocidas (grado, centígrado, decibelios, lux) al ser unidades de medida de las condiciones energéticas que se producen en un ámbito determinado.

Otro tipo de parámetros son los generales, que afectan a todos los sentidos a la vez, como las dimensiones del espacio, el tiempo, etc.

**Los factores de confort del usuario** son condiciones exteriores al ambiente que influyen sobre la apreciación de este, dependiendo de la respuesta de los usuarios de acuerdo a las determinadas condiciones individuales (culturas, sociales, psicológicas, genética, entre otras).

Al hablar del confort térmico no debemos olvidar el aspecto de la calidad del aire para la respiración, con sus posibles olores y que en la práctica se considera indirectamente, fijando como parámetros la renovación del aire del local. Además, considerar el aspecto acústico, el cual se considera de manera indirecta en la evaluación del confort.

El confort térmico, se puede abordar profundamente desde la temática del intercambio energético entre el cuerpo y el ambiente, el ser humano como animal de sangre caliente, mantiene una temperatura constante interior frente a las variaciones exteriores, para eso ocupa los mecanismos de regulación conocidos como “homeostasis” (Según Serra, R. Coch, H. 1995)

Los parámetros térmicos de un ambiente serán los que influyen sobre los mismos:

**Temperatura del aire** que envuelve el cuerpo, que regula la cesión de calor por conducción-convección y por respiración.

**Temperatura de radiación** media ponderada de las superficies que envuelven el cuerpo, que influye sobre los intercambios radiantes.

**Humedad relativa del aire** que modifica las pérdidas por evaporación de transpiración y la humedad cedida con la respiración.

**Velocidad del aire** respecto al cuerpo, influyente en la disipación por convección y en la velocidad de evaporación de la transpiración.

#### 4.2 Modelo de Confort Térmico

El confort térmico, se entiende como la sensación de agrado de un individuo respecto de las condiciones confortables de un espacio interior. Este ambiente construido debe presentar características que aseguran las condiciones mínimas de habitabilidad que son principalmente determinadas por aspectos de dimensionamiento, técnicos y condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de actividades en situaciones de confort. Se define como “la condición de la mente que expresa satisfacción del ambiente térmico y es determinada mediante evaluación subjetiva” (ASHRAE, 2010), en otras palabras “el *confort o dis-confort* puede ser una sensación inconsciente, que en muchos casos solo reconocemos si alguna circunstancia hace que nos fijemos” (Serra, R. Coch, H. 1995).

El modelo de confort como parámetro psicofísico cuantificable es desarrollado por diversos investigadores desde la segunda mitad del siglo XX. Los estudios de Olgyay y Givoni son un punto de partida para numerosos modelos. Los modelos que han plasmado un impacto en la literatura científica, son, por ejemplo, las tablas psicométricas de Mahoney, los índices de voto medio estimado (PMV. predicted mean vote) y porcentaje de personas insatisfechas (PDD. predicted percentage dissatisfied) de Fanger y los triángulos de confort de Evans. Por otra parte, la *American Society Of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*(ASHRAE) ha optimizado modelos de confort que evolucionan de acuerdo a las necesidades, aunando algunas de estas investigaciones (Rubio\_Bellido2014).

En la presente investigación, se utilizan modelos ASHRAE para establecer las condiciones de borde del clima de Valparaíso.

#### 4.3 Elección del Modelo

Para el presente estudio utilizaremos la herramienta computacional "*climate consultant 6.0*" que sigue los estudios de Givoni y Fanger, donde se muestran tres modelos de confort de ASHRAE y uno de California, en el cual "no contemplaremos el modelo de California, por ser específicos de esta localización y el *ASHRAE Standart 55* por las siguientes razones: el modelo no tiene en cuenta humedad relativa en la ventilación natural y establece los límites de confort hasta porcentajes de humedad relativa muy bajas" (Rubio-Bellido 2014), lo cual no concuerda con el caso específico de estudio que presenta altos niveles de humedad relativa que incide en el cálculo del confort térmico. A continuación, se describen los modelos a utilizar:

- *Adaptative Comfort Model in ASHRAE Standart 55-2010*. Este modelo de confort se basa en espacios con ventilación natural, donde los ocupantes pueden abrir o cerrar las ventanas, su respuesta térmica depende en parte del clima exterior. Este modelo supone que los ocupantes adaptan su ropa a las condiciones térmicas, y son sedentarios (1.0 a 1.3 MET); (Liggett and Milne 2015)
- *ASHRAE HAndbook of Fundamental Comfort Model 2005*. La zona de confort se modifica según el nivel de ropa (Clo), la actividad metabólica (Met), la velocidad del aire, la humedad y la temperatura media radiante, adaptando el nivel de ropa para invierno (1 Clo. Ropa media) y

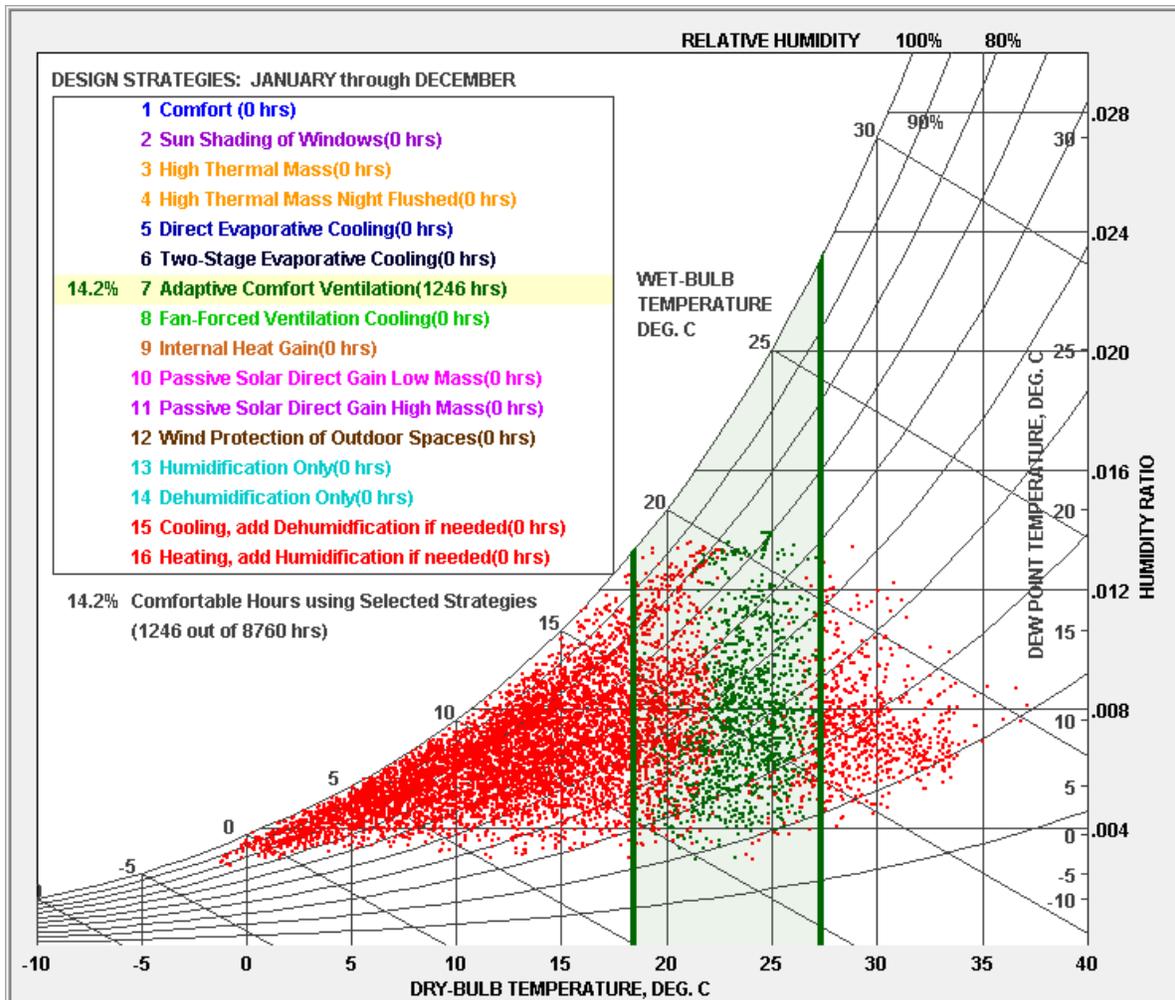
verano (0.5 Clo. ropa ligera) con actividad metabólica constante de (1.1 Met. sentado). (Rubio-Bellido 2014)

Para ejecutar el cálculo en el software Climate Consultant 6.0, se utilizó un archivo climático EPW (Energy Plus Weather Data), el cual corresponde a la estación climática EMA ubicada en la costa e Valparaíso.

### **Modelo 1**

Con el siguiente modelo, *Adaptative Comfort Model in ASHRAE Standart 55-2010* se realizó una simulación a priori para establecer las condiciones de borde del sistema climático de la ciudad de Valparaíso. Este método determina las condiciones interiores de confort únicamente cuando los ocupantes pueden controlar el ambiente interno y se cumplan los siguientes criterios:

- los ocupantes pueden adaptar con libertad su ropa en las condiciones térmicas interiores o exteriores en un rango de 0.5 a 1.0 Clo.
- los rangos metabólicos de los ocupantes se encuentran entre 1.0 a 1.3 Met. (sedentarios)
- cuando la temperatura media del aire exterior sea mayor a 10°C y menor a 35°C.
- no debe existir sistemas mecánicos de refrigeración.



**Gráfico 1, tabla psicométrica, Adaptive Comfort Model in ASHRAE Standart 55-2010, Software Climate Consultand 6.0.**

En el grafico 1 anterior, se observa que el 14.2% del año se consigue confort con la apertura y manipulación de los vanos; es decir en 1246 horas de 8760 del año.

Si bien los datos son bajos, lo que expresan son las horas en que las condiciones exteriores están dentro de los límites de confort. También se puede observar una gran cantidad de horas de heating (puntos rojos bajo los 18°C), ya que gran parte del año las temperaturas de Valparaíso están por debajo de los límites de confort térmico.

	Anual	Ene	Feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Confort %	14,2	24,3	23,2	25,3	14,6	6,3	0	0	4,6	8,8	18,1	20,4	25,5
Horas de confort	1246	181	156	188	105	47	0	0	34	63	135	147	190
Horas totales	8760	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744

**Tabla 2, tabla de comportamiento anual del clima de Valparaíso en horas respecto del confort térmico según ASHRAE Handbook of Fundamental Comfort Model 2005, elaboración propia .**

Si observamos detalladamente la tabla 2, encontramos una variación considerable entre los meses de mayo a septiembre donde se observa un abrupto cambio en el comportamiento, agudizándose en junio y julio con cero horas de confort térmico. Este comportamiento confirma que el invierno en la ciudad de Valparaíso es imprescindible contar con una capacidad de almacenar calor para mejorar las condiciones internas de una vivienda sin mencionar los gastos asociados al valor de la energía requerida para aumentar las horas de confort térmico en una vivienda en Valparaíso.

## Modelo 2

Con el siguiente modelo, *Ashrae Handbook of Fundamentals Comfort Model de 2005*, se considera la zona de confort adaptativo con un nivel de ropa para invierno (clo 1 ropa media) y verano (0.5 clo ropa ligera), para las personas vestidas con ropa normal de invierno, las temperaturas serán de 20°C y 23°C (medido al 50% de humedad relativa), lo que significa que las temperaturas disminuyen ligeramente a medida que se eleva la humedad. El límite de humedad superior es de 17.8°C del bulbo húmedo y un punto de rocío inferior de 2.2°. Si las personas se visten con ropa de verano de peso ligero, entonces esta zona de confort se desplaza a 2.8°C más caliente (Liggett and Milne 2015), también es considerada la actividad metabólica sedentaria (1.0 y 1.1 Met).

La reflexión que se realiza con el método *Ashrae Handbook of Fundamentals Comfort Model 2005* describe de manera general las estrategias a utilizar para asegurar el confort en el transcurso del año. Con este método podemos confrontar como las características arquitectónicas de la galería vidriada (muro de adobillo, disposición espacial, fachadas vidriadas, ventanas operables, entre otros) son a su vez estrategias de diseño pasivo aplicadas en estaciones de invierno y verano, tales como captar y acumular calor a través de la masa térmica en invierno y, para el verano las estrategias serían sombrear y ventilar.

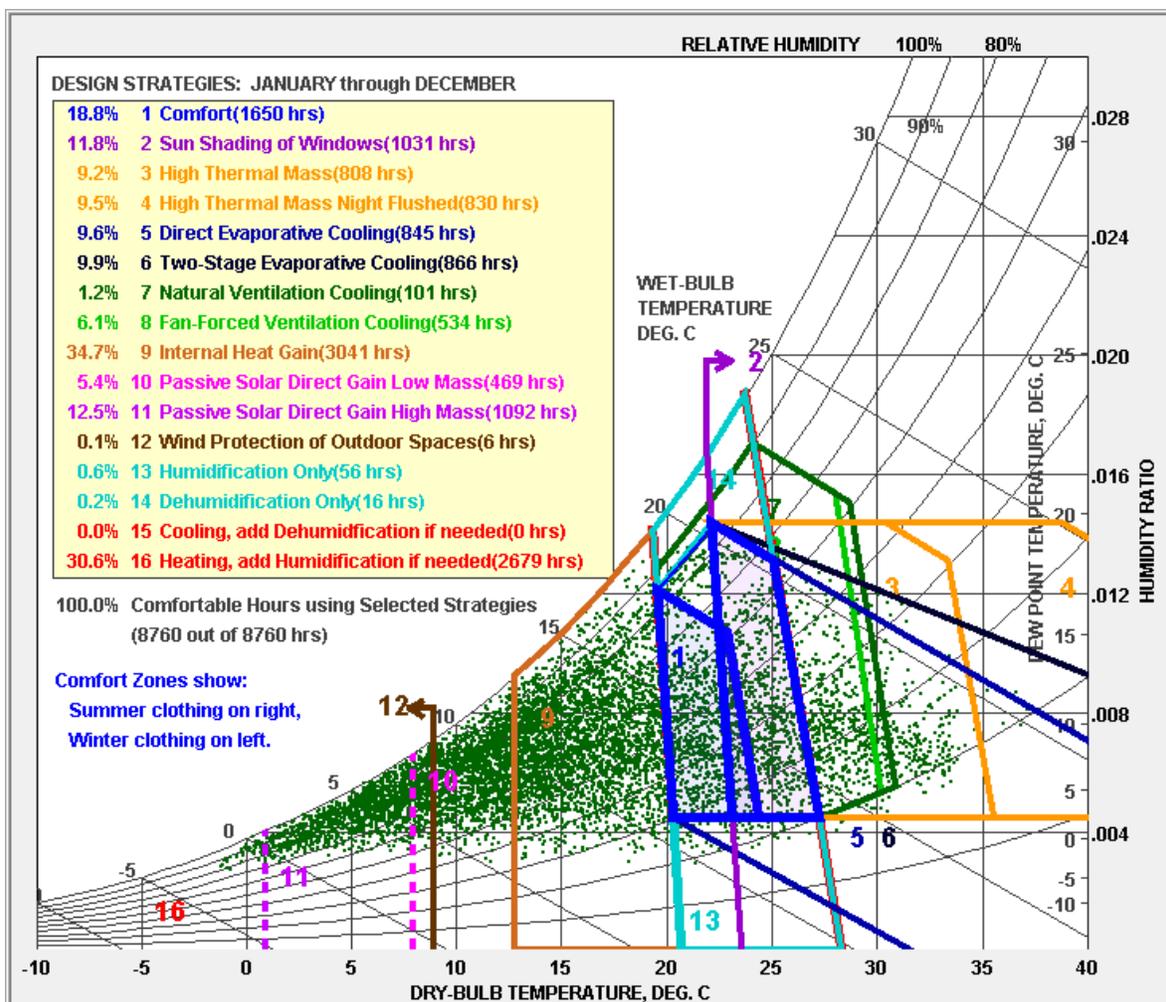


Gráfico 2, Tabla Psicometrica Clima Valparaíso,, ASHRAE handbook of fundamentals Confort Model 2005, Software Climate Consultant 6.0.

Según el método expuesto por el ASHRAE 2005 analizado en el programa *Climate Consultant 6.0* la combinación de estas estrategias se podría obtener un 100% de horas de confort en el año (8760 horas del año) de acuerdo al gráfico 2. Se aprecia en primer lugar que, los niveles de confort sin la utilización de ninguna de estas estrategias son de 18.8% (1650 horas) levemente más alto que el conseguido con el Modelo Adaptativo de ASHRAE 14.2 % (1246 horas), según Rubio-Bellido (2014), “esto se debe a una ligera desviación que se justifica en que el modelo toma en cuenta la radiación (global horizontal) y la humedad relativa, que son determinantes en climas templados con niveles de humedad altos”.

A continuación, analizaremos las estrategias propuestas por el software *Climate Consultant 6.0* y serán enumeradas correlativas al gráfico 2, en general las estrategias son equilibradas en relación a

las horas y porcentajes, la estrategia de ganancias de calor interno con un 34.7 % (3041 horas) arroja un valor fuera de la media para compensar los meses de junio y julio que son los que están fuera del rango de confort con cero horas. La estrategia de protección solar de ventanas (2) consigue un confort de un 11.8%(1031 horas), esta estrategia se recomienda principalmente en la fachada norte donde los ventanales de 2.4 metros de altura en verano debiesen tener protección para evitar el sobre-calentamiento. Referente a las estrategias (3), (4) , (11) y (10), respecto a la masa térmica aportan un total de 36.6% (3199 horas) indistintamente, cada una de estas estrategias equilibradamente tributan en distintos momentos del año al confort generando una gran capacidad de conseguir ganancias solares, también poseen la capacidad de enfriarse por ventilación nocturna, estos datos nos confirman la importancia de las estrategias con masa térmica en estos climas, ya que de manera mixta aportan tanto para estaciones de invierno como para verano.

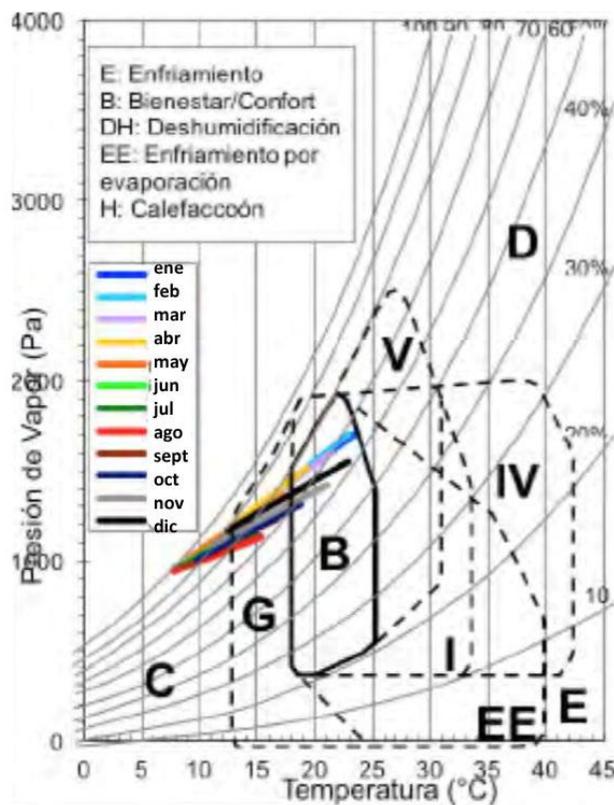


Gráfico 3, Hammersley, UTFSM 2005, recuperado de Visión de ciudad para Valparaíso, CCHC, 2018.

