

# Elementos de la arquitectura patronal como reguladores medioambientales: Interpretación del volumen, corredor y patio como clave para ampliar y renovar el conjunto patronal

**Juan José León Rojas**

Artículo producido a partir de tesis de magíster

Profesores guía: José Quintanilla, Juan Ojeda

La renovación y ampliación de conjuntos patrimoniales mediante la utilización de tecnologías contemporáneas es un tema relevante por cuanto permite mantener vigente la arquitectura tradicional chilena. El cambio de programa en una casona colonial posibilita repensar en la lógica ampliable de las construcciones rurales, entendiendo el conjunto de reglas implícitas en su tipología arquitectónica como el punto de partida para adicionar nuevas edificaciones. La investigación explora los elementos de composición de la casa tradicional chilena, dentro de conjuntos patronales, como mecanismos medioambientales que permitan cumplir los requisitos que un nuevo programa – educacional, turístico, cultural, administrativo, hotelería, residencial, etc. – demanda.

La problemática de cómo insertar nuevas edificaciones dentro de un conjunto colonial, abarca transversalmente la investigación. Esta interrogante plantea como objetivo estudiar y desarrollar una manera de actuar que permita ser utilizada por los distintos conjuntos patrimoniales del Valle Central en su revaloración y conservación.

El estudio se centra en un caso y un programa específicos, pero se plantean como una excusa para desarrollar una estrategia de ampliación que respete el patrimonio y continúe con los estándares que la arquitectura patronal posee en términos de confort ambiental. El lugar estudiado es la Casona de la Hacienda Ana Luisa de Cunaco, de la familia Valdés, y el programa, un Centro de Investigación de Alimentos, basado en la Fundación Alicia, de España en conjunto a una Residencia para los investigadores y visitantes.

## **ELEMENTOS DE LA CASA PATRONAL**

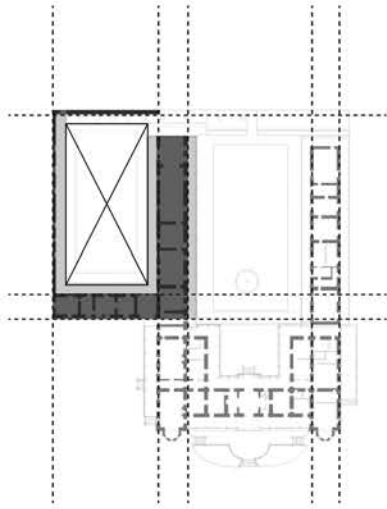
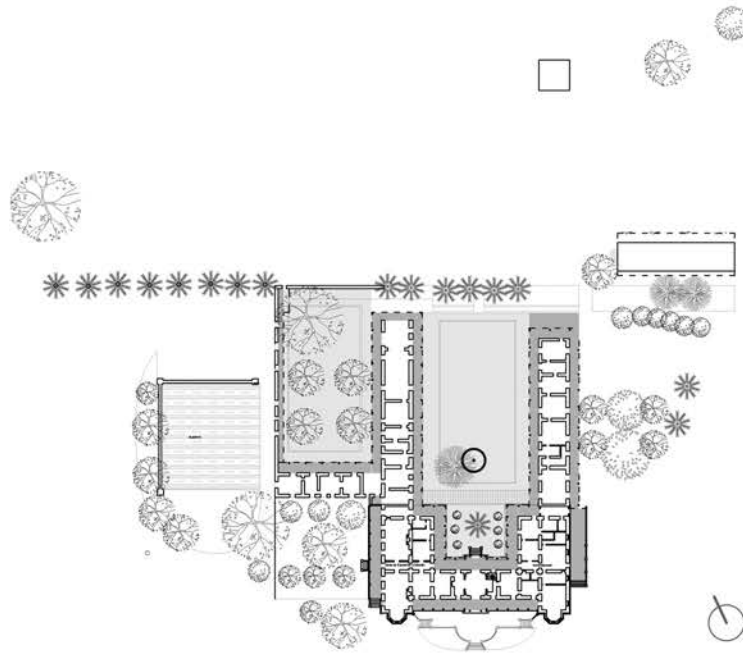
La arquitectura colonial chilena se desarrolla en el valle central como una tipología que responde a la necesidad de dominio del territorio y agricultura, desarrollada mayoritariamente en los siglos XVIII, XIX y principios del XX. Esta planicie entre cordilleras fue el lugar idóneo para ubicarse en el territorio, siendo adoptado por españoles y criollos. El desarrollo de la ganadería y los cultivos en las haciendas se convierte en la base de la economía chilena a partir del siglo XVII, siendo su centro, la Casa Patronal. Este conjunto de edificios, patios y volúmenes complementarios es la unidad urbana primaria, y se organiza como el motor de la vida social y productiva de esa época (Benavides, 1981).

La hacienda y las casas se configuran como conjuntos productivos formados por elementos y piezas compositivas que varían de acuerdo con cada caso, pero con características comunes que permiten definirla como una tipología.

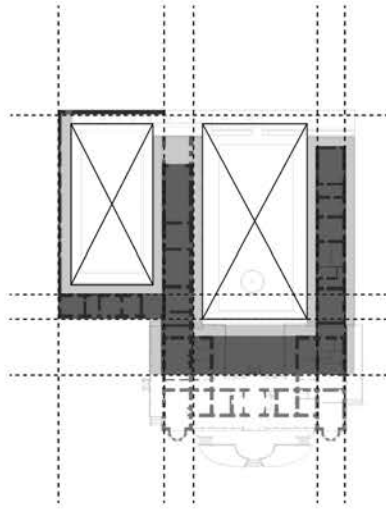
Cada propietario o administrador principal utilizaba

(...) tres tipos de espacios diferentes con los que organizaba el total del conjunto; los patios; los corredores y las habitaciones. Sin limitaciones en cuanto a la ocupación del suelo, pero restringido a una primaria técnica constructiva, estructuraba la casa con rígida ortogonalidad, como una sucesión de patios y habitaciones, conecta entre sí las distintas fases de la construcción, y ofrece una alternativa de circulación, que no es la interior entre recinto y recinto (Benavides, 1981: 50).

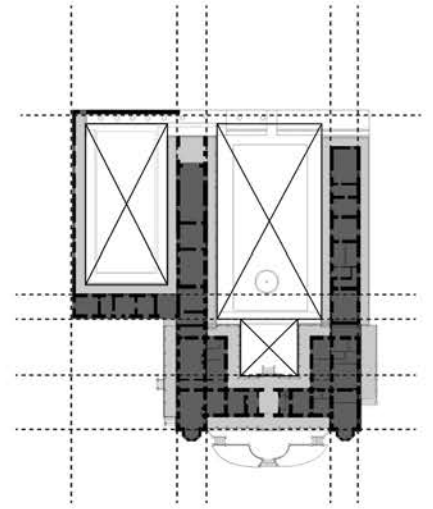
La casa se desarrolla en el territorio, donde predomina la escala horizontal, extendiéndose longitudinalmente a la dimensión de la hacienda y su agricultura, teniendo una lógica intrínseca de construcción por alas con una crujía establecida por la técnica constructiva y la creación de patios con



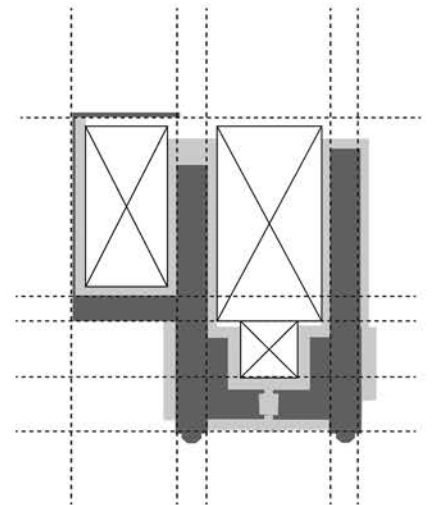
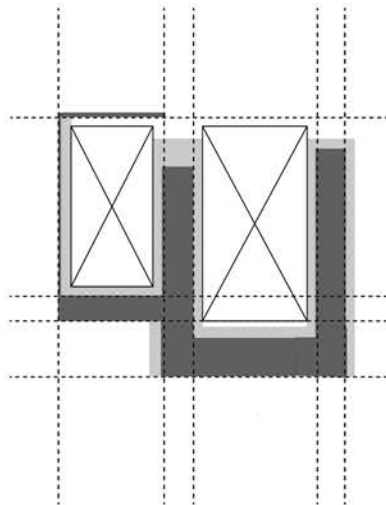
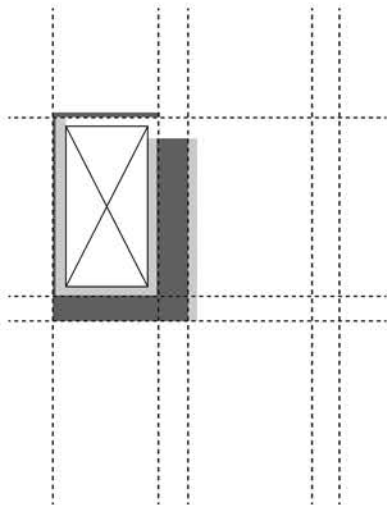
1780



1840



1875



programa. El constante 'en proceso' de las casas tradicionales despierta el interés de Henri Jaspard, quien en su libro *Arquitectura Central Tradicional Chilena* realiza un estudio, análisis, y posterior procesamiento de los múltiples conjuntos del Valle Central, dando cuenta de las diferencias en la volumetría de cuerpos; las variedades de patios presentes; y leyes de organización de estos elementos en el conjunto.

La mayor parte de los volúmenes que conforman los conjuntos rurales son largos y proporcionalmente bajos, siendo definidos como Volúmenes Base: un módulo repetitivo configurador de patios, y, por ende, de la espacialidad mayor del conjunto. Abarca todo cuerpo de un piso o dos, el cual "es un paralelepípedo techado a dos aguas, muy extendido longitudinalmente" (Jaspard, 1991).

