



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
Grado en Fundamentos de la Arquitectura

TRABAJO FIN DE GRADO
**VENTILACIÓN DE LA CASA SOLAR DE LA ETSAV:
ESTADO ACTUAL Y PROPUESTA DE MEJORA**

TUTOR: Jesús Feijó Muñoz
AUTORA: Laura Álvarez Noval
CONVOCATORIA: Octubre 2015, Valladolid

Agradezco especialmente al Equipo Urcomante y empresas dedicadas al estudio de la ventilación por la información aportada, base fundamental, gracias a la cual ha sido posible la realización del presente trabajo; así como a los profesores de la ETSAV, que me han brindado su apoyo y ayuda en todo momento, despertando en mí un gran interés por esta disciplina.

“ La necesidad de ventilar los espacios habitables es casi tan antigua como la vida misma. Desde hace millones de años las termitas construyen sistemas de purificación del aire de sus termiteros, valiéndose de las corrientes térmicas que elevan el aire caliente y hacen descender el aire que se refresca al ceder calor al exterior. “

Juan Antonio Ramiro Cárdenas,
Profesor titulado de la Universidad de Alicante.

RESUMEN

El sistema respiratorio es al ser humano, como la ventilación es a la arquitectura. Este sistema se encuentra íntimamente ligado al diseño del proyecto, definiendo en gran parte la calidad del mismo. En la Casa Solar de la ETSAV, se desarrolla un concepto de diseño a partir del esquema de instalaciones que hacen posible su funcionamiento, basado en la autosuficiencia energética: la envolvente bioclimática. Gracias a este concepto, y a través de una serie de elementos innovadores, se crea un sistema de ventilación basado en el movimiento natural del aire, generado por la diferencia de temperaturas, densidades, y presiones (*efecto chimenea*). La aplicación de un sistema de ventilación natural como respuesta a la necesidad de alcanzar un grado de confort adecuado para el habitante, es cada vez mayor, volviendo a aparecer estrategias utilizadas en la arquitectura tradicional, renovadas, combinadas y desarrolladas, en edificios de alta tecnología.

PALABRAS CLAVE / KEYWORDS

VENTILACIÓN NATURAL / NATURAL VENTILATION

EFICIENCIA ENERGÉTICA / ENERGY EFFICIENCY

ENVOLVENTE BIOCLIMÁTICA / BIOCLIMATIC ENVELOPE

MOVIMIENTO DEL AIRE / AIR MOVEMENT

EFFECTO CHIMENEA / CHIMNEY EFFECT

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
PALABRAS CLAVE / KEYWORDS.....	1
ÍNDICE	3
OBJETIVOS.....	5
INTRODUCCIÓN	7
BLOQUE A: ESTADO ACTUAL.....	9
CAPÍTULO I INFORMACIÓN PREVIA	13
<i>CONSIDERACIONES GENERALES</i>	<i>13</i>
<i>DATOS ESPECÍFICOS.....</i>	<i>15</i>
<i>CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.....</i>	<i>18</i>
CAPÍTULO II SISTEMA DE VENTILACIÓN	25
<i>FUNDAMENTOS.....</i>	<i>25</i>
<i>ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN</i>	<i>28</i>
<i>ESTRATEGIAS DE VENTILACIÓN</i>	<i>33</i>
<i>CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA VIGENTE (CTE).....</i>	<i>38</i>
BLOQUE B: PROPUESTA DE MEJORA.....	45
CAPÍTULO III VENTILACIÓN NATURAL EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA	49
<i>BASES DE LA VENTILACIÓN NATURAL.....</i>	<i>49</i>
<i>TÉCNICAS EMPLEADAS EN VENTILACIÓN NATURAL.....</i>	<i>51</i>
<i>VENTILACIÓN NATURAL EN EDIFICIOS DE ALTA TECNOLOGÍA</i>	<i>55</i>
CAPÍTULO IV PROPUESTA	63
<i>PROPUESTA GENERAL</i>	<i>63</i>
<i>PROPUESTA ESPECÍFICA.....</i>	<i>65</i>
<i>ALTERNATIVAS CON VENTILACIÓN NATURAL PURA.....</i>	<i>69</i>
CONCLUSIÓN	71
BIBLIOGRAFÍA.....	75
ANEXOS.....	79
A1: DOCUMENTACIÓN GRÁFICA	79
<i>00_ VILLA SOLAR.....</i>	<i>81</i>

01_ PLANTA DEL EDIFICIO / COMBINACIONES.....	83
02_ SECCIÓN TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL.....	85
03_ LEVANTAMIENTO.....	87
04_ SISTEMA ESTRUCTURAL.....	89
05_ ESQUEMA MECÁNICO DEL AGUA	91
06_ ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN	93
07_ ESQUEMA ESTRATEGIA DE VERANO.....	95
08_ ESQUEMA ESTRATEGIA DE INVIERNO.....	97
09_ ESQUEMA ESTRATEGIA DE ESTACIONES INTERMEDIAS	99

OBJETIVOS

El presente trabajo tiene por objeto el estudio del diseño del sistema de renovación de aire de la Casa Solar de la ETSAV, y sus diferentes estrategias, con la intención de realizar una posterior investigación en el área de la ventilación, para llegar a desarrollar una propuesta alternativa a la actual que permita la posible mejora de ciertos sistemas de la casa actualmente deteriorados.

- Conocer en profundidad el proyecto ejecutado de la Casa Solar de la ETSAV (Casa Urcomante), los motivos de su nacimiento, evolución y desarrollo, para estar en posesión de los conocimientos esenciales y necesarios, a la hora de realizar una propuesta alternativa de su sistema de ventilación actual.
- Realizar un exhaustivo análisis de la solución escogida para efectuar la renovación de aire de la vivienda, teniendo en cuenta la influencia de otras instalaciones sobre la misma, como es la instalación de climatización.
- Definir todos los elementos constituyentes de dicho sistema permitiendo una rápida y completa comprensión de su funcionamiento.
- Llevar a cabo una breve verificación del cumplimiento de la normativa vigente del Código Técnico de la Edificación (CTE), y en concreto, del Documento Básico HS 3, que garantice la calidad del aire interior.
- Dar a conocer la importancia de la ventilación natural como eje principal de la *respiración* de los edificios, realizando un recorrido desde su funcionamiento más básico, hasta su aplicación en innovadores edificios de *alta tecnología*.
- Desarrollar la capacidad de asimilación necesaria que permita el planteamiento de una propuesta fundamentada y justificada.

Con todo ello, se pretende que el presente trabajo por sí mismo, como documento de consulta y formación, sea capaz de despertar interés por esta rama de la arquitectura, a veces escasamente documentada y olvidada.

INTRODUCCIÓN

“ Ventilar es renovar el aire de un lugar. La ventilación es la corriente de aire que se establece al ventilarlo. Tanto el ventilar, como su acción y efecto, que es la ventilación, sirven para cubrir un conjunto de exigencias higiénicas y de bienestar necesarias para hacer más saludable y agradable la estancia en un espacio abierto o cerrado. “

F. JAVIER NEILA GONZÁLEZ

Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible
ed.cit., pág. 306

El concepto del diseño arquitectónico se encuentra íntimamente relacionado con las circunstancias ambientales en las que se desarrolla, por lo que estará ligado de la misma forma al sistema de renovación de aire empleado, es decir, a su ventilación.

En la Casa Solar de la ETSAV, el diseño final nace de la combinación de los diferentes sistemas que permiten su funcionamiento y autosuficiencia energética. De esta manera, se genera una envolvente bioclimática basada en la idea de ciclo, que será el origen del desarrollo de todas las actividades necesarias para el buen funcionamiento del prototipo de vivienda.

En el campo de la ventilación, se han incorporado diferentes innovaciones diseñadas para este proyecto, que convierten este sistema en la principal estrategia de climatización. Es decir, los dos esquemas se combinan para alcanzar un ámbito de confort adecuado para el habitante, por lo que será necesaria la compresión de ambos para entender la base de su funcionamiento.

Por otro lado, y con la intención de realizar una propuesta alternativa al sistema de ventilación existente, es necesario realizar un recorrido por las diversas estrategias empleadas a lo largo de la historia de la arquitectura, desde las bases de la ventilación natural, hasta su aplicación en grandes construcciones de alta tecnología. De esta

manera, se podrá adquirir el conocimiento necesario y la capacidad de desarrollo de otros posibles métodos de renovación del aire, para la mejora del funcionamiento de la instalación.

El presente trabajo de investigación, pretende servir de guía para todos aquellos que quieran iniciarse en esta disciplina, debido a la escasa información que existe sobre el tema en la actualidad.



BLOQUE A: ESTADO ACTUAL

CAPÍTULO I: INFORMACIÓN PREVIA

CONSIDERACIONES GENERALES
DATOS ESPECÍFICOS
CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

CAPÍTULO II: SISTEMA DE VENTILACIÓN

FUNDAMENTOS
ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN
ESTRATEGIAS DE VENTILACIÓN
CUMPLIMIENTO CTE DB HS3

CAPÍTULO I

INFORMACIÓN PREVIA

CONSIDERACIONES GENERALES

DATOS ESPECÍFICOS

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

CAPÍTULO I INFORMACIÓN PREVIA

CONSIDERACIONES GENERALES

La casa solar de la ETSAV (Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid) nace de la intención de desarrollar el concepto de arquitectura sostenible promoviendo la investigación por parte de los estudiantes. Esta intención es creada gracias al nacimiento del *Solar Decathlon Europe 2010* (SDE), que brinda a los estudiantes la oportunidad de desarrollar su capacidad de innovación para construir y diseñar un prototipo de vivienda autosuficiente energéticamente, pasando de la teoría a la práctica, y guardando un equilibrio entre los aspectos arquitectónicos, socioeconómicos, de ingeniería, de confort y de funcionamiento. Para ello la Universidad de Valladolid ha contado con un equipo de estudiantes y profesorado procedentes de las escuelas de Arquitectura, Ingeniería Industrial y Telecomunicaciones entre otras.

El concurso *Solar Decathlon* es una competición académica universitaria de gran impacto mediático y social, organizada por el Departamento de Energía de Estados Unidos, cuya primera edición se celebró en el año 2002, seguida de otros certámenes en los siguientes años impares. Tras el éxito del concurso y, a través de un convenio de colaboración entre EE.UU. y España, se organizó el Certamen *Solar Decathlon Europe*, celebrándose alternativamente a las competiciones americanas, con su primera edición en el año 2010, del cual formó parte nuestra Casa Solar.

El principal objetivo de este concurso, es dar un paso más en el campo de conocimiento de viviendas sostenibles, solares e industrializables, destacando especialmente su alta eficiencia y autosuficiencia energética. Además, la ambición de los decathletas, estudiantes y colaboradores de la Universidad de Valladolid que participaron en la competición, abarcaba otras metas con este proyecto como la sensibilización de ciudadanos y estudiantes hacia el uso responsable de la energía y de los recursos naturales promocionando el aprovechamiento de energías renovables, o la generación de conocimiento en lo relativo a temas de sostenibilidad e industrialización de las viviendas utilizando la potencialidad del concurso como medio de difusión social.

Con estos fines, se idearon una serie de pruebas puntuadas de forma progresiva (Fig.1.1.). Estas puntuaciones están pensadas de manera que la mitad del porcentaje total de los puntos correspondas a criterios cualitativos y objetivos, y la otra restante a criterios cuantitativos y objetivos. Las 10 pruebas estarían valoradas de la siguiente manera:

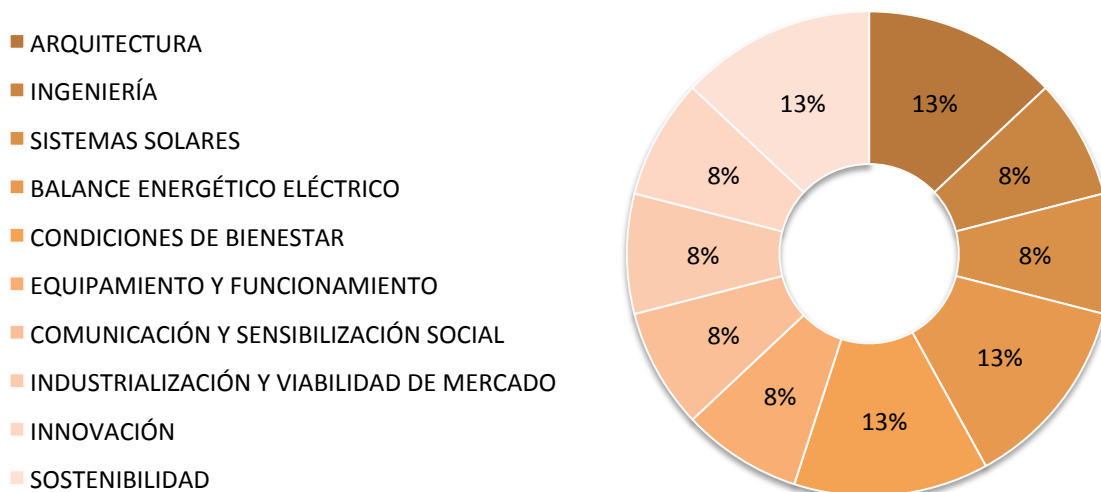


Figura 1.1. Representación gráfica de los criterios de puntuación

La fase final del Certamen en el que participó la Casa Solar de la ETSAV, fue celebrada en la primavera del año 2010 en pleno centro de Madrid a orillas del Río Manzanares, donde fueron expuestos los 17 prototipos finalistas diseñados y construidos por las universidades participantes. Esta exposición formaba parte de la construcción de una Villa Solar, cuyo propósito era hacer partícipe a la ciudadanía de este acontecimiento. (Ver ANEXO: 00_ VILLA SOLAR)

Inspirada en la casa Farnsworth de Mies Van Der Rohe, la casa *Lumenhaus* del equipo Virginia Polytechnic Institute & State University, ha sido la ganadora de esta edición por su eficiencia, y será tomada más adelante como guía de estudio debido a su estrategia de ventilación. Desgraciadamente, el puesto alcanzado por la Casa Solar de la Universidad de Valladolid no se encontró entre los primeros clasificados, a pesar de que, personalmente, y tras un estudio previo de su desarrollo, evolución y diseño final, siento gran asombro por la capacidad de innovación y diseño que ha demostrado el equipo creador de este prototipo.

DATOS ESPECÍFICOS

En todo proyecto se realiza un estudio previo de la situación y las condiciones finales principales que se quieren alcanzar y que han sido propuestas como objetivo. En este caso, el punto de partida tomado por el equipo creador, ha sido la búsqueda de un objeto útil y único que cumpla con las necesidades y movimientos del habitante. Para saber cómo habitar ese objeto, es necesario conocer el individuo contemporáneo y su relación con la arquitectura y las nuevas energías, con el concepto de ciclo, de manera que el propio habitante evolucione con el proyecto. Estudiar, proyectar, y concebir la casa contemporánea, implica indagar en la idea de habitar contemporánea, y por tanto, en su habitante.

“Desearía tratar de colocar ante vuestros ojos [...] el verdadero rostro de la arquitectura. Él está diseñado por los valores espirituales provenientes de un especial estado de conciencia, y por factores técnicos que aseguran la materialización de la idea, la resistencia de la obra, su eficacia, su duración. Conciencia = razón de vivir = el hombre. Técnica = contacto del hombre con su ambiente. Producto del estudio: la técnica.”

LE CORBUSIER,
Mensaje a los estudiantes de Arquitectura
ed.cit., pág. 27

La idea del habitar contemporáneo de Le Corbusier, que unía las necesidades del hombre con la casa, con su hogar, fue tomada como punto de partida para la evolución de la idea del habitante, ya que en ese tiempo no existía tal individuo. Del mismo modo, se han fijado una serie de conceptos: núcleo, intimidad, máquina, hogar, huella, o identidad, entre otros, que han servido de apoyo para entender la dimensión histórica del modo de habitar, para observar la velocidad de las nuevas tecnologías de nuestro tiempo. Estos significados pretenden ser reflejados en el prototipo final como un nuevo modo de habitar contemporáneo.

Como punto de inicio en la búsqueda del habitante contemporáneo, se definen una serie de perfiles de individuos que se adaptan al estilo de vida actual, con sus cualidades, necesidades espaciales, relevancia y significados; evidenciando una realidad común: la necesidad de espacios cambiantes en diferentes tiempos.

Tras el análisis, se logra definir este habitante variante como aquel que “*participa de las necesidades y singularidades de las siguientes tribus: urbanitas, cosmopolitas, emprendedores solitarios, diletantes e inmigrantes*”, siendo un “*habitante concienciado con el medio ambiente y la sostenibilidad; habitante contemporáneo ecológico y humanizado*”. Esta es la definición que da lugar al nombramiento de esta Casa Solar como: *URCOMANTE*.

A partir de esta idea de individuo “*todo en uno*”, se fortaleció el concepto de crear un prototipo único que aúne todas las condiciones necesarias para el desarrollo del habitar como fin y medio del *Urcomante*.

Al tratarse de un habitante de naturaleza cambiante, el prototipo deberá estar íntimamente ligado al concepto de flexibilidad (espacios cambiantes, módulos). Por otro lado, cumpliendo con los requisitos de la competición SDE (sostenibilidad, bioclimatismo), aparece el segundo concepto fundamental del proyecto: ciclo natural.

Como respuesta a estas dos bases fundamentales surgió la idea de la “*Envolvente de Urcomante*”, que convive y sirve al habitante dotando al prototipo de todos los requisitos esenciales para su funcionamiento, evolución y desarrollo. Esta envolvente, que constituye la idea esencial del proyecto, está diseñada para dar cabida a todos los sistemas necesarios para crear un espacio habitable con unas condiciones de bienestar y confort adecuadas, y para permitir su funcionamiento sin la necesidad de añadidos, resolviendo la cuestión de objeto único.

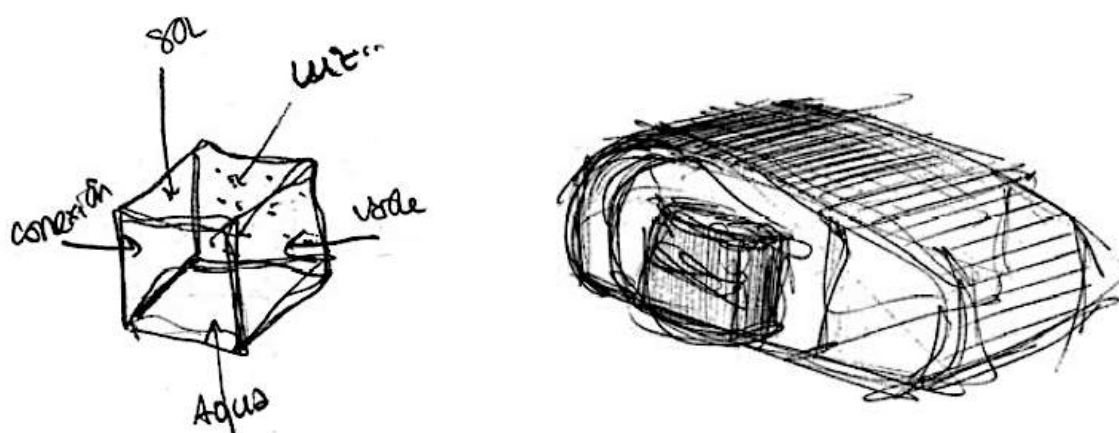


Figura 1.2. A la izquierda, idea de las necesidades del prototipo. A la derecha, envolvente resultante de la relación entre los conceptos fundamentales: flexibilidad y ciclo.

(Realizados por el equipo Urcomante)

Esta envolvente es concebida como una “piel”, haciendo referencia a la anatomía humana, en la que esta piel ofrece protección y cobijo para diferentes sistemas como el respiratorio, circulatorio o el sistema nervioso, que son los que permiten el funcionamiento del ser humano. Por ello, la envolvente de este prototipo constituirá una “tercera piel” que será la base esencial y estructural en la que se integrarán los diferentes sistemas energéticos y bioclimáticos del prototipo Urcomante. (Fig. 1.3.)