En el gráfico 3 podemos apreciar las 12 rectas del diagrama de Givoni para Valparaíso, salvo para los meses de julio, agosto y septiembre, están plenamente en el perímetro del bienestar. Los meses indicados necesitan generar ganancias o aprovechamientos de calor y posteriormente aislarlos, si no existen estrategias pasivas se debe agregar calor a través de una fuente externa.

### **Sensación térmica: incidencia de la humedad**

Según R.G. Stedman (USA), en el verano, la humedad es el elemento que aumenta la sensación de bochorno. En su investigación desarrolló el parámetro de sensación térmica como efecto combinado de calor y la humedad, a partir de estudios sobre la fisiología humana y sobre la transferencia de calor entre el cuerpo, la vestimenta y el entorno. Cuando la humedad es elevada, el valor de la sensación térmica excede al de la temperatura del aire. En este caso, la sensación térmica cuantifica la dificultad que el organismo encuentra para disipar el calor producido por el metabolismo interno y la incomodidad asociada con una humedad excesiva. Si la humedad es baja, la sensación térmica es menor que la temperatura del aire, en este caso el parámetro mide el aumento de la sensación de bienestar, producido por un mayor enfriamiento de la piel debido a la mayor evaporación de la transpiración favorecida por la baja humedad del aire. Cuando la temperatura es menor que 32°C (temperatura de la piel), el viento disminuye la sensación térmica. En cambio, si la temperatura supera los 32°C la aumenta. A continuación, se presenta la tabla para calcular sensación térmica.

#### **4.4 Humedad Relativa:**

La cantidad de vapor de agua presente en el aire, es lo que conocemos también como humedad. Cuando decimos que el aire está muy seco lo que queremos decir es que contiene poco vapor de agua, es decir, que contiene poca humedad. (Hewitt, 2004)

De la idea anterior es previsible pensar que se van a desarrollar pocas nubes en un día muy seco. Por el contrario, si el aire contiene mucho vapor de agua, es decir, contiene mucha humedad, será frecuente que se desarrollen nubes, se forme niebla e incluso haya precipitaciones, la relación entre la humedad y la temperatura y la cantidad de vapor de agua que puede contener una masa de aire, depende de la temperatura, a medida que va aumentando la temperatura del aire, éste es capaz de contener más humedad, por eso, el aire tiene menos capacidad para contener vapor de agua a 5°C que a 15°C, por ende a mayor temperatura del aire, éste puede contener mayor cantidad de vapor

de agua. Por otro lado, a una temperatura dada, el aire puede contener como máximo una cierta cantidad de vapor de agua, por lo cual cuando una masa de aire contiene la máxima cantidad de vapor de agua que puede contener a esa temperatura, se dice que el aire está saturado. Para expresar el grado de saturación de una masa de aire, se mide lo que se conoce como humedad relativa, la cual relaciona la cantidad de vapor de agua presente en una masa de aire, con la que podría estar presente en esa cantidad de aire, si éste estuviera saturado totalmente. (Hinz, E, González, E, Oteiza, P, Quiroz, C, 1986)

Cuando hablamos de contenido de humedad nos estamos refiriendo a la cantidad de vapor de agua presente en una masa de aire. Cuando hablamos de saturación estamos refiriéndonos al grado de saturación del aire. Cuando hablemos de humedad relativa, nos referiremos a la cantidad máxima de vapor de agua que puede tener el aire a una temperatura dada.

Hemos de hacer patente que la humedad relativa puede variar, incluso si el contenido de humedad (contenido de vapor de agua) de una masa de aire permanece constante. También podemos decir que la humedad relativa suele alcanzar su valor máximo normalmente cuando amanece, ya que es en ese momento cuando la temperatura del aire es mínima (y, por ende, es cuando tiene menos capacidad para contener aire). En ciertos casos, el aire puede alcanzar su temperatura de saturación. en el caso de que se produzca la condensación, se pueden formar neblinas o nieblas. Posteriormente, a medida que va avanzando el día, la temperatura va aumentando y por ello, va disminuyendo la humedad relativa, lo que ocasiona la desaparición de nieblas o neblinas.

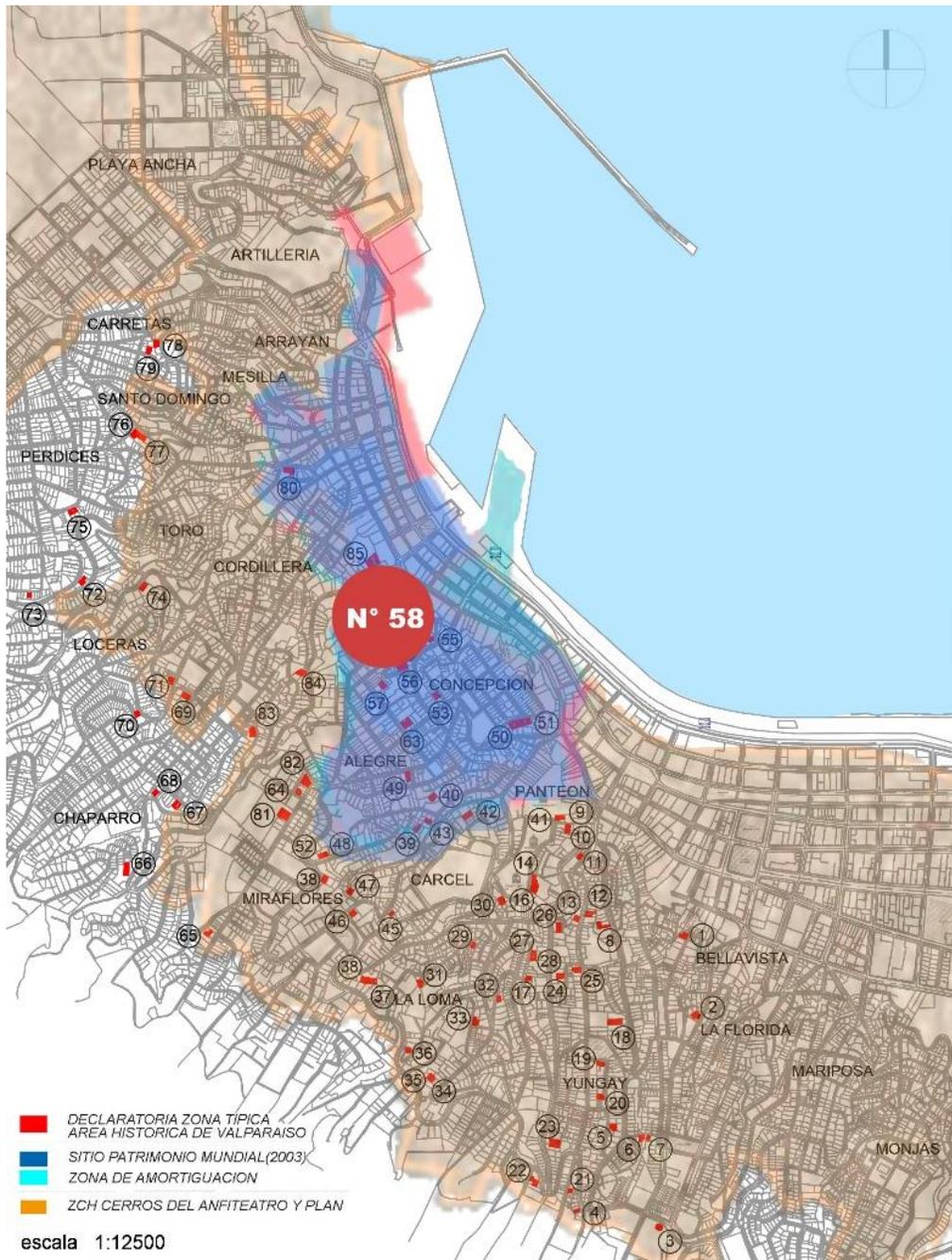
## **5 Capítulo 5: Caso de Estudio**

### **5.1 Casa Leighton # 11**

Se plantea en este estudio que la perduración en el tiempo de una especie o forma, según las teorías evolucionistas, se determina por una adaptación al entorno; de esta manera, realizando una analogía, aquellas construcciones que permanecen en el tiempo y sobreviven a los rigores del clima se encuentran más adaptadas al entorno y proporcionan un mayor grado de bienestar a sus moradores, es así como en Valparaíso se observa en sus casas un afán por captar el sol y el mar de modo de contemplar confortablemente el horizonte en las galerías vidriadas.

A continuación, se realizará la descripción del caso de estudio mediante planimetría arquitectónica, posteriormente mediante dos herramientas metodológicas, mediciones in situ y simulaciones dinámicas, se realizará un análisis del desempeño térmico ambiental de la galería vidriada y de la influencia del muro “Platform frame” con relleno de adobillo, con respecto a las horas de confort según modelo de confort térmico.

Plano General Catastro



**Figura 22, elaboración propia, 2019, plano de catastro, lugar caso de estudio, elaboración propia.**

El sector donde se ubica el caso de estudio es justo en la parte más alta de la escalera El Peral a un costado del ascensor El peral, en el Cerro Alegre, este lugar constituye una pequeña meseta sobre el muelle Prat y la plaza Sotomayor, tal como se indica con el N°58 en el plano de catastro. (figura 22)

Ficha del catastro

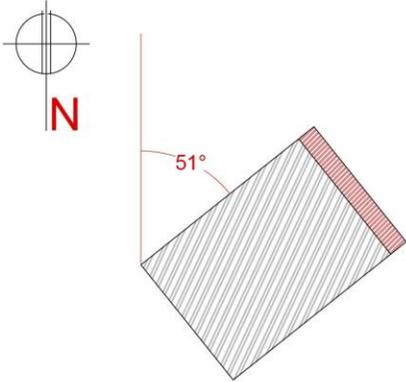
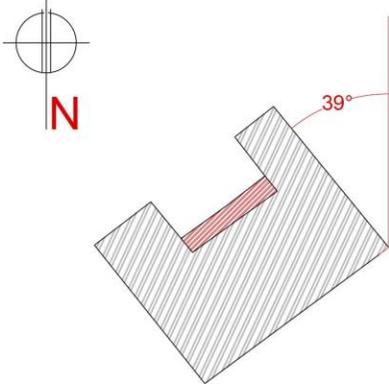
	
<p>N° 58</p> <p>UBICACION: CALLE LEIGHTON</p> <p>CERRO: CONCEPCION</p> <p>AZIMUT: 51° ESTE</p> <p>SIST. CONSTRUCTIVO: PLATFORM</p> <p>FRAME/ MURO DE ADOBILLO</p> <p>AÑO DE CONSTRUC.: 1900/1910</p> <p>USO GALERIA: ESTAR /OCIO</p>	
	
<p>N° 63</p> <p>UBICACION: CALLE LAUTARO ROZAS</p> <p>CERRO: CONCEPCION</p> <p>AZIMUT: 39° OESTE</p> <p>SIST. CONSTRUCTIVO: PLATFORM</p> <p>FRAME/ MURO DE ADOBILLO</p> <p>AÑO DE CONSTRUC.: 1900/1910</p> <p>USO GALERIA: ESTAR /OCIO</p>	

Figura 23, Fichas Catastro, fotomontaje, elaboración propia.

Se elabora un catastro de los casos de galería vidriada que cumplen las especificaciones del estudio, en cuanto a materialidad, detalles constructivos, estilo arquitectónico, proporciones geométricas y si estos casos poseen galerías vidriadas, luego se elaboran fichas (Figura 24) de los 85 casos.

Para los alcances de esta investigación solo se logró establecer esta cantidad de casos, por la gran superficie de estudio y las condiciones topográficas de la ciudad, que ocultan las fachadas de algunas viviendas.

### Plano Emplazamiento

A continuación, se muestra el plano de emplazamiento de la casa de estudio, donde se localiza la vivienda con el número 58, contigua tres casas pareadas en batería también pertenecientes al catastro que son del tipo U con patio interior, también se indica el azimut de todas estas viviendas que corresponde a  $51^\circ$  este.



**Figura 24,plano emplazamiento caso estudio N°58, cerro Alegre, planimetría, elaboración propia.**



Figura 25, imagen caso de estudio, 2018, subida el peral Valparaíso, fotomontaje, archivo personal. En la siguiente imagen se muestran 4 casos del catastro: a= N°58(caso de estudio), b=N°59, c=N°60 y d=N°61, elaboración propia.

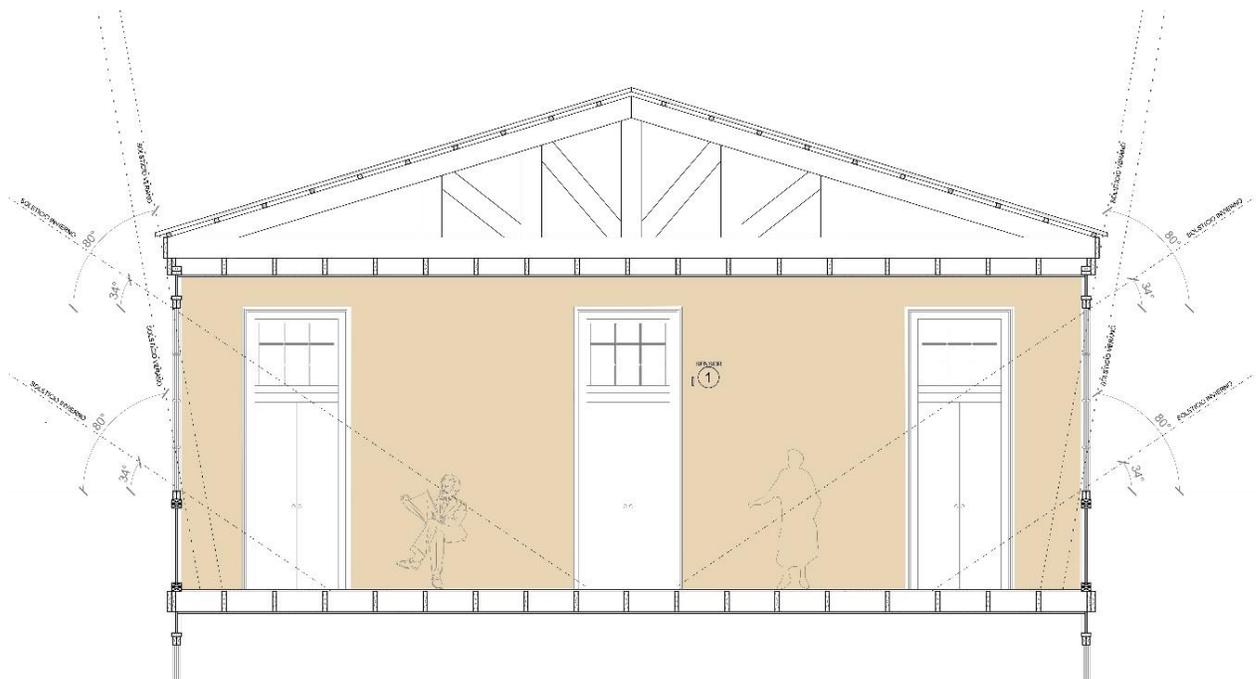


Figura 26, Planta arquitectura, galería vidriada, casa Leighton #11, caso de estudio N°58, 2019, planimetría, elaboración propia.

**Elevaciones Caso De Estudio**



**Figura 27, elevaciones caso de estudio, casa Leighton #11, caso de estudio N°58, Valparaíso, elaboración propia.**



**Figura 28, corte longitudinal galería vidriada caso de estudio, 2019, planimetría, elaboración propia.**

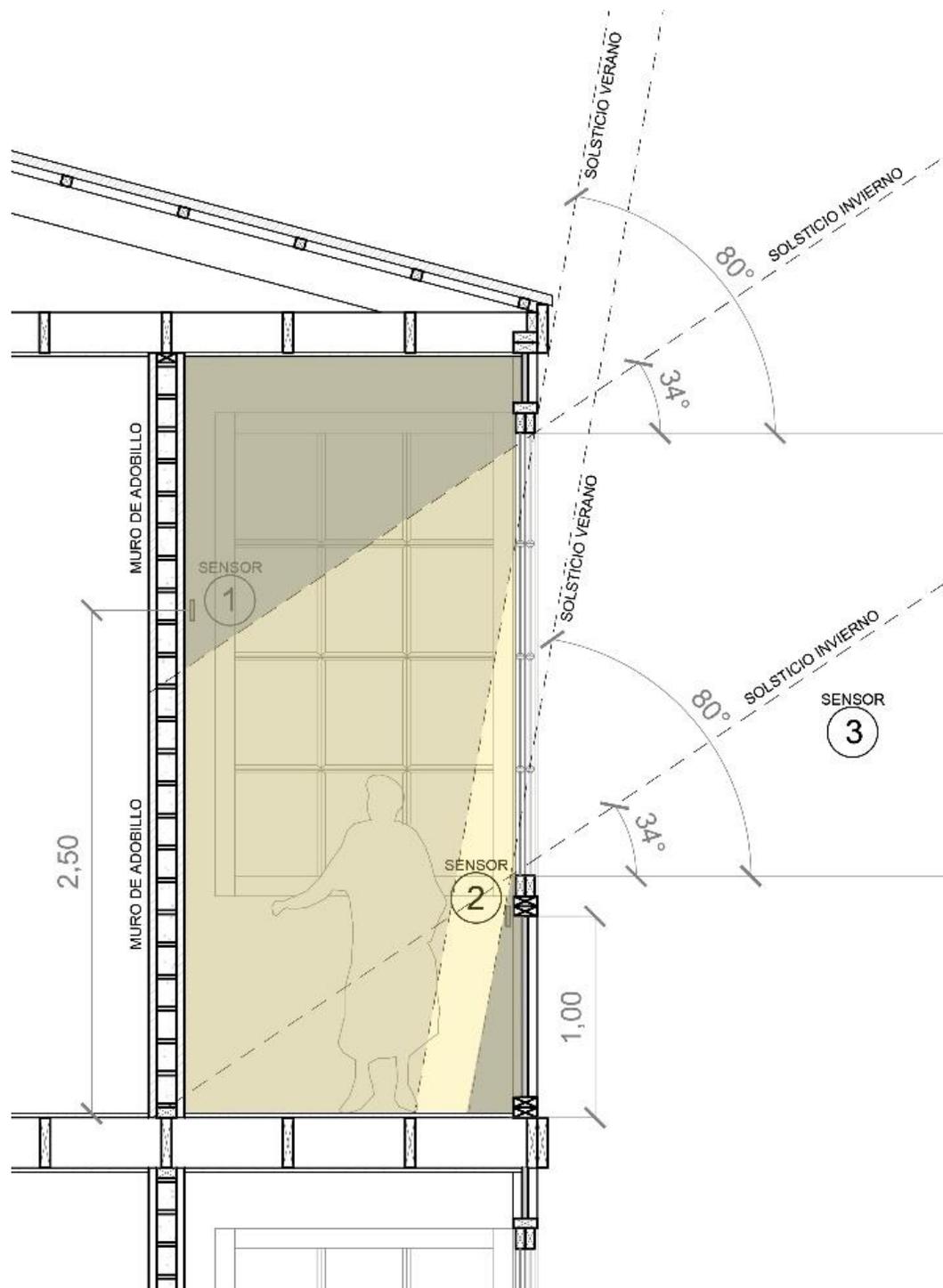
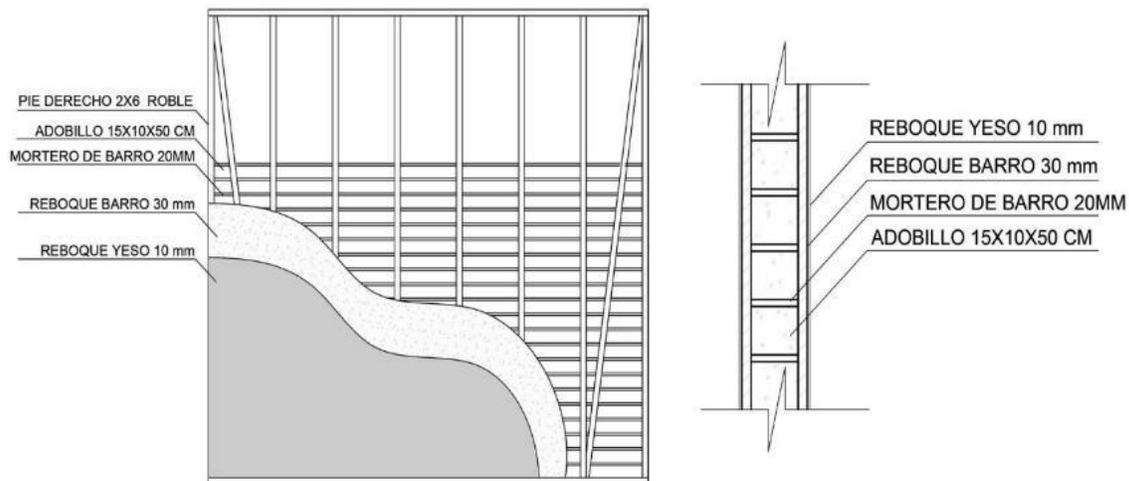


Figura 29, corte galería vidriada caso de estudio, 2019, planimetría, elaboración propia.