Los patios, por otro lado, son la unidad espacial básica en la estructura general de los conjuntos rurales chilenos. Son los que concentran las actividades de las dependencias, las que se ordenan linealmente en su perímetro, determinando espacialmente una arquitectura en relación con el exterior. Tienen por regla formal una espacialidad ortogonal, con dimensiones que varían de acuerdo con el programa que sirven.

Los corredores, finalmente, son uno de los elementos más notables del patrimonio arquitectónico chileno, siendo su esencia el traspaso entre interior y exterior. "El paso gradual de la pieza interior al exterior a través del corredor, el patio, el parrón, el huerto, la explanada, el camino y el potrero es el hecho arquitectónico principal de la casa patronal" (Irrazábal, 1967:8). El corredor actúa como elemento de unión entre las partes del conjunto, tanto en su sentido transversal como en el longitudinal, a modo de pasillo.

Estos elementos identificados por Jaspard, arman los conjuntos patronales, de acuerdo con reglas de distribución definidas por la tipología de la casa patronal, dotado de una cualidad homogénea a la totalidad del conjunto. Primero, la 'Ortogonalidad' de la ubicación de las piezas y de los espacios es la manera racional de dominio y propagación en el territorio, a la cual se suma la 'Horizontalidad' como estrategia de integración con la tierra. La 'Linealidad' no-axial que existe en las conexiones de los espacios, se refiere a que no existen ejes ordenadores principales, sino que a través de los corredores genera el recorrido. Esto se debe a que el sistema de 'Agrupación' es en torno a patios como unidad mayor de composición del conjunto, y no bajo la lógica de grandes ejes generales ordenadores. La 'Yuxtaposición', se refiere a la ley que determina la relación de los diferentes elementos, que, en el caso de la casa chilena, se produce a través de espacios contiguos o de espacios vinculados por otro común, ya que no existen espacios conexos o interpenetrativos. En este sentido, la 'Rigidez Espacial' que se percibe se debe a que los espacios se presentan muy delimitados y estáticos. Los diferentes elementos conectados se pueden identificar en el conjunto, creando una 'Pureza Formal' que individualiza las partes que la componen. Finalmente, la 'Techumbre', de gran relevancia para el conjunto, se presenta como el gran articulador y unificador de la casona colonial chilena (Jaspard, 1991).

En este sentido, las casonas coloniales mantienen un set de reglas implícitas, que permitieron la ampliación de los conjuntos a través de la historia. Los volúmenes se compenetraron de tal forma que finalmente se combinan para generar un total coherente y unitario.

El caso de la Casona de la Hacienda Ana Luisa de Cunaco da cuenta de ese crecimiento. Ubicada en el Valle de Colchagua, fue construida por etapas desde 1780. El germen inicial fueron dos volúmenes y un patio delimitado por muros, la cual fue ampliada en 1840 con dos naves y un nuevo patio debido al crecimiento económico y necesidad de separar los programas de servicio de los de vivienda. En 1875 se construye una ampliación Sur con un carácter escenográfico, que rompe con la estética tradicional de las otras construcciones (Gaete, 2006).

Las ampliaciones siguen las líneas establecidas por el primer volumen, y la separación entre naves de la segunda etapa está dada por las dimensiones de un patio de vivienda. A pesar del quiebre que se realiza al construir un volumen de características disímiles en 1875, este aún mantiene los ejes de las crujeas existentes, y dota de un patio pequeño al interior, que, si bien tiene otras proporciones y carácter, sí habla de una tradición en torno al patio que se mantiene (FIG. 01).

#### CONTROL AMBIENTAL EN LA CASA PATRONAL

Las características que tiene la tipología de casa patronal para desarrollarse en el tiempo, sumado a una mantención en las cualidades constructivas, materiales y morfológicas, le permiten tener un buen desempeño en cuanto al confort en sus interiores.

La masividad de los volúmenes del Valle Central, otorgada por su materialidad de adobe, es característica primordial en cuando a la estructuración de los conjuntos, la cual se debe al conocimiento técnico para construir de parte de una mano de obra local. La poca luz que permite el material genera una tipología de recintos conectados tipo cañón, con muros transversales que actúan de contrafuerte, más que como divisiones interiores. La casa se compone, entonces, de una suerte de módulo estructural de ancho, alto y largo de aproximadamente 6 m (Benavides, 1981). Esta tradición constructiva presenta alta inercia térmica, definida como "la dificultad que tiene un material para cambiar su temperatura interior" (Neila y Bedoya, 1997), traducándose en la capacidad que tiene un material de almacenar energía calórica y liberarla posteriormente. La estabilidad térmica que se produce a partir de esto es una cualidad muy deseable, ya que generalmente, los edificios se ven interna y externamente expuestos a factores que hacen variar constantemente la temperatura interior. El objetivo desde el punto de vista de la eficiencia energética es que un edificio tenga poca variación en sus temperaturas, y estas fluctúen dentro del rango de bienestar, reduciendo así la necesidad de gasto de energía con acondicionamientos térmicos. En un clima como el del Valle Central, con amplias oscilaciones térmicas día-noche, el adobe funciona como método pasivo: durante el día absorbe el calor del exterior, manteniendo los interiores frescos, y durante la noche, libera este calor, subiendo la temperatura

hacia niveles más confortables, permitiendo la permanente habitabilidad del interior.

Por otro lado, la protección del adobe mediante la extensión del alero crea un hecho arquitectónico tipológico en la Casa Patronal. El corredor, fruto de un carácter técnico de la construcción, definió una espacialidad tipológica que se repite en las casonas tanto como circulación, como espacio de estancia y trabajo. Este espacio 'buffer', o amortiguador térmico, disminuye los efectos del sol, lluvias o viento en el volumen construido. De la necesidad de proteger la estructura se crea una red de corredores que envuelven la piel de los volúmenes y protegen los interiores (Benavides, 1981).

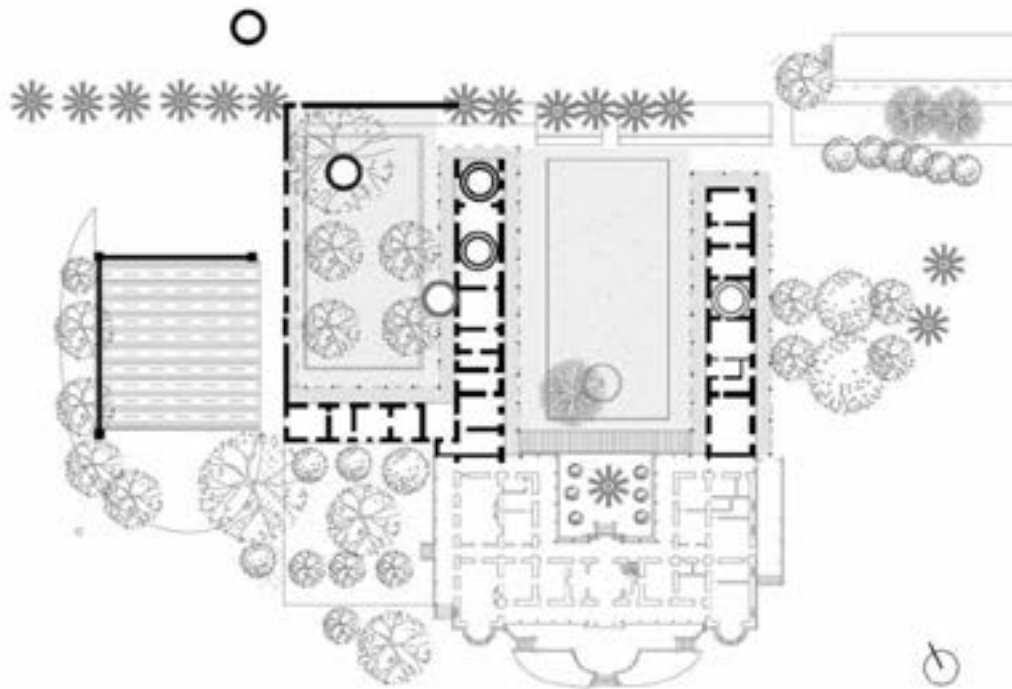
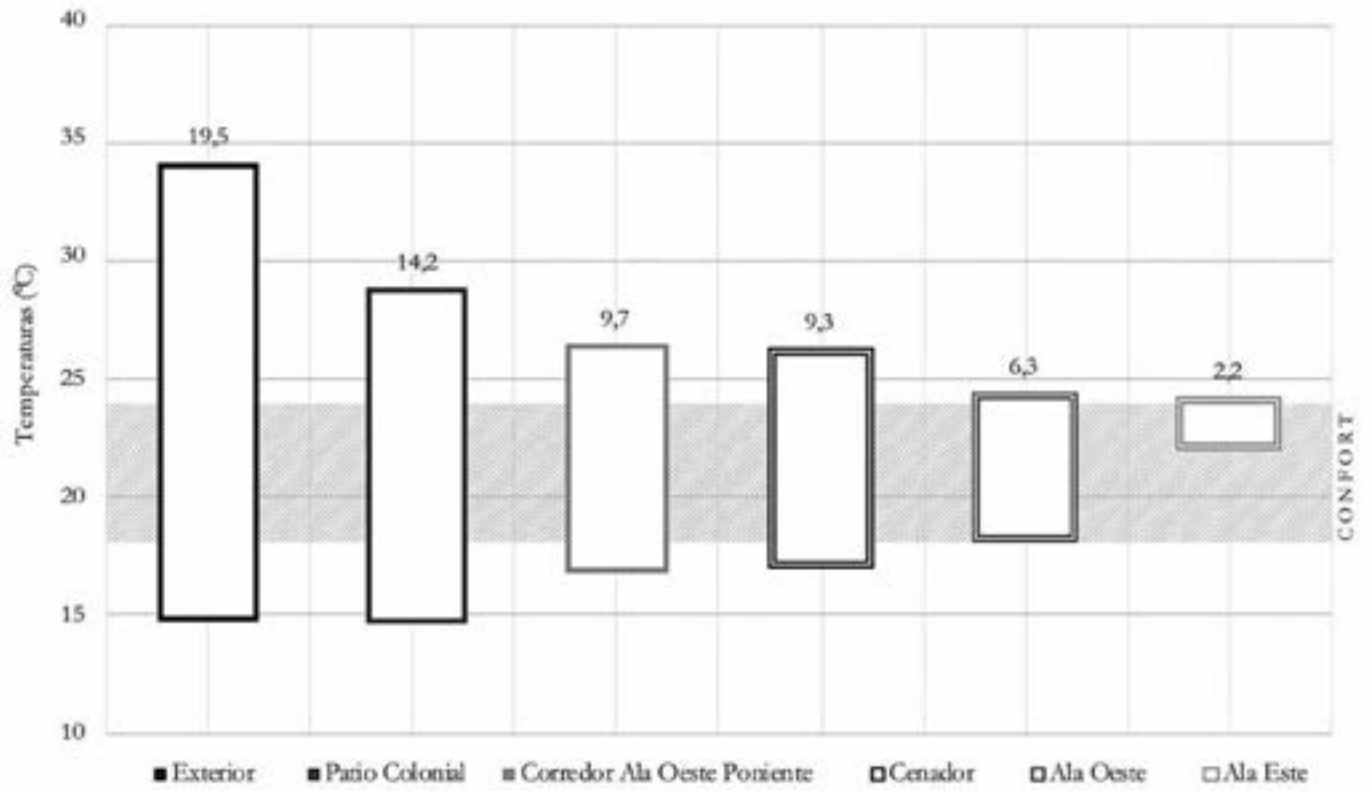
Los patios también son lugares de control de factores climáticos. Este espacio entre volúmenes construidos cumple funciones más allá del programa con el que fue concebido, cumpliendo un rol ambiental que influye positivamente en el confort de los espacios. Se ha comprobado el funcionamiento del patio como controlador medioambiental en la arquitectura tradicional árabe del medio oriente, que, si bien apunta a un clima diferente, comprueba el patio como lugar de control climático (Abdulkareem, 2016). En la arquitectura tradicional chilena, el patio tiene una condición programática, en que se liga arquitectura y uso. Las necesidades de las haciendas son recogidas por el patio, según las dimensiones, y elementos que contenga.