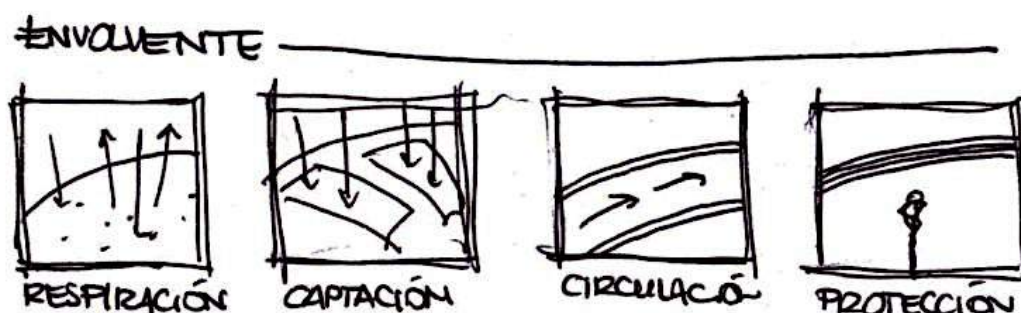


Figura 1.3. Croquis de los principios fundamentales de la envolvente bioclimática, realizado por el equipo Urcomante.

De esta manera, la piel toma forma mediante la organización de diversas capas con diferentes cometidos para cumplir con todas las necesidades antes citadas. La capa exterior sería la más esencial, ya que, además de proteger al habitante, es la encargada de realizar la captación de energía solar, considerada una de las fuentes fundamentales en el funcionamiento del prototipo. La interior, por otro lado, es aquella que genera el espacio polifuncional cambiante propio del Urcomante.

En este caso y, a pesar de la importancia de estas capas, se pondrá especial interés en el espacio situado entre ambas, ya en esa zona intermedia se desarrollarán las instalaciones. En el caso concreto de la instalación de ventilación, la envolvente constituye un factor fundamental a tener en cuenta para el aprovechamiento de sus ventajas (como las debidas a su forma y diseño), a la hora de realizar una propuesta para la mejora de su funcionamiento.

La razón del origen y desarrollo de esta envolvente, será clave para la buena comprensión del funcionamiento de los sistemas y diseño final del prototipo.

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

Tras todo este estudio previo y desarrollo de la idea del modo de habitar contemporáneo y sus consecuencias, se planteó un prototipo de vivienda autosuficiente energéticamente, cuyo funcionamiento dependería únicamente de la energía solar captada, estando conectada a la red e incorporando la tecnología necesaria para alcanzar su máxima eficiencia energética. Este prototipo es un ejemplo de arquitectura sostenible, ya que tiene en cuenta el impacto ambiental generado en sus tres fases: construcción, uso, y destrucción. Esta reflexión está presente desde los materiales de fabricación y las técnicas de construcción, hasta el reciclado y reutilización de los residuos una vez derribada, evitando dejar huella en el lugar de su localización.

Entrando en el diseño de la vivienda, vuelven a aparecer los dos conceptos en los que se fundamenta: flexibilidad y ciclo. Este primer concepto da lugar a un interior diáfano polifuncional que puede variar en función de las necesidades. Esto se consigue mediante unos “módulos funcionales” móviles en los que se desarrollan principalmente funciones privadas (aseo, cocina y dormitorio/estudio), pudiendo transformarse y adaptarse dependiendo del uso de la vivienda, es decir, abrirse o cerrarse consiguiendo distintas configuraciones. (Fig. 1.4) (Ver ANEXO: 01_ PLANTA EDIFICIO)

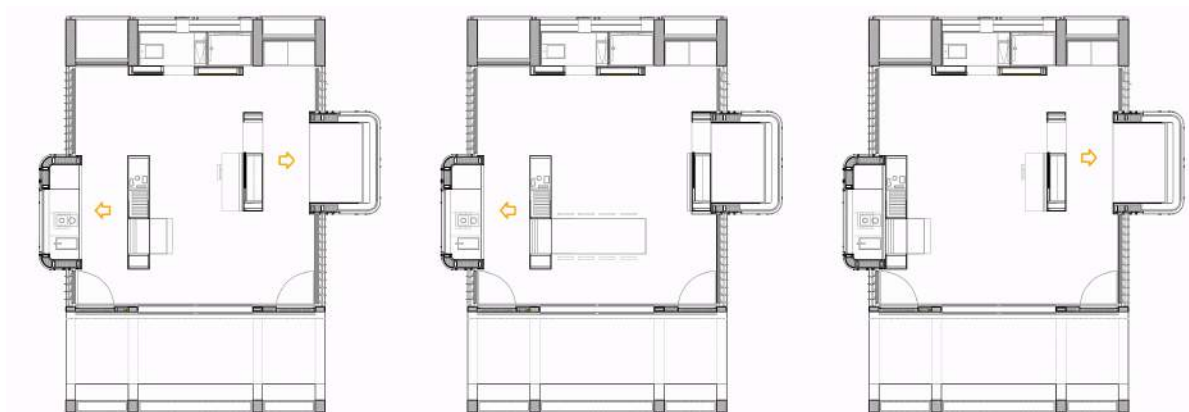


Figura 1.4. Planta del edificio en algunas de las posibles combinaciones creadas por los componentes móviles. (Realizado por el equipo Urcomante)

Estos módulos se materializan en paralelepípedos cuya superficie interior puede ser desplazada para conformar diferentes espacios más íntimos e independientes de la gran sala central (dinamismo). Las caras interiores de los componentes configuran muebles diseñados estratégicamente de manera que vinculen ambas estancias.

El segundo concepto “ciclo” se refleja en la envolvente. Como ya se había mencionado con antelación, esta envolvente consta de una doble piel. La interior se ocupará de generar el espacio requerido por el habitante, y la exterior de la protección y la captación de la energía solar. En la zona sur, esta piel exterior genera un espacio vegetal, para posteriormente desvanecerse y desplegarse en forma de lamas fotovoltaicas orientables, permitiendo y filtrando el paso de luz al espacio abierto (terrace). (Fig. 1.5). Tras esa desmaterialización de la envolvente, se busca la inclinación de la cubierta mejorando la captación solar y favoreciendo el descenso de las aguas captadas. Esta pendiente encuentra su punto de inflexión en un lucernario en su parte más elevada que permite la entrada de luz natural al interior reduciendo el consumo de energía eléctrica. (Ver ANEXO: 02_ SECCIÓN TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL)



Figura 1.5. Espacio abierto filtrado por lamas fotovoltaicas.



Figura 1.6. Mochilas técnicas (zona norte) durante la construcción.

En la zona norte, será donde se encuentre el *corazón* de la casa, las llamadas: “mochilas técnicas” (Fig. 1.6.), ya que son los órganos vitales para el funcionamiento del prototipo (control domótico, acumulación de agua, sistema de ventilación, etc...). Por último y, llegando al espacio vegetal antes citado, la envolvente continua bajo la casa hasta cerrarse siguiendo la idea de “ciclo”.

Este espacio técnico de la fachada norte, está conectado interiormente con la doble piel, permitiendo la libre circulación de las instalaciones de abastecimiento de agua, saneamiento, recogida y reciclado de aguas pluviales, electricidad, ventilación, climatización y otros sistemas pasivos. Esta forma de trabajo conjunto genera un circuito interior conectado (Fig. 1.7) que, teniendo en cuenta el comportamiento del

aire frente a los cambios de temperatura y humedad, ejercerá de conductor del aire aportando grandes facilidades a la hora de mejorar y aprovechar el uso de la ventilación natural.

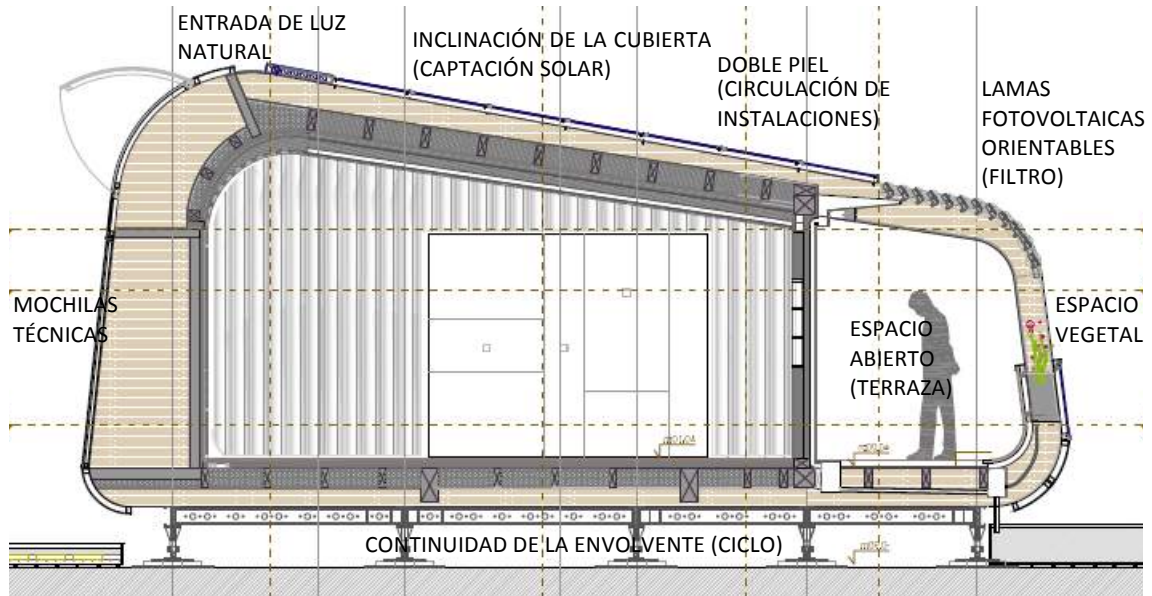


Figura 1.7. Sección final del proyecto. Envoltorio bioclimático. Costillas estructurales (Sección realizada por el equipo Urcomante)

Por otro lado, la elección de una planta cuadrada se debe a la necesidad de una menor superficie expuesta al exterior, ya que la casa está pensada para instalarse en un clima mediterráneo por lo que, tratándose de una vivienda bioclimática, debe protegerse del sol. Por la misma razón, se ha previsto una solución de fachada que adapta el espacio interior a la gran diferencia de temperaturas propia del clima, consistente en un sistema de lamas de madera mecanizadas y controladas por el sistema domótico de la vivienda, que cubren los grandes paños laterales de vidrio de tres cámaras (fachadas este y oeste) ejerciendo de cerramiento. (Ver ANEXO: 03_ LEVANTAMIENTO)

En el marco constructivo el diseño es claro: costillas de madera maciza de KLH (paneles contralaminados de madera de pino) de resistencia estática y rigidez considerables que posibilitan la existencia de nudos curvos (Fig. 1.7.), conectadas entre sí por una estructura secundaria de correas de madera aserrada de pino que también se utiliza en la construcción de los módulos en voladizo con una estructura de entramado ligero. Esta estructura de pórticos se eleva ligeramente sobre el suelo permitiendo el paso del aire apoyada en una serie de durmientes de madera, que se apoyan al mismo tiempo

sobre unos soportes metálicos regulables sobre el terreno. Cada pieza de madera se subdivide en dos partes principales para facilitar su prefabricación, transporte y montaje. (Ver ANEXO: 04_ SISTEMA ESTRUCTURAL)

Prácticamente la totalidad de la estructura portante del prototipo está realizada en madera por razones ecológicas, económicas, de mano de obra, y con unas dimensiones pensadas para permitir su transporte en módulos mediante camiones. Los conductos de las instalaciones serán de polietileno multicapa o polipropileno, y en zonas problemáticas de gran sollicitación térmica y para abastecimiento, de cobre. El aislamiento térmico se consigue mediante lana de oveja y fibras de madera, respetando así el uso de materiales verdes.

En todo el cerramiento se integran paneles solares de diversos tipos: 100 paneles paneles fotovoltaicos repartidos en la superficie, y 4 paneles térmicos (dos de aire y dos paneles de tubos de vacío) en cubierta; aprovechando casi la totalidad de la envolvente para la captación de energía solar. Las zonas no cubiertas por paneles son: la fachada norte, donde se encuentran las mochilas técnicas, y las fachadas este y oeste en las que los módulos de cocina y dormitorio-estudio sobresalen en voladizo del volumen general, y están cubiertos por los paneles activos de captación. Estas fachadas son realizadas enteramente en vidrio, aportando luz natural al interior tamizada por las lamas de madera mecanizadas.

Toda esta reflexión sobre los sistemas estructurales, de composición, materiales y cerramiento, es necesaria para permitir la posibilidad de ampliación del prototipo. Es decir, este prototipo se entiende como un edificio aislado destinado a ser una vivienda unifamiliar desarrollada en una sola planta de 54 m² (al que se accede por medio de una serie de pasarelas que lo rodean), pero dejando la opción abierta de ampliarse y convertirse en una tipología dúplex o bloque residencial en varias plantas (Fig. 1.8.), conformando una especie de “villa solar” mediante la agrupación de estas viviendas, tanto de manera individual como colectiva (Fig.1.9.).

Con esta idea, se vuelve a remarcar la importancia del diseño y capacidad de dinamismo necesaria para la evolución del proyecto y su buena consolidación a lo largo del tiempo.

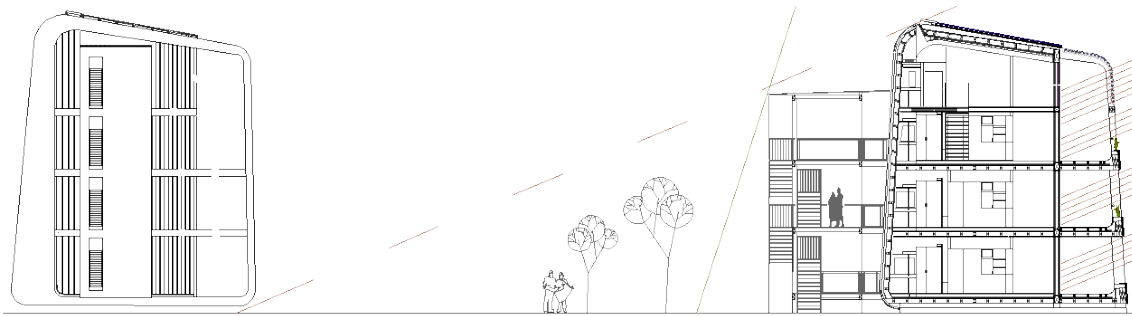


Figura 1.8. Alzado y sección del proyecto desarrollado en bloque de viviendas: dos unifamiliares + dúplex. (Dibujado por el equipo Urcomante)

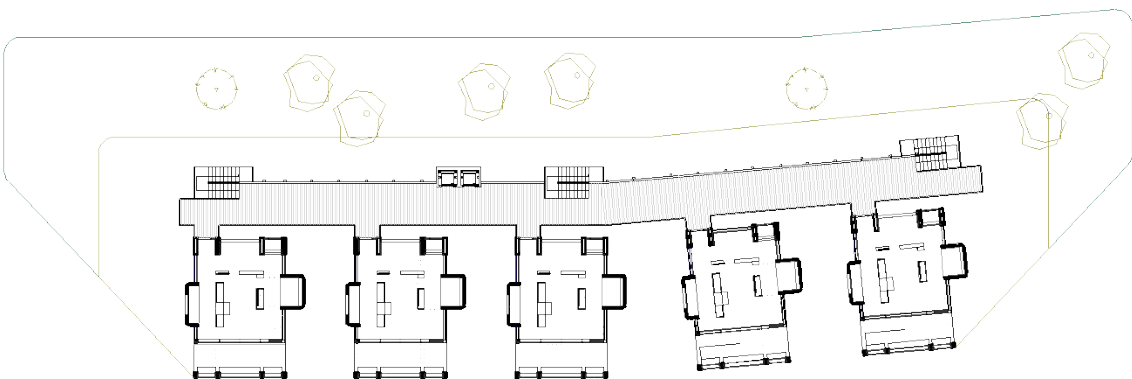


Figura 1.9. Planta de la agrupación de viviendas en hilera. (Realizado por el equipo Urcomante)



Figura 1.10. Maqueta final del prototipo Urcomante. Recorrido de pasarelas de acceso que rodean el edificio permitiendo su observación y descubrimiento. (Realizada por el equipo Urcomante)

CAPÍTULO II

SISTEMA DE VENTILACIÓN

FUNDAMENTOS

ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN

ESTRATEGIAS DE VENTILACIÓN

CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA

CAPÍTULO II SISTEMA DE VENTILACIÓN

FUNDAMENTOS

En este caso, el sistema de ventilación se encuentra íntimamente ligado al sistema de climatización, es decir, ventilando se acondiciona también térmicamente, por lo que ambas instalaciones se tendrán en cuenta en el siguiente estudio.

El diseño de estas instalaciones está pensado en función de la climatología del lugar (Madrid, Valladolid), en la que predomina el clima Continental, caracterizado por sus altas temperaturas a mediados de año (entorno a 40°C) y sus bajas temperaturas en invierno (-5°C). Estas temperaturas máximas no son el punto clave a seguir, sino la existencia de grandes saltos térmicos de aproximadamente 20°C, que pueden producirse a diario tanto en invierno como en verano. Por otro lado, las precipitaciones en forma de lluvia se producen sobre todo en invierno, no siendo predominantes en verano salvo pequeñas tormentas en días de altas temperaturas. Otros factores meteorológicos como los fuertes vientos o la posibilidad de nieve, no se han tenido muy en cuenta en el diseño, debido a su baja probabilidad.

La idea fundamental del proyecto es alcanzar las condiciones de confort, bienestar y calidad del aire adecuadas para el habitante sin apenas gasto de energía, es decir, mediante el uso de ventilación natural. Con ello se pretende reducir la demanda energética. Esto es muy importante ya que la energía es indispensable para el uso y funcionamiento de un edificio, pero en lugar de utilizar fuentes de energía no renovables, en este caso procederá en su totalidad del sistema de captación solar.

Esta intención de reducir la demanda de energía se traduce, en el caso de la ventilación, en la desaparición del sistema de aire acondicionado. Con un optimizado diseño bioclimático, se ha podido evitar la instalación de este sistema mecánico (eliminando también las emisiones y residuos contaminantes), que además de la imposibilidad de su funcionamiento con energías renovables y su elevado consumo energético, su uso entraña en ocasiones molestias o problemas de salud.

De esta misma manera, se ha disminuido el uso del sistema de calefacción gracias al diseño bioclimático del prototipo (recuperadores de calor), que se ve ayudado del

efecto invernadero creado por la estructura del edificio, permitiendo la instalación de sistemas de baja potencia como apoyo.

Por lo tanto, el aire de ventilación será el encargado de acondicionar térmicamente el edificio, siendo él mismo el que calefacte y refrigere la vivienda.