### Detalle Constructivo Muro "Platform frame" relleno de Adobillo Interior.



**Figura 30, descripción muro de adobillo, galería vidriada caso de estudio, 2019, planimetría, elaboración propia.**

## 5.2 Mediciones In Situ

Se consigue instrumento *Data Logger U12-012* a través de la Universidad Federico Santa María, Valparaíso, mediante la Doctora Nina Hormazábal, investigadora de la Escuela de Arquitectura de dicha universidad, donde se adquieren los equipos. Para ser utilizados en las mediciones, son reseteados, luego se procede a medir humedad relativa, temperatura del ambiente interior, temperatura del ambiente exterior y la temperatura superficial del muro interior de la galería vidriada. Estas mediciones se llevarán a cabo los meses de diciembre y agosto del año 2017 y 2018 respectivamente, en la casa con galería vidriada ubicada en calle Brighton, donde los propietarios se dispusieron a cooperar en esta investigación.

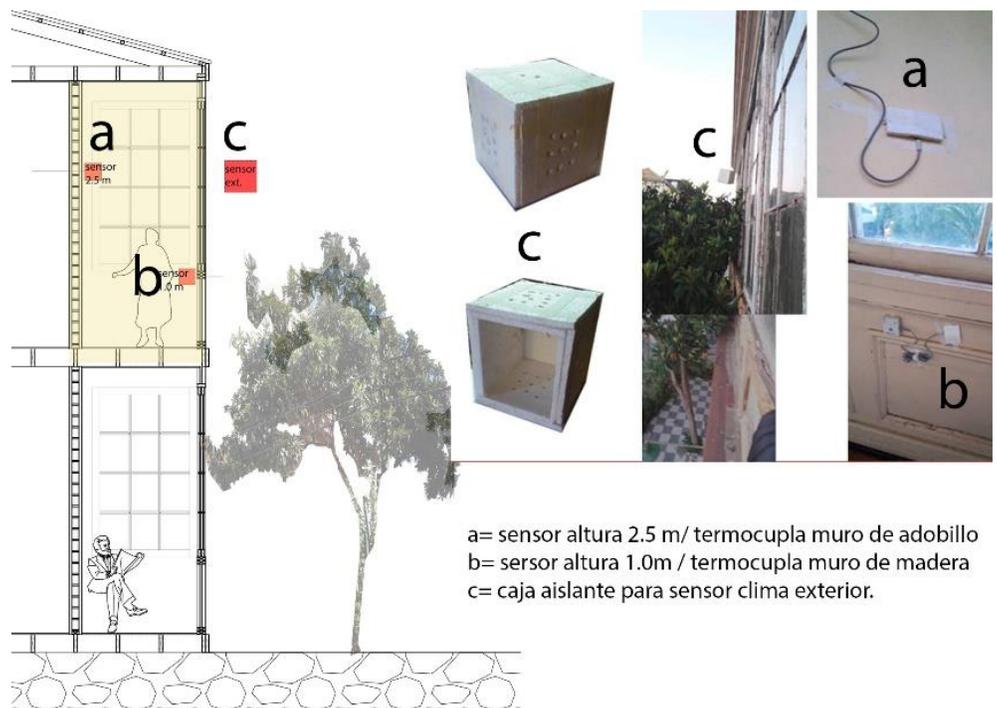
### 5.2.1. Localización de Instrumentos

Los instrumentos fueron colocados dentro de la galería vidriada a modo de medir las variables de humedad relativa, temperatura interior, temperatura del muro interior y temperatura exterior, estos fueron colocados bajo indicaciones de los tutores y de modo de obtener relaciones comparables con la simulación dinámica y así obtener cruce de información.

Se localizaron de dos maneras distintas los equipos, la primera para los periodos de agosto y diciembre de 2018 y la segunda para el periodo de febrero de 2019 se utiliza una localización distinta.

**Instalación A:**

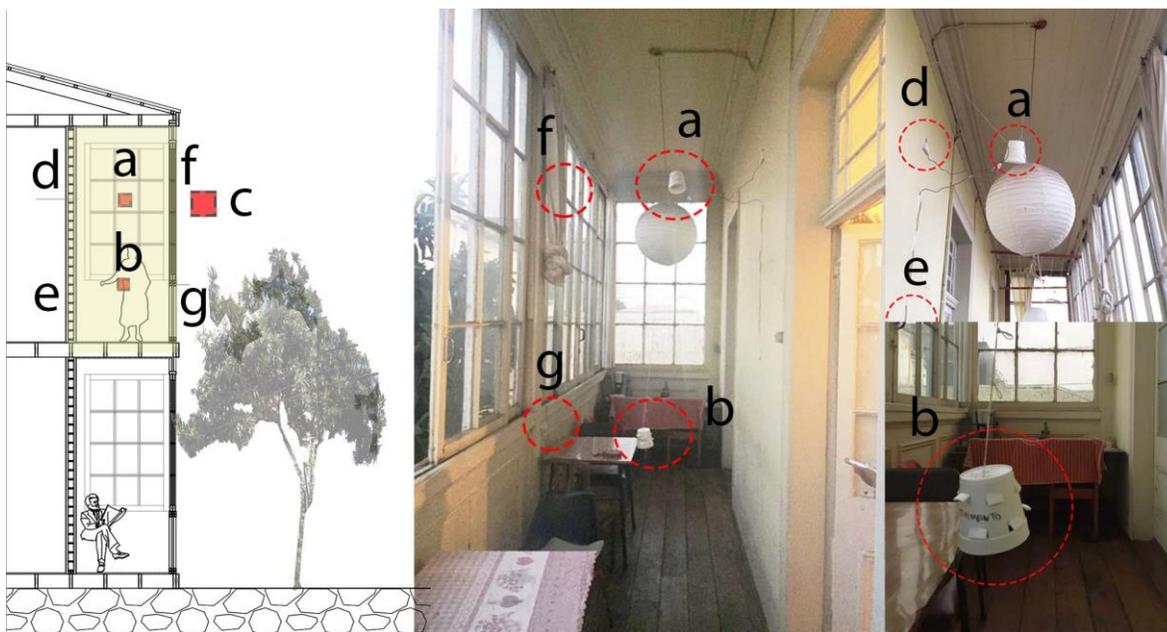
Se instala un sensor Data Logger U12-012 en el exterior para medir Temperatura del Aire y Humedad relativa ambiente, luego se instalan dos sensores Data Logger U12-012, uno a 2.5 metros de altura sobre el muro de adobillo con una termocupla que mide la Temperatura superficial del muro de adobillo. También se instala un sensor Data Logger U12-012 a 1.0 metros de altura sobre el muro de madera que sostiene la ventana con una termocupla que mide Temperatura de superficie del muro de madera, tal cual se explica en la figura 31. Esta tiene por motivo medir el sistema exterior/interior de la galería vidriada en dos épocas distintas del año, verano e invierno, se logo medir los meses de 3 de agosto al 20 de septiembre y del 20 de noviembre al 5 de diciembre.



**Figura 31, localización de sensores periodos agosto-diciembre 2018, HOBO DATA LOGGER U12-012, fotomontaje, elaboración propia.**

**Instalación B:**

Se instala un sensor Data Logger U12-012 en el exterior para medir Temperatura del Aire y Humedad relativa ambiente, luego se instalan dos sensores Data Logger U12-012, uno a 2.5 metros de altura en el eje central de la habitación con dos termocuplas que mide la Temperatura superficial del muro de adobillo a 2.5 metros y 1.0 metros de altura. También se instala un sensor Data Logger U12-012 a 1.0 metros de altura en el mismo eje central, a este sensor Data Logger U12-012 están conectados dos termocuplas que miden la temperatura superficial del muro de madera que sostiene la ventana, y la del marco de la ventana a una altura de 2.5 metros, tal cual se explica en la figura 30. Esta tiene por motivo medir el sistema exterior/interior de la galería vidriada y comparar desempeños térmicos a distintas alturas dentro de la galería, tal como se puede visualizar en la figura 32.



**Figura 32, localización de sensores periodos febrero 2019, HOBO DATA LOGGER U12-012, fotomontaje, archivo personal, a=sensor 2.5 m altura; b= sensor 1.0 m altura; sensor ambiente exterior; d= termocupla 2.5 m altura muro adobillo; e= termocupla 1.0 m altura muro de adobillo; f= termocupla 2.5 m altura marco madera; g= termocupla 1.0 m altura muro madera, elaboración propia.**

De acuerdo a la información obtenida en las conversaciones con los usuarios, los antecedentes que se encuentran involucrados en el uso de la galería vidriada son:

- **Actividad humana:** en la actualidad esta vivienda funciona como un hostel de larga permanencia, principalmente estudiantes extranjeros y trabajadores temporales de la región de Valparaíso, La galería vidriada se ocupa a modo de estar comedor y lugar de ocio

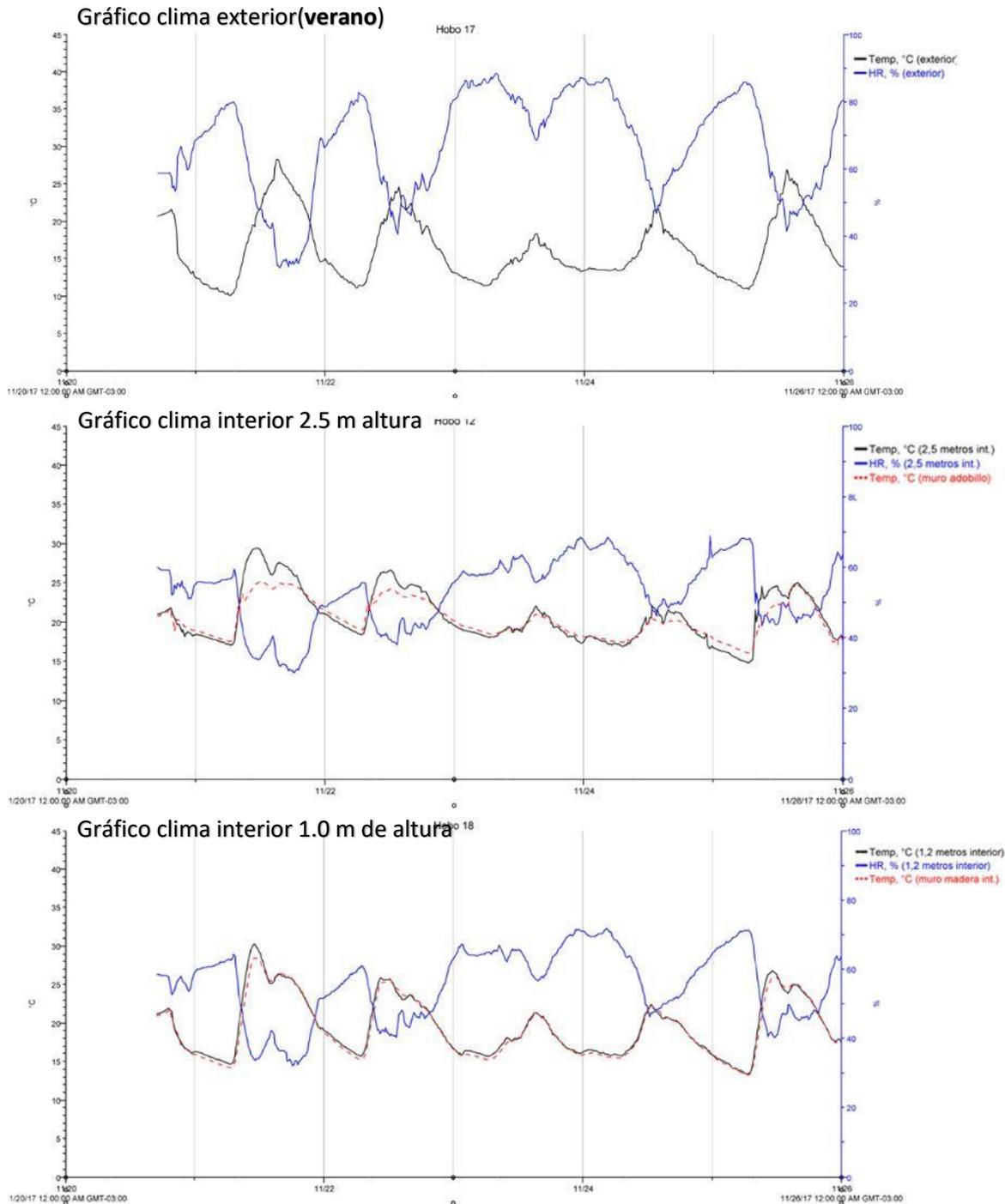
de las habitaciones adyacentes, también se realizan fiestas y es el lugar predilecto para festejar los fuegos artificiales.

- **Regímenes de ventilación:** en los meses más calurosos se abren 3 paños de ventana de 16 hojas (19% del total) a modo de corredera, estos se abren desde la 9 am hasta aproximadamente la hora que se esconde el sol, ya que Valparaíso tiene noches frescas en verano, en invierno si no hace mucho frio o llueve se abre solo un paño (7%del total), para ventilar.
- **Secado de ropa:** el funcionamiento del hostel proporciona a los huéspedes el servicio de lavandería por lo cual el lavado de ropa es siempre dos veces a la semana, días martes y sábado semanalmente, por lo cual esos días se cuelga ropa en la galería.

## 5.2.2. Resultados De Mediciones In Situ

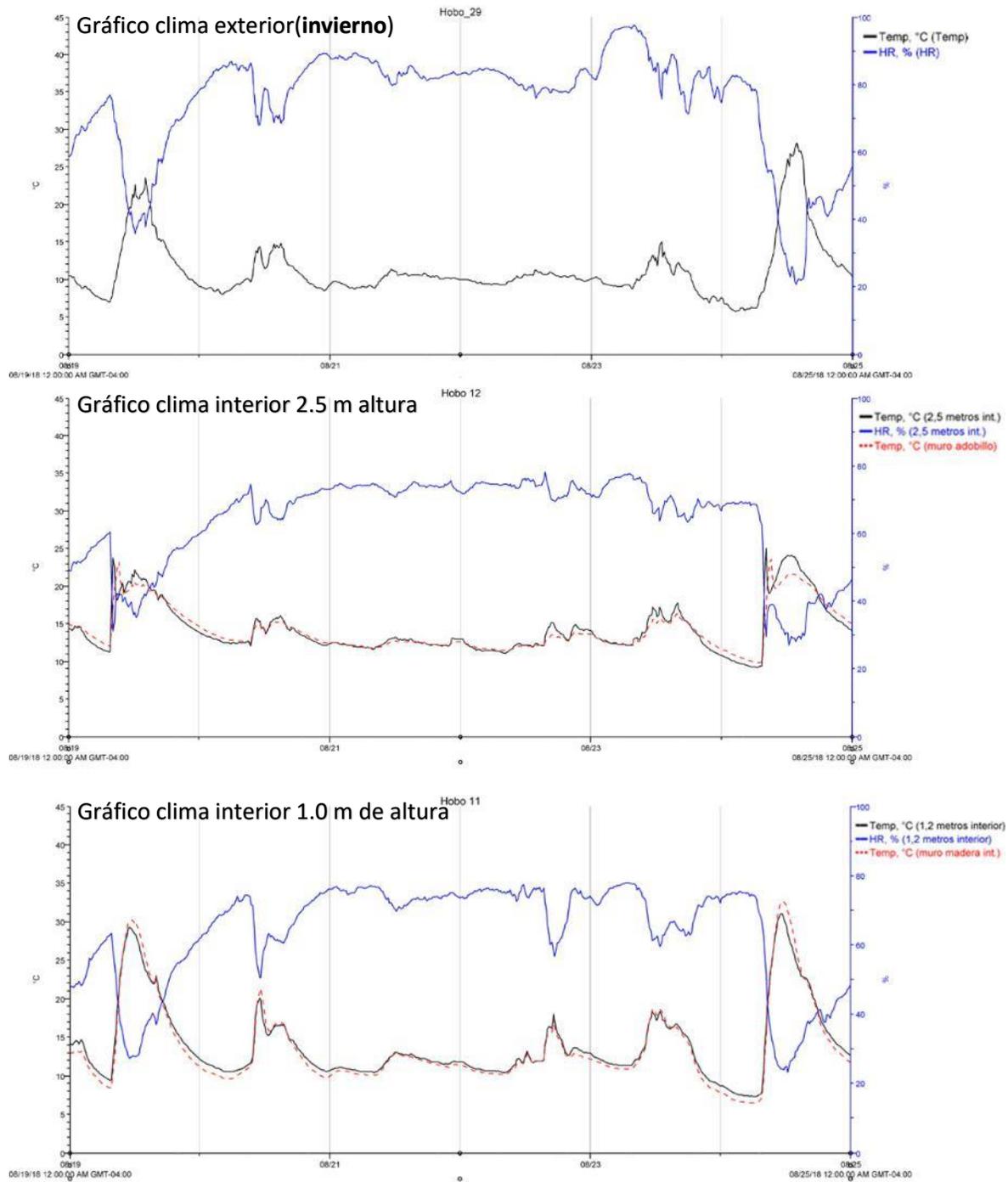
### Instalación A

#### Gráfico noviembre



**Gráfico 4, medición in situ periodo 21-25 noviembre 2017, software HOBOWare, elaboración propia.**

**Gráfico agosto**



**Gráfico 5, medición in situ periodo 20-23 agosto 2018, software HOBOWare, elaboración propia.**

El primer gráfico presentado muestra que la humedad relativa bordea el 90% respecto de una temperatura exterior de los casi 25° C. El promedio de la humedad relativa es del 73%.

El segundo gráfico muestra que a una altura de 2.5 m, la humedad relativa bordea 65% con temperaturas pick de 27°C. La temperatura del muro de adobillo se encuentra disminuida en 4°C respecto de los pick temperatura.

El tercer gráfico muestra que a una altura de 1.2 m, la humedad relativa bordea 73% con temperaturas pick de 30°C. La temperatura del muro de madera se comporta de manera similar a la temperatura del aire.

### **Conclusiones Verano**

Se observa que, la humedad desciende en un 20%. Al descender la humedad, las temperaturas aumentan, pero el comportamiento de las curvas se hace menos sinuosas debido al efecto de la masa térmica. El cambio de temperatura interior respecto de la exterior, se observa un incremento en 4°C en el promedio de la temperatura interior.

Se observa que, la humedad desciende en un 15%. Al descender la humedad, aumentan las temperaturas en 2°C (picks). El cambio de temperatura interior respecto de la exterior, se observa un incremento en 3°C en el promedio de la temperatura interior.