Se realizó un estudio del caso de la Casona Colonial de la Hacienda Ana Luisa de Cunaco a modo de presentar un estudio acotado que avalara el funcionamiento medioambiental de las casas rurales de la zona central. Mediante una campaña de medición durante el mes de febrero 2017, se logra llegar a resultados que permiten discutir acerca del funcionamiento de las casas patronales.

La Campaña de Medición se realizó identificando los puntos de medición requeridos: Interiores, Corredores y Patios, donde se ubicaron Dataloggers, instrumentos de medición de Temperatura y Humedad que fueron configurados para registrar los datos en intervalos de 5 minutos.

Los resultados de la campaña demuestran una comprobación de la moderación de la temperatura desde el exterior hacia el interior, al existir una amortiguación de la temperatura, y una estabilización de ésta en el interior de las construcciones de adobe. El grado de apertura al exterior del recinto repercute en la oscilación de la temperatura en los interiores (FIG. 02).

La relación entre el aumento de la humedad relativa y la disminución de la temperatura en los patios se condice con la estrategia de enfriamiento por evaporación de agua, sumado a la sombra. El corredor y su ambiente protegido de radiación disminuye la temperatura, mientras que dentro del Ala Poniente existe una baja de casi 70% en la oscilación de la temperatura exterior, debido a la masa térmica. Finalmente, el Ala Oriente, un recinto completamente estanco y sin uso, demuestra el funcionamiento aislado del adobe, al presentar una oscilación de 2,2° C durante el día, un 88% más baja que la oscilación exterior. Se determina que se produce efectivamente una gradación de temperaturas entre el traspaso desde el exterior hacia



las habitaciones, siendo cada elemento una capa que regula las temperaturas, humedades relativas e incidencias de radiación.

### **ESTRATEGIAS PASIVAS Y PROGRAMA**

El comportamiento de las casonas patronales en cuanto reguladores ambientales puede describirse según sus estrategias pasivas de control medioambiental. La temprana identificación de estas estrategias para el clima de la ubicación, permitirá decidir estrategias a implementar desde la etapa de diseño de un proyecto, y puede realizarse mediante un estudio de las variaciones de temperatura y humedad a lo largo del año.

Para el caso estudiado, la ubicación es en el pueblo de Cunaco, ubicado en la VI Región, 170 km al sur de Santiago. Al igual que el valle central de Chile, la zona presenta grandes oscilaciones térmicas, sobre todo durante los meses de verano, donde se puede llegar fácilmente a los 15°C de diferencia entre día y noche. El valle presenta un nivel de radiación solar moderado-alto durante todo el año, el cual durante los meses de verano se acentúa, lo que se suma pocos días anuales de nubes.

Para la elección cautelosa de las estrategias a utilizar, el programa ClimateConsultant es usado como método de descripción de los climas, ya que propone estrategias pasivas para llevar hacia el confort, teniendo como resultado porcentajes anuales potenciales por Estrategia Pasiva. Estas últimas son fijas, es decir, todos los climas presenta las mismas estrategias pasivas, pero es su porcentaje el que difiere en cada caso. Mediante la creación de un Archivo de Clima de Cunaco, utilizando datos anuales extraídos desde fuentes oficiales (Explorador Solar, del Ministerio de Energía; y datos de la Estación Nancagua 2, de la Red Agroclimática Nacional, Ministerio de Agricultura), se logró llevar a cabo un estudio de clima del lugar.

A nivel general, las estrategias de mayor relevancia a nivel anual son la utilización de 'Masa Térmica' en la mayor parte del año, la 'Ganancia Solar', y las 'Ganancias Internas'. La utilización de calefacción es necesaria en los meses de invierno, pero una buena aislación del exterior podría permitir una disminución en las demandas de energía para calentamiento. La utilización de 'Ganancias solares, Ventilación y Enfriamiento Evaporativo' en verano, son estrategias diurnas, mientras que los usos de Ganancias Internas y Masa Térmica son mayormente nocturnos.

Mediante una separación por Estaciones y Horarios, se logró identificar las estrategias pasivas necesarias para cada parte del programa requerido, identificando las más relevantes para cada zona. El programa requiere de tres sectores en total:

La Fundación, que tendrá la labor de investigar y difundir el patrimonio alimentario que cuenta con 'Laboratorios y Cocinas', encargadas de reunir a los científicos y proveer de un espacio controlado para la investigación; un 'Área Pública' de libre acceso para el visitante, en el que comparte Auditorio y Restaurant que sirve al conjunto tanto residencial como investigador; y finalmente un sector de 'Residencia' con habitaciones de alto estándar para los investigadores.

Para el sector de 'Residencias', las estrategias principales tienen que ver con el aprovechamiento de las ganancias internas humanas y la necesidad de Inercia Térmica que durante el día capte calor y lo libere en la noche. Por esto, se necesita Captación de Energía Solar durante el día. Los pabellones serán los encargados de proveer de Cargas Internas mediante la ubicación de las Habitaciones dentro de ellos, y la utilización de suelos y mobiliario de masa térmica permitirá el almacenamiento de energía durante el día.

Las estrategias seleccionadas para el sector de 'Laboratorios y Cocinas' de la Fundación son diferentes según la estación del año. Las Estrategias necesarias anualmente son Ganancias Internas, Ganancia Solar Pasiva y Baja Masa Térmica. Las construcciones se harán cargo del sombreado y la ventilación cruzada, mientras que el programa proveerá de calor mediante la utilización de equipo para laboratorios y cocinas que liberan calor.

Finalmente, para el 'Área Pública', las ganancias internas y la Ganancia solar pasiva son las estrategias principales, las que unidas a una construcción de baja masa térmica permitirá una rápida calefacción durante el día. Existe utilización del calor de la cocina como Calefacción, y la necesidad de ventilación será reforzada debido a la gran cantidad de personas que alberga este lugar, por lo que la renovación de aire será un tema importante.

### **PROPUESTA DE AMPLIACIÓN**

Las directrices extraídas del estudio de la casa patronal chilena, y de los elementos que la conforman son claras al momento de permitir introducir nuevos programas, ya que presentan reglas y estrategias que regulan las posibilidades de acción. La incorporación de nuevos programas a la Casona de la HALC nos hace necesitar de mayor edificación que cumpla los estándares necesarios para un laboratorio, residencia y áreas públicas, pero que se unan al conjunto colonial siguiendo su lógica intrínseca. Se busca replicar la lógica de naves y patios delimitados, pero haciendo énfasis en las estrategias medioambientales que cada programa necesita.

El proyecto se plantea mediante el diseño de una pieza modular a modo de Pabellón tipo, el cual pudiese ser emplazado de manera sistemática en el territorio. Al igual que los volúmenes base de una casona colonial, la lógica de inserción delimitaría patios y permitiría dotar de programa con una estrategia clara.

El juego de los volúmenes en planta debe obedecer tanto a razones compositivas y arquitectónicas, como también de índole climáticas, razón por la cual se crean diferentes iteraciones de configuraciones de conjuntos de acuerdo con las sombras proyectadas en los solsticios y equinoccios. Se busca obtener patios soleados en los que se pueda optar por obtener radiación o sombra según la vegetación que se proyecte, y también, que las soluciones entre pabellones ayuden a solucionar problemas de sobreexposición a la radiación solar (FIG. 03).

La búsqueda de una tipología de Pabellón que pudiese aceptar el programa requerido, y a la vez ser modular es el foco del proyecto. El objetivo es diseñar un elemento estructural repetitivo, auto so-

portante y que pudiese ser revestido de acuerdo con los requisitos posteriores. Se resuelve utilizar una estructura de cercha compuesta por piezas de madera arriostradas en ambos sentidos, incorporando diagonales en el sentido transversal que amarran la estructura y permiten generar aleros y techumbre a dos aguas, y en el sentido longitudinal forman una estructura tipo "A" que arriostra el módulo. La repetición de esta pieza permite crear pabellones de largo variable, lo que se asemeja a la naturaleza extruida de los Volúmenes Base de la Casa Patronal. Eso sí, la estructura se hace cargo de conformar los espacios interiores al mismo tiempo que el alero del corredor exterior. Al incorporarlo en este caso, se potencia la utilización de un solo elemento estructural como conformador de los espacios e instancias de la casa tradicional.