Para entender el funcionamiento de este sistema nos tenemos que remontar a otros anteriores con los que se relaciona y de los que se abastece, como la instalación de fontanería. (Ver ANEXO: 05_ ESQUEMA MECÁNICO DEL AGUA)

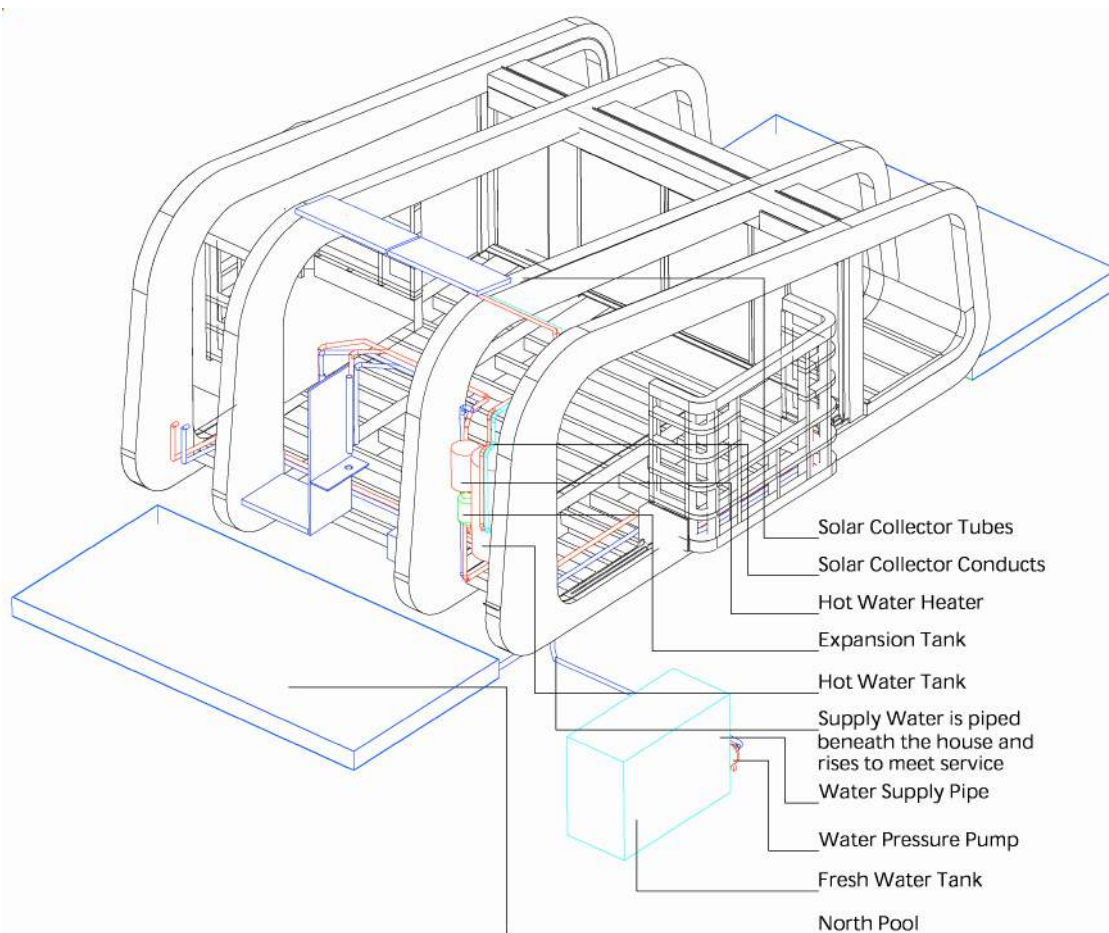


Figura 2.1. Axonometría del sistema de abastecimiento y recogida de agua, y calentamiento de agua solar. (Realizado por el equipo Urcomante)

La instalación de agua (Fig. 2.1.) del prototipo está compuesta principalmente por tres redes: agua fría, agua caliente, y aguas grises. La instalación de agua fría consta de un grupo de presión y un depósito de agua conectado a la red, que proporcionan agua fría a los diferentes acumuladores de agua caliente sanitaria, al depósito del circuito primario solar, a los puntos de consumo de la vivienda (derivaciones de polipropileno a

cocina y aseo), y por último, al dispositivo refrigerador evaporativo, uno de los elementos que participan en el sistema de ventilación que más adelante estudiaremos.

La solución elegida para la instalación de agua caliente sanitaria es un sistema centralizado, en el que al menos un 65 % del calor es proporcionado por los paneles solares de la cubierta (tubos de vacío), y el resto del calor es obtenido mediante una bomba de calor conectada a dos estanques que simulan un sistema geotérmico. Esta bomba de calor será también uno de los componentes estudiados en el sistema de ventilación, ya que constituye uno de los apoyos a la hora de calefactar.

Por último, la red de aguas grises consta de un depósito de acumulación y un intercambiador de calor, que permite la recuperación del calor del agua de uso doméstico para su posterior aprovechamiento, disminuyendo el consumo de energía. Como elemento innovador se instalará también una depuradora para limpiar las aguas grises permitiendo su reutilización en los estanques o como agua de riego.

Por otro lado, en la instalación de ventilación, los puntos de impulsión de aire se han dispuesto en la parte alta de la cara interior de la fachada norte, en las paredes de los módulos laterales, empleando por temas de diseño, las lamas de madera de acabado para cubrir las rejillas, permitiendo el paso del aire a través de sus juntas. Del mismo modo, las rejillas de evacuación del aire han sido colocadas estratégicamente en la parte baja de la misma superficie, permitiendo el movimiento natural del aire para su extracción, aprovechando la forma curva de la envolvente. En los ambientes de mayor contaminación se han dispuesto puntos de extracción, como son la cocina y el aseo.

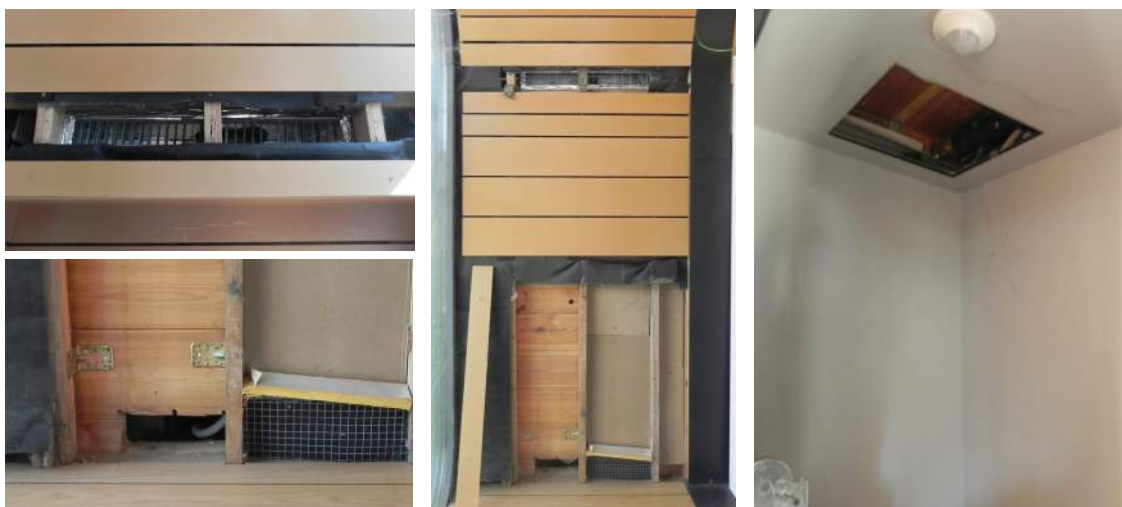


Figura 2.2. A la izquierda, rejillas de impulsión (parte alta) y de extracción (parte baja). A la derecha, punto de extracción de aire viciado en aseo. (Fotografías del estado actual)

ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN

Debido a la incorporación de una serie de elementos y tácticas innovadoras diseñadas específicamente para el prototipo Urcomante, es necesario hacer una clasificación de los componentes principales de la instalación de ventilación que nos permitirá entender el posterior funcionamiento y comportamiento teórico del aire en las diferentes estaciones del año. (Ver ANEXO: 06_ ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN)

BOMBA DE CALOR

Esta bomba es la misma que se utiliza como apoyo en el sistema de calentamiento del agua sanitaria. Se trata de una bomba de calor COP de alta eficiencia, agua-agua de tipo geotérmico, reversible, acompañada de tecnología inverter, que permite su uso tanto en las condiciones extremas de verano como de invierno.

La razón de que sea de tipo geotérmico es debida a la incorporación de una innovación que simula el efecto de la geotermia (Fig. 2.3.). Es decir, está asociada a dos estanques de agua, Norte y Sur, que funcionan como focos geotérmicos estabilizando la temperatura de una manera similar a como lo haría una instalación geotérmica. El estanque Sur funcionaría como captador de la inercia térmica en los meses de invierno, y el estanque Norte se utilizaría para como apoyo de refrigeración en verano.

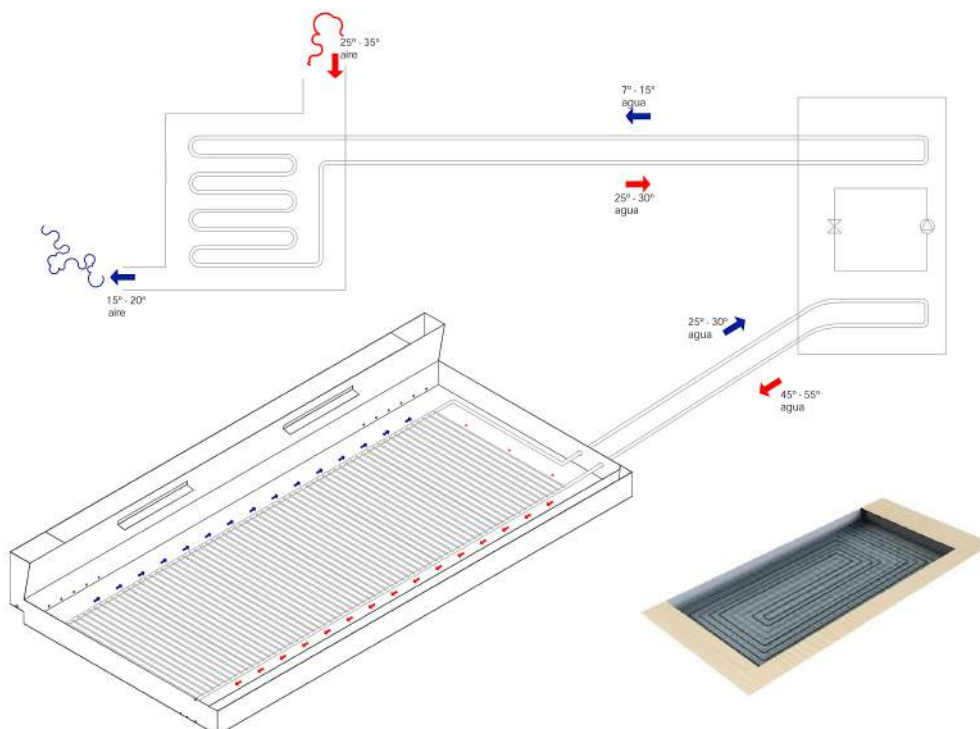


Figura 2.3. Funcionamiento de los focos geotérmicos (estanques Norte y Sur), que sirven de intercambiador para la bomba de calor. (Realizado por el equipo Urcomante)

Esta innovación se debe a la búsqueda de la eficiencia sin trabajar en el terreno teniendo que excavar en la tierra, como se haría en dicha instalación.

La bomba de calor se encuentra situada en las mochilas técnicas de la fachada norte (Fig. 2.4.), y su puesta en marcha es regulada por la centralita de control del sistema domótico de la vivienda, en función de los datos recogidos por una sonda de nivel y temperatura, y por los sensores instalados en la vivienda que regulan las condiciones de confort y bienestar en el interior.



Figura 2.4. Bomba de calor en mochila técnica. (Imagen actual)

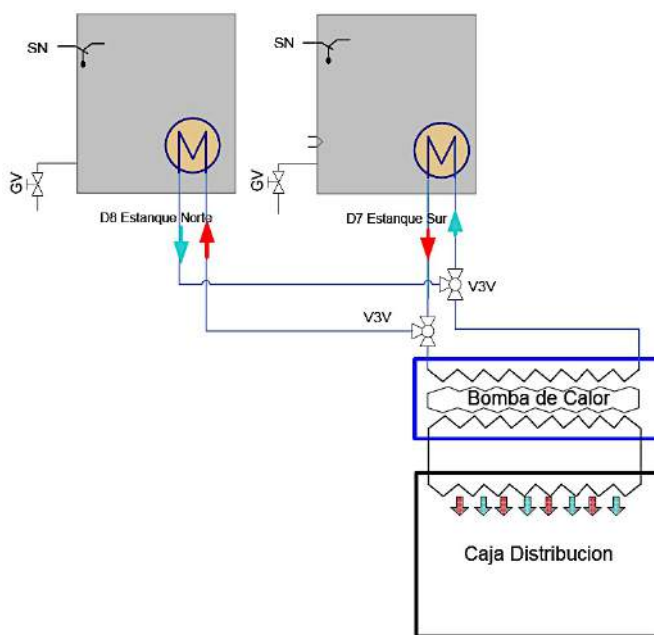


Figura 2.5. Esquema de conexión estanques - bomba de calor - sistema de ventilación. (Realizado por el equipo Urcomante)

PANELES TÉRMICOS DE AIRE

Estos paneles constituyen otra de las innovaciones del prototipo. Se sitúan en la parte mas elevada de la cubierta y su funcionamiento es similar al de los paneles de producción de ACS (Agua Caliente Sanitaria). Debido a la tendencia a la ascensión del aire a través de la zona intermedia de la doble piel (*efecto chimenea*), éste recupera parte del calor disipado (aproximadamente el 15% del total) procedente de los paneles fotovoltaicos de la cubierta experimentando un cierto precalentamiento y refrigerando dichos paneles, mejorando su eficiencia.

El funcionamiento de los paneles térmicos de aire (Fig. 2.6.) es muy sencillo, su objetivo es simplemente aumentar la temperatura del aire que ya viene precalentado de entrecubiertas. Una vez calentado, el aire entra en el prototipo a través de los conductos de ventilación (en invierno), o es expulsado al exterior (en verano).

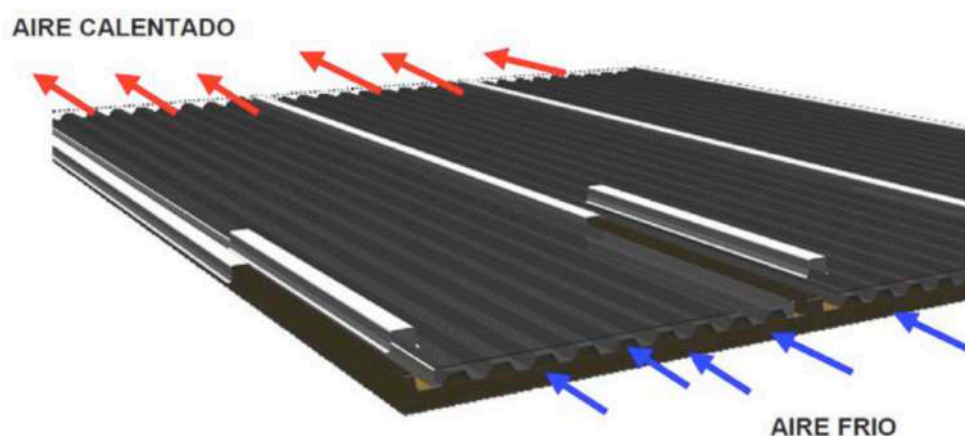


Figura 2.6. Funcionamiento de los paneles térmicos de aire. Paneles de chapa negra cubiertos de vidrio. (Realizado por el equipo Urcomante)

De esta manera, se aprovecha el movimiento natural del aire permitiendo al mismo tiempo ventilar y acondicionar térmicamente la vivienda sin necesidad de un medio mecánico. Aún así, se prevee la instalación de un ventilador de apoyo para aspirar el aire procedente de la cubierta. Este sistema está regulado por un sonda conectada a diferentes termostatos y por los datos proporcionados por los sensores de la vivienda, por lo que su funcionamiento es controlado automáticamente.

El espacio necesario para el paso del aire está dimensionado en función de su velocidad permitida según el CTE, para evitar el exceso de ruido (2 m/s). Además, se modulan las dimensiones de la cubierta para conseguir un flujo homogéneo de aire y, como resultado, un mejor enfriamiento de los paneles fotovoltaicos.

La elección y diseño de estos paneles se debe, entre otras razones, a las ventajas que éstos presentan frente a los paneles de agua, como su bajo coste o su larga vida útil, pero sobre todo, se eliminan los problemas de congelación o de ebullición de la tubería, dependiendo de las temperaturas. Además, no constituyen un impacto visual para la vivienda, ya que se integran perfectamente en el diseño del prototipo.

REFRIGERADOR EVAPORATIVO CERÁMICO

Denominado coloquialmente por el equipo Urcomante como “botijo”, es el encargado de acondicionar térmicamente la vivienda en condiciones de altas temperaturas en el exterior (refrigeración + ventilación). Se trata de un prototipo diseñado especialmente para la Casa Solar de la ETSAV, cuyo funcionamiento se fundamenta en el tradicional botijo cerámico. Es decir, en el interior del botijo se encuentra una cantidad de agua a una cierta temperatura, filtrándose parte de ella a través de los poros de la arcilla. Cuando su superficie entra en contacto con el ambiente seco exterior, como el del clima Mediterráneo, el agua filtrada por los poros se evapora, produciendo el enfriamiento del agua contenida en el recipiente por la disipación de su energía térmica.

A partir de este concepto y con la ayuda de la investigación sobre piezas cerámicas del Dr. Eloy Velasco, y del ceramista Alfonso Montiel, se diseñó un prototipo de frío evaporativo compuesto por una agrupación de piezas cerámicas enfrentadas al paso del aire, conectado a un sistema de abastecimiento de agua.

Esta propuesta inicial (Fig. 2.7.) consiste en una batería de ladrillos interconectados y abastecidos con el agua de un tanque en la parte superior acompañado de una válvula de llenado por gravedad, e incluyendo una bomba que ayude en la recirculación del agua.

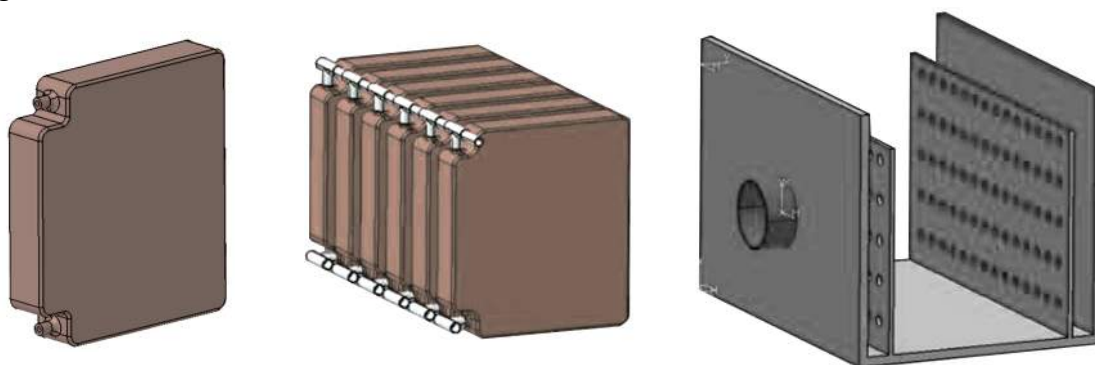


Figura 2.7. Propuesta inicial del prototipo evaporativo. (Realizado por el equipo Urcomante)

La evolución y desarrollo del concepto (Fig. 2.8.) concluyó en la fabricación de un prototipo constituido por unos perfiles cerámicos extrusionados, con un tanque de agua colocado en la parte inferior como abastecimiento (Fig. 2.9.). En condiciones de altas temperaturas en el exterior, el aire se hace circular por su interior, enfriándose e impulsándose al interior de la vivienda mediante los conductos de ventilación.



Figura 2.8. Otras piezas cerámicas propuestas.
 (Realizado por el equipo Urcomante)



Figura 2.9. Diseño final del prototipo evaporativo.
 (Realizado por el equipo Urcomante)

Gracias a la ausencia de contacto entre el agua exterior e interior, se eliminan los problemas de transmisión de enfermedades (*Legionella*), y, al tratarse de un material cerámico con porosidad, la humedad puede distribuirse adecuadamente. Además, las pérdidas de agua por evaporación, serán repuestas mediante las aguas pluviales recogidas, que tras su depuración podrán reciclarse para su uso.