Respecto de las alturas, en la medición a 2.5m, observamos que la humedad es menor a mayor altura, a diferencia de lo que sucede a menor altura, donde la humedad es mayor. Este fenómeno físico responde al comportamiento de la humedad respecto de las diferentes alturas medidas.

El primer gráfico presentado muestra que la humedad relativa bordea el 95% respecto de una temperatura exterior de los casi 10°C. El promedio de la humedad relativa es del 72%.

El segundo gráfico muestra que a una altura de 2.5 m, la humedad relativa bordea 75% con temperaturas de 15°C, no se observan picks de temperaturas debido a la cantidad de días nublados. La temperatura del muro de adobillo se encuentra ligeramente por sobre la temperatura del aire.

El tercer gráfico muestra que a una altura de 1.2 m, la humedad relativa bordea 78% con temperaturas que bordean los 17°C. La temperatura del muro de madera se comporta ligeramente inferior a la temperatura del aire.

Se observa que, por efecto del muro de madera, la humedad desciende en un 15%. Al descender la humedad, aumentan las temperaturas en 2°C (picks). El cambio de temperatura interior respecto de la exterior, se observa un incremento en 3°C en el promedio de la temperatura interior.

Respecto de las alturas, en la medición a 2.5m, observamos que la humedad es menor a mayor altura, a diferencia de lo que sucede a menor altura, donde la humedad es mayor. Este fenómeno físico responde al comportamiento de la humedad respecto de las diferentes alturas medidas.

El primer gráfico presentado muestra que la humedad relativa bordea el 95% respecto de una temperatura exterior de los casi 10°C. El promedio de la humedad relativa es del 72%.

El segundo gráfico muestra que a una altura de 2.5 m, la humedad relativa bordea 75% con temperaturas de 15°C, no se observan picks de temperaturas debido a la cantidad de días nublados. La temperatura del muro de adobillo se encuentra ligeramente por sobre la temperatura del aire.

El tercer gráfico muestra que a una altura de 1.2 m, la humedad relativa bordea 78% con temperaturas que bordean los 17°C. La temperatura del muro de madera se comporta ligeramente inferior a la temperatura del aire.

### **Conclusiones Invierno**

En primer lugar, las gráficas muestran que tanto temperaturas como humedad tienen un comportamiento más estable; es decir, sin cambios aparentes y bruscos dentro de las curvas a diferencia de los picks presentados en el periodo de Diciembre (amplitud térmica).

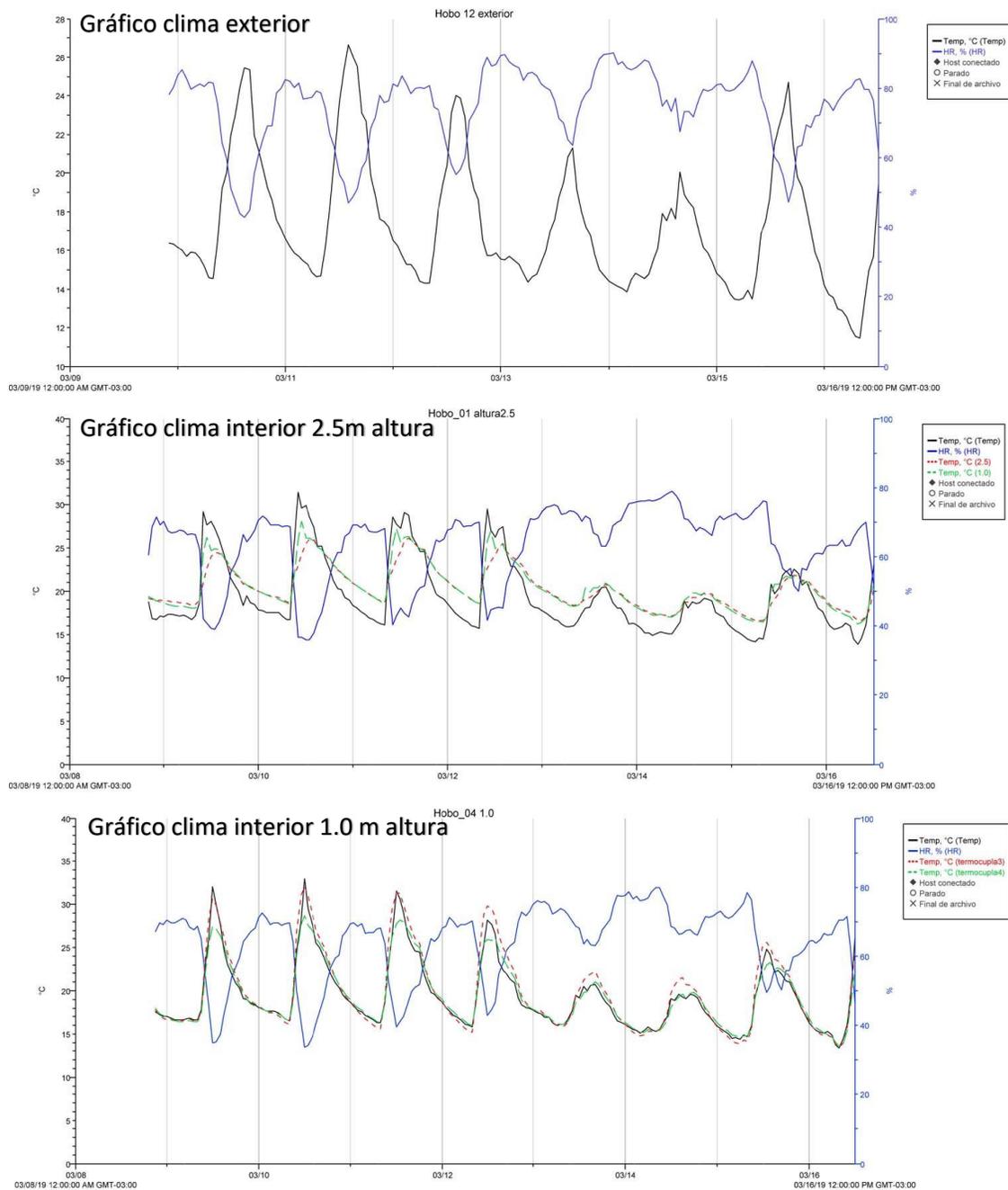
Se observa que, la humedad desciende en un 20%. Al descender la humedad, las temperaturas aumentan casi en 4°C. El cambio de temperatura interior respecto de la exterior, se observa un incremento en 4°C en el promedio de la temperatura interior.

Se observa que, la humedad desciende en un 15%. Al descender la humedad, aumentan las temperaturas en 2°C. El cambio de temperatura interior respecto de la exterior, se observa un incremento en 3°C en el promedio de la temperatura interior.

Respecto de las alturas, en la medición a 2.5m, observamos que la humedad es menor a mayor altura, a diferencia de lo que sucede a menor altura, donde la humedad es mayor. Este fenómeno físico responde al comportamiento de la humedad respecto de las diferentes alturas medidas.

De las mediciones in situ se establecen temperaturas mínimas, máximas y promedio justo fuera de la galería en el ambiente exterior estas fueron para el día 3 de septiembre una máxima de 36.3 °C, a las 14:30 pm, una mínima de 8.07 °C el día 24 de agosto a las 07:15 am y finalmente un promedio de temperatura de 13.6 °C para el periodo. También de esta misma manera para la humedad relativa se obtuvo una máxima de 98.5 % el día 18 de septiembre a las 08:30 am y una mínima de 19.2% el 25 de septiembre a las 13:45 pm cuna humedad relativa promedio de 72.7% para este periodo.

**Instalación B**



**Gráfico 6, medición in situ periodo 08-16 marzo 2019, software HOBOWare, de arriba hacia abajo: medición exterior, medición 2.5 m altura(termocuplas en muro de adobillo) y medición 1.0 m de altura(termocuplas en muro madera y ventanal), elaboración propia.**

<b>sensor exterior</b>				
	temp. Aire °C	H.R. %		
promedios	17,4	74,2		
minimas	11,4/ 8:00am	42,82/15:00pm		
max	26,6/14:00pm	90,2/01:00am		
<b>sensor interior altura 2,5 m/ termocuplas muro adobillo</b>				
	temp. Aire °C	H.R.%	termoc. 2,5m	termoc. 1,0m
promedios	19,3	63,7	20,3	20,4
minimas	13,9/8:00am	35,8/12:00pm	16,5/8:00am	16,2/8:00am
max	31,4/10:00am	78,9/9:00am	26,1/14:00pm	28,0/11:00am
<b>sensor interior altura 1,0 m/ termocuplas muro madera</b>				
	temp. Aire °C	H.R.%	termoc. 2,5m	termoc. 1,0
promedios	19,4	64,3	19,9	19,4
minimas	13,3/8:00am	33,5/12:00pm	13,4/8:00am	13,5/8:00am
max	33,0/12:00am	80,0/8:00am	32,0/12:00pm	28,6/12:00pm

**Tabla 3, resumen máximas, mínimas y promedios de temperatura y humedad relativa en mediciones in situ, periodo marzo 2019, elaboración propia.**

**Comentarios**

Se puede observar en el gráfico 6 el efecto de influencia de la pared sobre el sensor, ya que se hace notar mucho más el efecto de la masa térmica en la curva de registro de la temperatura del muro de adobillo a las dos alturas, 2.5 metros (curva roja) y 1.0 metros (curva verde) donde la curva roja por su altura alcanza menores temperaturas de pico versus la curva verde, pero su desplazamiento en tiempo sobre la curva de temperatura del aire interior es levemente mayor a la curva roja, se podría establecer que la parte alta del muro (2.5 metros) genera un leve efecto de desplazamiento de su temperatura superficial por sobre la parte baja del muro (1.0 metros). También se puede ver claramente la diferencia de comportamiento entre la temperatura superficial del muro estudiado y la temperatura superficial de la envolvente de la galería que no posee masa térmica.

**5.2.3. Termografía**

El uso específico de la termografía infrarroja como técnica no destructiva permite el estudio de sistemas constructivos en edificios históricos (caracterización de materiales, disposición constructiva e identificación de elementos originales (Pérez-Sánchez, J, C, 2016)

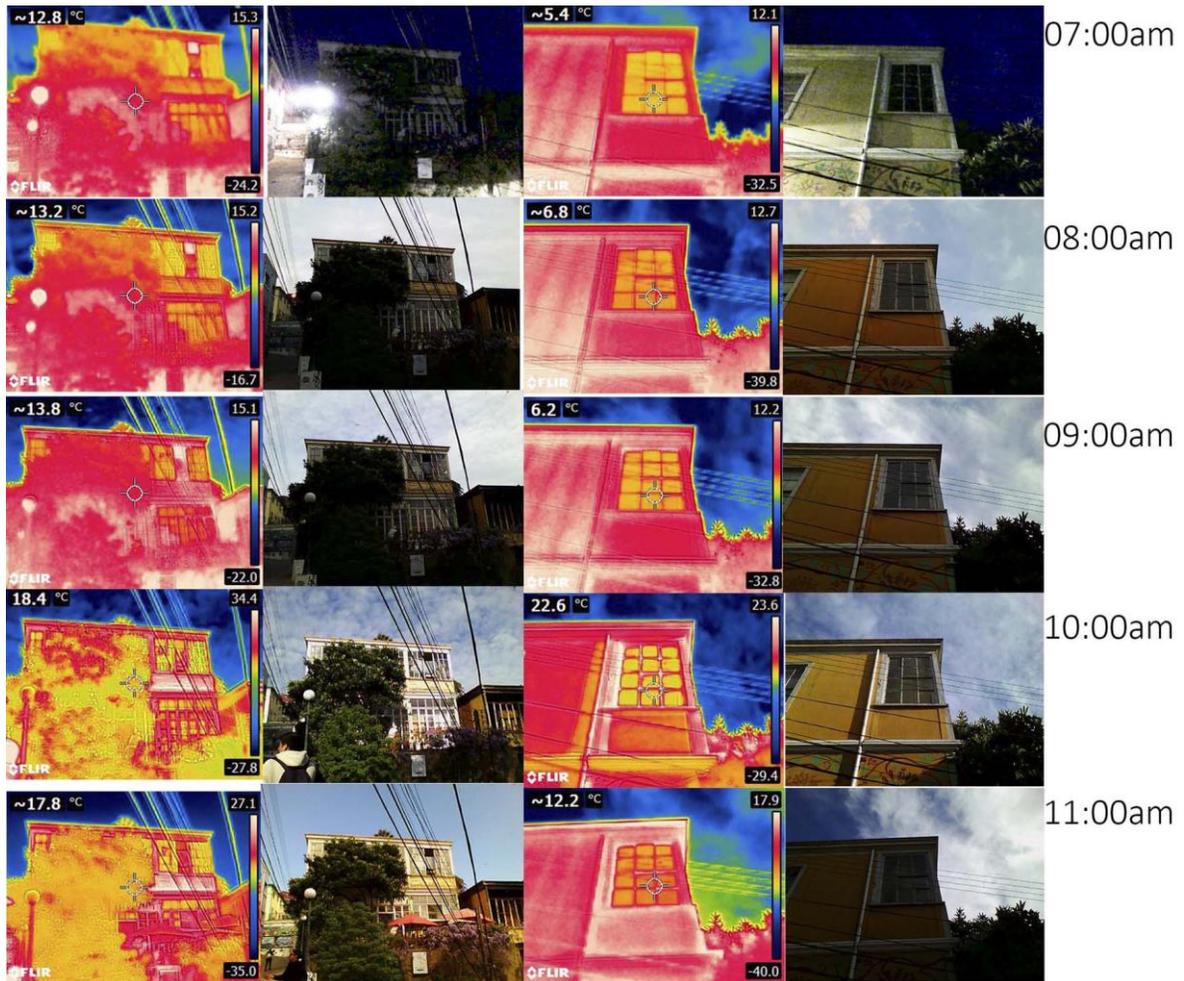
Estas son ideales que se tomen temprano en la mañana y entrando a la noche para que así se evidencien de mejor manera, sin influencias del asoleamiento, los contrastes del interior con el

exterior de lo que se quiere medir, también es importante evitar los días lluviosos ya que alteran la temperatura de superficie de los materiales. Para este estudio se pretende aplicar la termografía infrarroja en las fachadas de la galería, permitiendo la detección de posibles pérdidas energéticas y puentes térmicos, apareciendo humedades donde no las hay.

*En los documentos técnicos de termografía, la precisión se expresa en porcentajes y grados centígrados. Este es el margen de error en el que operara la cámara. La temperatura media mediada puede variar desde la temperatura real al porcentaje mencionado o la temperatura absoluta, la que sea mayor, El estándar del sector actual para la precisión es de  $\pm 2\%$  /  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ . (Guía de termografía para el mantenimiento predictivo, Flir, 2011)*

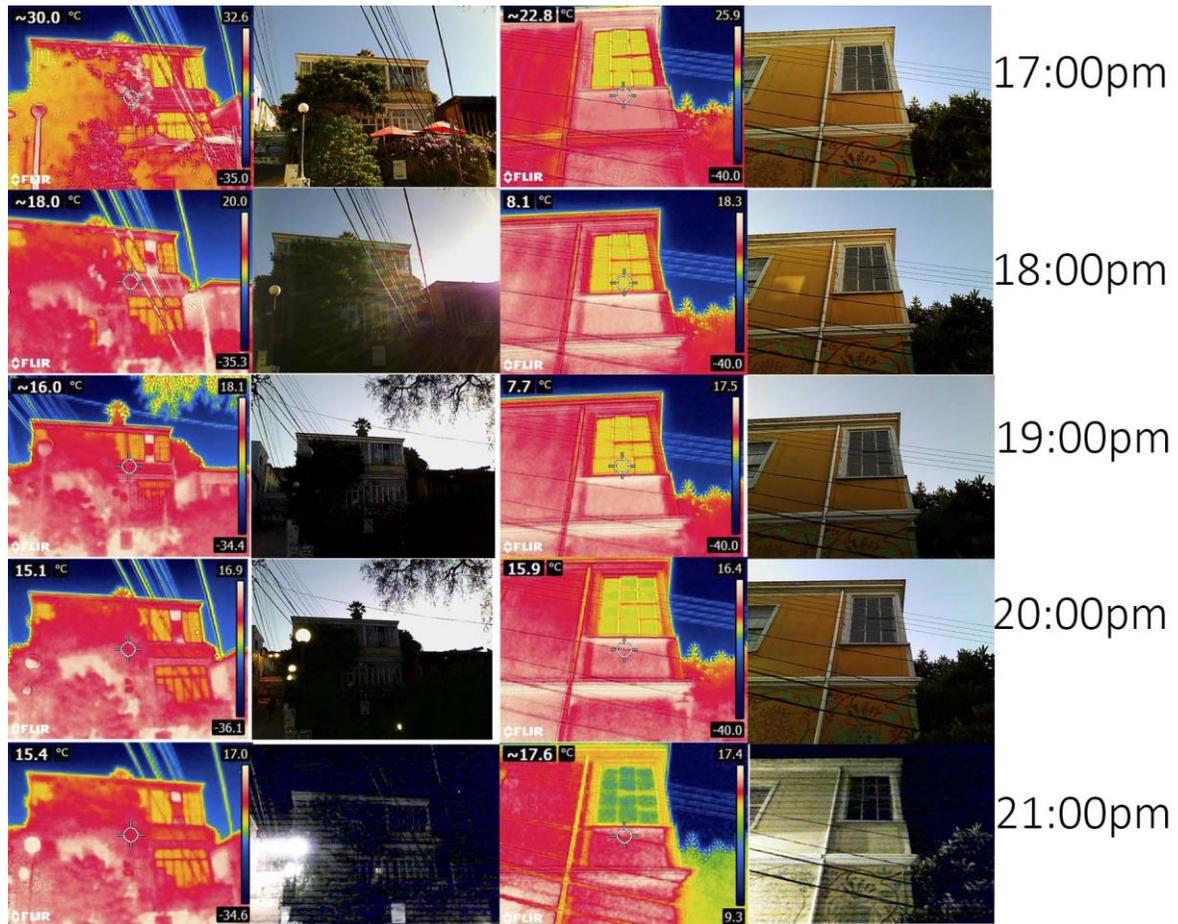
La evaluación mediante cámara termográfica se realizó a primera hora de la mañana, antes de que la radiación solar incidiera sobre el elemento produciendo el calentamiento generalizado de la toda la estructura. Se realizaron un total de 20 termogramas localizado dos puntos que permitieran visualizar de mejor manera las fachadas de la galería vidriada. En estos termogramas se visualizaron defectos y patologías de la estructura de la galería.

**Termografía Desarrollo Amanecer.**



**Figura 33, termografía amanecer12 de septiembre 2018, elaboración propia.**

**Termografía Desarrollo Atardecer.**



**Figura 34, termografía atardecer, 12 de septiembre 2018, elaboración propia.**

**Comentarios**

La termografía infrarroja es únicamente para esta investigación una herramienta auxiliar, por lo que no se pueden obtener conclusiones precisas y contundentes del comportamiento energético de la envolvente de la galería vidriada, en términos de la temperatura que se puede obtener a través de las gráficas, pero si podemos saber visualmente donde están los puntos más débiles y posibles fugas de energía. Se nota a simple vista que el revestimiento metálico de plancha de zinc ondulado comienza a tomar temperatura desde muy temprano y mantiene una temperatura más o menos uniforme durante el día siguiendo los cambios de temperatura.

Se observan tres comportamientos gráficos a nivel general de la casa, las ventanas, el medio muro de madera y el resto de la casa. De esta manera se observa que en la mañana en la imagen de

costado de la galería se marcan claramente los puentes térmicos, donde el pie derecho está más frío que el relleno del tabique en este caso el adobillo, pero en la tarde entrando en la noche sucede lo contrario los pies derechos están más calientes que el relleno de adobillo.