Estructurar estos volúmenes con madera significa la utilización de un material renovable, con montaje en seco, y que mantiene las mismas piezas en su totalidad. Los apoyos y fundaciones de hormigón se mantienen en la base, por lo que la estructura principal es de madera laminada.

Por esta razón, la envolvente se convierte en el elemento a variar en esta propuesta. Ya que la estructura es fija, se pueden realizar vanos, dobles pieles, aperturas, etc. las cuales tendrán repercusión en el desempeño del interior del Pabellón. La aislación de muros y techumbres será clave en la disminución de cargas por calefacción y enfriamiento, al igual que la incorporación de fachadas ventiladas que protejan y ventilen el muro. La adición de elementos vidriados permitirá obtener mayores ganancias solares, y una correcta apertura aprovechará la ventilación como método de enfriamiento en verano. Además, permitirá un mayor ingreso de luz natural, disminuyendo las demandas de iluminación eléctrica durante el día. Por último, el largo del alero se podrá variar para generar una mayor sombra, o ganancia solar dependiendo de la necesidad de los interiores (FIG. 04).

Los espacios exteriores entre volúmenes construidos también fueron diseñados en cuanto a la función que cumplirían programáticamente, como también la necesidad hacia los interiores. El proyecto busca otorgar una mirada más contemporánea sobre la fluidez espacial del conjunto. A pesar de existir una delimitación de patios mediante la forma de ampliación utilizada, la conexión entre ellos será más compenetrada e interconectada, como manera de unificar el conjunto y dejar la casa patrimonial como foco central (FIG. 05).

Los patios son tratados como un espacio que acompaña el interior, que se delimita por volúmenes, muros o vegetación. Cada uno de ellos cumple una función, la cual puede variar entre ser un patio con vegetación alta o baja, vegetación caducifolia o perenne, presencia de agua, suelo duro, o simplemente ripio. La utilización de vegetación tiene diversas ventajas, ya que permite reducir la incidencia de radiación, disminuir la temperatura del aire circundante, aumentar la humedad relativa del aire, reducir la polución del aire, y funciona como un amortiguador de ruido (Geetha, 2012). Su función está ligada a la utilización de enfriamiento evaporativo como estrategia hacia los interiores, al igual que el bloqueo de la radiación solar, utilizando la



transmisibilidad de *Fraxinus Excelsior* (Fresno común) como referente (Delpiano, 2015).

### VARIACIÓN Y DESEMPEÑO

La reinterpretación de los elementos de la casa patronal se realizó mediante el diseño de volúmenes y patios, con estrategias pasivas para cada uno de ellos. El diseño de una estructura base para los Pabellones permite una piel adaptable, y según la variación en dimensión y materialidad de los elementos, existen repercusiones hacia el interior de la estructura. Por otro lado, los patios se muestran como lugares de posibilidad tanto programática, como de acondicionamiento hacia los interiores.

Una serie de simulaciones fue realizada a modo de comprobar el comportamiento del Pabellón Base con las diferentes variaciones en la piel, a modo de catálogo de funcionamiento que permitiese decidir qué tipo de Pabellón sería aplicado en el proyecto final. Las variaciones corresponden a la aplicación de una estrategia de acondicionamiento pasivo, que, siendo aceptada por la tipología estructural del Pabellón, le permite reaccionar de una mejor manera al programa, entorno y clima.

Los patios, por otro lado, fueron modelados como zonas de sombra estacional, imitando el comportamiento que tendría la vegetación dentro de los conjuntos. La imposibilidad que existe de simular correctamente arborización con las herramientas utilizadas hace difícil comprobar la eficacia del enfriamiento evaporativo, y el confort que generan los árboles en los espacios aledaños, por lo que se utilizará la sombra como elemento clave, y se supondrá una baja en las temperaturas ambientales según lo estudiado.

Así, la simulación de las variables se enfoca en las repercusiones interiores de los volúmenes construidos, y cómo cada una de ellas afecta en confort interior. Los elementos vidriados, de protección, e incluso la vegetación serán entendidos como elementos que amortiguan la relación con el exterior, buscando la búsqueda de un óptimo.

Las variaciones que se estudiaron en un Pabellón Base fueron cuatro. La 'Orientación' del pabellón, utilizando como referentes los volúmenes originales de la casona, correspondientes a las orientaciones Norte-Sur, y Oriente-Poniente. La 'Captación Solar de Energía' está a cargo de la variación del alero, que permitirá obtener mayores o menores ganancias solares directas, probándose tres variables: Alero Transparente (microperforado), Alero Normal, y Alero Extendido. Por otro lado, en cuanto a 'Iluminación', se iteraron dos variables: con y sin Ventana Superior, en la zona por sobre los vanos de acceso. Finalmente, en cuanto 'Ventilación e Iluminación', se probó una extensión de la estructura de madera, creando una apertura en la parte superior que cumple ambas funciones. Se probaron tres variables: sin lucarna, y lucarna en dos orientaciones (FIG. 06).

Los diferentes parámetros fueron testeados utilizando el programa de simulación DIVA (Design, Iterate, Validate & Adapt), un plug-in del programa de modelación tridimensional *Rhinoceros 4.0*, el cual permite producir simulaciones lumínicas, de incidencia de radiación y térmicas. Para estos procesos,

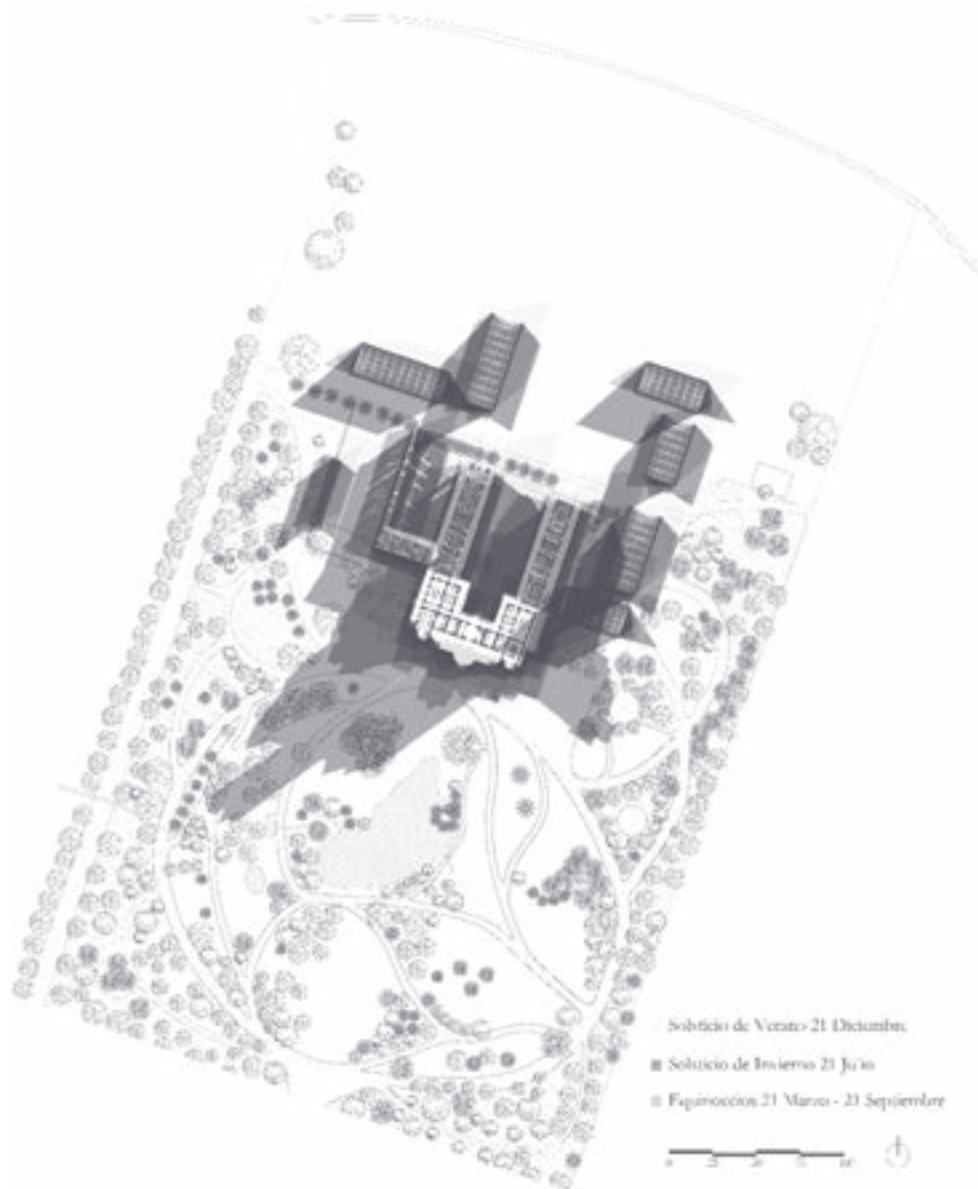


FIG. 03

se debe proveer de un archivo de clima, y luego se procede con las simulaciones utilizando los motores de *Radiance* para las simulaciones de radiación e iluminación, y el de *EnergyPlus* para la térmica.

El procedimiento busca entender el funcionamiento de cada combinación, y poder utilizar la más adecuada para los requisitos estudiados para cada programa y orientación. Se realizó un análisis con cuatro variables: Orientación, Alero, Ventana Superior y Lucarna, generándose 36 combinaciones diferentes. Mediante este estudio, se quiere demostrar el funcionamiento de cada variable, y la forma en que afecta el confort interior, la ganancia solar, la iluminación, y las demandas de energía.