El *botijo* se encuentra situado en las mochilas técnicas de la fachada norte, conectado al interior mediante los conductos de ventilación y con una toma de aire del exterior y su respectivo filtro. Como el resto de los componentes del sistema, la puesta en marcha de la bomba de agua del botijo estará gestionada por la centralita de control del sistema domótico de la vivienda.

INTERCAMBIADOR DE CALOR SENSIBLE

Se trata de un sistema que permite la recuperar el calor o el frío del aire utilizado disminuyendo así el consumo energético. Es decir, el aire evacuado cede o capta parte de la energía térmica del aire “fresco” exterior. De esta forma, se consigue acercar la temperatura del aire de ventilación a la temperatura demandada, según las necesidades del ambiente interior, para así reducir el uso de la bomba de calor o de otros sistemas que requieran gasto energético para su funcionamiento.

Está situado en la parte superior de una de las mochilas técnicas, ya que, al igual que se aprovecha la energía térmica de las aguas grises, se había pensado en la posibilidad de recuperar el calor disipado por las baterías, el cuadro domótico y los inversores, aunque finalmente no se ha llevado a cabo.

ESTRATEGIAS DE VENTILACIÓN

El estudio de las corrientes de aire es uno de los ejes fundamentales para el funcionamiento del prototipo Urcomante. Este prototipo está diseñado para crear un circulación de aire en anillo, jugando con los diferentes movimientos naturales del aire en función de su densidad, presión y temperatura, para lo que su orientación (Fig. 2.10.) adquiere gran importancia.



En la fachada norte (amarillo) se colocan las mochilas técnicas, consiguiendo mayor inercia térmica, necesaria en esta orientación. En la zona sur (naranja) se aprovecha al máximo la energía solar mediante grandes ventanales y espacios vegetales. El exceso de radiación es controlado por lamas orientables fotovoltaicas. En la fachada oeste las aberturas están más controladas debido a la fuerte exposición al sol de esta orientación. Por último, en la zona este se sitúa el dormitorio aprovechando la radiación solar de las primeras horas del día.

Figura 2.10. Planta de la vivienda en función de su orientación. (Realizado por el equipo Urcomante)

Al tratarse de una cubierta curva inclinada, se sitúa en su cota más baja la fachada sur, ya que será la que mayor radiación solar reciba, estando en la orientación norte su cota más elevada. Así, se consigue el movimiento del aire debido a los gradientes de temperatura, que sigue trazos ligeramente verticales conducidos por la forma de la envolvente. Es decir, el gas cuando se calienta tiende a ascender, para posteriormente enfriarse haciéndose más pesado y volviendo a su posición de origen. Cuando este aire cambia de posición, provoca el movimiento de aire fresco por succión, generando una renovación del aire interior, y conformando una circulación en anillo entre las zonas expuestas a la radiación y las no expuestas, siguiendo la línea de la envolvente.

Los requisitos necesarios para obtener una buena calidad del aire, y el bienestar y confort del habitante, varían en función de las condiciones exteriores. El ambiente exterior en verano, en el clima en el que se encuentra la casa, es completamente opuesto al de invierno. Por ello, se han diseñado diferentes estrategias de ventilación – climatización, en función de la estación del año en la que se encuentre el prototipo.

ESTRATEGIA EN VERANO

En esta estación del año son dominantes las temperaturas elevadas y una humedad relativa baja en los climas de Valladolid o Madrid (lugares de ubicación previstos para el prototipo). Por ello, en esta estrategia de ventilación la intención será renovar el aire interior al mismo tiempo que se cumplen los requisitos necesarios para el confort, mediante la refrigeración del aire interior, destacando la importancia del refrigerador evaporativo cerámico: el *botijo*. El funcionamiento teórico es el siguiente (Ver ANEXO: 07_ ESQUEMA ESTRATEGIA DE VERANO):

- A través de una toma de aire exterior situada en las mochilas técnicas de la fachada norte, éste accede al interior en condiciones de alta temperatura y baja humedad. A partir del concepto de botijo, los tubos cerámicos por capilaridad ceden humedad al aire produciendo un descenso de su temperatura. Una vez filtrado y enfriado, el aire se impulsa al interior de la vivienda (pasando por la *caja de distribución*), renovando y acondicionando el aire interior (Fig. 2.11.).
- Esta caja de distribución funciona como el evaporador de la bomba de calor, absorbiendo el calor del aire impulsado. En este caso la bomba de calor actúa como apoyo del refrigerador cerámico, utilizando el estanque Norte de foco geotérmico. El circuito secundario de la bomba se encarga de ceder al agua del estanque el calor recogido en la caja de distribución, ejerciendo el papel de condensador.
- Una vez ventilado y acondicionado el interior de la vivienda, el aire contaminado se evacúa forzando su paso por una máquina con células de cartón, cuya función no es intercambiar aire, sino calor. Esta máquina conocida como mezclador o intercambiador de calor, toma aire caliente del exterior, haciendo que ceda su calor al aire aún frío evacuado, produciendo su enfriamiento. De esta manera, se produce una recuperación de la energía empleada anteriormente en el acondicionamiento del aire, reduciendo el consumo energético.
- Por otro lado, la función de los paneles térmicos de aire en cubierta antes citados, se limitan a evacuar el calor de los paneles fotovoltaicos mejorando su rendimiento. Posteriormente este aire es expulsado al exterior (Fig. 2.11.).

- Una vez realizado este tratamiento del aire, éste es impulsado al interior de la vivienda a través de las rejillas situadas en la parte superior de la fachada norte. Este aire impulsado es frío y por lo tanto, tiende a caer, por lo que su expulsión se realiza por la parte inferior de la misma fachada, aprovechando el diseño curvo de la cubierta para una distribución uniforme.

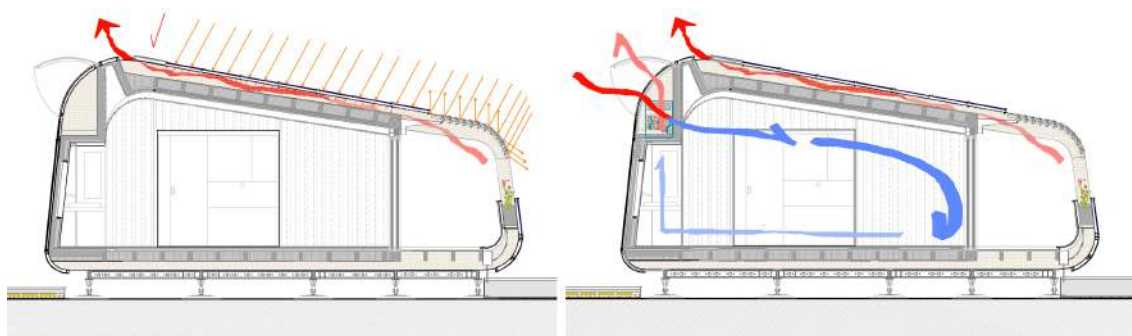


Figura 2.11. A la izquierda, evacuación de aire calentado por los paneles fotovoltaicos. A la derecha, ciclo del aire de ventilación enfriado por el botijo. (Realizado por el equipo Urcomante)

ESTRATEGIA EN INVIERNO

En este caso las condiciones ambientales exteriores dominantes son las bajas temperaturas, llegando incluso a estar por debajo de los 0°C. Por esta razón, el refrigerador evaporativo cerámico pierde su funcionalidad, pasando a un segundo plano. La estrategia para épocas de bajas temperaturas es la siguiente (Ver ANEXO: 08_ ESQUEMA ESTRATEGIA DE INVIERNO):

- Aprovechando el efecto de tiro térmico causado por el calentamiento de los paneles solares, el aire frío exterior atraviesa la doble piel de la envolvente refrigerando las células fotovoltaicas de la cubierta, y experimentando un cierto precalentamiento. Este efecto de tiro térmico se intensifica gracias a los paneles térmicos de aire situados en el punto más alto de la cubierta, y a la convección natural del aire. El aire una vez precalentado, atraviesa dichos paneles terminando de calentarse, y entra al edificio mediante los conductos de ventilación (Fig. 2.12.).
- En estas condiciones la bomba de calor invierte su funcionamiento y utiliza el estanque Sur como foco geotérmico, ya que es el que mayor radiación solar recibe debido a su orientación. El circuito secundario de la bomba se encarga de

tomar el calor absorbido por el agua del estanque para bombearlo en el circuito de la caja de distribución, ayudando en la calefacción interior cuando el trabajo de los demás componentes del sistema no es suficiente. En este caso, la bomba estaría utilizando el estanque como absorbedor, pero su puesta en marcha se daría sólo en caso de necesidad, como apoyo, para reducir el gasto energético.

- Del mismo modo que en la situación de verano pero con un funcionamiento inverso, mediante el intercambiador de calor se recupera parte de la energía térmica del aire evacuado, que es cedida al flujo de entrada, disminuyendo el trabajo de la bomba de calor.
- Como ya se había mencionado con antelación, en esta estrategia el prototipo cerámico no está en funcionamiento. En un primer momento se había pensado que en condiciones de bajas temperaturas, al calefactar el ambiente interior, éste perdería humedad llegando a valores situados por debajo de los umbrales de confort, por lo que el sistema del botijo podría llegar a ejercer de humidificador. Tras ciertos estudios y pruebas reales en el prototipo, se ha demostrado que su uso en invierno es innecesario, ya que al humidificar el ambiente interior provocaría el descenso de su temperatura, aumentando el trabajo de la bomba de calor con su respectivo incremento del consumo energético.
- El aire tratado dispuesto para la ventilación, se impulsa al interior desde la parte alta de la cara interior norte. Una vez cedido su calor al ambiente, desciende y es expulsado por la parte baja y conducido al recuperador de calor mediante los conductos de ventilación.

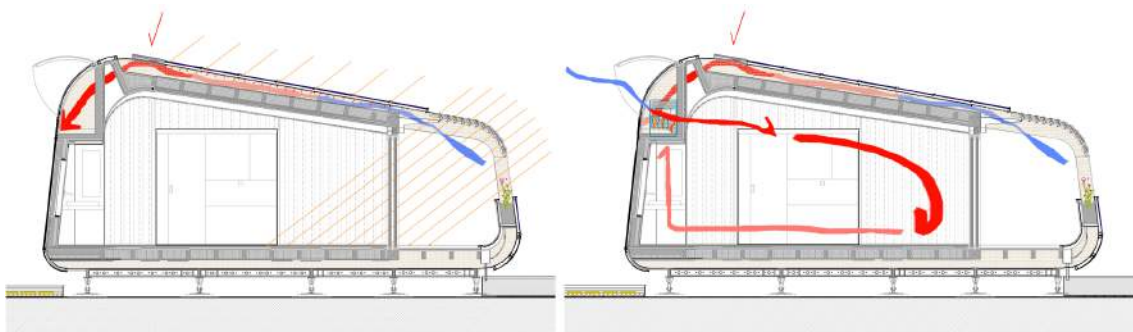


Figura 2.12. A la izquierda, aprovechamiento del aire calentado por los paneles térmicos. A la derecha, ciclo de aire de ventilación impulsado al interior, calentado por la bomba de calor (+ aire caliente de los paneles solares). (Realizado por el equipo Urcomante)

ESTRATEGIA EN PRIMAVERA-OTOÑO

El funcionamiento del sistema en las estaciones intermedias varía según la demanda necesaria (Fig. 2.13.). La centralita de control del sistema domótico es la encargada de conducir el aire caliente procedente de la cubierta al exterior, en condiciones de refrigeración, o al interior, en calefacción.

El trabajo de la bomba de calor se reduce al mínimo necesario gracias a las condiciones bioclimáticas del prototipo y los sistemas renovables, variando el foco geotérmico en función de las necesidades en el caso de su puesta en marcha. Por otro lado, el intercambiador de calor funcionaría templando las temperaturas.

Con una baja humedad relativa y temperaturas medias propias de estas estaciones, el funcionamiento del refrigerador cerámico evaporativo, combinado con el apoyo de los paneles térmicos de aire y el intercambiador de calor, proporcionan a la vivienda los valores necesarios para entrar en la zona de confort interior. (Ver ANEXO: 09_ ESQUEMA ESTRATEGIA DE ESTACIONES INTERMEDIAS).

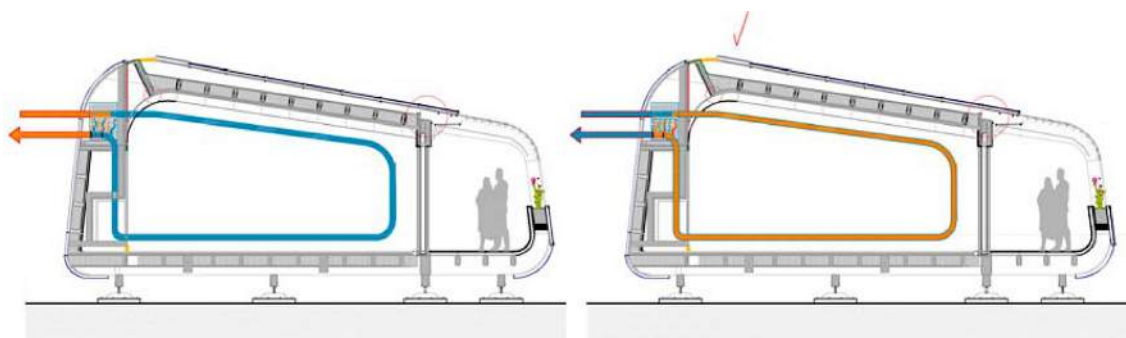


Figura 2.13. Movimiento del aire en función de las necesidades. A la izquierda, refrigeración; a la derecha, calefacción. (Realizado por el equipo Urcomante)

CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA VIGENTE (CTE)

A continuación, se desarrollará un breve procedimiento de verificación del cumplimiento de la normativa vigente del Código Técnico de la Edificación Documento Básico HS3 (CTE DB HS3), que garantice la calidad del aire interior en función de los siguientes criterios:

CALIDAD DEL AIRE: se estudiará según las renovaciones por hora necesarias para las características del prototipo, su uso, ocupación, volumen, y caudales de ventilación.

TEMPERATURA MEDIA INTERIOR: para alcanzar las condiciones de confort se establece entre 23°C y 25°C.

HUMEDAD: la humedad relativa en función del bienestar interior será entre el 40 y el 55%.

OCUPACIÓN: regida por la normativa establecida para el SDE, será de un máximo de 6 personas.

DISEÑO

Según las condiciones generales de los sistemas de ventilación se cumplen los siguientes requisitos:

- El aire circula desde los locales secos a los húmedos, por lo que la sala de estar y el dormitorio disponen de aberturas de admisión, y la cocina y el aseo cuentan con aberturas de extracción y de paso.
- Las aberturas de admisión de dormitorio y sala de estar dotadas de aireadores (a una cota mayor de 1'80 m), o aperturas fijas de la carpintería.
- En la ventilación híbrida, las aberturas de extracción comunican directamente con el exterior (cocina y aseo). En el caso del aseo, la abertura de extracción se coloca en el compartimento más contaminado que es el que contiene el inodoro; y en el de la cocina, la abertura se sitúa sobre el lugar de cocción.
- Los conductos de extracción de aseo y cocina son individuales y están a una distancia menos de 10 cm del techo, esquina o rincón vertical.

- La sala de estar, cocina y dormitorio disponen de un sistema complementario de ventilación natural. Se disponen dos puertas al exterior.
- La cocina dispone de una ventilación adicional con extracción mecánica a través de un conducto independiente dotado de una válvula automática antirrevoco.
- Para la ventilación natural de los almacenes de residuos y trasteros, se comunican con el exterior con aberturas de admisión y extracción, y separación mínima vertical de 1'50 m.
- Las aberturas de admisión o bocas de toma comunicadas directamente con el exterior, deben estar abiertas a una superficie de diámetro superior a 3 metros.
- Se consideran como aberturas de paso la holgura entre las hojas de las puertas y el suelo.
- Las aberturas de ventilación se disponen de manera que se impida la entrada de agua de lluvia.
- Las bocas de expulsión deben estar separadas más de tres metros de cualquier boca de toma, abertura de admisión, puerta exterior o ventana; y en ventilación híbrida, se coloca en cubierta a un metro sobre ella. En el caso del aseo, esta norma no se cumple estrictamente pero se justifica por las limitadas dimensiones del prototipo.
- Los conductos de admisión carecen de obstáculos en su recorrido y son registrables cada 10 metros.
- En ventilación híbrida, los conductos de extracción son verticales, carecen de obstáculos en su recorrido, son registrables en coronación, y la ventilación se realiza con un aspirador híbrido en la boca.
- En ventilación mecánica, en los conductos de extracción en el caso de la ventilación adicional de los gases de cocina, no es obligatoria la disposición de un aspirador mecánico.
- Las puertas y ventanas exteriores conectan con un espacio exterior en el que se pueda trazar un círculo de diámetro mayor a tres metros.

CAUDALES

Según la Tabla 2.1 de la normativa vigente, el caudal de ventilación mínimo exigido en función del uso del local, ocupantes y superficie:

USO DEL LOCAL	OCUPANTES	SUPERFICIE ÚTIL (m ²)	CAUDAL POR OCUPANTE	CAUDAL POR m ² ÚTIL	CAUDAL NECESARIO
Dormitorio	2	---	5 l/s	---	10 l/s
Sala de estar	2	---	3 l/s	---	6 l/s
Aseo	---	Por local	---	15 l/s	15 l/s
Cocina	---	Por m ²	----	2 l/s	2 l/s
Trasteros	---	Por m ²	---	0'7 l/s	0'7 l/s
Almacenes	---	Por m ²	---	10 l/s	10 l/s

Según la Tabla 2.1 el caudal de ventilación mínimo exigido para la casa Urcomante:

USO DEL LOCAL	OCUPANTES	SUPERFICIE ÚTIL (m ²)	CAUDAL POR OCUPANTE	CAUDAL POR m ² ÚTIL	CAUDAL NECESARIO
Dormitorio	2	---	5 l/s	---	10 l/s
Sala de estar	6	---	3 l/s	---	18 l/s
Aseo	---	Por local	---	15 l/s	15 l/s
Cocina	---	2'5 m ²	----	2 l/s	5 l/s
Trasteros	---	Por m ²	---	0'7 l/s	Ventilación exterior
Almacenes	---	Por m ²	---	10 l/s	Ventilación exterior

A partir de estas tablas se verifica el cumplimiento del caudal mínimo exigido por el CTE, ya que el máximo caudal mínimo según la normativa es de 15 l/s, y el caudal mínimo exigido por la vivienda es de 18 l/s debido a la ocupación máxima de 6 personas establecida por el SDE.

DIMENSIONADO

Según la Tabla 4.1 del DB HS3, el área efectiva de las aberturas de ventilación de cada local, debe ser como mínimo el mayor resultado de las siguientes fórmulas:

TIPO DE ABERTURAS DE VENTILACIÓN	ÁREA EFECTIVA (cm ²)
Admisión	4 x q _v ó 4 x q _{va}
Extracción	4 x q _v ó 4 x q _{ve}
De paso	70 cm ² ó 8 x q _{vp}
Mixtas	8 x q _v

Siendo: - q_v: caudal de ventilación mínimo exigido del local (l/s)

- q_{va} , q_{ve} , q_{vp} : caudal de ventilación calculado por el equilibrio del total del local según el tipo de abertura (admisión, extracción, o de paso) (l/s)

En la extracción, la sección mínima de los conductos será la obtenida en la Tabla 4.1 en función del caudal de aire en el tramo, y de la clase de tiro. En este caso, la ubicación de la vivienda es tanto en Madrid como en Valladolid, cuyas zonas térmicas son X y W respectivamente, lo que nos conduce a una clase de tiro de T-3 para viviendas de una planta en estas zonas.