También podemos apreciar claramente que por donde primero comienza a perder calor la galería es por las ventanas, en la termografía de la las 21:00 pm toma de costado. También a esa misma hora se observa que en la termografía de frente la galería comienza a perder calor por el medio muro de madera notándose una mancha amarilla clara, este fenómeno también se comprueba con las termografías de las 7:00am se podría concluir que estuvo perdiendo calor toda la noche por este lugar.

Se puede observar que el medio muro de madera que soporta las ventanas se comporta en la mayoría de los casos de la misma manera que los puentes térmicos que se forman en las paredes de la vivienda constituyendo una gran superficie de pérdida sin aislación y de alta infiltración por su deterioro y mala mantención.

Finalmente, se hace notar que las termografías deben ser tomadas, en este tipo de construcciones, a objetivos cercanos de modo de conocer detalles de filtraciones y pérdidas, para observar este tipo de deterioro de elementos para proponer reparaciones.

### 5.3 Simulaciones

La simulación dinámica computacional consiste en una combinación de mediciones empíricas, verificaciones analíticas y técnicas de análisis comparativos. El proceso de simulación comienza con procedimientos como el diagnóstico y verificación analítica; es decir, mediciones in situ de las variables involucradas en el caso de estudio mediante la utilización de equipos calibrados y estandarizados, luego, obtención y recolección de datos experimentales, los cuales son incorporados en el archivo de entrada del programa de simulación utilizando simulación dinámica, posteriormente, del archivo de salida es posible recuperar información valiosa para el caso de estudio, ya que las variables utilizadas han sido medidas experimentalmente y por tanto, la validación del modelo es intrínseco a los mismos. Cabe mencionar que una simulación idealmente convencional contempla la medición experimental de todas las variables que participan del caso de estudio a evaluar y son estas mismas las que validan la simulación; es decir, obtengo una situación panorámica de qué “realmente” está sucediendo en el caso de estudio, incluyendo las horas de confort.

Existen casos de estudio, en los cuales, la factibilidad del uso de ciertos equipos es escasa, y con ello, es necesario parametrizar ciertas variables en el archivo de entrada de la simulación. Este caso, es bastante común y necesita de un análisis estadístico posterior debido a que no existe validación debido a la parametrización y/o estandarización de ciertas variables, pero genera un estudio comparativo que permite la optimización de los parámetros para la obtención de un rango de confort aceptable.

Las simulaciones realizadas y presentadas a continuación se encuentran enmarcadas en que ciertas variables fueron parametrizadas debido a la factibilidad del uso de ciertos equipos, con ello, se obtiene una “idealización” de lo que está sucediendo, incluyendo las horas de confort.

Con esta información es primeramente importante reconocer como y cuales variables influyen en un rango de confort estudiado y de segundo, optimizar estas variables en la mejora de un rango de confort aceptable. Esta tesis tiene por objeto, conocer los aportes al confort térmico del muro “Platform frame” relleno de adobillo, verificar la influencia del espesor, óptima orientación y las dimensiones de la galería vidriada, para obtener un rango de confort óptimo, con ello, la simulación toma un rol primordial en la recuperación de esta información, no obstante, las mediciones experimentales in situ deben ser ejecutadas con un protocolo de trabajo tanto en la calibración de los equipos como en los procedimientos realizados en la recolección de datos. Cabe mencionar, que

las simulaciones posteriores son realizadas de manera que los datos de infiltración, ventilación y conductividad térmica de muros y vidrios son tomados del Manual de hermeticidad al aire de edificaciones CITEC y Estándares de construcción sustentable para viviendas de Chile, MINVU y Art. 4.1.10. letra B N° 3 donde se rescata los valores de las tablas de Nch 853 respectivamente. (tabla 4)

	transmitancia térmica Valor U (W/m <sup>2</sup> K)			
	m. exterior	m. interior	vidrio simple	m. madera
simul. 13	2,893	2,626	5,8	3,2
cálculo Nch 853	2,23	2,38	5,8	2,94

**Tabla 4, valores comparados de transmitancia térmica obtenidos con el software DesingBuilder® y mediante calculo manual, ver anexo 1, elaboración propia.**

### 5.3.1. Validación

Se realiza una metodología de acercamiento al mínimo error entre los resultados de las mediciones in situ y la medición con software DesingBuilder®, a través de una comparación estadística que compara la similitud entre los datos arrojados en el mismo periodo por ambas herramientas.

Se establecen las variables temperatura del aire interior y humedad relativa al interior de la galería vidriada como datos a comparar para la validación.

Para analizar estadísticamente estos datos se calculan en cada contrastación los siguientes valores:

Error medio del pronóstico(EMP)

Error medio al cuadrado(EMC)

Desviación estándar de los errores(DEE)

Desviación absoluta de la media(DAM)

Porcentaje de error medio al absoluto(PEMA)

se comparan el total de datos de los días de las dos mediciones in situ, periodo 3 de agosto hasta el 20 de septiembre y 20 de noviembre hasta el 5 de diciembre, con una simulación en los mismos días del archivo climático de DesinBuilder®, esto arroja porcentajes de error estadísticos entre el 30 % y 40% en promedio para todas las variables, durante los dos periodos.

Al analizar y comparar las tablas de datos y las curvas arrojadas por ambas herramientas se establece que las diferencias de los días soleados y nublados entre el dato de la medición in situ y el archivo

climático del software son muy disimiles, y es por esto que tras varias simulaciones los porcentajes de error no disminuyen, llegando a la conclusión que se deben escoger de las mediciones in situ y del archivo climático conjuntos de días que se comporten de manera similar, para poder ser comparador en igualdad de condiciones.

- Se analizan las curvas y tablas de datos del archivo climático comparando con los datos de la medición in situ del sensor del clima exterior en ambos periodos, luego a través de contrastación estadística se obtienen dos periodos similares en comportamiento para el periodo agosto-septiembre y para el periodo noviembre-diciembre.

Estos periodos son:

periodo	desing builder	Med.in situ
noviembre	26,27,28,29,30	21,22,23,24,25
julio	23,24,25,26	
agosot		20,21,22,23

**Tabla 5, selección de días a contrastar entre medición in situ y archivo climático(EPW) para validación de simulación, elaboración propia.**

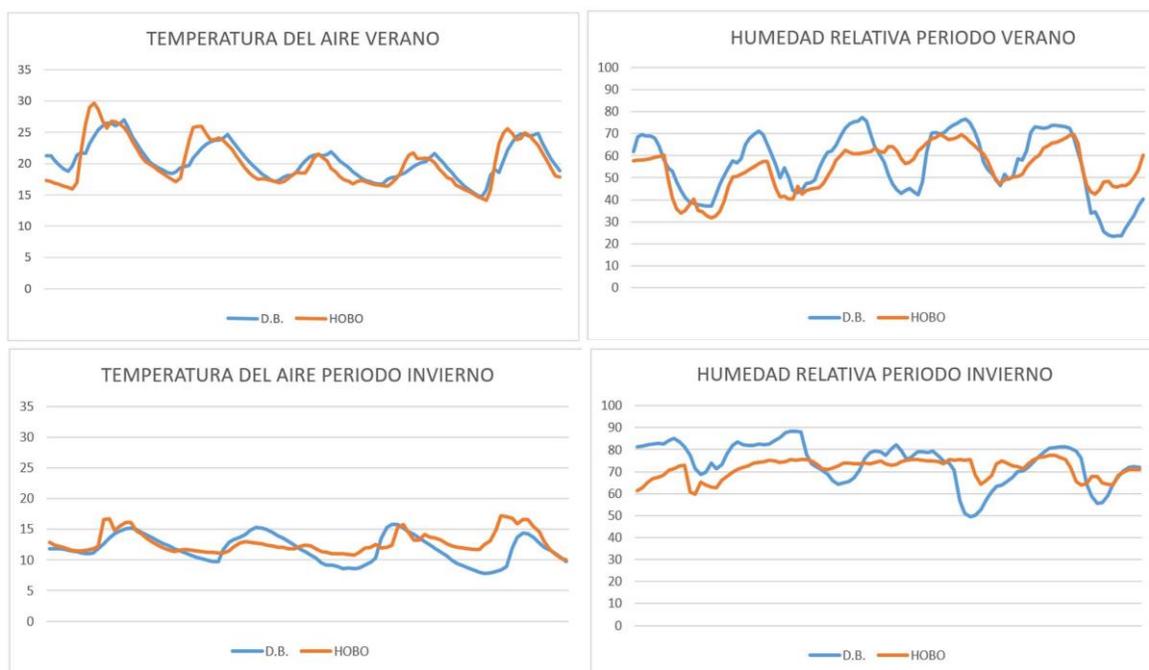
En la tabla 5 se observa el conjunto de días a comparar para efectos de la validación estadística.

- Se realizan 16 contrastaciones estadísticas entre las mediciones in situ y las simulaciones de modo de disminuir el margen de error lo máximo posible, estas se realizaron ajustando valores de infiltración, horarios de ventilación, porcentaje de apertura de ventanas, densidad de ocupación, control de humedad y máximas y mínimas del control de ventilación natural. Posteriormente se observa que luego de la contrastación n° 13 los valores de error comienzan a comportarse erráticos rompen con la tendencia a la baja, por lo tanto, se toma la decisión de continuar con los valores de la contrastación N°13.

CONTRAS.	INVIERNO		VERANO		prom. Error
	H.R.	T°	H.R.	T°	
1	27%	24%	26%	22%	25%
2	23%	24%	26%	21%	24%
3	17%	20%	21%	19%	19%
4	11%	14%	21%	5%	13%
5	11%	14%	21%	5%	13%
7	11%	14%	21%	5%	13%
8	11%	14%	21%	5%	13%
9	11%	14%	21%	5%	13%
10	11%	13%	21%	5%	13%
11	11%	13%	21%	5%	13%
12	11%	13%	21%	5%	13%
13	11%	13%	17%	7%	12%
14	11%	16%	19%	6%	13%
15	11%	16%	19%	6%	13%
16	11%	14%	17%	7%	12%

**Tabla 6, tabla de contrastación del error estadístico de las 16 simulaciones, esta tabla contiene una comparación del porcentaje de error medio absoluto (PEMA), elaboración propia.**

Se observan en la Tabla 7, los porcentajes de error que se obtuvieron en la contratación de simulación con medición in situ, donde la simulación 13 obtuvo en promedio el menor PEMA (porcentaje de error medio absoluto).



**Gráfico 7, validación de curvas de comportamiento de medición in situ y simulación n°13, elaboración propia.**

	INVIERNO		VERANO	
<b>promedios</b>	H.R.	T°	H.R.	T°
simulacion 13	78,5	12,3	58,6	19,9
medicion in situ	71,4	12,8	53,9	20,2
<b>error</b>	<b>10%</b>	<b>4%</b>	<b>8%</b>	<b>1,5%</b>
	INVIERNO		VERANO	
<b>maximas</b>	H.R.	T°	H.R.	T°
simulacion 13	94,3	15,7	81,5	26,3
medicion in situ	77,6	17,1	69,6	29,7
<b>error</b>	<b>17,7%</b>	<b>13,2%</b>	<b>14,6%</b>	<b>12,9%</b>
	INVIERNO		VERANO	
<b>minimas</b>	H.R.	T°	H.R.	T°
simulacion 13	51,6	9,4	23,2	16,8
medicion in situ	59,7	9,9	31,7	14,2
<b>error</b>	<b>15,6%</b>	<b>5,3%</b>	<b>36,6%</b>	<b>15,4%</b>

**Tabla 8, temperaturas y humedades relativas medición in situ y simulación n° 13, elaboración propia.**

### **Conclusiones validación**

La modelación mostró ser cercana a las mediciones de temperatura y humedad relativa obtenidas mediante mediciones in situ, con un error promedio absoluto de 12%, donde la estabilización de la humedad relativa, que ejerce el conjunto de la galería vidriada, es donde se registran las mayores diferencias de comportamiento., las curvas de humedad relativa muestran errores para el verano del 17 % y 11% para invierno, en cuanto a la forma de la curva se observa la estabilidad que provoca la galería vidriada y la sinuosidad de la simulación arrojando máximos y mínimos muy distanciados con respecto a la medición in situ. La muestra de las dos curvas en simultaneo, con el fin de validar la forma de la curva simulada versus la real, la cual podría mejorarse, pero está dentro del rango aceptable.

Para conseguir simulaciones más cercanas a las mediciones in situ debería considerarse tomar registros de datos en periodos más extensos y utilizar archivos climáticos específicos respecto de los lugares estudiados para utilizar datos más confiables. Por otra parte, para la configuración de los factores fijos y variables de la simulación ya sea: hermeticidad, materialidad, ventilación natural entre otros, que afectan en menor y mayor medida, pero deben ser alterados de manera de obtener una realidad constructiva nacional en cuanto a los valores de los materiales y el uso de los espacios simulados, lo que determina que estos valores mencionados sean manipulados en pos de acercarse lo máximo posible a la medición in situ.

Sin lugar a dudas se puede continuar perfeccionando el archivo de la simulación, pero a pesar de que el software no ofrece el mejor rendimiento en cuanto a calcular el comportamiento de la masa

térmica, este mostró ser cercano a las mediciones sobre todo en el comportamiento de la temperatura del aire, donde en algunas mediciones llegó a el 5% de error.

### 5.3.2. Consideraciones Iniciales Para Las Simulaciones

#### 5.3.3. Interrogantes

La interrogante principal que trata de dilucidar este estudio es, el comportamiento que tiene el Muro “Platform frame” relleno de adobillo, en el confort térmico en la galería vidriada de las viviendas de Valparaíso. Esto se realiza a través del análisis de los resultados de horas de desconfort arrojados por las simulaciones dinámicas por el software DesingBuilder®. (Zone thermal comfort ASHRAE 55 simple model summer or Winter clothes not comfortable time)

##### **Etapa1**

Busca saber el comportamiento del muro “Platform frame” relleno de adobillo según estrategias propuestas en la metodología, en relación a orientación con respecto al norte, espesor de las capas del muro y proporciones geométricas (ancho y largo de la galería vidriada).

Caso A orientaciones:

- S13. orientación actual caso base noreste (azimut 51°)
- S20. orientación norte (azimut 0°)
- S21. orientación noroeste (azimut 309°)

Caso B espesor:

- S13. espesor actual de las capas del muro “Platform frame” relleno de adobillo (simulación n°13).  
revoque tierra= 0.03 m  
adobillo= 0.1 m  
revoque tierra= 0.03 m
- S22. espesor aumentado de las capas del muro “Platform frame” relleno de adobillo.  
revoque tierra= 0.05 m  
adobillo= 0.15 m  
revoque tierra= 0.05 m

Caso C proporciones geométricas:

- S13. Proporciones caso base, volumen 11x1.6x3.8 m.
- S23. Volumen 11x1.6x2.5 m.
- S24. Volumen 11x3.0x1.6 m.

### **Etapas 2**

Tiene por objetivo evaluar el comportamiento del muro “Platform frame” relleno de adobillo en relación al espacio adyacente interior denominado ZONA 2, donde se evaluarán las horas de discomfort de este espacio (Zone thermal comfort ASHRAE 55 simple model summer or Winter clothes not comfortable time), en todas las simulaciones paralelamente, y serán analizadas comparativamente con el desempeño de la galería vidriada para establecer los alcances de la influencia térmica de esta en el espacio adyacente.

### **Etapas 3**

Tiene por intención evaluar estrategias de mejoramientos, como posibles rehabilitaciones de estos componentes ambientales, como son, mejorar la aislación en las superficies opacas de la envolvente y el cambio a doble vidrio hermético de sus superficies acristaladas.

Caso E mejoras de rehabilitación:

- S26. Doble vidrio hermético en todas las superficies vidriadas de la envolvente de la galería vidriada.
- S27. Aislación térmica en el medio muro de madera.
- S28. Acción combinada de las estrategias anteriores (S25 y S26).

### **Etapas 4**

Por último, se busca evaluar las diferencias entre el estado actual de la galería vidriada deteriorada a través del paso del tiempo con el estado original a través de la simulación manipulando el parámetro de infiltraciones.

Caso F mejoras de infiltración:

- S13 infiltración= 2.0 ac/h, crack template poor
- S29 infiltración= 1.0 ac/h, crack template good

#### **5.3.4. Definición De Condiciones De Borde**

Se determina, como primera condicionante la utilización del software DesingBuilder® para las simulaciones, teniendo en cuenta la disponibilidad de licencia de uso educacional y también la posibilidad de asesoramiento por expertos en el proceso de simulación.

Se establecen condiciones que se mantendrán igual para todos los escenarios de simulación y parámetros que irán cambiando según las estrategias de mejoramiento que lo requieran.

#### **5.3.5. Software de simulación energética**

Las simulaciones se realizaron con el software comercial DesingBuilder® v5.5.0.012, herramienta universalmente aceptada para la investigación.

*“DesingBuilder® es un programa especializado en la simulación energética y medioambiental de edificios. Sus avanzadas prestaciones permiten evaluar aspectos como los niveles de confort, los consumos de energía y las emisiones de carbono”. (manual de ayuda DesingBuilder® en español, Sol-Arq, 2017)*

DesingBuilder® al ser una herramienta amigable en su uso es ideal para metodología investigativas ya que permite desarrollar exploraciones de manera intuitiva manejando los conceptos de la eficiencia energética, también cuenta con numerosas validaciones entre ellas destaca norma ISO 13790 y norma ASHRAE 140 2011.

#### **5.3.6. Parámetros Fijos**

##### **Clima**

Para las simulaciones se utiliza el archivo climático(EPW) utilizado en la tesis de pregrado para optar al título de Ingeniero civil mecánico” Análisis comparativo entre la modelación y medición de calidad térmica de viviendas sociales” de Francisco Antonio Carrasco Serrano, en el cual se modificaron datos para acercarlos a los datos históricos de temperatura ambiente del sector costero de la ciudad de Valparaíso.

### Ventilación

De acuerdo a conversaciones con la propietaria y con la señora que realiza las labores domésticas, se establece un calendario de ventilación, de acuerdo a criterios de confort adaptativos.

### Cargas internas

El programa y cargas de ocupación, los rangos de confort y los periodos de servicio de sistemas de acondicionamiento se definen según directrices de simulación utilizadas por el programa de Hermeticidad. y Estándares de construcción sustentable para viviendas de Chile, MINVU.

### Infiltración

Se establece a través de la manipulación de los resultados que la cifra de infiltración 2.0 ac/h con un “crack template” de tipo pobre, es la que más se ajusta a los resultados de la medición in situ. Cabe destacar que el nivel de deterioro de las construcciones en Valparaíso aumenta los niveles de infiltración por sobre los datos medidos a viviendas recientemente (manual de hermeticidad al aire de edificaciones) ya que estas construcciones en su mayoría sobrepasan los 70 años de antigüedad.

	transmitancia termica Valor U (W/m²K)				infiltracion (ac/h)	dens. Ocup. (pers./m²)	power Dens. (w/m²)
	m. exterior	m. interior	vidrio simple	m. madera			
simul. 13	2,893	2,626	5,8	3,2	2,0 (pobre)	0,0423	0,38

**Tabla 9, parámetros fijos recuperados de DesingBuilder®, simulación 13, elaboración propia.**

### 5.3.7. Parámetros variables

Estos parámetros fueron los que se ajustaron en cada simulación. Considerando que la investigación se centra en los resultados de horas de discomfort, asociadas a las modificaciones de los elementos que definen la galería vidriada como componente ambiental, se presentan las siguientes variables.

### Orientación

Se aplicarán dos cambios a la orientación original del caso de estudio, el primero se orientará perfectamente al norte y el segundo a 51° al oeste, permitiendo conocer el desempeño de la galería en tres orientaciones posibles de captar el sol.