Se realizaron gráficos de frecuencia acumulada para describir las repercusiones de cada variable en las demandas de Calefacción (línea punteada) y Enfriamiento (línea continua). Se grafica en cada línea una variable, y qué porcentaje de las simulaciones presenta determinado valor de demanda. Que sea un gráfico de frecuencia acumulada significa que por cada valor de demanda vemos cuantos resul-

tados están por debajo de él de un golpe de vista, y, además, permite comparar dos curvas, las que si se juntan demuestran un comportamiento similar, mientras que, si se separan, hay diferencia en el rendimiento interior (FIG. 07).

### ORIENTACIÓN

A nivel de demandas, existe un comportamiento similar entre ambas orientaciones, sin embargo, la orientación Norte-Sur Presenta mayores demandas de enfriamiento que la Oriente Poniente, ya que existe mayor incidencia de radiación en estos volúmenes.

### ALERO

La diferencia que se produce por la existencia o no de alero es drástica. La variación con alero traslucido presenta altas demandas de enfriamiento, lo que se condice con una mayor incidencia de radiación durante todo el año. Entre las dos variaciones de Alero y Alero Extendido, como es de suponer, las demandas de Enfriamiento son menores cuando existe mayor protección solar.

### VENTANA SUPERIOR

En cuanto a la incidencia de la Ventana Superior en las demandas de energía, se demuestra, una vez más, que el ingreso de mayor cantidad de radiación a los recintos, aumenta las demandas de Enfriamiento y disminuye las de Calefacción, en comparación con la opción sin Ventana Superior. En calefacción, los valores de la opción Sin Ventana son 10 kWh/m<sup>2</sup> año menores en promedio, ya que el vano vidriado permite una mayor pérdida de energía además de ganancia.

### LUCARNA

La incidencia de la lucarna tiene más variables a la hora de interpretar, ya que se debe diferenciar el sentido hacia el cual se orienta la apertura, lo que incide en cuanta radiación ingresará al espacio. Las lucarnas en general tienen entre 15 y 30 kWh/m<sup>2</sup> año más de demandas de enfriamiento que la versión sin Lucarna, y presentando diferencias menores en la demanda de calefacción. Por otro lado, las lucarnas en el sentido Norte, Este y Oeste, reciben mayor cantidad de radiación, presentan mayores demandas de enfriamiento, lo que explica que Sur y Sin Lucarna sean las de menores demandas. De todas maneras, la lucarna Sur es la que mayores demandas de calefacción tiene, ya que la superficie vidriada solo genera pérdidas de energía.

Del análisis de los resultados, se prosiguió con la elección de qué combinación de variaciones debía implementarse para cada programa, en sus orientaciones Norte-Sur, y Oriente Poniente. Para esto, se realizó una tarea exhaustiva de análisis de datos por iteración, en la cual se evaluaron las Estrategias escogidas para cada programa de acuerdo con los resultados de las simulaciones.

Las mayores estrategias de acondicionamiento pasivo para los Pabellones de 'Residencias' son la Ganancia Solar, Ganancias Internas y Calefacción. Por esto se buscan los valores más altos de Ganancia Solar anual, combinado con una baja Demanda de Calefacción, con bajas demandas totales deseablemente. Para el volumen 'Norte-Sur', la opción 'Sin Alero, con Ventana Superior y Sin Lucarna' fue la más idónea. Presenta alta Ganancia solar anual debido a su orientación, su mayor porcentaje de vanos, y el alero traslúcido, y la segunda demanda de calefacción más baja. Al mismo tiempo, tiene una demanda total que está dentro del 50% más bajo dentro de todas las iteraciones. Para el volumen 'Oriente-Poniente', la opción también fue 'Sin Alero, con Ventana Superior y Sin Lucarna', ya que presenta los mejores índices de demandas anuales de iluminación, además de permitir mantener una unidad de diseño entre ambas alas del mismo programa.

Para el sector de 'Laboratorios y Cocinas', las estrategias destacadas son Ganancias Internas, Ganancia Solar Pasiva en los meses de otoño, invierno y primavera, al igual que un bloqueo de radiación en los meses de verano. La dificultad radica en que, en la mayoría de los casos, es una contradicción la búsqueda de la mayor cantidad de Ganancia Solar, y las bajas demandas de enfriamiento, ya que usualmente una alta ganancia lleva consigo altos niveles de energía de enfriamiento. En el caso del volumen 'Norte-Sur' hay dos combinaciones con la opción de

ser electos. Tanto la opción 'Sin Alero, Sin Ventana superior y Sin Lucarna', como la Lucarna Poniente con Alero Extendido. Se eligió la primera opción, ya que presenta mejores índices de Ganancia Solar, y una menor demanda total. Por otro lado, para el volumen Oriente-Poniente, 'Sin Alero' fue escogida, ya que, a pesar de tener no tener las más altas Ganancias Solares, se debe priorizar una menor demanda de Enfriamiento.

Finalmente, para el 'Área Pública', las estrategias de acondicionamiento más relevantes son las ganancias internas y la Ganancia solar pasiva en los meses de transición y de invierno. La protección del sol en los meses de verano se complementa con la necesidad de una baja demanda de enfriamiento, para un programa que alberga gran cantidad de personas en el Auditorio, y gran cantidad de personas y equipos para el Restaurant, con altas Ganancias Internas en ambos.

Para el volumen 'Norte - Sur', se busca la combinación de variables con demanda de enfriamiento más baja, que se condice con la menor Ganancia Solar en verano, cosa relevante dada la inexistencia de vegetación que la disminuya. 'Alero Extendido, Sin Ventana Superior y Sin Lucarna' fue escogida por tener mejores índices. En cuanto al volumen 'Oriente-Poniente', se decidió escoger la iteración con menor demanda de Enfriamiento, es decir, 'Alero Extendido, Sin Ventana Superior y Sin Lucarna', a pesar de ser muy pequeña la diferencia con el que le sigue, que es Alero, Sin Ventana Superior y Sin Lucarna.

Se realizaron varias simulaciones térmicas del proyecto completo, utilizando las combinaciones escogidas para cada uno de los programas. En una primera instancia, se realizó una simulación con las mismas características de los análisis realizados en la etapa anterior, la cual será utilizada como punto base de comparación, para, posteriormente, realizar una serie de simulaciones en las cuales se incorporaron variables de masa térmica interior, ventilación natural, ganancias internas por personas y ganancias por equipos. La vegetación fue simulada mediante una superficie con diferente grado de opacidad según la estación, homologando la sombra que generan los árboles caducos en los patios (FIG. 08).

### RESIDENCIA

Los volúmenes de las residencias fueron analizados anualmente, utilizando dos modelos de comparación. Un primer caso de Referencia que integra Ventilación al exterior, pero sin ventilación natural, cargas internas humanas ni de equipos; y un segundo caso correspondiente a la incorporación de Ventilación natural como mecanismo de enfriamiento natural, cargas internas en horario nocturno, y equipamiento ligero que corresponde al uso de una habitación.

Los resultados difieren en las dos orientaciones, ya que la presencia de sombra producto de la vegetación afecta en mayor medida al volumen Oriente Poniente (OP). Éste presenta menores demandas de enfriamiento producto de la disminución de radiación incidente, pero mantiene demandas de calefacción levemente más bajas que las del volumen NS, rondando los 7,5 kWh/m<sup>2</sup> año. La demanda de



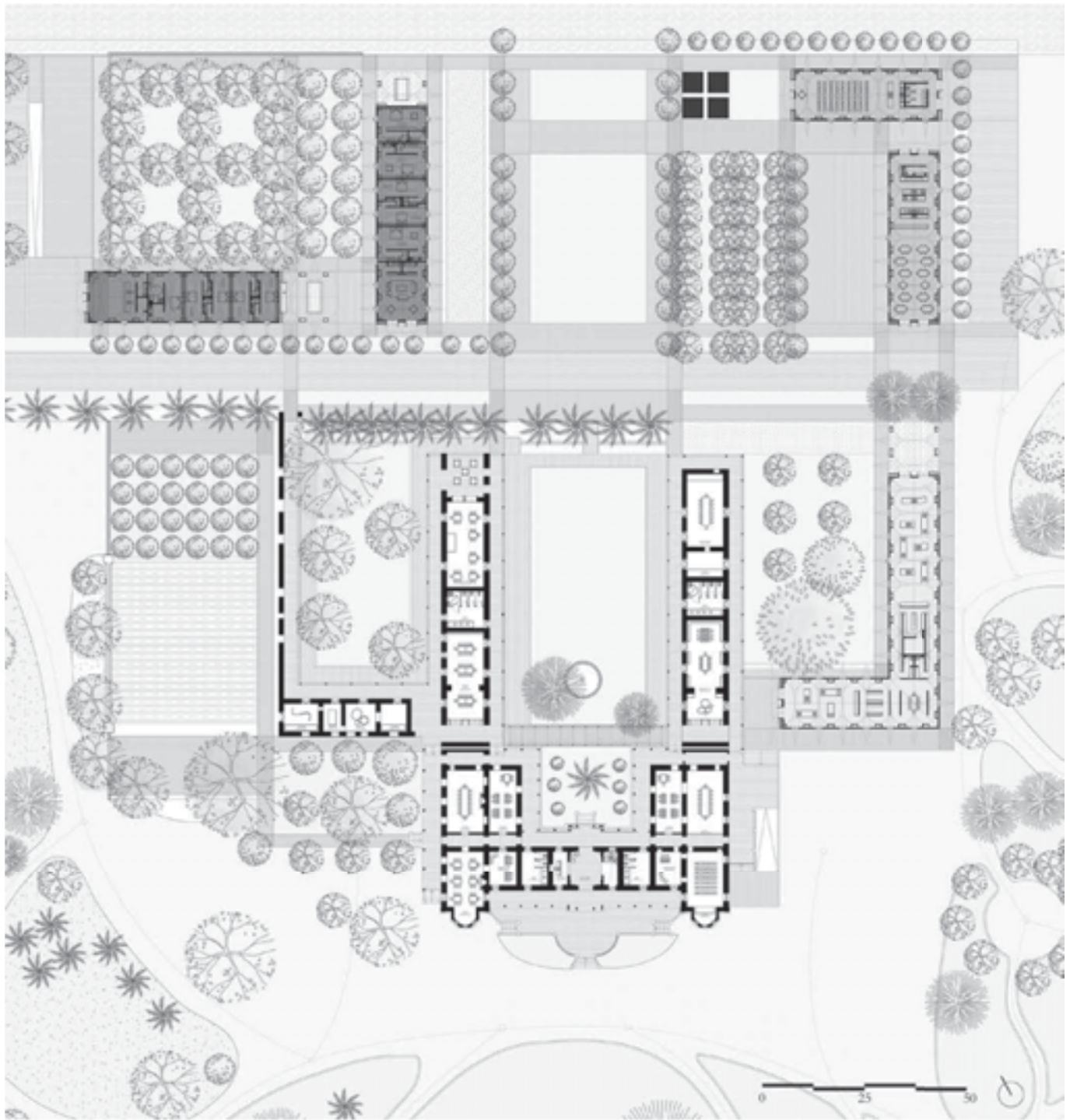
FIG. 04

enfriamiento más alta corresponde a 12,5 kWh/m<sup>2</sup> año en el volumen NS, valor que podría bajar si consideramos una baja temperatura que penetra desde el patio vegetal. De esta forma, podríamos suponer que las residencias presentan un comportamiento estable anualmente, con demandas que no superan en ningún mes los 12,5 kWh/m<sup>2</sup> año.