En ventilación mecánica, los conductos de extracción contiguos a un área habitable tendrán como sección mínima la obtenida de la siguiente fórmula: $S \geq 2'5 q_{vt}$; siendo "S" la sección mínima, y "q_{vt}" el caudal en el tramo del conducto. Los conductos de extracción situados en cubierta, tendrán una sección mínima de: $S \geq 1'5 q_{vt}$.

Cumpliendo con lo enunciado anteriormente, y tomando como modelo de estudio la combinación en planta en la que se genera un espacio único, la dimensión final de las aberturas se encuentran en la siguiente tabla:

ABERTURA	CAUDAL MÍNIMO NECESARIO	SECCIÓN (cm ²)	DIMENSIONADO (cm)
Admisión en dormitorio	10 l/s	80	8 x 10 ó ø12
Admisión sala de estar	20 l/s	160	2 x 9 x 9 ó 2x ø12
De paso / extracción aseo	15 l/s	120	70 x 1'72 / 8 x 15
Extracción cocina	15 l/s	120	ø13

La superficie practicable de ventanas y puertas exteriores será como mínimo un veinteavo de su superficie útil.

Las aberturas de extracción se colocan en aseo y cocina, y las de admisión en la sala de estar y el dormitorio-estudio. Esto supone que la velocidad de extracción en cotas por encima de 1'80 metros, será de 2 m/s, y en cotas inferiores la velocidad será de 1'25 m/s; garantizando así un control acústico frente al ruido.

El dimensionado de las aberturas se realiza en base a la situación del ambiente interior como espacio único, es decir, con todo abierto. Esta es la situación más desfavorable que puede sufrir la vivienda en lo que concierne a la renovación del aire interior.

Las actividades realizadas en el uso normal de la vivienda producen la contaminación del ambiente interior con CO₂, por lo que para garantizar su eliminación se establece un caudal mínimo de renovación por persona de 8 l/s, que siendo 6 el número máximo de ocupación, el caudal total considerado sería de 48 l/s.

Por tanto, para garantizar un ambiente que se sitúe dentro de los rangos de confort, el tiempo de renovación necesario para este caudal en un ambiente considerado de volumen 109'8 m³, vendrá dado por la siguiente fórmula: $T = V/q$, siendo "T" el tiempo de renovación. [Volumen: (m³) ; Caudal: (m³/h)]

El número de renovaciones a la hora se consigue mediante el inverso de la fórmula anterior, siendo en este caso de 1'57 renovaciones por hora necesarias, para la completa eliminación de la concentración de CO₂.



CAPÍTULO III

VENTILACIÓN NATURAL EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA

BASES DE LA VENTILACIÓN NATURAL

TÉCNICAS EMPLEADAS EN VENTILACIÓN NATURAL

VENTILACIÓN NATURAL EN EDIFICIOS DE ALTA TECNOLOGÍA

CAPÍTULO III VENTILACIÓN NATURAL EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA

BASES DE LA VENTILACIÓN NATURAL

Hablamos de ventilación natural cuando mediante técnicas naturales, y sin la necesidad de emplear algún dispositivo mecánico, se consigue la renovación de aire adecuada en un edificio. Esta ventilación aprovecha la diferencia de temperatura del aire, y por consiguiente, su diferente densidad, como mecanismo para favorecer su movimiento de manera natural, con ayuda de la velocidad y presión generada por el viento. Se puede resumir por tanto, que la ventilación natural es aquella que emplea únicamente los recursos del calor (movimientos derivados de la diferencia de temperaturas y densidades del aire) y del viento (movimientos derivados de la diferencia de presiones) para la renovación del aire interior.

Esta renovación es directa cuando se emplean las aberturas de fachada para ventilar el interior, ya que debido a la acción del viento sobre dicha fachada, se crea en ella una sobrepresión que fuerza el intercambio de masas de aire con el interior del edificio para equilibrar sus presiones. Además, el viento genera una depresión en las superficies situadas paralelamente a la dirección del mismo y en la cara posterior, de manera que se puede crear una circulación natural del aire aprovechando la diferencia de presiones, situando una abertura de entrada en la fachada expuesta al viento, y una de salida en uno de los planos a depresión (Fig. 3.1.).

El plano horizontal de cubierta estará sometido a una depresión debida a la acción del viento, por lo que el hueco de salida podrá también disponerse en la parte superior. De la misma manera, si el edificio se encuentra elevado sobre el terreno a modo “palafito”, será una cara más expuesta al viento en la que se genera una depresión, ya que permite la circulación del aire bajo el edificio, favoreciendo la ventilación entre las diferentes fachadas, y evitando formación de zonas de aire estancado.

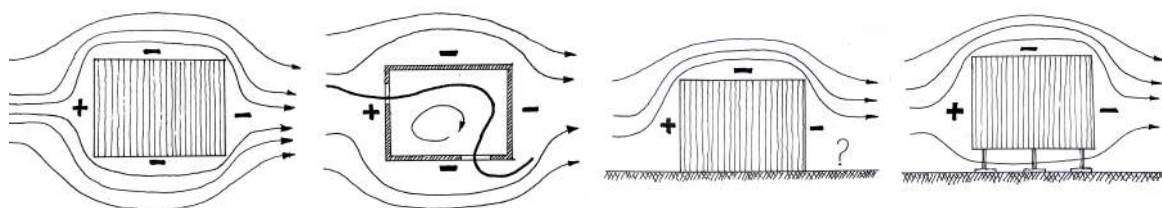


Figura 3.1. Acción del viento sobre el edificio en diferentes situaciones.

La disposición de estas aberturas no tiene porqué ser enfrentada, pueden estar colocadas indistintamente siempre que exista una diferencia de presión entre ambas que genere la circulación del aire. No obstante, si los huecos se encuentran en una disposición opuesta, esta diferencia será mayor y por tanto, más eficaz. Este tipo de ventilación se conoce como ventilación cruzada.

Lo mismo ocurriría si el hueco de entrada se encuentra en fachada y el de salida en la cubierta, aunque se incrementaría aún más la calidad de ventilación, ya que se aprovecharían los movimientos del aire derivados de su temperatura. Es decir, el aire al calentarse tiende a ascender, y con la apertura de un hueco en la parte superior a depresión, tiende a salir. Al evacuarse, este aire produce la succión del aire fresco a través del hueco de fachada, forzando la renovación del aire de todo el espacio interior.

En el caso de imposibilidad de disposición de huecos en la fachada sometida a la acción del viento, o la obligación de situarlos en una misma superficie, la solución está en el empleo de retranqueos o cuerpos salientes, de obstáculos próximos a la fachada (vegetación), que provoquen la creación de zonas a diferentes presiones en una misma fachada, favoreciendo la ventilación cruzada.

Por último, es necesario añadir la importancia del alcance de esta ventilación a todos los espacios interiores. Esto se puede conseguir mediante compartimentaciones interiores u obstáculos que generen pequeños choques que incitan el movimiento de más aire, mejorando la ventilación total del espacio, pero perdiendo velocidad. Para recuperar esta pérdida de velocidad se pueden disponer huecos de entrada y salida de diferentes tamaños, siendo el de entrada más pequeño que el de salida.

Por otro lado, la vegetación es un factor a tener en cuenta en el diseño de la construcción, debido a su influencia en este tipo de ventilación, ya que puede reducir su velocidad, conducir o desviar el flujo del aire, e incluso favorecer la creación de zonas de diferente presión. De esta forma, se pueden inducir corrientes de aire en el interior del edificio a ventilar, con la dirección y velocidad deseadas y buscadas en el diseño. Se trata además de un recurso útil, ya que incluso en viviendas con una orientación no favorable en relación al viento predominante de una zona, la inclusión de vegetación puede modificar y desviar el flujo de aire para introducirlo al edificio.

TÉCNICAS EMPLEADAS EN VENTILACIÓN NATURAL

Una vez presentado el comportamiento del viento con respecto a la arquitectura, y la posibilidad de su empleo como sistema pasivo de climatización natural, podemos clasificar otros modos de ventilación basados, por un lado, en los elementos arquitectónicos del edificio, y por otro, en el concepto antes mencionado: la diferencia de temperatura, densidad, y presión de distintas masas de aire provoca su movimiento natural.

VENTILACIÓN A TRAVÉS DE LA CUBIERTA

La inclusión de ciertos dispositivos en la cubierta permite reforzar la ventilación natural cruzada antes mencionada, con el objetivo de hacerla más eficiente. Estos dispositivos pueden ir desde torres captadoras o de extracción, hasta chimeneas solares.

Las torres captadoras son aquellas que, situadas a cierta altura sobre la cubierta, consiguen captar el flujo de aire del viento e introducirlo en el edificio (Fig. 3.2.). Esto ocurre gracias a la diferencia de presiones existente entre la abertura superior (torre captadora), sometida a una sobrepresión, y el hueco de salida que se encuentra a baja presión por estar en una fachada no expuesta a la acción del viento. De esta forma se crea un flujo de aire que atraviesa el espacio interior efectuando su ventilación.

Este funcionamiento basado en los cambios de presión, es el empleado también en la configuración de las torres de extracción (Fig. 3.2.). Pero, en lugar de captar y guiar el flujo de aire hacia el interior de la vivienda, éstas generan zonas de baja presión para extraer el aire contaminado interior, introduciendo aire fresco por succión, aunque se encuentren obstáculos en el hueco de entrada. Es decir, el funcionamiento sería el mismo, pero a la inversa.

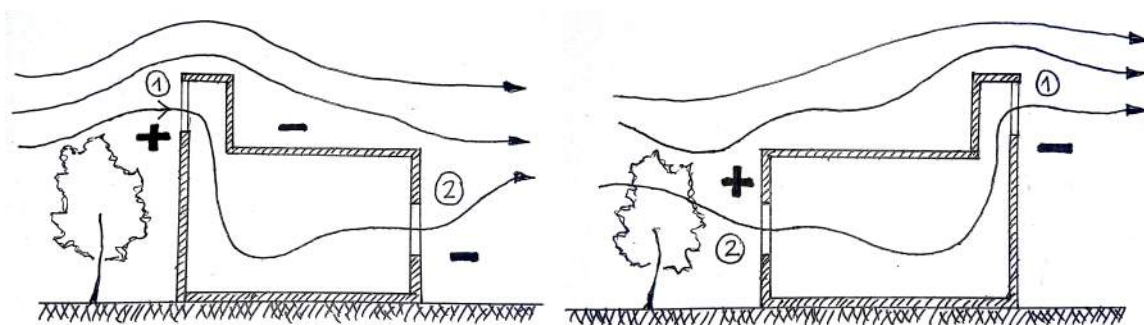


Figura 3.2. A la izquierda, funcionamiento esquemático de la torre captadora. A la derecha, funcionamiento esquemático de la torre de extracción.

Ambas torres necesitan estar situadas a cierta altura sobre el edificio para así trabajar con las corrientes de aire más fuertes y constantes consiguiendo una diferencia de presión más acentuada. Gracias a esta disposición, se evita el problema de cualquier obstáculo a nivel de suelo cercano a la vivienda, como vegetación, muros de cerramiento u otras construcciones vecinas.

Otro de los dispositivos que ayudan a la ventilación natural son las chimeneas de ventilación. Su funcionamiento vuelve a ser parecido al de las torres captadoras y de extracción, pero en este caso entran en juego los movimientos generados en el aire debido a la diferencia de temperatura y densidad, además de los movimientos causados por las distintas presiones. La cubierta acumula el calor que recibe debido a la radiación solar, de manera que el aire situado sobre ella se calienta, bajando su densidad, y creando una zona de baja presión hacia la que fluye el aire de las zonas cercanas. Estos flujos de aire pueden ser controlados gracias a la disposición de estas chimeneas de ventilación, que aspiran el aire del interior de la vivienda debido al efecto causado por el viento exterior. No obstante, la configuración de este tipo de dispositivo adquiere mayor eficacia en forma de chimeneas solares.

El sistema de chimenea solar se conoce también como cámara solar, ya que se aprovecha la radiación procedente del sol para hacer más eficiente la ventilación natural. Podría decirse que este tipo de chimenea es descendiente directo de las torres de extracción, ya que los conceptos aplicados anteriormente en ellas, son los mismos; pero gracias a la colaboración de la radiación solar, es posible reducir la altura a la que se encuentran, y mejorar su funcionamiento.

Cuando la superficie de la chimenea capta la radiación solar, transmite energía calórica al interior del dispositivo, elevando aún más la temperatura del aire que asciende por ella, y aumentando por tanto la diferencia de presión existente con el aire interior. De esta manera, se refuerza la convección natural del aire, consiguiendo una mejor extracción del aire contaminado (Fig. 3.3.).

La chimenea solar actúa por tanto como un tiro natural, evacuando el aire caliente e introduciendo a su vez el aire fresco exterior por succión. Para favorecer los movimientos naturales del aire, la ventilación cruzada y el movimiento del aire

generado por el tiro de la chimenea solar, es conveniente situar la entrada de aire nuevo al edificio en la parte baja de la vivienda.

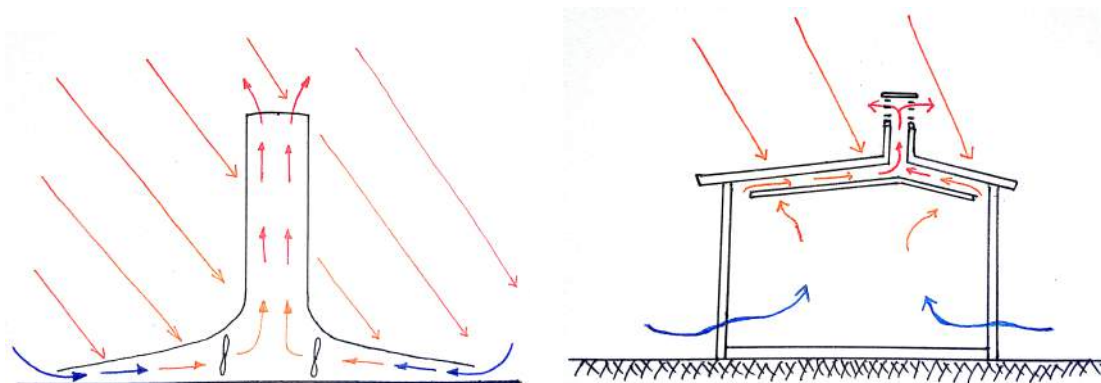


Figura 3.3. A la izquierda, principio básico del funcionamiento de la chimenea solar. A la derecha, desarrollo esquemático del funcionamiento de la chimenea solar en una vivienda.

Para mejorar su funcionamiento, es necesario que una parte de la chimenea esté cubierta por un material capacitado para la absorción de grandes cantidades de radiación solar. Normalmente y debido a su posición, es conveniente que sea la parte superior. Este material puede llegar a ser desde vidrio hasta láminas de color negro que permita la mayor absorción posible. Si la chimenea es metálica, debido a la alta conductividad del material, el efecto será más rápido. Por otro lado, si se realiza con muros de fábrica, gracias a la inercia térmica del material, su capacidad de acumulación sería mayor, permitiendo el mantenimiento del efecto de tiro natural incluso cuando ya no reciba radiación solar.

VENTILACIÓN A TRAVÉS DE UN PATIO

La incorporación en el esquema de la vivienda de un patio o atrio central, ha supuesto el gran avance bioclimático de la arquitectura tradicional. Este componente se encuentra rodeado de los espacios habitables y puede estar protegido o no por una cubierta normalmente transparente o translúcida.

Además de su uso como apoyo en calefacción, los patios pueden ser utilizados como un importante componente del sistema de ventilación natural, ya que, como hemos visto en el funcionamiento de las chimeneas solares, estos patios juegan con los diferenciales de presión y temperatura del aire para generar el llamado tiro térmico o *efecto chimenea*. Este efecto se produce debido a que el aire caliente interior y menos denso que el exterior, asciende y sale por la parte superior del atrio central,

provocando una depresión en el interior que propicia la entrada de aire a través de aberturas inferiores. De este modo se genera un ciclo continuo de ventilación, siendo más eficiente cuanto más alto sea el espacio.

El efecto creado por este patio, puede traducirse en simples huecos en cubierta que generen una circulación vertical, situados de tal manera que se aproveche la presión creada por la acción del viento para intensificar el fenómeno de la extracción del aire contaminado. Además, para garantizar el buen funcionamiento del patio, es favorable la introducción en su interior de vegetación, e incluso, de sistemas de agua, contribuyendo al enfriamiento evaporativo del aire.

Por otro lado, se podría mencionar la posibilidad de elevar la construcción sobre el terreno, a modo de “palafito”, permitiendo con esta elevación una mejor captación de brisas. Con ello, se puede conseguir la formación de corrientes de aire más fuertes que conseguirán una mejor extracción del aire viciado por succión a través del patio, incrementando la depresión generada en el interior, y por tanto, la introducción de aire renovado al interior del edificio.

VENTILACIÓN A TRAVÉS DE LA FACHADA

La ventilación natural a través del cerramiento vertical puede producirse de múltiples formas, como ya se ha mencionado en apartado de las bases de la ventilación natural. Si se busca un sistema que permita, además de la ventilación, el acondicionamiento térmico del espacio interior, podemos encontrarnos con la estrategia de *Muro Trombe* o con el uso de una *cavidad ventilada*, de la cual se estudiarán diferentes ejemplos ejecutados en edificios en altura en el próximo apartado.

El funcionamiento de este tipo de muro consiste en un sistema de captación solar pasivo, es decir, está basado en la captación de la radiación solar directa, y la posterior circulación de aire producida por la diferencia de temperatura que ésta provoca. Su situación tiene especial importancia ya que deberá estar situado en la cara del edificio orientada al sol, y debe estar constituido por materiales capaces de acumular calor por masa térmica.

Mediante la disposición de aberturas en la parte superior e inferior, este sistema funciona de la misma manera que una ventilación cruzada, entregando calor en invierno, y permitiendo una mejor refrigeración en condiciones de verano.

VENTILACIÓN NATURAL EN EDIFICIOS DE *ALTA TECNOLOGÍA*

En este apartado, se investigarán diferentes casos de la arquitectura bioclimática contemporánea, en los que se refleja la importancia de la ventilación natural como estrategia de climatización. Se trata de edificaciones de alta tecnología, ya que en la actualidad, la ventilación es utilizada como la gran estrategia bioclimática de estos edificios.

Norman Foster (*Foster and Partners*) es uno de los arquitectos que investigan el comportamiento del viento para aprovechar al máximo la ventilación natural, mediante la incorporación de materiales de alta tecnología y una relación estudiada entre el interior y el exterior. En el campo de la ventilación natural destacan dos edificios de la arquitectura contemporánea, que se tomarán como referencia para introducirnos en el conocimiento de estas estrategias innovadoras, empleadas en la ventilación de edificios en altura de la actualidad.

Cabe destacar la existencia de otros edificios en altura, que emplean sistemas de ventilación natural muy similares a los estudiados, como por ejemplo la Sede central de RWE AG en Essen (Alemania), del estudio *Ingenhoven y Overdierk*.

Otros arquitectos de renombre también han colaborado en el avance y desarrollo de la calidad en el sistema de la ventilación, como por ejemplo Renzo Piano con el Centro Cultural en Nouméa (Nueva Caledonia), con el empleo de ventilación natural inducida; Thomas Herzog con el Edificio Hall 26 en el Recinto Ferial de Hanover (Alemania), empleando una ventilación forzada natural; o Richard Rogers, con la Torre Turbina en Tokio (Japón) y otros muchos de sus proyectos, con la utilización de torres eólicas como estrategia de ventilación.

La elección de estos proyectos se debe a su apuesta por los sistemas de ventilación naturales, conformados por los diferentes componentes tradicionales de este sistema, desarrollados y evolucionados, cuyo trabajo conjunto proporciona un aumento de su eficiencia.