**Espesor muro “Platform frame” relleno de adobillo**

Se aumentará el espesor de los materiales que componen el muro Platform frame relleno de adobillo, por un lado, el adobillo que originalmente es de 0.1 metros de espesor aumentará a 0.15 metros de espesor. Por otro lado, el revoque de tierra, que es de 0.03 metros de espesor, aumentará a 0.05 metros de espesor.

**Proporción geométrica.**

Se proponen dos simulaciones que alteran las proporciones geométricas de la galería, para conocer la influencia de estas en el confort térmico, por un lado, se reducirá la altura de la galería a 2.5 metros de altura, y por otro, será ampliando el ancho de la galería de 1.6 metros a 3.0 metros.

**tipo de vidrio**

Para las superficies vidriadas se presentan solo dos escenarios, vidrio simple para todas las simulaciones y doble vidrio hermético para este caso. Los valores considerados se representan en la tabla 9.

**Aislación térmica de la envolvente**

Se propone una mejora de aislación térmica de la envolvente, ver tabla 4, ya que actualmente la galería posee un medio muro de madera sin aislación térmica en mal estado y, con un alto índice de infiltración. Este medio muro conforma, junto a la superficie vidriada, la envolvente de la galería.

**5.3.8. Resultados de Las Simulaciones**

En la presente sección se analizarán los datos obtenidos de la simulación dinámica. En una primera parte, se presentarán las tablas para el caso de estudio con las variables medidas in situ y parámetros tabulados como la ventilación, infiltración y conductividad térmica, obtenidos del *Manual de hermeticidad al aire de edificaciones CITEC* y *Estándares de construcción sustentable para viviendas de Chile, MINVU*.

En la segunda parte, se presentan tablas de comparación de resultados para el caso de estudio y las diferentes simulaciones realizadas, identificando los parámetros que afectan al confort térmico.

Se realizaron simulaciones con estas variables, en la galería vidriada y simultáneamente en la zona adyacente interior a la galería, nombrada ZONA 2, donde se analizan los resultados relacionados en los dos espacios en las diferentes simulaciones.

Finalmente, los datos que se analizan son el ítem “Zone thermal comfort ASHRAE 55 simple model

summer or winter clothes not comfortable time” entregados por DesingBuilder®, de modo de comparar la cantidad de horas de discomfort entre todas simulaciones y comprender el comportamiento de la galería vidriada y el muro “Platfor frame” relleno de adobillo y también como las estrategias mejoran o empeoran su desempeño térmico. Estas simulaciones se llevan a cabo en los periodos señalado en capítulo de validación tabla 5, posteriormente se analizarán anualmente para diferencias desempeños más precisos en tramos menos intensos del clima.

**Etapas 1**

**Caso A: orientación**

Se simula el caso base (simulación 13) que posee orientación noreste (azimut 51°) en orientación norte (azimut 0°) y orientación oeste (azimut 309°) de modo de poder obtener datos de cómo se comporta el sistema galería vidriada en distintas orientaciones de captación solar.

Zone thermal comfort Ashrae 55 simple model summer or winter clothes not comfortable time				
CASO A	4 días invierno	4 días verano	julio	enero
S13 caso base	69	50	539	320
S20 azimut 0°	69	50	536	326
S21 azimut 309°	69	51	537	332

**Tabla 10, horas de discomfort, etapa 1 caso A orientación, para la galería vidriada.**

La tabla 10 nos indica que la orientación del caso base, se desempeña de mejor manera para los periodos simulados en orientación Azimut 51° este, en contraposición a la orientación norte y a la orientación este azimut 309°. Se puede apreciar que, para el mes de enero, las horas de discomfort aumentan en un 1.9 % y 3.8 % respectivamente y, para el mes de julio, disminuyen en un 0.55 % y 0.37% respectivamente. Para el caso de los periodos de cuatros días, la situación cambia ya que son los días más fríos de invierno y más calurosos de verano, por lo cual, es mucho más difícil mejorar la temperatura en esos periodos, es así como, solo para la S21 aumenta en una hora el discomfort para el periodo de 4 días verano debido al sobrecalentamiento.

CASO A	INVIERNO		VERANO	
promedios	H.R.	T°	H.R.	T°
S13 caso base	66,9	12,3	48,8	24,4
S20 azimut 0°	64,6	12,8	49,2	24,2
S21 azimut 309°	65,4	12,5	48,9	24,4
maximas	INVIERNO		VERANO	
S13 caso base	97,1	24,8	80,9	36,8
S20 azimut 0°	94,2	26	80,6	36,8
S21 azimut 309°	93,9	25,9	80,7	38,0
minimas	INVIERNO		VERANO	
S13 caso base	20	4,7	17,9	16,2
S20 azimut 0°	18,4	5,4	17,9	16,2
S21 azimut 309°	18,7	5,7	17,4	16,3

**Tabla 11, promedios, máximas y mínimas temperatura humedad relativa etapa 1 caso A, galería vidriada.**

La tabla 11 nos indica que, en general en los periodos simulados, los promedios, las máximas y las mínimas, no varían en demasía y, solo algunas décimas en relación a la S13, donde se observa un pequeño aumento en 2 grados °C en la temperatura máxima de verano, para la orientación este, lo cual nos indica el sobrecalentamiento que se produce para esa orientación.

Zone thermal comfort Ashrae 55 simple model summer or winter clothes not comfortable time				
ZONA 2	4 dias invierno	4 dias verano	julio	enero
S13 caso base	69	0,25	546	355,5
S20 azimut 0°	69	0,75	546	356,75
S21 azimut 309°	69	0,5	546	360,5

ZONA 2	INVIERNO		VERANO	
promedios	H.R.	T°	H.R.	T°
S13 caso base	62,8	12,9	43,3	27,1
S20 azimut 0°	61,3	13,2	43,0	27,1
S21 azimut 309°	61,6	13,2	43	27,1
maximas	INVIERNO		VERANO	
S13 caso base	87,3	18,5	70,2	31,9
S20 azimut 0°	86,0	18,7	69,9	32,3
S21 azimut 309°	86,3	18,8	70,4	32,6
minimas	INVIERNO		VERANO	
S13 caso base	33,3	8,8	24,9	22,2
S20 azimut 0°	30,4	9,0	25,1	21,7
S21 azimut 309°	31,2	9,0	24,6	21,9

**Tabla 12, horas de disconfort zona 2, resumen temperaturas zona 2.**

En la tabla 12 se observa que la zona adyacente se comporta de similar manera que la simulación de la galería, donde las horas de disconfort aumentan en verano en un 3.5 % y 1.5 % en las simulaciones S20 y S21 respectivamente. Por otro lado, en invierno las diferencias son despreciables, varían solo en décimas, lo cual nos indica que julio es el mes más frío del año y estas estrategias pasivas son poco efectivas para este periodo.

**Caso B:** *espesor muro “Platform frame” relleno de adobillo.*

Consiste en mejorar el muro aumentando el espesor del tabique “Platform frame” de 2x4 a 2x6 logrando un adobillo de 15 centímetros de ancho y los revoques son aumentados de 3 centímetros a 5 centímetros, obteniendo un tabique de 25 centímetros en total aumentando, de esta manera, la carga de masa térmica en el interior de la galería y en menor medida mejorando la aislación térmica del muro. Este mejoramiento se simula en la orientación actual de la casa (51° azimut) y en las dos orientaciones propuestas en el caso A, estos son los resultados.

Zone thermal comfort Ashrae 55 simple model summer or winter clothes not comfortable time				
CASO B	4 días invierno	4 días verano	julio	enero
S13 caso base	69	50	539	320
S22 25 cm	69	50,25	539	314
S22 azimut 0°	69	50,75	536,5	321
S22 azimut 309°	69	50,5	537,25	328,5

CASO B	INVIERNO		VERANO	
promedios	H.R.	T°	H.R.	T°
S13 caso base	66,9	12,3	48,8	24,4
S22 25 cm	66,5	12,3	48,7	24,4
S22 azimut 0°	64,0	12,8	49,1	24,2
S22 azimut 309°	64,9	12,6	45,8	24,4
maximas	INVIERNO		VERANO	
S13 caso base	97,1	24,8	80,9	36,8
S22 25 cm	96,5	24,8	80,8	36,7
S22 azimut 0°	93,4	26,0	80,4	36,7
S22 azimut 309°	93,4	25,9	80,6	38,0
minimas	INVIERNO		VERANO	
S13 caso base	20	4,7	17,9	16,2
S22 25 cm	20,0	4,9	17,9	16,3
S22 azimut 0°	18,4	5,5	17,9	16,3
S22 azimut 309°	18,7	6,0	17,4	16,2

**Tabla 13, horas de disconfort, promedios, máximas y mínimas temperatura humedad relativa etapa 1 caso A, galería vidriada.**

En la tabla 13, se observa con respecto a las horas de disconfort que la estrategia de aumento de espesor del muro “Platform frame” relleno de adobillo (aumento de masa térmica) disminuye en un 1.8% (6 horas) para la misma orientación del caso base, pero al cambiar la orientación al norte y luego al oeste, el disconfort aumenta en un 0.3% y un 2.7% respectivamente, lo cual, nos indica un aumento en el sobrecalentamiento al igual que la galería vidriada para dichas orientaciones, es decir, estos dos espacios contiguos se comportan de la misma manera.

En el periodo de mediciones de invierno se observa una leve mejoría de 0.5% y 0.3%, para ambas simulaciones, donde estas orientaciones disminuyen en menor medida las horas de disconfort en el mes de julio, dentro de la galería vidriada.

Zone thermal comfort Ashrae 55 simple model summer or winter clothes not comfortable time				
B ZONA 2	4 días invierno	4 días verano	julio	enero
S13 caso base	69	0,25	546	355,5
S22 25 cm	69	0	546	340,75
S22 azimut 0°	69	0	546	346
S22 azimut 309°	69	0	546	339,25

B ZONA 2	INVIERNO		VERANO	
promedios	H.R.	T°	H.R.	T°
S13 caso base	62,8	12,9	43,3	27,1
S22 25 cm	62,6	12,8	43,2	27,1
S22 azimut 0°	61,2	13,2	42,9	27,1
S22 azimut 309°	61,5	13,1	42,9	27
maximas	INVIERNO		VERANO	
S13 caso base	87,3	18,5	70,2	31,9
S22 25 cm	87,8	17,8	69,2	31,4
S22 azimut 0°	86,3	18,0	69,3	31,8
S22 azimut 309°	86,6	18,1	69,5	32,1
minimas	INVIERNO		VERANO	
S13 caso base	33,3	8,8	24,9	22,2
S22 25 cm	34,3	9,4	24,9	22,7
S22 azimut 0°	31,6	9,7	25	21,9
S22 azimut 309°	32,2	9,7	24,7	22,3

**Tabla 14, horas de discomfort, promedios, máximas y mínimas temperatura humedad relativa etapa 1 caso B, zona 2 espacio adyacente.**

Podemos observar en la tabla 14 que, a diferencia de la misma simulación en la galería en el mes de julio, no se producen mejoras en cuanto a las horas de discomfort, por el contrario, en verano si se producen mejoras en todas las simulaciones, donde la S22 azimut 309°, este obtiene un 4.6% de baja.

En cuanto a la humedad relativa y las temperaturas, no se observan cambios significativos con respecto a la zona 2 de la S13.

**Caso C: proporción geométrica.**

Consiste en esclarecer si las proporciones particulares del sistema constructivo “Balloon frame y Platform frame” influyen en el confort térmico de la galería vidriada, por lo cual, se plantean dos simulaciones cambiando el alto y el ancho de la galería vidriada. Originalmente la galería posee una altura de 3.8 metros, por lo cual se propone reducirla a 2.5 metros.

La segunda modificación, corresponde a ensanchar los 1.6 metros originales que tiene la galería a 3.0 metros, estas modificaciones se evaluaron en las orientaciones propuestas en el caso A.

Zone thermal comfort Ashrae 55 simple model summer or winter clothes not comfortable time				
CASO C	4 días invierno	4 días verano	julio	enero
S13 caso base	69	50	539	320
S23 h=2,5 m	69	45,5	539,75	300
S24 ancho=3,0 m	69	37,7	537,75	294,5
S23 h=2,5 m azimut 0°	69	46	537	302
S23 h=2,5 m azimut 309°	69	47	538	313,5

CASO C	INVIERNO		VERANO	
	H.R.	T°	H.R.	T°
<b>promedios</b>				
S13 caso base	66,9	12,3	48,8	24,4
S23 h=2,5 m	68,3	12,3	48,0	24,8
S24 ancho=3,0 m	66,3	12,4	46,9	25,2
S23 h=2,5 m azimut 0°	65,7	12,9	48,4	24,6
S23 h=2,5 m azimut 309°	66,7	12,7	48,0	24,7
<b>maximas</b>	<b>INVIERNO</b>		<b>VERANO</b>	
S13 caso base	97,1	24,8	80,9	36,8
S23 h=2,5 m	98,8	24,3	79,8	24,8
S24 ancho=3,0 m	94,9	24,7	78,7	36,9
S23 h=2,5 m azimut 0°	96,3	25,9	79,3	36,3
S23 h=2,5 m azimut 309°	96,1	25,8	79,3	37,8
<b>minimas</b>	<b>INVIERNO</b>		<b>VERANO</b>	
S13 caso base	20	4,7	17,9	16,2
S23 h=2,5 m	20,6	5,7	19,1	17,1
S24 ancho=3,0 m	20,1	5,1	18,0	17,3
S23 h=2,5 m azimut 0°	18,5	6,13	19,6	17,0
S23 h=2,5 m azimut 309°	19,0	6,4	17,7	17,1

**Tabla 15, horas de disconfort, promedios, máximas y mínimas temperatura humedad relativa etapa 1 caso C, galería vidriada.**

Según tabla 15, se observa que la simulación S23 disminuye las horas de disconfort en un 6.25% ( 20 horas) y la S24 en un 7.9% (25.5 horas) en verano. Para la simulación S23 con orientación norte y orientación oeste, los porcentajes de mejora fueron 5.6% y 2.0% respectivamente. Para el periodo de julio el comportamiento fue que la S23 aumentó en un 0.14% y la S24 mejoro en un 0.23%. Para la simulación S23 con orientación norte y orientación oeste los porcentajes de mejora fueron 0.37% y 0.18% respectivamente, considerando que julio es el mes más frio del año. Para el periodo de 4 días verano se obtiene disminuciones de las horas de disconfort para las cuatro simulaciones, la S23 un 8.9%, la S24 un 24.6%, la S23 norte 8.0% y un 6.0% para la S23 oeste.

Zone thermal comfort Ashrae 55 simple model summer or winter clothes not comfortable time				
C ZONA 2	4 días invierno	4 días verano	julio	enero
S13 caso base	69	0,25	546	355,5
S23 h=2,5 m	69	2,5	546	333,5
S24 ancho=3,0 m	69	0,5	546	355,25
S23 h=2,5 m azimut 0°	69	2,5	546	338
S23 h=2,5 m azimut 309°	69	2,5	546	331,25

C ZONA 2	INVIERNO		VERANO	
promedios	H.R.	T°	H.R.	T°
S13 caso base	62,8	12,9	43,3	27,1
S23 h=2,5 m	64,1	13,0	44,2	27,0
S24 ancho=3,0 m	63,4	12,7	43,3	27,1
S23 h=2,5 m azimut 0°	62,4	13,4	43,9	27
S23 h=2,5 m azimut 309°	62,9	13,3	44,0	26,9
maximas	INVIERNO		VERANO	
S13 caso base	87,3	18,5	70,2	31,9
S23 h=2,5 m	90,0	17,8	70,8	31,0
S24 ancho=3,0 m	87,8	18,3	70,6	32,0
S23 h=2,5 m azimut 0°	87,9	18,3	70,6	31,5
S23 h=2,5 m azimut 309°	87,5	17,9	70,9	32,1
minimas	INVIERNO		VERANO	
S13 caso base	33,3	8,8	24,9	22,2
S23 h=2,5 m	33,9	9,5	24,6	22,5
S24 ancho=3,0 m	33,5	8,7	25,1	22,5
S23 h=2,5 m azimut 0°	30,3	9,9	25,6	21,8
S23 h=2,5 m azimut 309°	31,1	9,9	24,5	22,3

**Tabla 16, horas de disconfort, promedios, máximas, mínimas de temperatura y humedad relativa etapa 1 caso C, zona 2 espacio adyacente.**

Observando la tabla 16 para la simulación S23 de enero del espacio adyacente, se obtiene una mejora de 6.2%, en cambio, en invierno en el mes julio, se mantiene en la misma cantidad que la simulación S13 en el mes de julio, para la simulación de 4 días verano se advierte un aumento en las horas de disconfort de 2.25 horas, a diferencia del comportamiento en la simulación de la galería vidriada para la misma estrategia, la cual disminuye, se hace notar esta diferencia en el comportamiento. Para la simulación S24 también se establecen diferencias de comportamiento con la simulación S24 de la galería vidriada ya que se obtienen una mejora decimal en cuanto al mes de verano y un aumento decimal para los cuatro días de verano, en cuanto al mes de julio y los 4 días de invierno se mantienen similares resultados que la simulación S13 donde las estrategias no son capaces de levantar las bajas temperatura de julio.

Para la simulación S23 orientación norte se obtiene una disminución de 4.9% para el mes de enero, en cambio para el mes de julio se mantiene las mismas 546 horas de disconfort al igual que todas las simulaciones para este mismo caso C, la S23 orientación oeste disminuye en un 6.82% el disconfort en enero y se mantiene en julio en 546 horas, para los periodos de 4 días verano y 4 días invierno de comportan de similar manera obteniendo 69 horas en invierno y 2.5 en verano.

En la tabla de temperatura y humedad relativa se observa como lo más relevante un aumento mayor en el promedio de humedad relativa de la simulación S23 de 62.8% a 64.1% para invierno y en verano de 43.3% a 44.2%, por consiguiente, se observa un pequeño aumento del promedio y máxima de humedad para la simulación S23 producto de cambio de altura de la galería vidriada.

**Etapas 3**

Caso D:

Tiene por intención evaluar estrategias de mejoramientos como posibles rehabilitaciones de estos componentes ambientales, como son mejorar la aislación en las superficies opacas de la envolvente y el cambio a doble vidrio hermético de sus superficies acristaladas.

Zone thermal comfort Ashrae 55 simple model summer or winter clothes not comfortable time				
CASO D	4 días invierno	4 días verano	julio	enero
S13 caso base	69	50	539	320
S26 DVH	69	48	539	302,5
S27 aislacion	69	42,5	538,5	279,5
S28 dvh+aislacion	69	43,25	534	282,5

CASO D	INVIERNO		VERANO	
	H.R.	T°	H.R.	T°
<b>promedios</b>				
S13 caso base	66,9	12,3	48,8	24,4
S26 DVH	65,1	12,6	48,7	24,4
S27 aislacion	61,8	13,3	48,4	24,4
S28 dvh+aislacion	59	13,9	48,9	24,2
<b>maximas</b>				
S13 caso base	97,1	24,8	80,9	36,8
S26 DVH	95,0	24,5	80,1	36,4
S27 aislacion	90,6	24,1	79,8	35,8
S28 dvh+aislacion	86,3	25,3	79,6	36,1
<b>minimas</b>				
S13 caso base	20,0	4,7	17,9	16,2
S26 DVH	20,3	5,4	18,1	16,2
S27 aislacion	20,8	6,6	19,0	16,6
S28 dvh+aislacion	19,2	7,1	19,7	16,6

**Tabla 17, horas de discomfort, promedios, máximas y mínimas temperatura humedad relativa etapa 1 caso D, galería vidriada.**

Se observa en la tabla 17 que para simulación S26 se logra una disminución de un 5.5% en enero y en el mes de julio se obtienen los mismos resultados que la S13, para las simulaciones de los 4 días de verano se obtiene una disminución de 2 horas y para los 4 días de invierno se mantienen las 69 horas mínimas.