### LABORATORIOS

El caso de los laboratorios consideró cuatro modelos de comparación. El primero corresponde a la Referencia, el traspaso desde las simulaciones de combinaciones de manera directa. El segundo, corresponde al modelo con ventilación, cargas internas y masa térmica, incluida la vegetación exterior. Debido a que los valores de enfriamiento eran altos, sobre todo en los meses de verano, se decidió realizar un nuevo modelo, con y sin vegetación, que corresponde a las mismas características del pabellón seleccionado, pero incorporando alero en vez de Alero transparente. De esta forma, se busca proveer de mayor protección solar, verificando cómo cambia si es que existe o no vegetación con este nuevo modelo.

En el caso del volumen NS, existe una disminución progresiva en los diferentes modelos, siendo la Versión 2 de diseño con Vegetación la que tiene los menores valores en demandas de enfriamiento. Así,



□ Preexistencias - Fundación

■ Residencia

▨ Área Pública

□ Laboratorios y Cocinas



podemos ver que las cargas internas de los laboratorios y cocinas permiten mantener un ambiente confortable en los meses de invierno, pero requerirán un mayor cuidado de la ventilación natural y extracción en los meses de verano. El volumen OP, al igual que el volumen NS, presenta una disminución en sus demandas de enfriamiento, y un leve aumento en las de calefacción, lo que hace más eficiente la utilización de alero en el volumen. La pequeña disminución en las demandas de enfriamiento demuestra que la vegetación ya realiza gran parte del filtro de radiación en este volumen, por lo que añadir alero no presenta unas grandes repercusiones, pero si una mejoría.

#### ÁREA PÚBLICA

Finalmente, para el caso de la zona pública, también se realizó una comparación entre cuatro casos. El primero, el de Referencia mencionado anteriormente. Los dos siguientes, el proyecto, pero incorporándole cargas internas, ventilación natural y masa térmica, en un caso sin la vegetación proyectada al sur-poniente de los volúmenes, y en el siguiente, incorporándola. Se decidió comprobar la incorporación de mayor cantidad de vegetación al Norte y Oriente de los pabellones, como manera de producir una mayor protección frente al paisaje, ya que el volumen como tal, no presenta mayor posibilidad de cerrarse frente al exterior.

Los valores no son muy diferentes en el Volumen NS, demostrando que las cargas internas son responsables de las altas cargas de enfriamiento, y las bajas en calefacción, existiendo bajo impacto del uso de mayor vegetación para disminuirlas. De todas formas, por el enfriamiento evaporativo que esta vegetación producirá, conviene su ubicación en el lado oriente, teniendo especial cuidado con la extracción y ventilación de este recinto. Por otro lado, el volumen OP de Auditorio, presenta un comportamiento similar, pero con valores más bajos debido a la disminución en las cargas internas. De todas maneras, conviene incorporar vegetación que proteja el edificio frente a la radiación Norte, probando que los volúmenes en orientación Oriente Poniente deben estar protegidos de la radiación en una mayor medida que aquellos orientados Norte Sur.

Este estudio y análisis comprueba el funcionamiento de los volúmenes anualmente frente al clima. El uso de vegetación caduca permite interiores confortables con, por ejemplo, una disminución de entre 20 y 50% en las demandas de enfriamiento de las residencias. Tanto el programa de laboratorios como el área pública necesitaron de mayor cobertura frente a la radiación considerando las cargas internas presentes en cada programa, por lo que el manejo eficiente de la ventilación y extracción de estos recintos permitirá un mayor nivel de confort interior. Aun así, las demandas de estos volúmenes quedan todas bajo los 20 kWh/m<sup>2</sup> año, un valor que se presenta eficiente para un programa complejo. La diferencia que se produjo desde los resultados de las simulaciones de las combinatorias, con los resultados de la simulación del proyecto son altas. Al momento de incorporar masa térmica, cargas internas, cargas por equipos, y ventilación natural, los valores de demandas bajan. De todas maneras, los resultados se demostraron positivos al momento de traspaso a proyecto, por lo que

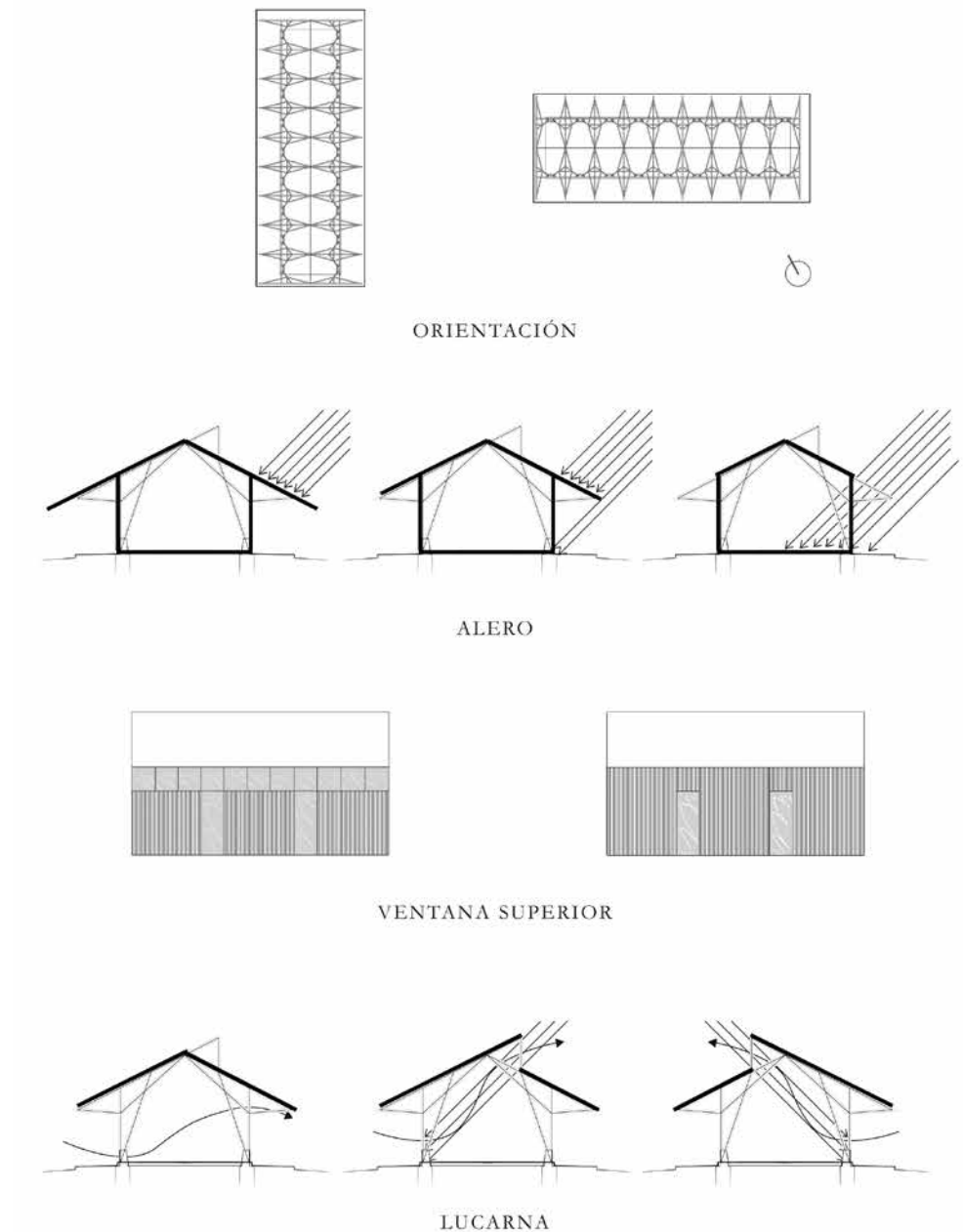


FIG. 06

un ajuste en la configuración de las simulaciones iniciales permitirá un traspaso más exacto. La simulación permite anticiparse a los problemas que podrían presentarse en diseño, y permiten rápidamente comprobar cambios en la volumetría. Por otro lado, esta metodología de diseño permite detectar problemas en los que enfocarse a la hora de resolver las soluciones de estos recintos. La reinterpretación de los volúmenes como elementos de piel variable permitió mantener una unidad espacial, y un respeto por la tipología tradicional de las preexistencias, que pudo resolverse desde una arista constructiva y energéticamente eficiente (FIG. 09).