BANCO DE COMERCIO (COMMERZBANK), FRANKFURT (ALEMANIA) - FOSTER+PARTNERS.
(1991-1997)

La fachada *climática* diseñada para este edificio, podría ser el sistema de ventilación más avanzado en lo que se refiere a la tecnología, utilizando el concepto de doble piel con cavidad ventilada. Gracias a este concepto es posible controlar y regular la entrada del viento al interior del edificio, algo complejo en edificios desarrollados en altura (53 plantas en este caso). Además, su diseño alcanza unos niveles de consumo energético equivalentes a la mitad de los de un edificio convencional con las mismas dimensiones.

Este edificio presenta una planta triangular, formada por las áreas de oficina a modo de “pétalos”, y un gran patio central como “tallo” portante que además será un componente clave del sistema de ventilación. La forma triangular de la planta favorece el flujo del viento que puede deslizarse cómodamente sobre la superficie del edificio, ayudando también en el control de la ventilación interior. (Fig. 3.4.)

La estrategia empleada es la siguiente: la ventilación natural se consigue a través de ventanas practicables dispuestas en las zonas de oficina, produciéndose la evacuación y disipación del aire caliente a través del atrio central debido a la estratificación térmica (Fig. 3.5.). Es decir, las ventanas operables se abren al espacio intermedio de la doble piel antes mencionada, en la que se produce la renovación del aire gracias a las corrientes de viento captadas y controladas debido a los diferenciales de presión. Estas aberturas hacia la cavidad ventilada, permiten a los ocupantes regular su propio espacio laboral de forma individual, para así alcanzar el grado de confort necesario en función de las necesidades (Fig. 3.6.). Además, en las fachadas acristaladas se emplean vidrios especiales que permiten el paso de luz natural, pero impiden el paso del calor, consiguiendo un buen resultado tanto en invierno como en verano. Por otro lado, el patio central se encuentra conectado con el área de oficinas interior, ejerciendo de “chimenea” de evacuación del aire contaminado, produciendo una corriente ascendente, y generando una circulación de aire constante (Fig. 3.7.).

Estos dos esquemas, la cavidad ventilada en fachada con ventanas operables más el sistema de atrio, se combinan para generar corrientes de aire que consiguen, además de acondicionar térmicamente los espacios, una renovación de aire adecuada para el uso del edificio.

Por último, es necesario tener en cuenta la disposición de zonas ajardinadas en plantas alternas, que además de amabilizar la visual y de su aportación de oxígeno, ayudan en la introducción y extracción de aire del edificio.

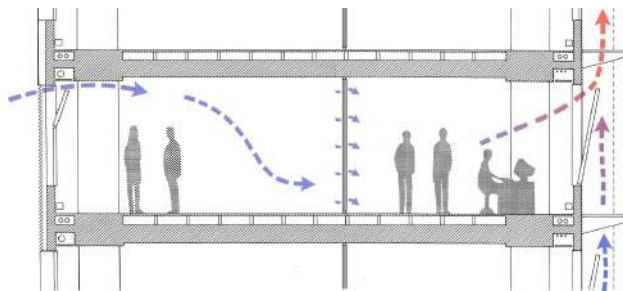
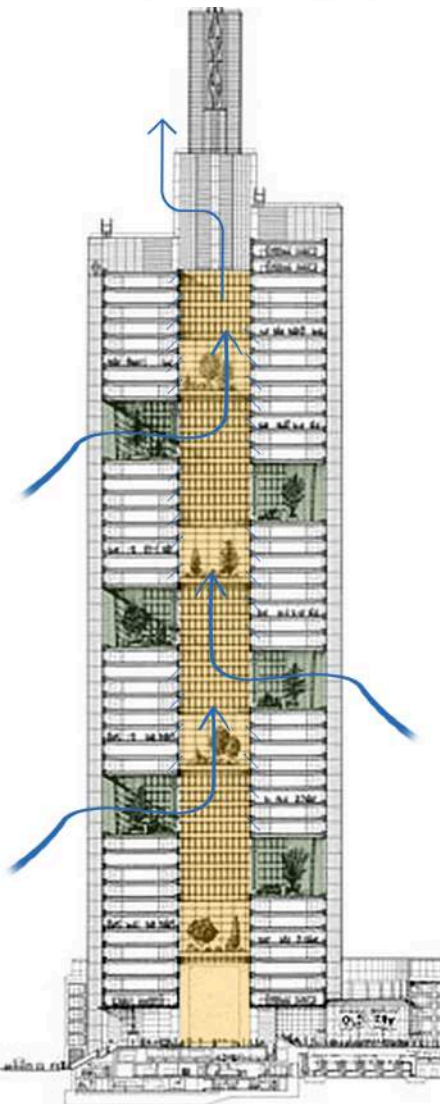
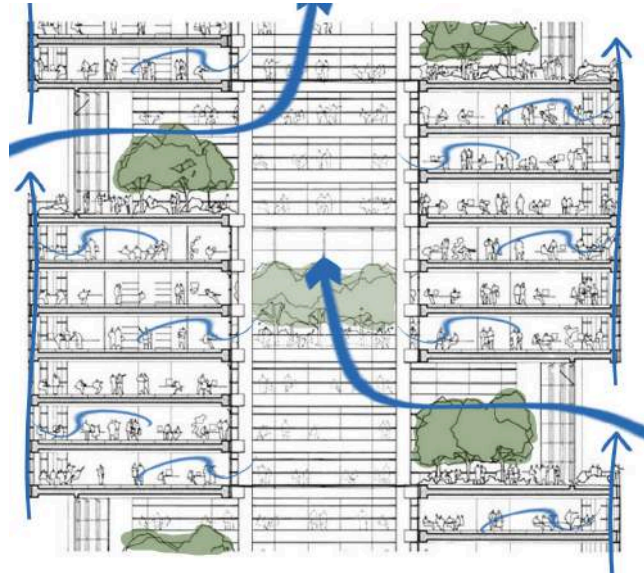
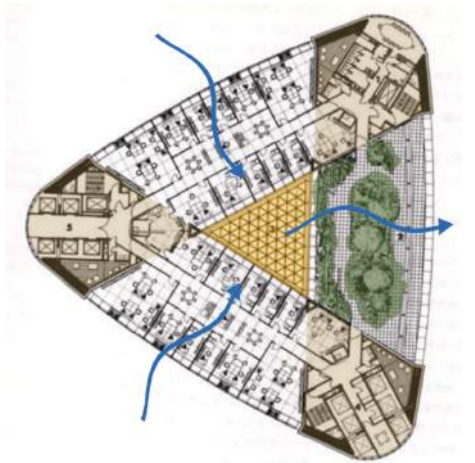


Figura 3.4. Imagen superior izquierda. Disposición del patio central como *tallo*, que succiona el aire viciado de las áreas de oficina por estratificación térmica.

Figura 3.5. Imagen superior derecha. Ventilación de las áreas de oficina a través del atrio. Zonas ajardinadas.

Figura 3.6. Imagen inferior derecha. Ventanas operables hacia la cavidad ventilada de la fachada climática.

Figura 3.7. Imagen inferior izquierda. Circulación de aire constante generada por el atrio central. Disposición de las zonas ajardinadas.

EDIFICIO 30 ST. MARY AXE (SWISS RE TOWER), LONDON (UK) - FOSTER+PARTNERS.
(1997-2004)

Se trata de un edificio de gran prestigio cuya capacidad aerodinámica de diseño fue reconocida con el premio RIBA Stirling Prize en 2004 con voto unánime. Además, incorpora tecnologías innovadoras que minimizan tanto la emisión de CO₂ como el gasto energético.

Este edificio tiene por objeto, al igual que los ejemplos estudiados, obtener el confort adecuado de sus ocupantes sin depender de una climatización artificial, es decir, a través del máximo aprovechamiento de la ventilación natural, para lo que adquiere gran importancia el diseño de su forma.

Su forma es concebida en función del movimiento aerodinámico del viento, por lo que está basado en el concepto que comenzó a desarrollarse con el anterior ejemplo citado: la Sede del Banco de Comercio en Frankfurt (Fig. 3.8.). Al volumen se le otorga una envolvente curvada acompañada de una planta circular, que colabora al paso de las corrientes de aire, empleando su cara más expuesta para el enfriamiento del espacio central, y favoreciendo el funcionamiento del sistema estructural.

La diferencia en este nuevo proyecto ha sido el desarrollo y evolución de la fachada *climática*, de la doble piel que constituye el cerramiento. En este caso, se disponen aberturas en cada piso generando ejes de ventilación natural (Fig. 3.9.), y permitiendo el acondicionamiento individual de cada planta. Estos ejes constituyen los llamados *pozos de luz*, que actúan como “pulmones” del edificio, y se reflejan en el exterior con una tonalidad del vidrio algo más oscura que el resto (Fig. 3.10.). Se trata de seis conducciones que se deslizan por toda la envolvente siguiendo un movimiento en espiral hasta llegar a la cúspide, donde se produce la evacuación del aire caliente por el efecto *Stack* o estratificación térmica. La renovación del aire se genera gracias a la succión de aire fresco a través de estos conductos, creada por la extracción del aire contaminado y la diferencia de presiones (Fig. 3.11.).

Estos “pulmones” son el desarrollo de la cavidad ventilada, que funcionan como extractores naturales del aire contaminado (Fig. 3.12.), sirviendo de enfriadores en condiciones de verano, y ayudando a la calefacción en invierno actuando como un

doble cristal y usando la calefacción pasiva del sol. Este sistema permite una ventilación natural del edificio de gran calidad un 50% del año.

Además, para mejorar la circulación del aire y aprovechar al máximo la ventilación natural, se aumenta el diámetro de la planta circular a medida que gana altura, para volver a disminuir en las últimas plantas del edificio, situadas a una altura de 180 metros.

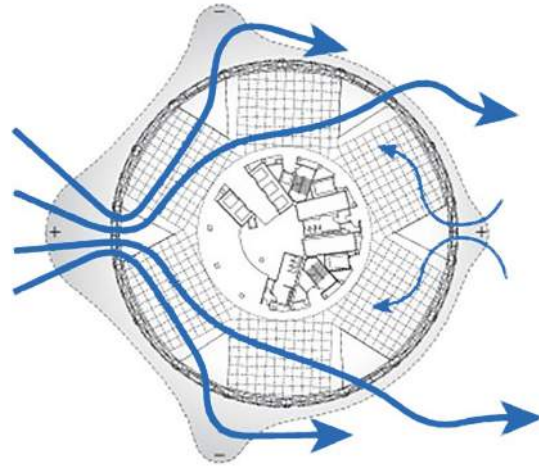
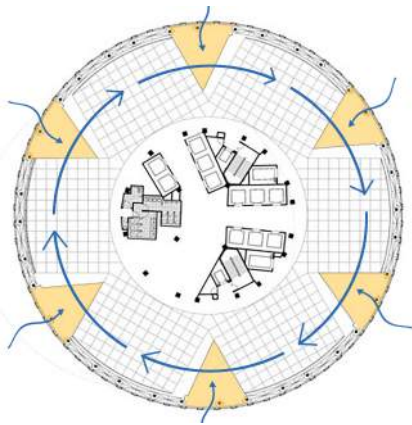


Figura 3.8. Imagen inferior centro. Generación de una envolvente aerodinámica que fluya con el movimiento del viento para su mejor control y aprovechamiento.

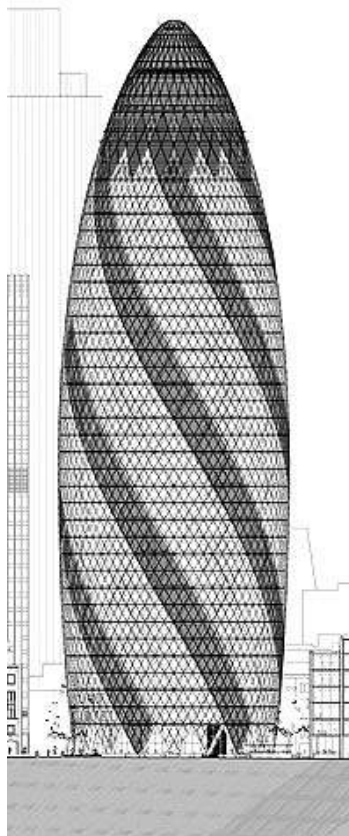
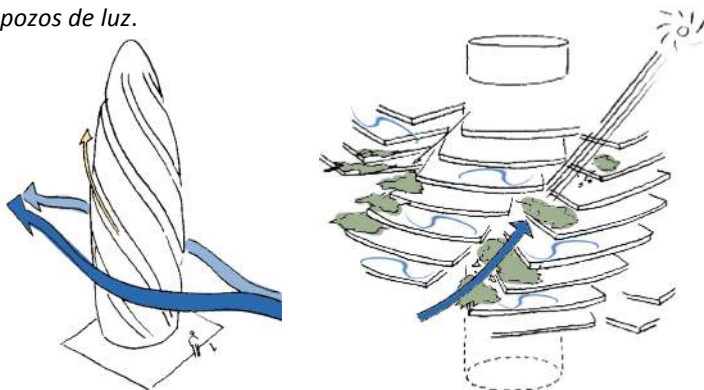


Figura 3.9. Imagen superior izquierda. Generación de ejes de ventilación natural por planta.

Figura 3.10. Imagen inferior izquierda. Representación de los *pozos de luz* en el exterior mediante un tono más oscuro del vidrio.

Figura 3.11. Imagen superior derecha. Funcionamiento del sistema de renovación de aire a partir de la diferencia de presiones.

Figura 3.12. Imagen inferior derecha. Evacuación de aire a través de los *pozos de luz*.



CAPÍTULO IV

PROPUESTA

PROPUESTA GENERAL

PROPUESTA ESPECÍFICA

ALTERNATIVAS CON VENTILACIÓN NATURAL PURA

CAPÍTULO IV PROPUESTA

PROPUESTA GENERAL

Actualmente, el sistema de ventilación de la Casa Solar de la ETSAV, se compone a base de diferentes piezas innovadoras, diseñadas específicamente para este proyecto. Todo el sistema de instalaciones, como ya se ha visto con antelación, está fuertemente ligado y regido por la estrategia de diseño. Por ello, existen ciertos aspectos que podrían mejorar la calidad de la ventilación, pero que no se han llevado a cabo por exigencias estéticas.

En esta propuesta, se pretende invertir el proceso: emplear el sistema de ventilación natural como principio fundamental de diseño del proyecto, evitando que el diseño imponga la estrategia de ventilación. No obstante, se tomará el diseño actual como punto de partida, evitando realizar grandes cambios que supongan un gran impacto sobre el prototipo diseñado.

A partir del breve estudio realizado sobre diversas técnicas de ventilación empleadas en la arquitectura tradicional y contemporánea, podemos tomar como base los siguientes conceptos predominantes:

- El viento. El viento representa un papel fundamental en el diseño de la vivienda. En la búsqueda de una adecuada ventilación, y para el máximo aprovechamiento de sus ventajas, es necesaria la comprensión de su comportamiento y la acción que ejerce sobre la arquitectura. En este caso, puede constituir un importante elemento de climatización pasiva. Por ello, su influencia se tendrá en cuenta a lo largo de todo el proceso de desarrollo de la propuesta.
- La elevación del edificio sobre el nivel del suelo. Esta solución arquitectónica proporciona facilidades y mejoras para la ventilación natural del espacio interior, y para su climatización. Como la vivienda Urcomante ya se encuentra actualmente a unos 60 cm sobre el nivel del terreno, esta situación no sólo no se modificará en la propuesta, sino que se mantendrá y se aprovecharán sus beneficiosas aportaciones.

- La vegetación. Se empleará como apoyo para la introducción de flujos de aire fresco y la extracción de aire viciado, además del aprovechamiento de su característica más conocida: la aportación de oxígeno.
- La doble piel o envolvente bioclimática, en sus dos vertientes: fachada o cubierta. En este caso, la vivienda ya cuenta con este concepto desarrollado en cubierta, por lo que se aprovechará su estado actual, ya que de ella dependen otras instalaciones necesarias para su buen funcionamiento. Por otro lado, su presencia es fundamental para una estratégica conducción del aire en función de las necesidades, a la hora de realizar la ventilación interior. Por ello, se planteará la disposición en cubierta de uno de los dispositivos estudiados, que aproveche las capacidades de esta doble piel, y mejore el rendimiento del conjunto.

En lo que concierne a la fachada climática como cavidad ventilada, existiría la posibilidad de aplicar este concepto a la vivienda, pero debido a su poca altura, y para evitar un gran impacto en el diseño actual, se optará por una intervención en la cubierta. No obstante, podrán utilizarse algunos de los principios funcionales de esta estrategia, como base para la circulación del aire.

- El patio. Este esquema de vivienda acompañada de un atrio central de ventilación, supone una gran mejora del control bioclimático del conjunto, por lo que se podría proponer su inclusión en el proyecto, siempre y cuando no perjudique a la disposición y organización del espacio interior, debido a las dimensiones limitadas establecidas por el concurso creador del prototipo.
- Los movimientos naturales del aire producidos por la diferencia de temperatura, humedad, densidad, y presión. El aprovechamiento de la circulación natural de aire generada por estas diferencias, será esencial para lograr el adecuado funcionamiento del conjunto.

En términos generales, se propone la explotación de varias puntos fuertes ya presentes en el proyecto, que no se encuentran aprovechados al máximo, como la acción del viento, la presencia de vegetación, o la elevación del prototipo sobre el terreno. Todo ello acompañado de una intervención más específica: la incorporación de una chimenea solar.

PROPUESTA ESPECÍFICA

Esta propuesta consiste, a grandes rasgos, en la incorporación de una chimenea solar en el sistema de ventilación. Esta decisión está basada en la investigación previa realizada sobre diferentes métodos para preservar la ventilación natural en la arquitectura.

Observando las diferentes estrategias de ventilación posibles, y valorando las potencialidades del diseño de la vivienda Urcomante, se considera lo más oportuno para resolver los problemas existentes de aire estancado (dormitorio-estudio), y mejorar la circulación y renovación del aire interior. Otro de los motivos que han conducido a esta elección, es la intención de continuar con el objetivo del proyecto de lograr el total funcionamiento del sistema mediante ventilación natural, consiguiendo la máxima eficiencia gracias a la incorporación de este elemento.

El primer punto a tratar, será su localización y orientación. La situación en la que se dispone la chimenea constituye el eje fundamental para lograr una buena ventilación. Por ello, este elemento se emplazará en la zona central de la cubierta en su punto más elevado, para así aprovechar la forma curva de la envolvente de Urcomante, y maximizar el tiro natural del aire creado por la chimenea. Además, con esta disposición estratégica, colaborará en el avance del aire que circula a través de la envolvente refrigerando los paneles fotovoltaicos, aumentando su eficiencia.

La situación exacta es el punto donde actualmente se encuentra el lucernario. Al tomar esta decisión, se sacrifica la entrada de luz natural cenital, pero valorando los beneficios que aporta este sistema, y la dimensión de los paños acristalados laterales, se considera una mejora del producto final. Además, al disponer de esta dimensión, se puede aumentar el área de colector solar de la chimenea, elevando la eficacia de la ventilación.

La orientación de la chimenea será hacia la zona de máxima radiación solar. Es decir, que la zona en la que se encuentre la superficie absorbente esté orientada de igual modo que los paneles fotovoltaicos instalados en cubierta (hacia el Sur).

Para aumentar la captación de esta radiación solar, se pintará la superficie exterior en negro mate debido a la atracción que experimenta el calor por los colores oscuros,

permitiendo una máxima captación de energía solar. Además, supone una ventaja estética ya que no interfiere con la línea cromática empleada en el edificio (marrón y negro).