Para la simulación S27 se logra una disminución en el periodo de enero de 12.6% y para julio de 0.1%, en cuanto a la simulación de los 4 días de verano se observa una disminución de 15% y los 4 días de invierno se mantienen en 69 horas de discomfort. Para la simulación S28 que junta las dos

estrategias anteriores, los resultados para enero son un 11.7% y para julio un 0.9% de disminución de las horas de disconfort, para el periodo de los 4 días de verano e invierno los resultados son un 13.5% de disminución y 0% respectivamente.

Para las mediciones de humedad relativa se observa que los promedios de la simulación S27 y S28 en invierno bajan las en un 7.6% y un 11.8% respectivamente, también para estas dos simulaciones se bajan las máximas y las mínimas de humedad relativa considerablemente al igual que la mínima de temperatura que sube de 4.7°C a 7.1°C en invierno.

Zone thermal comfort Ashrae 55 simple model summer or winter clothes not comfortable time				
D ZONA 2	4 días invierno	4 días verano	julio	enero
S13 caso base	69	0,25	546	355,5
S26 DVH	69	0,0	546	340,25
S27 aislacion	69	0,0	546	356,25
S28 dvh+aislacion	69	0,0	546	352

D ZONA 2	INVIERNO		VERANO	
promedios	H.R.	T°	H.R.	T°
S13 caso base	62,8	12,9	43,3	27,1
S26 DVH	62,3	13,0	43,6	27
S27 aislacion	61,1	13,3	43,3	27,1
S28 dvh+aislacion	59,6	13,7	43,1	27,1
maximas	INVIERNO		VERANO	
S13 caso base	87,3	18,5	70,2	31,9
S26 DVH	86,9	18,4	70,4	31,6
S27 aislacion	85,5	18,5	69,8	31,5
S28 dvh+aislacion	84,4	18,7	69,6	31,9
minimas	INVIERNO		VERANO	
S13 caso base	33,3	8,8	24,9	22,2
S26 DVH	33,5	9,0	25,4	22,3
S27 aislacion	33,6	9,4	25,3	22,3
S28 dvh+aislacion	30,9	9,7	25,9	21,8

**Tabla 18, horas de disconfort, promedios, máximas, mínimas de temperatura y humedad relativa etapa 1 caso D, zona 2 espacio adyacente.**

En tabla 18 referente a el espacio adyacente, se observa una disminución de la S26 de 4.3% con respecto a la S13 en periodo enero a diferencia del periodo julio que se comporta igual al caso base, para los periodos de 4 días en verano se observa una leve mejora llevando a 0 las horas de disconfort, pero para los 4 días de invierno se mantienen las 69 horas del caso base al igual que el periodo del mes completo de julio.

Para la S27 se observa un leve aumento de 0.2% en las horas de disconfort para el periodo enero, en el periodo de 4 días verano también se obtienen 0 horas de disconfort mejorando la S13, pero para el periodo de julio y los cuatro días invierno se obtienen los mismos valores de la S13.

Para la S28 solo se aprecia una disminución mínima para el periodo de verano donde se disminuye un 0.98% con respecto al S13 y 0 horas de discomfort para los cuatro días de verano, pero los periodos de invierno se mantienen igual que el S13.

Par la tabla de temperaturas y humedad relativa se observa al igual que en la galería vidriada una disminución en la humedad relativa para invierno de 5.09% para el promedio, 3.3% para la máxima y un 7.2% para la mínima.

Caso E: a través de mejorar el índice de infiltración se propone mejorar las condiciones actuales de hermeticidad de la construcción de la galería sin alterar su materialidad y analizar su comportamiento.

Zone thermal comfort Ashrae 55 simple model summer or winter clothes not comfortable time				
CASO F	4 días invierno	4 días verano	julio	enero
S13 caso base	69	50	539	320
S29 infilt.1,0 ac/h (good)	69	51	539	321,5

CASO F	INVIERNO		VERANO	
	H.R.	T°	H.R.	T°
S13 caso base	66,9	12,3	48,8	24,4
S29 infilt.1,0 ac/h (good)	85,4	12,3	49,2	24,3
<b>maximas</b>	INVIERNO		VERANO	
S13 caso base	97,1	24,8	80,9	36,8
S29 infilt.1,0 ac/h (good)	100,0	24,8	81,1	36,8
<b>minimas</b>	INVIERNO		VERANO	
S13 caso base	20,0	4,7	17,9	16,2
S29 infilt.1,0 ac/h (good)	19,9	5,2	17,8	16,1

**Tabla 19, horas de discomfort, promedios, máximas y mínimas temperatura humedad relativa etapa 1 caso F, galería vidriada.**

Se observa en la tabla 19 que esta estrategia para los periodos registrados solo aumenta en un 0.4% las horas de discomfort para el verano en los otros periodos no mejora los índices de la S13. Para la tabla de temperaturas y humedad relativas se puede observar un aumento de 27.6% en el promedio y un 2.9% para la máxima de humedad relativa en invierno como datos relevantes.

Zone thermal comfort Ashrae 55 simple model summer or winter clothes not comfortable time				
F ZONA 2	4 días invierno	4 días verano	julio	enero
S13 caso base	69	0,25	546	355,5
S29 infiltr.1,0 ac/h (good)	69	11	546	414,25

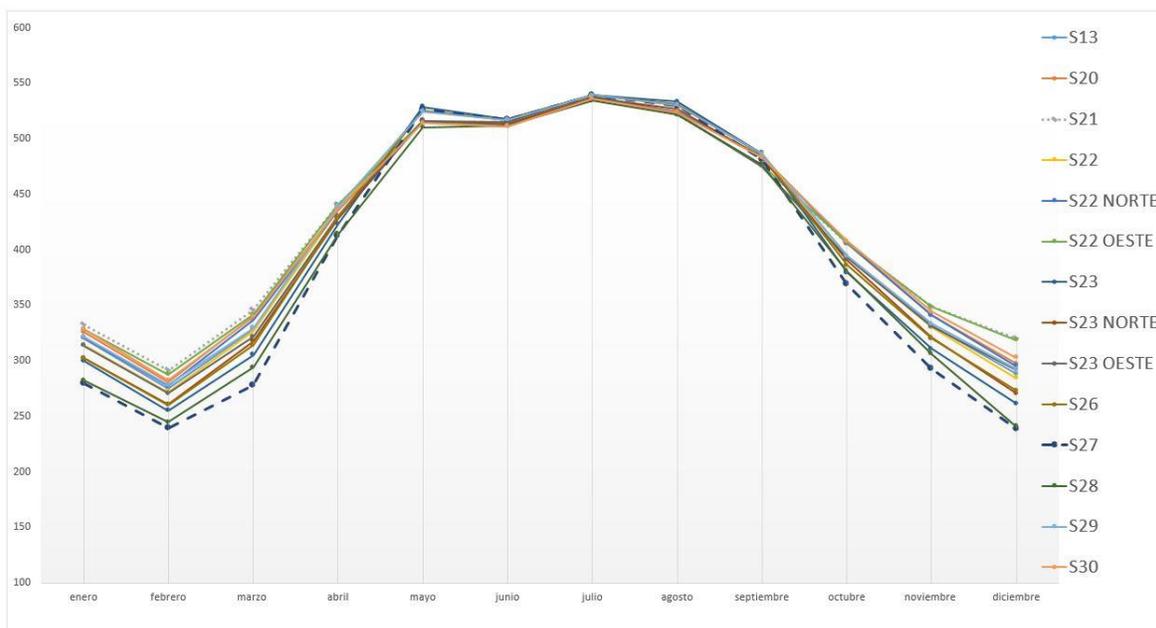
F ZONA 2	INVIERNO		VERANO	
	H.R.	T°	H.R.	T°
S13 caso base	62,8	12,9	43,3	27,1
S29 infiltr.1,0 ac/h (good)	84,9	13,1	47,1	27,3
<b>maximas</b>	INVIERNO		VERANO	
S13 caso base	87,3	18,5	70,2	31,9
S29 infiltr.1,0 ac/h (good)	100,0	18,1	79,7	32,0
<b>minimas</b>	INVIERNO		VERANO	
S13 caso base	33,3	8,8	24,9	22,2
S29 infiltr.1,0 ac/h (good)	34,2	9,2	25,1	22,8

**Tabla 20, horas de disconfort, promedios, máximas, mínimas de temperatura y humedad relativa etapa 1 caso F, zona 2 espacio adyacente.**

Par la tabla 20 se observan alzan en los periodos de verano donde en el mes de enero se produce un alza de 16.5% y para el periodo de 4 días de verano se suman 10.75 horas más de disconfort, por lo cual se entiende que para el mes más caluroso esta simulación genera sobrecalentamiento al aumentar su hermeticidad producto de alza de los índices de humedad relativa, estos se pueden observar en la tabla de temperaturas y humedad relativa donde en verano aumenta un 8.7% el promedio y en invierno un 35.2% sobre la S13, para las máximas se observa un aumento de la humedad relativa de un 14.5% en invierno y un 13.5% en verano, para las mínimas en un aumento mucho más leve solo superando por un punto en invierno y verano. Para las temperaturas el comportamiento es similar al caso S13 solo discrepando por un punto como máximo para todos los índices.

#### **Etapa 4**

Para esclarecer la poca variabilidad de datos que arrojan los resultados del mes Julio para el periodo de invierno se simulan todas las estrategias anualmente rescatando resultados mensuales que son comparados y analizados de modo de dilucidar el comportamiento en el periodo de invierno en un tramo más amplio.



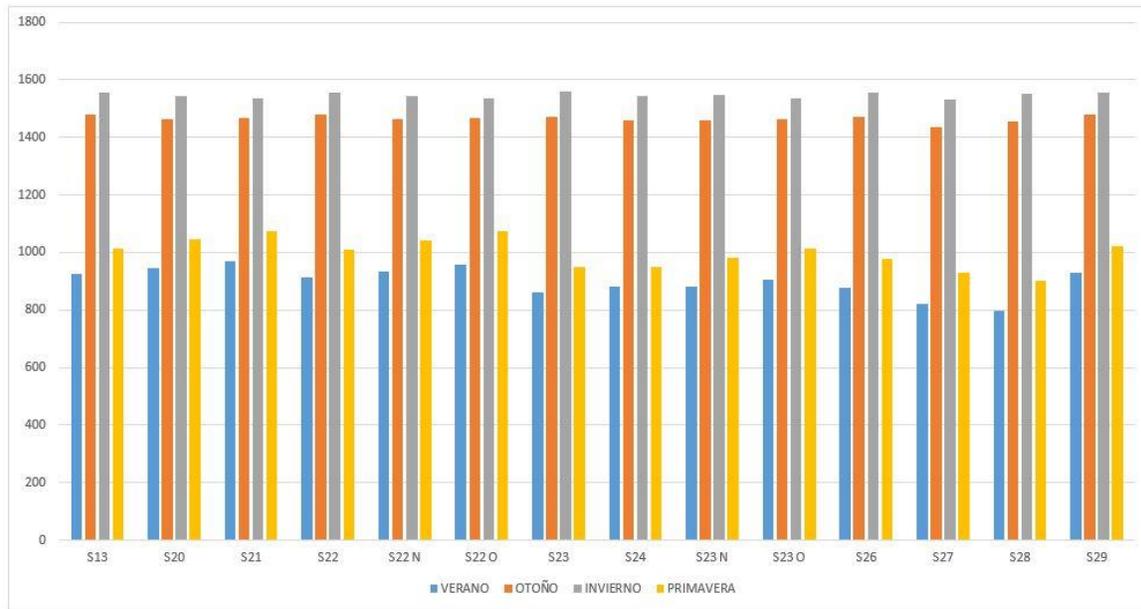
**Gráfico 8, resumen anual horas de disconfort para la galería vidriada en todas las simulaciones**

GALERIA VIDRIADA Zone thermal comfort Ashrae 55 simple model summer or winter clothes not comfortable time															
	S13	S20	S21	S22	S22 N	S22 O	S23	S24	S23 N	S23 O	S26	S27	S28	S29	
VERANO	enero	320,5	326	332,3	314	321	328,3	300	309	302,5	313,5	302,5	282,5	279,5	321,5
	febrero	274,8	281	291	271,8	277,3	287,8	255,3	263,8	260,5	270,8	260,3	244,8	239,5	278
	marzo	328,5	340,5	346	326,8	337,3	341,8	305,3	307	317,8	321,5	314	294	278	329,8
	suma parc.	<b>923,8</b>	<b>947,5</b>	<b>969,3</b>	<b>912,5</b>	<b>935,5</b>	<b>957,8</b>	<b>860,5</b>	<b>879,8</b>	<b>880,8</b>	<b>905,8</b>	<b>876,8</b>	<b>821,3</b>	<b>797</b>	<b>929,3</b>
OTOÑO	abril	436,8	436,8	440,5	436,8	436	440,5	423,3	421,3	428,5	430,5	429,8	414,3	412,8	439
	mayo	525,3	515	515,8	525,3	515	516,3	528,8	521,3	516	516	525,5	510,3	526,5	524,5
	junio	517	511,5	511,3	517,3	511,5	511	517,5	517	513,8	515	517,5	511,8	517,5	517
	suma parc.	<b>1479</b>	<b>1463</b>	<b>1468</b>	<b>1479</b>	<b>1463</b>	<b>1468</b>	<b>1470</b>	<b>1460</b>	<b>1458</b>	<b>1462</b>	<b>1473</b>	<b>1436</b>	<b>1457</b>	<b>1481</b>
INVIERNO	julio	539	536,3	536,8	539	536,8	537	539,8	538,5	537	538,3	539	534	538,8	539
	agosto	530,5	524	521,5	531,3	524,3	521,8	533,3	529,3	527	522,8	531	521,8	530	530,3
	septiembre	486,5	484	476,3	487	483,8	477	487	477,3	483,5	475	485,8	477	481,5	486,5
	suma parc.	<b>1556</b>	<b>1544</b>	<b>1535</b>	<b>1557</b>	<b>1545</b>	<b>1536</b>	<b>1560</b>	<b>1545</b>	<b>1548</b>	<b>1536</b>	<b>1556</b>	<b>1533</b>	<b>1550</b>	<b>1556</b>
PRIMAVER	octubre	394	405,5	406	393,5	406,3	406,5	379,3	373	390,8	392,8	386	380,5	368,8	394,3
	noviembre	331,8	341,3	349	330	341	348,5	310,8	307	321	330,8	320	306,3	293	333,3
	diciembre	288	297,3	319,8	284,5	295,5	318,8	261,3	269,3	270,5	292	273,3	241	238,5	292,5
	suma parc.	<b>1014</b>	<b>1044</b>	<b>1075</b>	<b>1008</b>	<b>1043</b>	<b>1074</b>	<b>951,3</b>	<b>949,3</b>	<b>982,3</b>	<b>1016</b>	<b>979,3</b>	<b>927,8</b>	<b>900,3</b>	<b>1020</b>
<b>total horas</b>	<b>4973</b>	<b>4999</b>	<b>5046</b>	<b>4957</b>	<b>4986</b>	<b>5035</b>	<b>4841</b>	<b>4834</b>	<b>4869</b>	<b>4919</b>	<b>4885</b>	<b>4718</b>	<b>4704</b>	<b>4986</b>	

**Tabla 21, resumen anual horas de disconfort para la galería vidriada en todas las simulaciones.**

ZONA 2 Zone thermal comfort Ashrae 55 simple model summer or winter clothes not comfortable time															
	S13	S20	S21	S22	S22 N	S22 O	S23	S24	S23 N	S23 O	S26	S27	S28	S29	
VERANO	enero	355,5	356,75	360,5	340,75	346	339,25	333,25	361,75	338	331,25	340,25	352	356,25	414,25
	febrero	199,25	195,75	200,25	183	177,25	172,25	173,25	197	167,25	168	186,75	191	188	257,25
	marzo	105,5	109,75	124,5	95	94,75	101,75	111	109	111,25	117	101,75	104,25	105,5	174,25
	suma parc.	<b>660,25</b>	<b>662,25</b>	<b>685,25</b>	<b>618,75</b>	<b>618</b>	<b>613,25</b>	<b>617,5</b>	<b>667,75</b>	<b>616,5</b>	<b>616,25</b>	<b>628,75</b>	<b>647,25</b>	<b>649,75</b>	<b>845,75</b>
OTOÑO	abril	318,5	281,5	278,5	327,75	293,5	293,25	334,75	325	298	296	322,25	310,25	269,5	304
	mayo	546	543,75	546	546	546	546	546	546	546	546	546	546	546	546
	junio	520	520	520	520	520	520	520	520	520	520	520	520	520	520
	suma parc.	<b>1384,5</b>	<b>1345,3</b>	<b>1344,5</b>	<b>1393,8</b>	<b>1359,5</b>	<b>1359,3</b>	<b>1400,8</b>	<b>1391</b>	<b>1364</b>	<b>1362</b>	<b>1388,3</b>	<b>1376,3</b>	<b>1335,5</b>	<b>1370</b>
INVIERNO	julio	546	546	546	546	546	546	546	546	546	546	546	546	546	546
	agosto	546	546	546	546	546	546	546	546	546	546	546	546	546	546
	septiembre	473,75	465,75	464,25	488,5	485	485	490	475	485,5	485,25	475,75	472,5	464,5	456,75
	suma parc.	<b>1565,8</b>	<b>1557,8</b>	<b>1556,3</b>	<b>1580,5</b>	<b>1577</b>	<b>1577</b>	<b>1582</b>	<b>1567</b>	<b>1577,5</b>	<b>1577,3</b>	<b>1567,8</b>	<b>1564,5</b>	<b>1556,5</b>	<b>1548,8</b>
PRIMAVERA	octubre	170,5	161,25	156,75	171	163,25	162	175,5	174,75	169,5	170,5	177	164	156	159
	noviembre	82,25	84	80,75	57,25	59,25	60,25	70,75	84	70	76,25	75,25	71,75	72,75	108,75
	diciembre	177,5	169,5	171,5	148	144,25	141,75	141,25	184	136	131,5	163	168,75	164	224,5
	suma parc.	<b>430,25</b>	<b>414,75</b>	<b>409</b>	<b>376,25</b>	<b>366,75</b>	<b>364</b>	<b>387,5</b>	<b>442,75</b>	<b>375,5</b>	<b>378,25</b>	<b>415,25</b>	<b>404,5</b>	<b>392,75</b>	<b>424,25</b>
	total horas	4040,8	3980	3995	3969,3	3921,3	3913,5	3987,8	4068,5	3933,5	3933,8	4000	3992,5	3934,5	4256,8

Tabla 22, resumen anual horas de desconfort para la zona adyacente (zona 2 ) para todas las simulaciones.



CONSOLIDADO DE HORAS DE DISCONFORT SEGUN ESTACIONES DEL AÑO														
	S13	S20	S21	S22	S22 N	S22 O	S23	S24	S23 N	S23 O	S26	S27	S28	S29
VERANO	923,8	947,5	969,3	912,5	935,5	957,8	860,5	879,8	880,8	905,8	876,8	821,3	797	929,25
OTOÑO	1479	1463	1468	1479	1463	1468	1470	1460	1458	1462	1473	1436	1457	1480,5
INVIERNO	1556	1544	1535	1557	1545	1536	1560	1545	1548	1536	1556	1533	1550	1555,75
VERANO	1014	1044	1075	1008	1043	1074	951,3	949,3	982,3	1016	979,3	927,8	900,3	1020

Gráfico 9, Consolidado de horas de desconfort según estaciones del año.