#### CONCLUSIONES

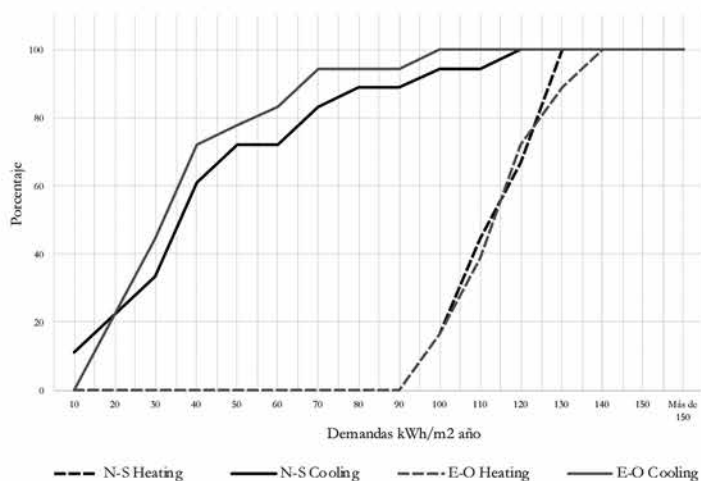
La investigación presentada se desarrolla mediante tres líneas generales: Estudio, Caso y Propuesta

En la primera etapa se aborda la problemática general sobre la ampliación y adición de partes a

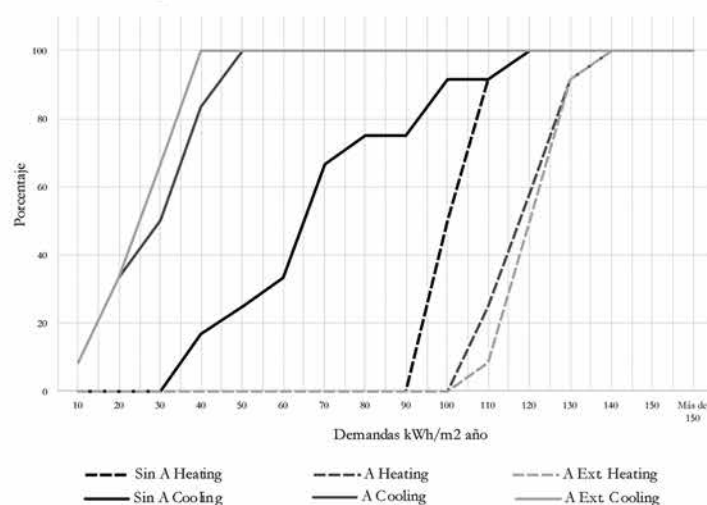
un conjunto patronal, planteándose desde el estudio de la tipología y sobre la posibilidad que esta tiene de recibir nuevas edificaciones. Al mismo tiempo, una revisión del funcionamiento de los conjuntos patronales en términos medioambientales y de confort interior permitió entender los mecanismos de acondicionamiento pasivo que presentan y que la convierten en un referente de confort interior.

La incorporación de un Caso articula el Estudio y la Propuesta, definiendo el programa y las estrategias climáticas de control ambiental pasivo. La definición de estas variables permite el diseño del proyecto de forma más acabada, abordando el diseño de los patios y de una de las piezas en detalle, el volumen. Mediante él, se ordenan las ampliaciones de manera modular, repetitiva y eficiente, desarrollando al mismo tiempo una propuesta que sigue las reglas de composición y arquitectónicas, y también ciertos lineamientos de acuerdo con el programa y el confort interior.

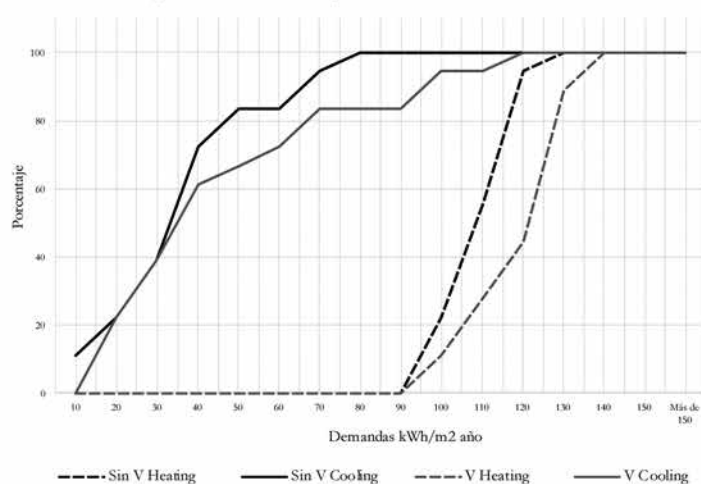
Demandas respecto a Orientación en término de frecuencia acumulada



Demandas respecto a Alero en término de frecuencia acumulada



Demandas respecto a Ventana Superior en término de frecuencia acumulada



Demandas respecto a Lucarna en término de frecuencia acumulada

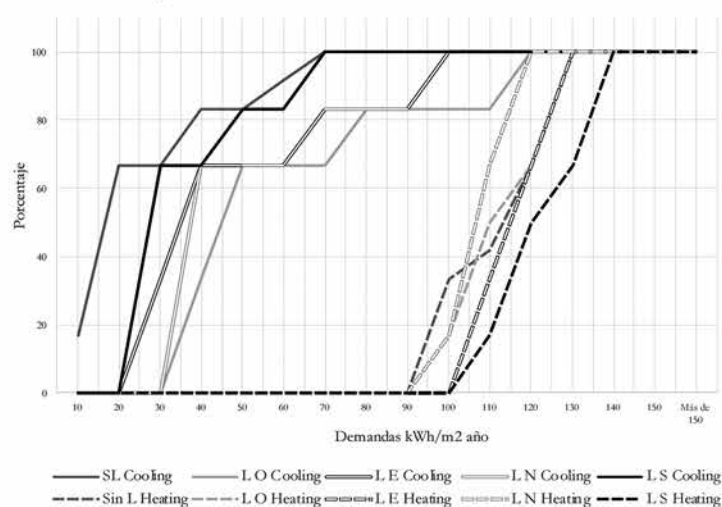


FIG. 07

Finalmente, se comprueba la adaptabilidad que este sistema ofrece, realizando diferentes variaciones en la piel del nuevo volumen, analizando las repercusiones en iluminación, radiación y demandas internas, para posteriormente, incorporarlas a proyecto y testearlas. La incorporación de las estrategias de acondicionamiento pasivo al diseño permitió escoger el óptimo para cada programa, y así entregar interiores que fuesen comparables con la tipología tradicional del valle central.

El conjunto patronal fue capaz de recibir nuevas edificaciones bajo ciertas condiciones. Mediante la lectura por partes que realiza Henri Jaspard es posible definir la arquitectura patronal como una construcción ampliable, ya que existen reglas claras que dominan estas construcciones, pero que son lo suficientemente amplias como para permitir variaciones, saltos y singularidades dentro de su composición. Aun así, es necesario establecer ciertos límites en su configuración de crecimiento, ya que no toda adición sirve para completar el

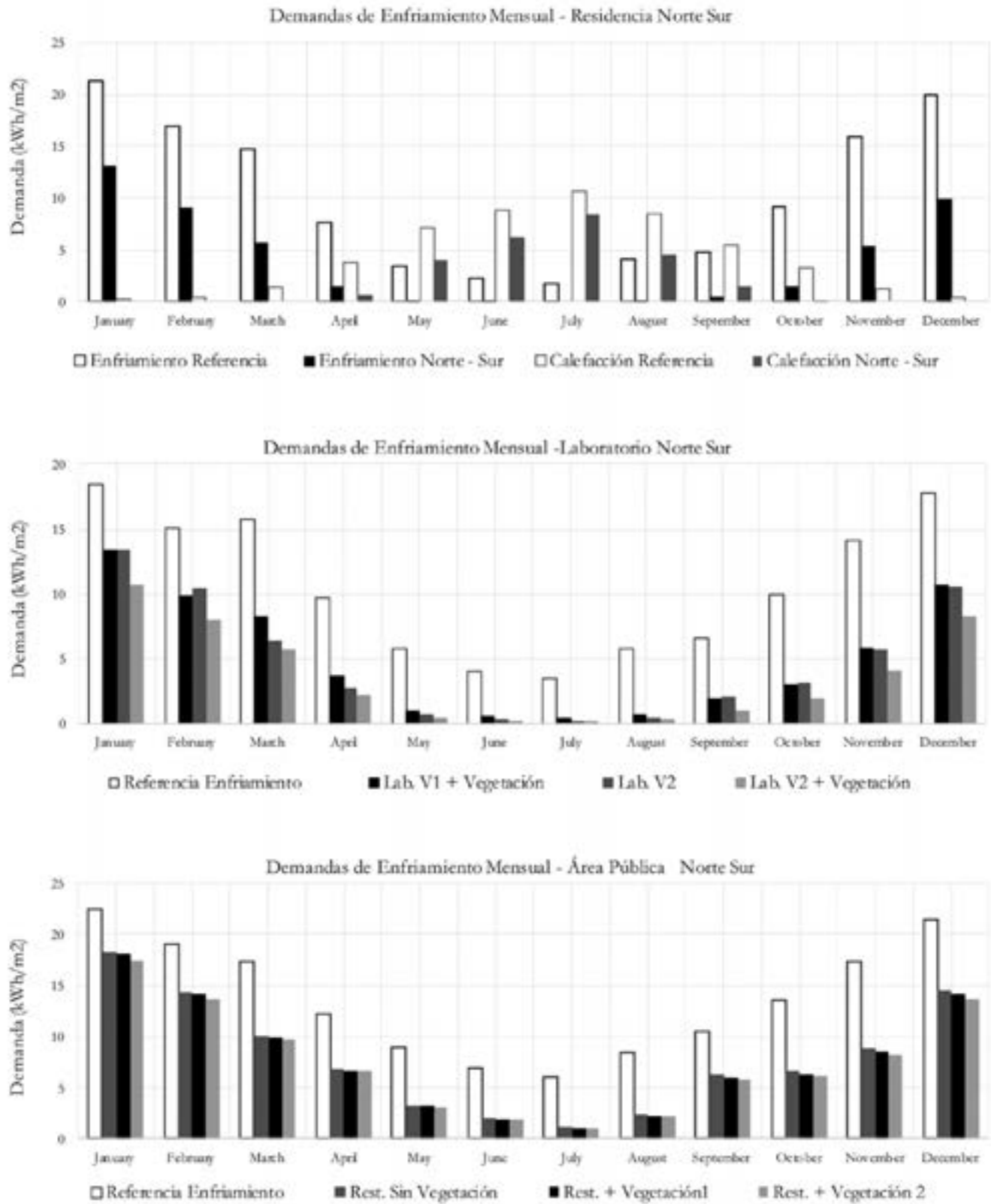
conjunto. Jaspard es claro al establecer los tipos de volúmenes que componen la casa tradicional, por lo que aquellas construcciones nuevas deberán enmarcarse en alguna de estas categorías si desean mantener la unidad del conjunto.