Entre los posibles materiales, sería conveniente la elección de aquellos con alta inercia térmica, permitiendo la obtención de elevados valores de retardo en la pérdida de energía, aumentando el rendimiento de la chimenea incluso cuando no existe la presencia de radiación solar. Debido al peso de este material, sería necesario comprobar si el sistema constructivo está capacitado para esta sobrecarga imprevista. De lo contrario, podría escogerse un material metálico prefabricado, aceptando la reducción de su eficiencia en horario nocturno debido a su alta conductividad, pero manteniendo la condición transportable del prototipo.

Esta técnica, se aprovecha de la convección del aire que se calienta por la energía solar pasiva para mejorar la ventilación natural. Es decir, dentro de la chimenea se eleva la temperatura de una masa de aire que tiende a ascender, saliendo posteriormente al exterior. De esta forma se produce en el interior de la vivienda la circulación del aire por convección, debido a los gradientes de densidad que experimenta mediante el contacto con la superficie interior de la chimenea (que se encuentra a una elevada temperatura como consecuencia de la radiación solar exterior). Por otro lado, también se produce el movimiento del aire por el *efecto Stack* cuando, a causa de la diferencia de temperatura, se generan diferentes densidades que provocan a su vez una diferencia de presión entre el exterior y el interior, por lo que se induce la introducción de aire fresco al interior. Gracias a este modo de funcionamiento, la chimenea solar obtiene una circulación eficaz de aire incluso cuando la velocidad del viento es reducida.

En este sentido, adquiere gran importancia la localización de las aberturas. Para conseguir una ventilación eficaz y homogénea, las aberturas de entrada de aire se situarán a nivel del suelo en la fachada más alejada, es decir, a la entrada de la Casa Solar. Esto se debe a la necesidad de una mayor distancia entre la admisión y la extracción de aire, para conseguir gradientes de temperatura y presión mayores, generando caudales de entrada y salida más altos. Por otro lado, mediante diferentes estudios realizados a través de programas informáticos como medio de simulación, se ha demostrado que si la abertura de entrada se situase por encima de la altura media,

la velocidad del flujo de aire descendería, perjudicando la calidad de la ventilación y generando zonas de estancamiento.

Para lograr el confort adecuado, es necesario dimensionar la altura de la chimenea de manera que se consiga la velocidad adecuada en la circulación del aire. Cuando ésta es demasiado baja, el rendimiento es menor, pero a partir de cierta altura la velocidad del flujo de aire comienza a descender, por lo que es importante establecer una altura precisa en función del caudal y velocidad demandados.

La chimenea solar sería la abertura de extracción principal del aire, pero se mantienen las aberturas de extracción localizadas en baño y cocina, ya que su ventilación es independiente debido a su mayor necesidad de renovación del aire viciado. Por otro lado, se propone la regulación de apertura y cierre de las aberturas de admisión de la entrada, por el sistema domótico del que está dotado actualmente la vivienda, en función de las condiciones interiores de confort.

El sistema de chimenea solar como apoyo a la ventilación natural, no es una opción excesivamente empleada en la actualidad, a pesar de su existencia desde tiempos remotos. Pero en este caso, resolvería varios problemas del sistema actual del prototipo Urcomante, como por ejemplo el estancamiento de aire producido en la zona de dormitorio-estudio, que con el sistema de ventilación actual, se convierte en la región más problemática de la vivienda en términos de calidad de aire, ya que en ella se encuentra el aire de mayor concentración de contaminantes.

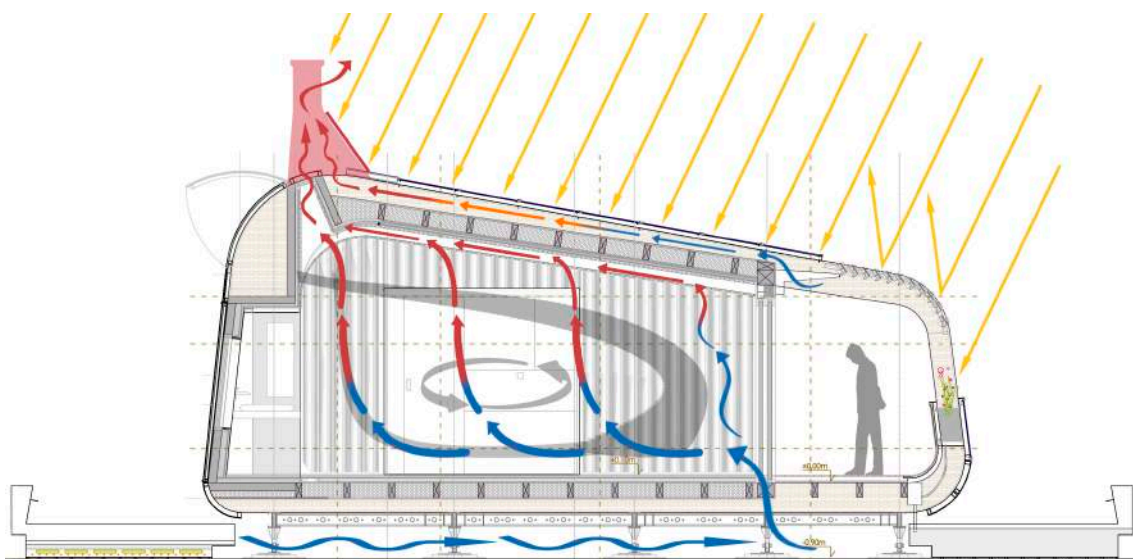


Figura 4.1. Introducción de la chimenea solar en el esquema de ventilación de la Casa Solar. (Sección base realizada por el equipo Urcomante)

Además, con el efecto de tiro natural provocado por la chimenea, se induce la entrada de aire renovado desde la parte inferior del edificio, aprovechando las brisas frescas generadas gracias a la elevación del prototipo. Para aumentar este efecto, podría introducirse en esta zona una material en masa compacta, como por ejemplo un bloque de arcilla, que colabore con su inercia térmica, tanto para refrigerar este aire como para elevar su temperatura, dependiendo de las condiciones exteriores.

Por otro lado, con la introducción de la chimenea solar, se sacrifica el diseño tan estudiado de la Casa Solar, perdiendo en parte la idea de envoltente cíclica que se mostraba en la información previa. Por ello, se podría plantear la posibilidad de, no sólo mantener el lucernario existente, sino de utilizarlo como abertura de extracción, funcionando casi como una chimenea solar.

Además, por su disposición, construcción, y forma de diseño, podría ejercer perfectamente de tiro natural, provocando el movimiento de aire en el interior por el *efecto chimenea*. El vidrio del lucernario recibiría radiación solar calentándose, y propiciando la circulación de aire en el interior de la vivienda a causa de las diferentes temperaturas, densidades y presiones, como ya se ha mencionado con antelación. Su apertura o cierre podría estar también regulado por el sistema domótico de la vivienda, permitiendo una renovación de aire adecuada a las necesidades. Con esta posibilidad no se perdería la entrada de luz cenital, amabilizando el ambiente interior.

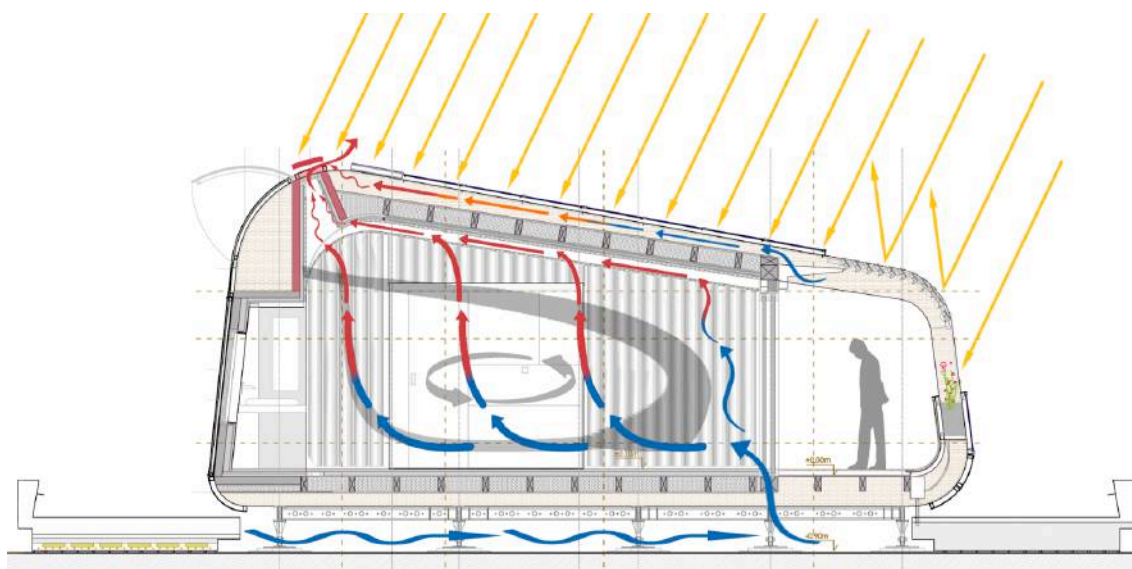


Figura 4.2. Posibilidad de uso del lucernario actual a modo de chimenea. (Sección base realizada por el equipo Urcomante)

ALTERNATIVAS CON VENTILACIÓN NATURAL PURA

Independientemente al sistema de climatización, se ha querido hacer un breve estudio del funcionamiento del sistema de ventilación básico, a partir de la ventilación natural pura estudiada anteriormente. A continuación, se presentan varios esquemas gráficos aplicados a la Casa Solar de la ETSAV, sobre como sería su comportamiento en diferentes casos de estudio, mediante el aprovechamiento del viento como concepto de ventilación. Se plantean cuatro situaciones:

- Ventilación cruzada con aberturas de entrada y salida opuestas situadas en cerramientos verticales (Fig. 4.3.) ;
- Ventilación con aberturas de entrada y salida en la misma fachada, creando diferentes presiones con la introducción de un cuerpo saliente (Fig. 4.4.) ;
- Ventilación con aberturas de entrada y salida en la misma fachada, pero esta vez provocando la formación de diferentes zonas de presión mediante la introducción de vegetación (Fig. 4.5.) ;
- Ventilación cruzada con aberturas de entrada y salida opuestas, situando la extracción en cubierta a través del lucernario (Fig. 4.6.).

Es necesario tener en cuenta que con este tipo de ventilación, siempre aparecen los mismos problemas, como la imposibilidad de calcular la cantidad de aire renovado, el ruido producido, la introducción de polvo por carecer de un filtro de entrada, etc...

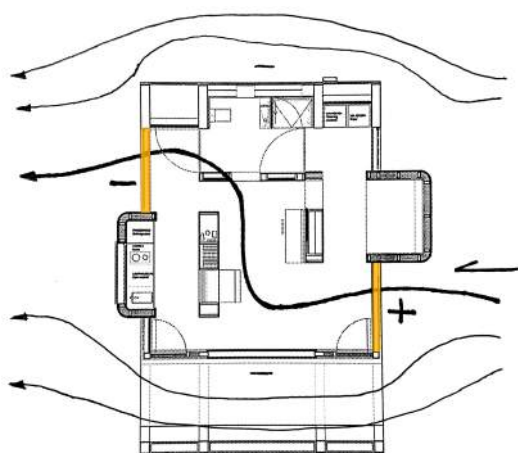


Figura 4.3. Caso I: aberturas opuestas.

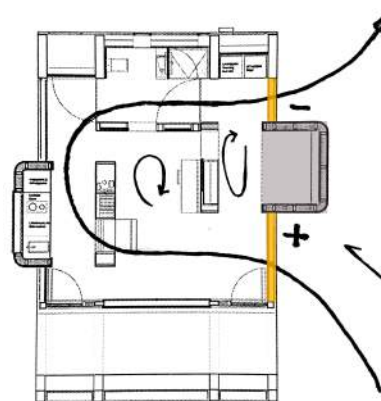


Figura 4.4. Caso II: aberturas en la misma fachada. Cuerpo sobresaliente.

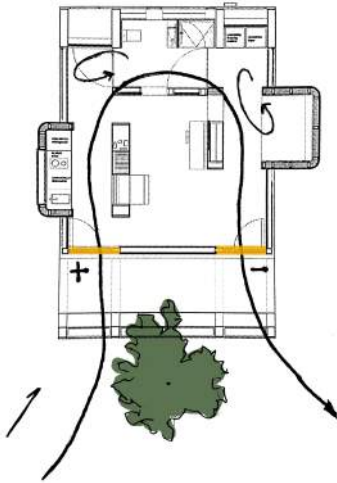


Figura 4.5. Caso III: aberturas en la misma fachada. Vegetación.

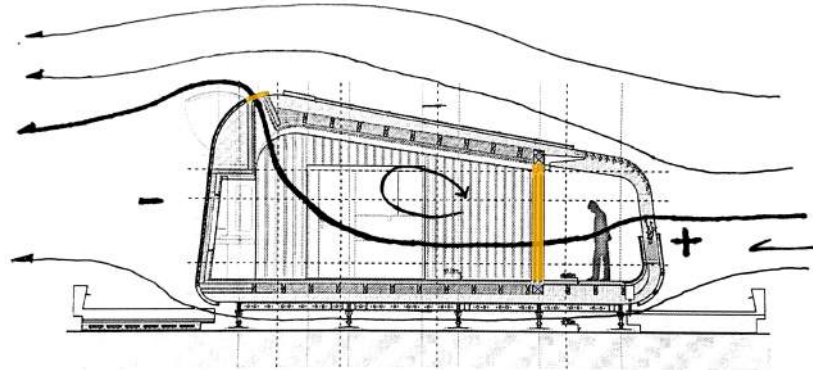


Figura 4.6. Caso IV: aberturas opuestas. Extracción en cubierta.

La mejor disposición sería la del último caso, en la que la extracción de aire se realiza a través del plano horizontal de cubierta, produciéndose un mayor movimiento de aire evitando su estancamiento, y por tanto, una mejor ventilación.

En estos casos, se han tenido en cuenta los siguientes factores para lograr una estrategia adecuada de ventilación natural cruzada: empleo de tamaños distintos para aberturas de entrada y salida, siendo mayor la de extracción que la de admisión generando una adecuada velocidad; y el uso de los muebles móviles como obstáculos que produzcan un cambio en la dirección del aire, provocando turbulencias que generen una distribución homogénea.

CONCLUSIÓN

La ventilación en la arquitectura consiste en la renovación del aire de los ambientes interiores del edificio, con la intención de alcanzar los valores de máximo confort para el habitante, y la calidad del aire requerida. Por esta razón, adquiere gran importancia en el desarrollo del diseño de cada proyecto.

En el caso de la Casa Solar de la ETSAV, el diseño de la construcción está íntimamente ligado a los sistemas que permiten su vida y funcionamiento. Es decir, estos sistemas dependen de la elección y desarrollo de la forma; y la forma depende de la elección y desarrollo de sus sistemas. Por ello, se ha creado para el prototipo una envolvente basada en el ciclo bioclimático, constituyendo el eje fundamental del proyecto.

Debido a las condiciones de sostenibilidad y autosuficiencia energética buscadas en el prototipo, los sistemas instalados en la vivienda se conciben de manera que produzcan el menor consumo energético posible. Éste es el origen de una estrategia de ventilación, que intenta funcionar casi en su totalidad de forma natural.

Los elementos constituyentes son especialmente diseñados para esta instalación, aportando innovaciones en la climatización del aire de ventilación, con un enfriador evaporativo cerámico conocido como *botijo*, unos paneles térmicos de aire dispuestos en cubierta, y una simulación geotérmica a base de dos estanques de agua orientados hacia el Norte y hacia el Sur, para lograr de esta forma, las condiciones adecuadas en función de la demanda. A través del trabajo conjunto de estos elementos innovadores, se consigue el acondicionamiento del aire destinado a la ventilación, pudiendo emplearse a su vez para el acondicionamiento higrotérmico del espacio interior.

El elemento fundamental del funcionamiento del sistema, es el movimiento del aire generado por sus cambios de temperatura, humedad, y densidad. Estas diferencias entre las masas de aire provocan su movimiento a través de la envolvente bioclimática y el espacio interior, generando una circulación de aire constante. Este movimiento varía en función de las condiciones térmicas exteriores e interiores, modificando el funcionamiento del sistema en las diferentes épocas del año, siendo la estrategia más efectiva en verano, gracias a la disposición del enfriador evaporativo cerámico.

Por otro lado, empleando los recursos asociados al calor y al viento (movimientos generados por diferencias de temperatura y presión entre masas de aire), se puede alcanzar una ventilación natural completa, jugando con la disposición de aberturas de entrada y salida de aire en las distintas superficies del edificio, ya sea en fachada o en cubierta.

La ventilación natural alcanza su máxima eficacia cuando se produce de manera cruzada, por lo que la mejor localización del hueco de extracción de aire viciado se encuentra en cubierta, permitiendo una distribución homogénea del aire renovado.

Esta circulación de aire puede desarrollarse con la disposición de diferentes elementos en cubierta como torres captadoras o de extracción, chimeneas de ventilación o chimeneas solares. El funcionamiento de estos dispositivos es similar, ya que todos ellos emplean el movimiento del aire por diferencia de presión o temperatura como medio para hacer circular el aire de ventilación.

Existen además otros métodos que permiten aumentar la eficacia del sistema de ventilación natural, que deben ser previstos en el diseño del edificio. La introducción de vegetación, tanto en el exterior como en el interior, puede mejorar considerablemente la calidad de renovación del aire, cuando se sitúa estratégicamente en un punto determinado. Por otro lado, la inclusión de un patio o atrio central en el diseño de la vivienda, puede suponer una gran ventaja bioclimática gracias a su funcionamiento característico, siendo más eficiente con la introducción de fuentes de agua o plantas en su interior.

Otra estrategia que permite la ventilación natural de grandes construcciones, sería la de fachada climática o cavidad ventilada. Esta estrategia controla y aprovecha la acción del viento para renovar el aire interior además de conseguir una climatización adecuada. Ha sido empleada en edificios de alta tecnología, especialmente en edificios en altura, combinada con el esquema de patio central o derivaciones del mismo, para conseguir beneficiosos resultados con su funcionamiento conjunto. Por ejemplo, edificios como la Sede del Banco de Comercio de Frankfurt o el Edificio Swiss Re del arquitecto Norman Foster (*Foster + Partners*), desarrollan este sistema de manera exitosa, utilizando el movimiento natural del aire como única estrategia de ventilación.

Debido al buen resultado de estos sistemas, y con la intención de preservar la línea de sostenibilidad y autosuficiencia energética que sigue el prototipo Urcomante, se propone la introducción de una chimenea solar en cubierta que genere corrientes de aire a partir de una ventilación cruzada. Este sistema mejorará el movimiento de las distintas masas de aire y reforzará el tiro natural ejercido por la chimenea, valiéndose de la radiación solar captada en cubierta.

Como opción alternativa, se plantea el uso del lucernario actual, situado en la parte central más elevada de la cubierta, como abertura de extracción del aire contaminado aprovechando el *efecto chimenea* generado al recibir sobre el lunernario radiación solar directa. De esta manera, no se realizaría un cambio en el diseño de la envolvente evitando la creación de un gran impacto visual exterior.

Por desgracia, actualmente la Casa Solar de Urcomante se encuentra en estado de deterioro, estando la instalación de muchos sistemas sin terminar e incluso dañada. Algunos paños de vidrio laterales de cerramiento presentan fisuras generadas por la dilatación de la madera, el sistema geotérmico de estanques no está instalado, y las lamas fotovoltaicas orientables de la zona sur se encuentran arqueadas o rotas a causa de su peso y longitud. Por todo ello, sería necesario el planteamiento de un proyecto que, o bien repare y modifique el estado actual, o bien emplee y aproveche las potencialidades de la casa Urcomante para un próximo proyecto, incluyendo las mejoras desarrolladas a partir de la experiencia de su primera construcción.