## 6 Capítulo 6 Conclusiones

### 6.1 Conclusiones generales

#### Resultados

La tabla 2 a continuación presenta los resultados más relevantes de las distintas simulaciones dinámicas respecto del confort térmico considerando los aspectos de orientación (S3, S20, S21), aumento de espesor (S22, S22 N, S22 O), proporciones (S23, S24, S23 N, S23 O) y mejoras para la rehabilitación (S26, S27, S28, S29).

Tabla 2. Resumen de resultados obtenidos del desempeño térmico de la galería vidriada

GALERIA VIDRIADA Zone thermal comfort Ashrae 55 simple model summer or winter clothes not comfortable time															
	S13	S20	S21	S22	S22 N	S22 O	S23	S24	S23 N	S23 O	S26	S27	S28	S29	
VERANO	enero	320,5	326	332,3	314	321	328,3	300	339	302,5	313,5	302,5	282,5	279,5	321,5
	febrero	274,8	281	291	271,8	277,3	287,8	255,3	263,8	260,5	270,8	260,3	244,8	239,5	278
	marzo	328,5	340,5	346	326,8	337,3	341,8	305,3	337	317,8	321,5	314	294	278	329,75
	suma parc.	923,8	947,5	969,3	912,5	935,5	957,8	860,5	939,8	880,8	905,8	876,8	821,3	797	929,25
OTOÑO	abril	436,8	436,8	440,5	436,8	436	440,5	423,3	451,3	428,5	430,5	429,8	414,3	412,8	439
	mayo	525,3	515	515,8	525,3	515	516,3	528,8	521,3	516	516	525,5	510,3	526,5	524,5
	junio	517	511,5	511,3	517,3	511,5	511	517,5	537	513,8	515	517,5	511,8	517,5	517
	suma parc.	1479	1463	1468	1479	1463	1468	1470	1510	1458	1462	1473	1436	1457	1480,5
INVIERNO	julio	539	536,3	536,8	539	536,8	537	539,8	538,5	537	538,3	539	534	538,8	539
	agosto	530,5	524	521,5	531,3	524,3	521,8	533,3	539,3	527	522,8	531	521,8	530	530,25
	septiembre	486,5	484	476,3	487	483,8	477	487	497,3	483,5	475	485,8	477	481,5	486,5
	suma parc.	1556	1544	1535	1557	1545	1536	1560	1575	1548	1536	1556	1533	1550	1555,75
PRIMAVERA	octubre	394	405,5	406	393,5	406,3	406,5	379,3	373	390,8	392,8	386	380,5	368,8	394,25
	noviembre	331,8	341,3	349	330	341	348,5	310,8	347	321	330,8	320	306,3	293	333,25
	diciembre	288	297,3	319,8	284,5	295,5	318,8	261,3	263,3	270,5	292	273,3	241	238,5	292,5
	suma parc.	1014	1044	1075	1008	1043	1074	951,3	989,3	982,3	1016	979,3	927,8	900,3	1020
<b>total horas</b>	4973	4999	5046	4957	4986	5035	4841	5014	4869	4919	4885	4718	4704	4985,5	

-269

Según tabla 2 en cuanto a las horas de confort se modificó el espesor del muro en estudio, para S22 al aumentar los espesores de las capas de revoque y espesor del adobillo, se obtuvo el mejor desempeño en la orientación este, con notorias disminuciones de las horas de desconfort en los períodos de verano y primavera. Las simulaciones S22 N y S22 O registran mejoras con respecto al S13 en los periodos de otoño e invierno debido a factor de la orientación, sin embargo, para los períodos más cálidos se observa sobrecalentamiento producto del aumento de las temperaturas y baja en la humedad relativa atribuibles a la orientación poniente ya que el sol al estar más horizontal y la galería al tener 3.8 metros de altura capta mayor cantidad de ganancias solares. Este fenómeno se ve reflejado en un doble pick de las curvas del sensor colocado a la altura de 2.5 metros en

períodos calurosos, puesto que se observa que las proporciones del sistema constructivo “Balloon y Platform frame”, debido a su altura una mayor cantidad de superficie vidriada de captación solar, fenómeno que se ve favorecido en las orientaciones oriente y poniente (doble pick), de acuerdo al registro de las simulaciones se concluye que se debe requerir de estrategias de diseño para prevenir el sobrecalentamiento en caso de orientación poniente.

La disminución de la altura de 3.8 metros a 2.5 metros reduce las horas de discomfort en un 1.4%, en la sumatoria anual para la orientación oriente, los que se dan en primavera y verano, indicando que al tener menos altura se tiene menos superficie de captación solar para los meses de otoño e invierno donde el ángulo del sol es más bajo. Esta simulación se lleva a cabo en orientación norte (S23 N) y poniente (S23 O) obteniendo similares resultados.

Por otra parte al simular una galería vidriada más ancha, los resultados muestran que no hay reducción en las horas de discomfort, ya que aumenta en demasía el volumen de aire y el muro se distancia demasiado de la superficie vidriada perdiendo eficacia para la captación solar, por lo anterior se puede establecer que las proporciones de la galería vidriada en su ancho y alto, producto del sistema constructivo estudiado ayudan en el confort térmico de la galería vidriada, obteniendo mayor superficie de captación solar a través de la masa térmica en el muro, para los mismos metros cuadrados, en los periodos más fríos.

Respecto a la influencia de la galería vidriada y el muro Platform frame relleno de adobillo en la zona adyacente interior (ZONA 2) las simulaciones anuales arrojan que para la orientación poniente se reducen las horas de discomfort, siendo la acción combinada de aumento de espesor de muro y orientación poniente (S22 OESTE) la que obtiene mejores resultados comparado con la S13, para la zona adyacente. También en los resultados se observa que para el periodo de mayo a agosto se obtienen un total de horas de discomfort sin alteraciones donde ninguna de las simulaciones pudo mejorar los índices, por lo cual para estos meses se requiere de estrategias activas para disminuir las horas de discomfort y mejorar el confort térmico. También se puede agregar que las simulaciones con orientación norte ayudan a disminuir las horas de discomfort en invierno y otoño para los meses de abril y septiembre al igual que para la galería vidriada.

El análisis de las mejoras de rehabilitación nos muestra que en general las dos estrategias por separado y confinadas disminuyen las horas de discomfort, la estrategia de menor impacto es el cambio a ventanas DVH que disminuye un 1.8% en la comparación anual, donde las mejoras se concentran en los periodos de verano y primavera a diferencia de la estrategia de aislación del medio muro de madera, que genera disminuciones en todas las estaciones ya que es este muro el

que concentra la mayor cantidad de pérdidas térmicas, estableciendo una disminución de un 5.12% para esta estrategia en los resultados anuales, posteriormente la estrategia combinada S28 logró la disminución más efectiva de todas las simulaciones para la galería vidriada con un 5.4% y una disminución de 2.63% referente a S13 para la zona adyacente (ZONA 2), lo que nos señala el potencial que tiene este componente construido con los materiales y normativas actuales.

## **Conclusiones Finales**

### *Sobre la Arquitectura y los inmigrantes del s. XIX que llegaron a Valparaíso:*

Lo primero que se reconoce en la investigación, es el ingenio de los colonos y pobladores de Valparaíso, que en condiciones geográficas adversas y asechados por desastres naturales, lograron adaptar un tipo de construcción particular para la ciudad, cuyo aporte cultural y arquitectónico es el que justifica el título de patrimonio de la humanidad por la UNESCO a la ciudad de Valparaíso.

En segundo lugar, de los 85 casos de viviendas con galería catastrados que cumplen con los requerimientos de sistema constructivo “Balloon y Platform frame” con relleno de adobillo, se puede ver a simple vista recorriendo la ciudad, pero se reconoce que el número es mucho mayor, confirmando la valorización y repetición sistemática de este componente ambiental en la arquitectura tradicional de Valparaíso.

La característica principal de la galería vidriada en relación a las casas tradicionales con sistema constructivo “Balloon y Platform frame”, radica en que el muro interior de la galería expone el revoque de barro y los adobillos a la captación solar como un muro Trombe ampliado, este componente espacial no ocurre en otras viviendas tradicionales de la misma época en Valparaíso.

### *Sobre el análisis a través de mediciones in situ del caso de estudio:*

Se obtuvo que, la influencia del muro estudiado hace que la humedad relativa descienda en promedio un 20% en el interior de la galería, tanto para invierno y verano respecto de clima exterior, provocando efectos en los promedios de temperatura registrados, ya que, ésta sube en 4°C en el interior de la galería para el mes de verano e invierno. Se comprueba también que, a través de las mediciones, el fenómeno de estratificación de la temperatura del aire en la galería es inverso, en ese sentido: a menor altura la humedad relativa y la temperatura son mayores, por el contrario, a mayor altura la humedad relativa y la temperatura son menores, para los dos periodos registrados,

invierno y verano. Lo anterior se explica ya que la parte baja del muro tiene mayor capacidad de captación solar en relación a la superficie vidriada.

Con respecto al período de invierno, se puede decir que el efecto que genera el muro estudiado es de estabilización del comportamiento de las curvas registradas, estas se suavizan eliminando los pick que presenta el clima exterior. Por otra parte, el porcentaje de disminución de la humedad relativa es de 15% a 5 % menos que en verano, esto puede explicarse por las bajas temperatura del período y la capacidad del muro de absorber humedad del aire.

*Sobre el análisis de las simulaciones del caso de estudio (tabla 2):*

La formulación del problema proponían estudiar el comportamiento de la galería vidriada partiendo desde la orientación, el espesor del muro “Platform frame” relleno de adobillo en su composición y las proporciones del sistema constructivo. En este sentido, se comprobó que la mejor orientación para los períodos de primavera y verano es la orientación oriente (51° azimut), debido a la gran superficie vidriada que posee la galería en las orientaciones norte y oeste, cuando se ve sometida a sobrecalentamiento. Para el período de otoño la mejor orientación es norte y para invierno es poniente. Sin embargo, en el desempeño anual, la orientación que tiene menor cantidad de horas de discomfort, es la oriente.

Al evaluar las mejoras de la galería vidriada, mediante el índice de infiltración, podemos decir que se observa un aumento considerable de los índices de humedad relativa llegando al registro máximo de 100% en el período de invierno, en verano en cambio el aumento es más leve, sin embargo, los datos muestran que las máximas alzas de las horas de discomfort son en primavera y verano, por pérdida por ventilación, a diferencia de los períodos más fríos donde se registran bajas, por lo cual, el comportamiento de la galería a mayor hermeticidad eleva su temperatura y humedad relativa, producto de la pérdida de ventilación involuntaria a causa de la infiltración, lo que ayuda en periodos fríos, como se ve en las simulaciones, ya que genera menos pérdidas, pero en periodos cálidos sino se revisan los regímenes de ventilación producirá sobrecalentamiento.

Para desarrollar estudios de simulación dinámica en edificaciones patrimoniales resulta difícil obtener datos de la literatura que apliquen como parámetros estandarizados ya que estas construcciones en su mayoría carecen de mantención y testeo de sus materiales por lo cual las validaciones deben ser manipulables en virtud de la correlación con los datos arrojados por las mediciones y observaciones in situ.

Los resultados corroboraron que la estructura de madera 'Platform Frame' con pared de adobillo es responsable del control térmico de los espacios adyacentes, actuando como mediador entre estos dos recintos, donde el espacio de la galería vidriada es a su vez el mediador entre el exterior y el ambiente interior. Fue posible, en principio determinar que este componente arquitectónico ambiental pasivo contribuye favorablemente al confort térmico en el espacio de la galería solar y en la vivienda en general. Finalmente, las conclusiones obtenidas podrían servir para la futura rehabilitación energética de viviendas patrimoniales en Valparaíso.

## 6.2 Futuras investigaciones

Esta investigación presenta un marco general sobre el conocimiento de la galería vidriada y el muro "Platform frame" relleno de adobillo en la ciudad de Valparaíso, que permite visualizar distintas posibilidades de investigación, donde la presente tesis da un punto de partida para posteriores trabajos.

Los casos de estudio del catastro son una muestra de importancia y repetición en el tiempo del componente ambiental estudiado, lamentablemente realizar un catastro minucioso y exhaustivo de la ciudad en busca de todos los casos escapa a los alcances de esta tesis, por lo cual realizar una investigación referente a esto aportaría en variedad de casos y tipologías a estudiar.

La relevancia de obtener valores reales de parámetros o protocolos de metodologías para trabajar con edificios históricos, patrimoniales o vernáculos de importancia ambiental, como son la infiltración, conductividad térmica de materiales y ventilación ayudaría a mayores niveles de exactitud de los resultados. Realizar estas mediciones permitirá validar, de manera más exacta, próximas investigaciones para posibles aplicaciones de este conocimiento atávico.

En este mismo sentido, la realización de mediciones in situ permanentes que abarquen un año completo, escapa a los alcances de esta tesis, en cuanto a la disposición de equipos y disposición de los propietarios con los inmuebles, de contar con el equipamiento y gestionar los permisos, sería posible un estudio de esa envergadura de modo de poder comparar y validar las simulaciones y poder explorar de manera más fehaciente la simulación dinámica para estos inmuebles.

Para finalizar, las galerías vidriadas conforman una línea de investigación con amplias posibilidades de futuras investigaciones desde el ámbito de las estrategias pasivas y conservación de la energía, donde las certezas de su comportamiento podrán nutrir futuras aplicaciones en cuanto a estrategias de diseño y soluciones constructivas.

## 7 Referencias

- Monge-Barrio, A., & Sánchez-Ostiz, A. (2015). Energy efficiency and thermal behaviour of attached sunspaces, in the residential architecture in Spain. Summer Conditions. *Energy and Buildings*, 108, 244–256. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.09.037>
- Owrak, M., Aminy, M., Jamal-Abad, M. T., & Dehghan, M. (2015). Experiments and simulations on the thermal performance of a sunspace attached to a room including heat-storing porous bed and water tanks. *Building and Environment*, 92, 142–151. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.04.022>
- Asdrubali, F., Cotana, F., & Messineo, A. (2012). On the evaluation of solar greenhouse efficiency in building simulation during the heating period. *Energies*, 5(6), 1864–1880. <https://doi.org/10.3390/en5061864>
- Saiz, L. E. (1991). (ANALYSIS OF THE THERMAL STORAGE IN CONSTRUCTION). *Informes de La Construcción*, 43(416), 82–96.
- Couret, D. G. (n.d.). *Arquitectura Bioclimatica*. (Editorial Félix Varela, Ed.). Cuba: 2010.
- Internacional, X. S., Monumental, P., Destruído, P. P., & Cuando, S. E. P. (2003). El patrimonio perdido en Valparaíso.
- Hewitt, P. G. (2002). *Física Conceptual*.
- Martín, R. F., Astorqui, J. S. C., Blanco-soler, S. A., & Merino, M. R. (2016). Caracterización tipológica del espacio edificado de las casas de corredor. El caso de las ciudadelas del casco histórico de La Habana y las corralas madrileñas. *Informes de La Construcción*, 68(541).
- La, E. N., La, C. D. E., Romero, E. V. A. J. R., & Rm, C. U. (n.d.). Diseños del siglo XIX para un invernadero en la casa de la reina, (c).

- Suárez, R., & Fragoso, J. (2016). Estrategias pasivas de optimización energética de la vivienda social en clima mediterráneo. *Informes de La Construcción*, 68(541), e136. <https://doi.org/10.3989/ic.15.050>
- Quiceno Hoyos, A. (2016). DISEÑO PASIVO Y CONFORT TÉRMICO DE LA VIVIENDA TRADICIONAL CAFETERA” Vivienda rural en el marco de la declaratoria del Paisaje Cultural Cafetero. Colombia.
- Rodrigo, B. G., Sanabria, J. C., Marchamalo, M., & Umana, M. (2012). Análisis del confort y el comportamiento higrotérmico de sistemas constructivos tradicionales y actuales en viviendas de Santa Ana-Ciudad Colón (Costa Rica). *Informes de La Construcción*, 64(525), 75–84. <https://doi.org/10.3989/ic.10.047>
- Kapstein, G. (1988). *Espacios Intermedios, respuesta arquitectónica al medio ambiente* (2nd ed.).
- Proyectuales, L. O. S. P., & Habitat, D. E. L. (2012). La experiencia vernacula y su transferencia a los procesos proyectuales del habitat residencial, 16, 41–50.
- García-Alvarado, R., González, A., Bustamante, W., Bobadilla, A., & Muñoz, C. (2014). Características relevantes de la simulación energética de viviendas unifamiliares. *Informes de La Construcción*, 66(533), e005. <https://doi.org/10.3989/ic.12.108>
- Ramírez, D. C. Á., & Orozco, S. A. (2015). La envolvente arquitectónica y su influencia en la iluminación natural. *Hábitat Sustentable*, 5(1), 44–53. Retrieved from <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/article/view/1811>
- Bellido, C. R. (n.d.). No Title.
- Larrumbide, E., & Bedoya, C. (2015). El comportamiento del hueco de ventana en la arquitectura vernácula mediterránea española ante las necesidades de acondicionamiento solar. *Informes de La Construcción*, 67(539). <https://doi.org/10.3989/ic.14.056>
- Kostof, S. (n.d.). *Historia de la Arquitectura* (Editorial). 2004.
- Serra, Florensa, R. (1995). *Arquitectura y energía natural*. (J. Girona, Salgado, Ed.) (universida). España.
- Bío-bío, U. D. E. L., Arquitectura, F. D. E., & Diseño, C. Y. (n.d.). No Title.
- North Carolina Solar Center. (n.d.). Sunspace Design Basics, (919).
- Mihalakakou, G. (2002). On the use of sunspace for space heating/cooling in Europe. *Renewable Energy*, 26(3), 415–429. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(01\)00138-0](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(01)00138-0)
- Sanchez-Ostiz, A., Monge-Barrio, A., Domingo-Irigoyen, S., & González-Martínez, P. (2014). Design and experimental study of an industrialized sunspace with solar heat storage. *Energy and Buildings*, 80, 231–246. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.05.031>

- Rempel, A. R., Rempel, A. W., Gates, K. R., & Shaw, B. (2016). Climate-responsive thermal mass design for Pacific Northwest sunspaces. *Renewable Energy*, 85, 981–993.  
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.07.027>
- Oliveti, G., De Simone, M., & Ruffolo, S. (2008). Evaluation of the absorption coefficient for solar radiation in sunspaces and windowed rooms. *Solar Energy*, 82(3), 212–219.  
<https://doi.org/10.1016/j.solener.2007.07.009>
- Bataineh, K. M., & Fayez, N. (2011). Analysis of thermal performance of building attached sunspace. *Energy and Buildings*, 43(8), 1863–1868.  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.03.030>
- Harris, G. (1996). Emigración y políticas gubernamentales en Chile durante el siglo XIX, Valparaíso. p. 29. Citado en Santiago Lorenzo, G.H. (2000). Vida, costumbres y espíritu empresarial de los porteños: Valparaíso en el siglo XIX. Instituto de historia, Facultad de filosofía y educación, Universidad Católica de Valparaíso, P.17.
- Waisberg, M. "La arquitectura de Valparaíso, Respuesta al medio geográfico porteño. Investigación FONDECYT N°1970284. Valparaíso", 1998.
- Estrada, B. (1978). 1536-1986: Primera jornada de historia urbana: Valparaíso y el proceso de industrialización en Chile a fines del siglo XIX. Valparaíso, Ediciones Altazor.
- Sobon, J. (1995) Build a classic timber frame house Storey publishing, p 9.
- Benavides, J. Pizzi, M. y Valenzuela, M.P. (1998) Ciudades y Arquitectura Portuaria.
- Rivas, F. (2000). El barrio del cerro alegre (tesis de maestría). Valparaíso. PUCV.
- Expediente Postulación UNESCO Valparaíso Patrimonio de la Humanidad, I. Municipalidad de Valparaíso. Unidad técnica de Patrimonio. 1998.