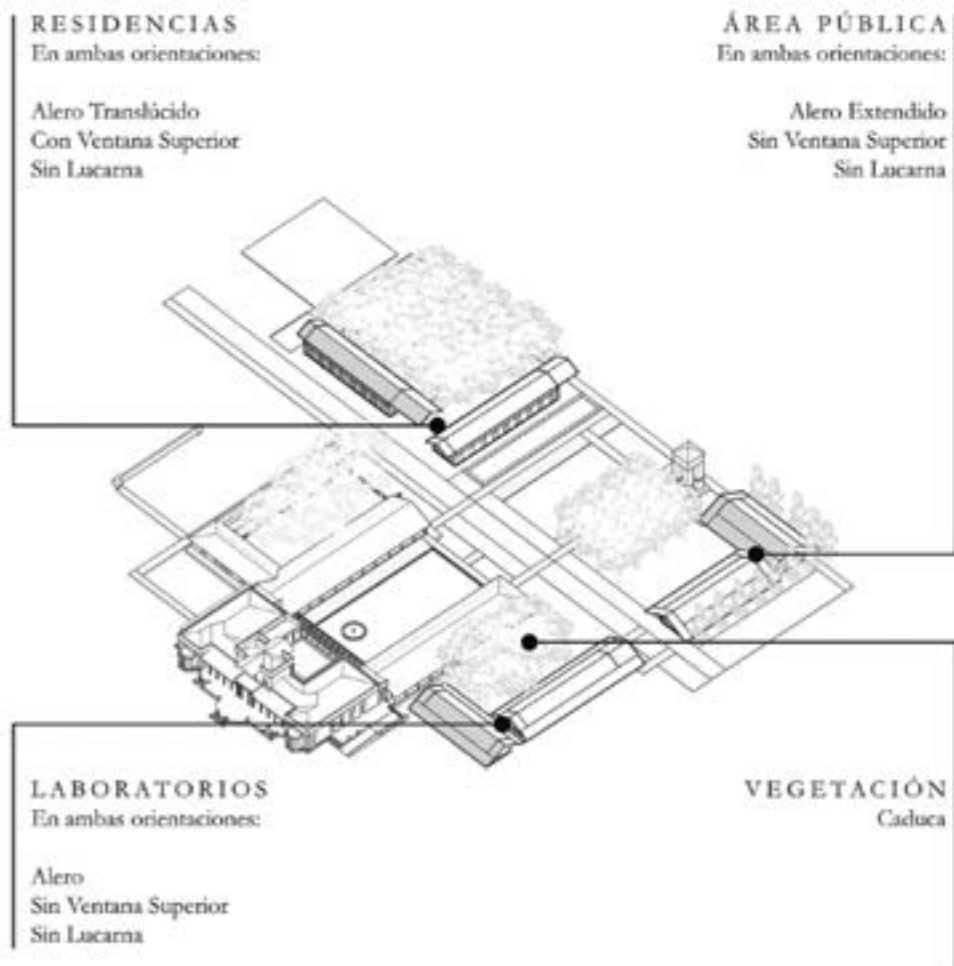
Por otro lado, la función medioambiental de cada elemento tiene una repercusión en los ambientes interiores y exteriores. La masa térmica juega un rol fundamental en permitir ambientes estancos y estables, pero la arquitectura patronal no se compone de ambientes cerrados, si no que en relación con el exterior. El grado de apertura afecta la capacidad del adobe de controlar la temperatura, lo cual habla de la incidencia que tiene el aire que ingresa a recinto en sus fluctuaciones de temperatura y humedad. Cuando los interiores se abren, se necesita una protección frente a la inclemencia del clima, por lo que se realizan una serie de capas que amortiguan la relación con el exterior. El control del sol y su calor es lo fundamental: existen capas que se protegen de la radiación bloqueándola le-

vemente (vegetación) o del todo (alero), mientras que el material adobe capta este calor, lo absorbe, y libera posteriormente.

Con respecto al proyecto, el diseño e interpretación de los elementos en detalle de la casa patronal permitió desarrollar una propuesta que comprueba la capacidad de los elementos de componer y ampliar.

El pabellón tipo y el patio es un método de ampliación que sigue con las lógicas de crecimiento por alas delimitando un vacío, se presenta con naturaleza extruida, y genera grandes techumbres que cubren los actos. Las construcciones son sencillas y se ubican en el territorio de acuerdo con los lineamientos generales, pero también respondiendo a cómo actúan en conjunto de manera medioambiental. En cuando a las razones de su ubicación con respecto a las preexistencias, se intentó dotar de soleamiento a los patios que lo requiriesen, a la vez que una protección solar en los volúmenes construidos, pero siguen primando las variables arquitect-





tónicas volumétricas en la decisión de conjunto. Al tratarse de un conjunto patrimonial, la arquitectura debe hacerse cargo de revalorizar el lugar y las edificaciones. La reinterpretación de los elementos de la arquitectura patrimonial fue realizada utilizando variables compositivas y de índole medioambiental, por lo que se puede entender que estas dos aristas no son necesariamente contradictorias.

Finalmente, modernizar la construcción en adobe con un sistema constructivo liviano de madera, el cual es posible de modificar para lograr el confort interior parece ser una solución a lo menos interesante. Las diferentes variaciones permiten observar la versatilidad del sistema, y las simulaciones demuestran las mejoras que son posibles de realizar con un solo sistema constructivo. Esto se logra mediante una estructura capaz de soportar varias adaptaciones sin perder su esencia, y que constructivamente sea capaz de recibir las estrategias de acondicionamiento pasivo necesarias.

Las simulaciones energéticas proveen de un respaldo en las decisiones tomadas, comprobando la eficiencia del sistema para cada uno de los volúmenes. La aplicación de las estrategias de control ambiental mediante cambios en la piel permitió disminuciones de un 30% a un 50% en las demandas de enfriamiento y calefacción, dando cuenta de cómo el estudio de las componentes que afectan los volúmenes puede significar una mejora en los índices de confort interior.

La dificultad para la simulación recae en la imposibilidad de simular correctamente la influencia de la vegetación en los interiores. De esta forma, las variables a simular caen completamente en variables materiales, volumétricas y de control de la radiación, las cuales sí tienen incidencia, pero no de una manera integral con las variables de la realidad.

FIG. 09

Aun así, un estudio avala el funcionamiento de las estrategias estudiadas, y de la metodología como una manera de comprobar cómo la reinterpretación de los volúmenes – corredores, y en cierta medida, patios, permite una estrategia de ampliación que se basa en el patrimonio y su conservación. La arquitectura patrimonial tiene características que deben preservarse, y un correcto estudio de ella permitirá a las nuevas construcciones mantener el estándar que esta tipología ofrece.



## REFERENCIAS

ABDULKAREEM, Haval. "Thermal comfort through the microclimates of the courtyard. A critical review of the middle-eastern courtyard house as a climatic response". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 216 (2016):662 – 674,.

BENAVIDES COURTOIS, Juan. *Casas patronales: conjuntos arquitectónicos rurales*. Santiago, Chile: Univ. de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. 1981

DELPIANO, Giovanna. "Envolvente vegetal como sistema de control pasivo para mejorar las condiciones ambientales del edificio de oficina en Santiago: proyecto de Parque de Oficinas Transoceánica." Tesis para optar al Título de Arquitecto y grado de Magíster en Arquitectura. Pontificia Universidad Católica de Chile. Escuela de Arquitectura. Santiago de Chile. 2015.

GAETE, Macarena. "Ana Luisa de Cunaco: florecimiento de una hacienda en el Chile del centenario". Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2006.

GEETHA, N. B, VELRAJ, R. "Passive cooling methods for energy efficient buildings with and without thermal energy storage - A review". *Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research*. 29(2012): 913-946.

IRARRÁZABAL, Raúl. *La Casa Patronal*. Chile, 1967.

JASPARD, Henri. *Casas Patronales Rurales. Arquitectura Central Tradicional De Chile: Variedad y Articulaciones*. Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas. V Seminario de Arquitectura Latinoamericana Santiago de Chile, 1991.

NEILA, F. Javier y BEDOYA, César. *Técnicas Arquitectónicas y constructivas de Acondicionamiento Ambiental*. España: Editorial Munilla-Lería. 1997.

## IMÁGENES

**FIG. 01** Desarrollo de la Casona de la hacienda Ana Luisa de Cunaco, 2017. Elaboración propia.

**FIG. 02** Oscilación de los Elementos del Conjunto Patronal en un día tipo febrero, 2017. Elaboración propia.

**FIG. 03** Estudio de Sombras: iteración para el posicionamiento de los volúmenes, 2017. Elaboración propia.

**FIG. 04** Isométrica Explotada: Fachada liviana sobre Estructura del Módulo, 2017. Elaboración propia.

**FIG. 05** Planta Propuesta Ampliación y distribución programática, 2017. Elaboración propia.

**FIG. 06** Variaciones: Orientación, Alero, Ventana y Lucarna, 2017. Elaboración propia.

**FIG. 07** Demandas de energía con respecto a las Variaciones del Pabellón Tipo, 2017. Elaboración propia.

**FIG. 08** Demandas mensuales de las simulaciones según programa, 2017. Elaboración propia.

**FIG. 09** Propuesta final de Proyecto según las variaciones escogidas, 2017. Elaboración propia.

**FIG. 10** Esquema del Desarrollo de la Investigación, 2017. Elaboración propia.