*“La ventilación juega un papel muy importante en la vida,
y por tanto, en la arquitectura.”*

BIBLIOGRAFÍA

- ALLARD, Francis,
Natural Ventilation in Buildings, A Design Handbook,
James & James, Londres, 1988.

- FEIJÓ MUÑOZ, Jesús,
Instalaciones de Climatización en la Arquitectura,
Secretariado de Publicaciones, Universidad de Valladolid, Salamanca, España, 2000.

- LEÓN VÁZQUEZ, Juan Carlos,
Parámetros de diseño de la chimenea solar,
Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España, 2013.

- LUXÁN, Margarita; GÓMEZ, Gloria; REYMUNDO, Araceli,
Guía para el diseño de edificios de viviendas sostenibles y energéticamente eficientes,
Fundación Estudios de Calidad en la Edificación, Asturias, España.

- NEILA GONZÁLEZ, Francisco Javier,
Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible,
Munilla-Lería, Madrid, España, Marzo 2004.

- NEILA GONZÁLEZ, Francisco Javier; BEDOYA, César,
Acondicionamiento y Energía Solar en Arquitectura,
COAM, Madrid, España, 1986.

- OLGAY, Víctor,
Arquitectura y Clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas,
Gustavo Gili, Barcelona, España, 1998.

- SAGE, Konrad,
Instalaciones Técnicas en edificios Vol.2.,
Gustavo Gili, Barcelona, España, 1975.

- VELASCO ROLDÁN, Luis,
El movimiento del aire, Condicionante de diseño arquitectónico,
Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Fomento,
Madrid, España, Diciembre 2011.

- YARKE, Eduardo,
*Ventilación natural de edificios: Fundamentos y Métodos de Cálculo para aplicación
de Ingenieros y Arquitectos*,
Nobuko, 2010.

- AV Monografías N163-164,
Norman Foster In the 21st Century,
2013. P.228-235.

- Dossier Urcomante, Proyecto de Ejecución,
Universidad de Valladolid, 2010.

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE),
Ministerio de la Presidencia,
Madrid, 1998.

- Código Técnico de la Edificación (CTE), Documento Básico HS3,
Calidad del aire interior.

SITIOS WEB

www.sdeurope.org

www.urcomante.uva.es

www.isolanaahorroenergetico.es

www.solerpalau.es

www.plataformaarquitectura.cl

www.arquitecturaviva.com

www.fosterandpartners.com

www.energiasostenible.org

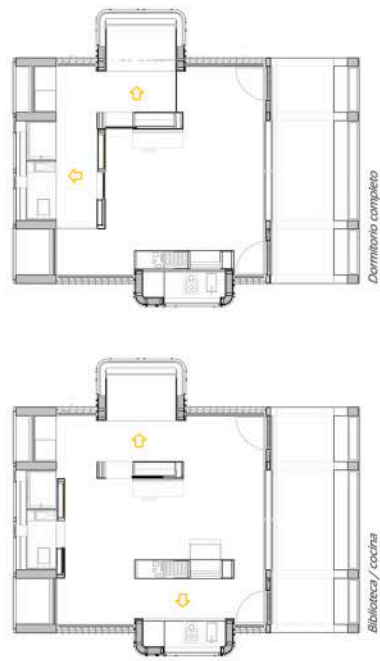
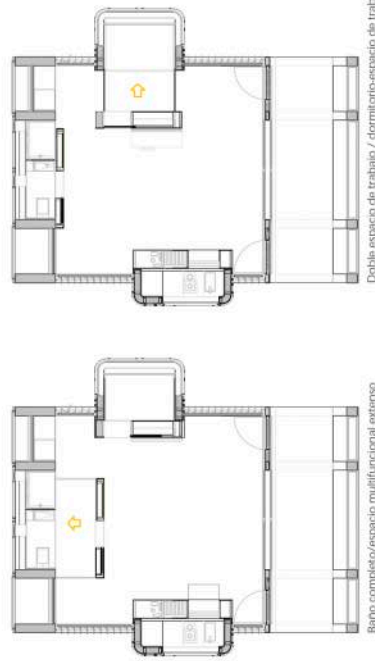
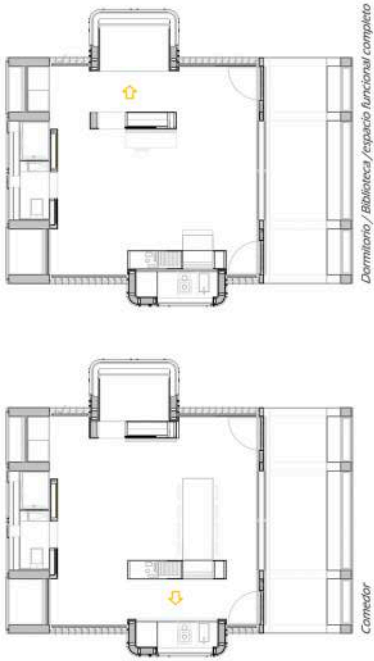
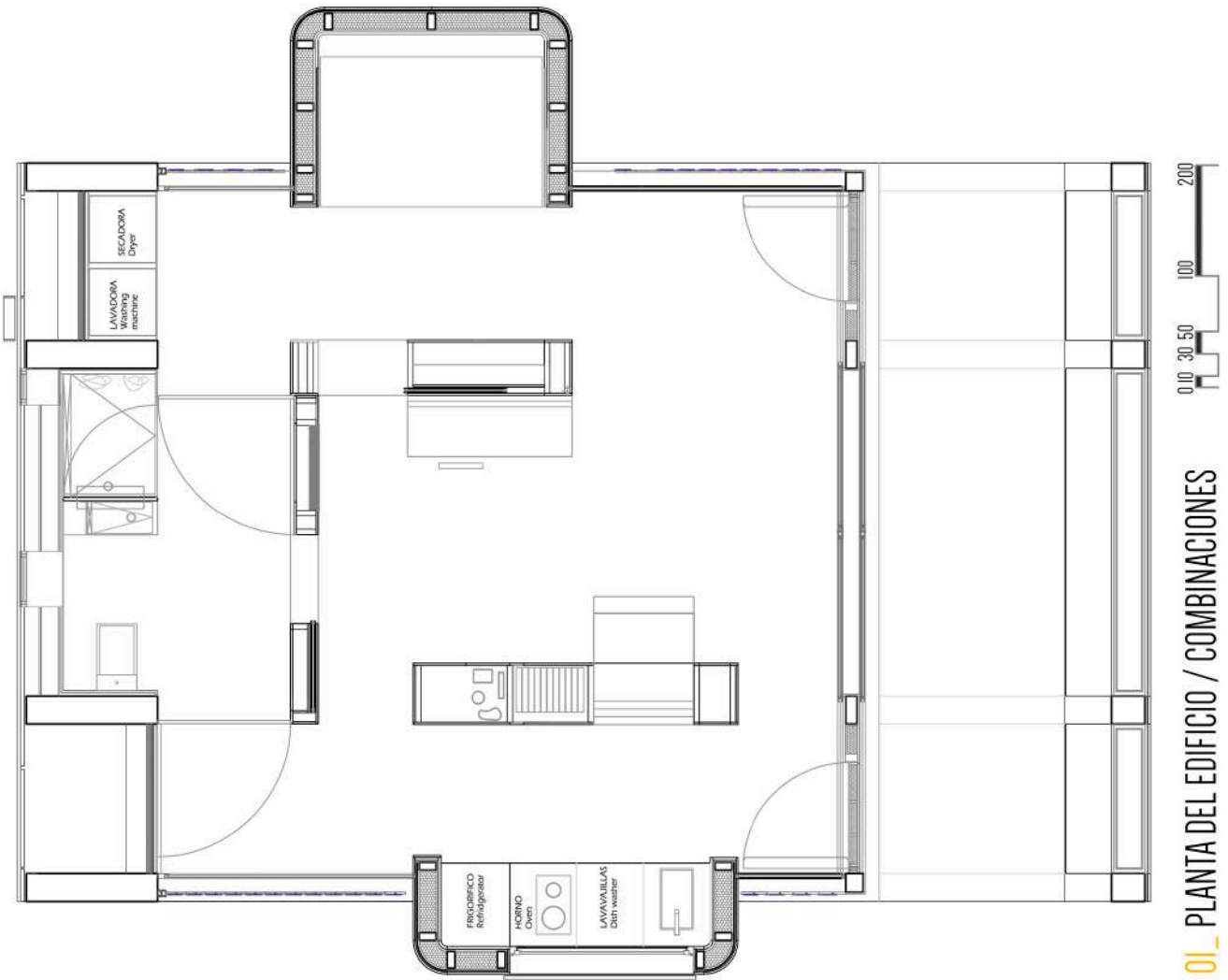
ANEXO I: DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

- 00_ VILLA SOLAR
(SD EUROPE 2010)
- 01_ PLANTA DEL EDIFICIO /
COMBINACIONES
- 02_ SECCIÓN TRANSVERSAL Y
LONGITUDINAL
- 03_ PLANOS LEVANTAMIENTO
- 04_ SISTEMA ESTRUCTURAL
- 05_ ESQUEMA MECÁNICO DEL
AGUA
- 06_ ELEMENTOS DE LA
INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN
- 07_ ESQUEMA ESTRATEGIA DE
VERANO
- 08_ ESQUEMA ESTRATEGIA DE
INVIERNO
- 09_ ESQUEMA ESTRATEGIA DE
ESTACIONES INTERMEDIAS

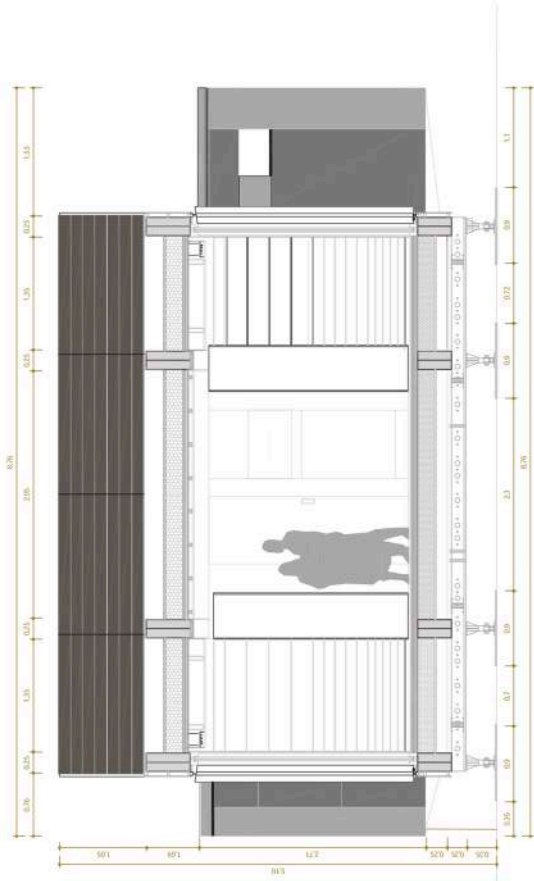


(Dibujado por el Equipo Urcomante.)

00_VILLA SOLAR (SD EUROPE 2010)

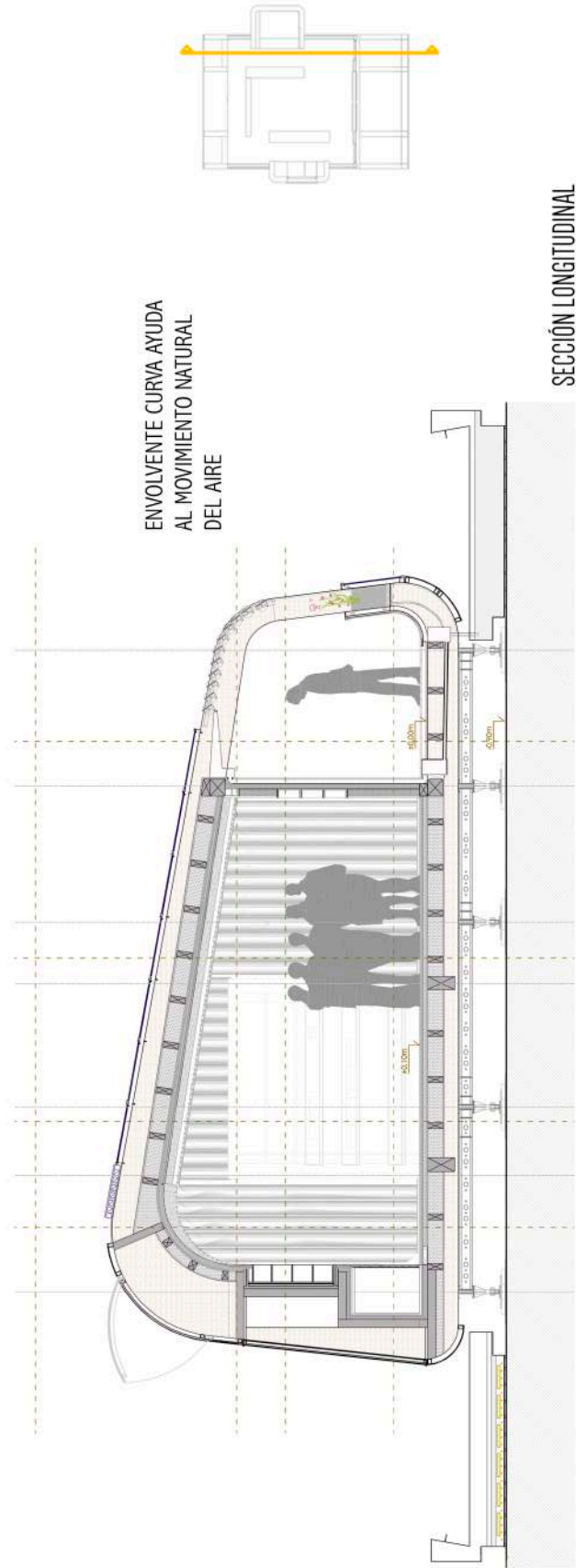


(Dibujado por el Equipo Urcomante.)



ESPACIO EN CUBIERTA PARA EL PASO DE AIRE

SECCIÓN TRANSVERSAL







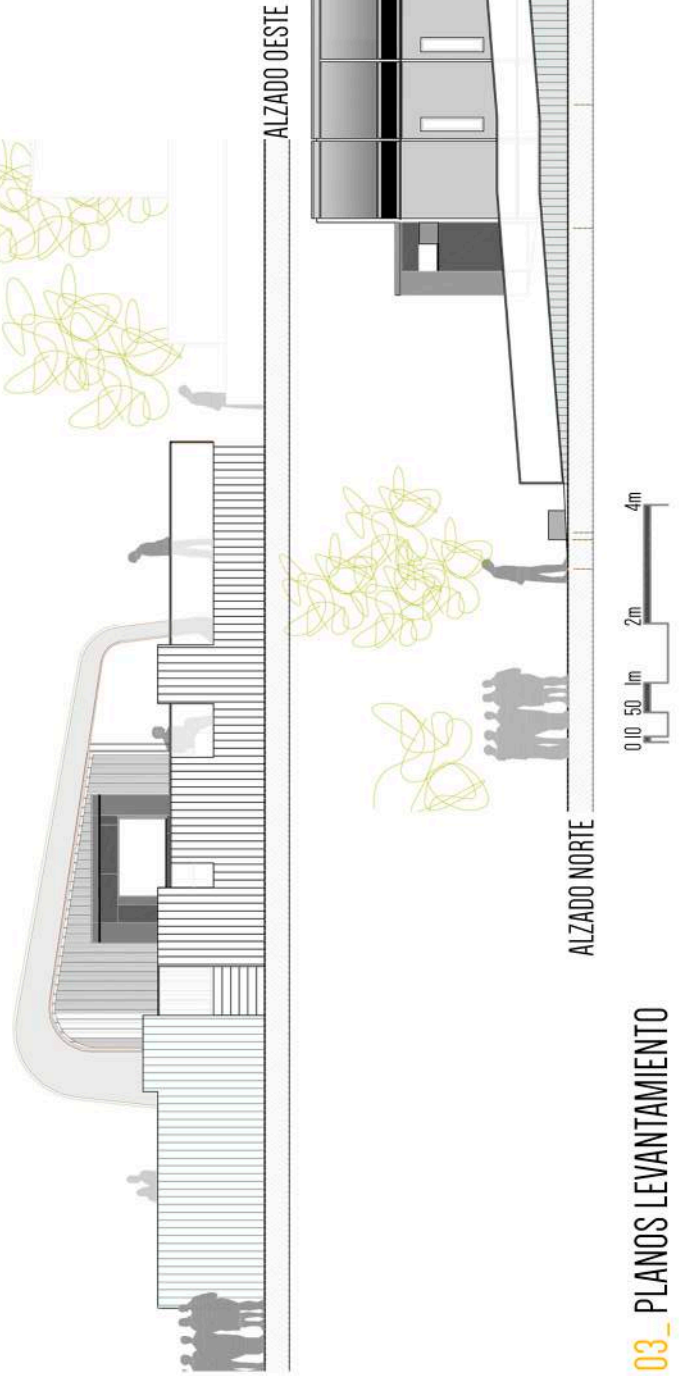
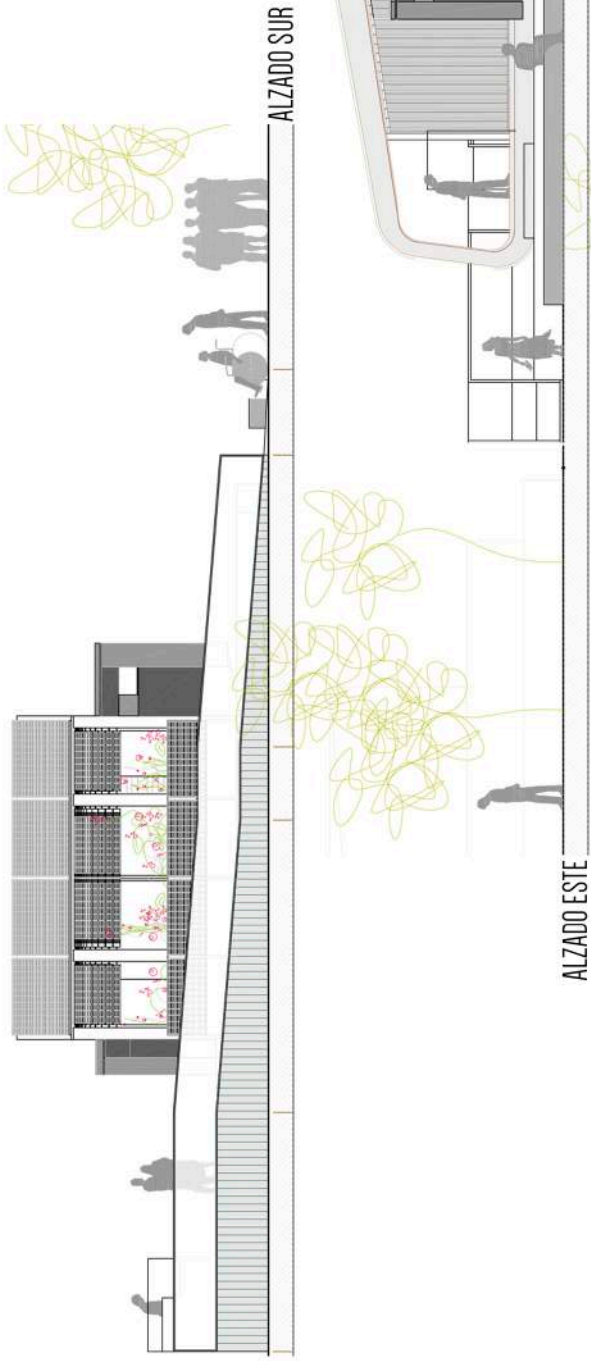
ENVOLVENTE CURVA AYUDA AL MOVIMIENTO NATURAL DEL AIRE

SECCIÓN LONGITUDINAL

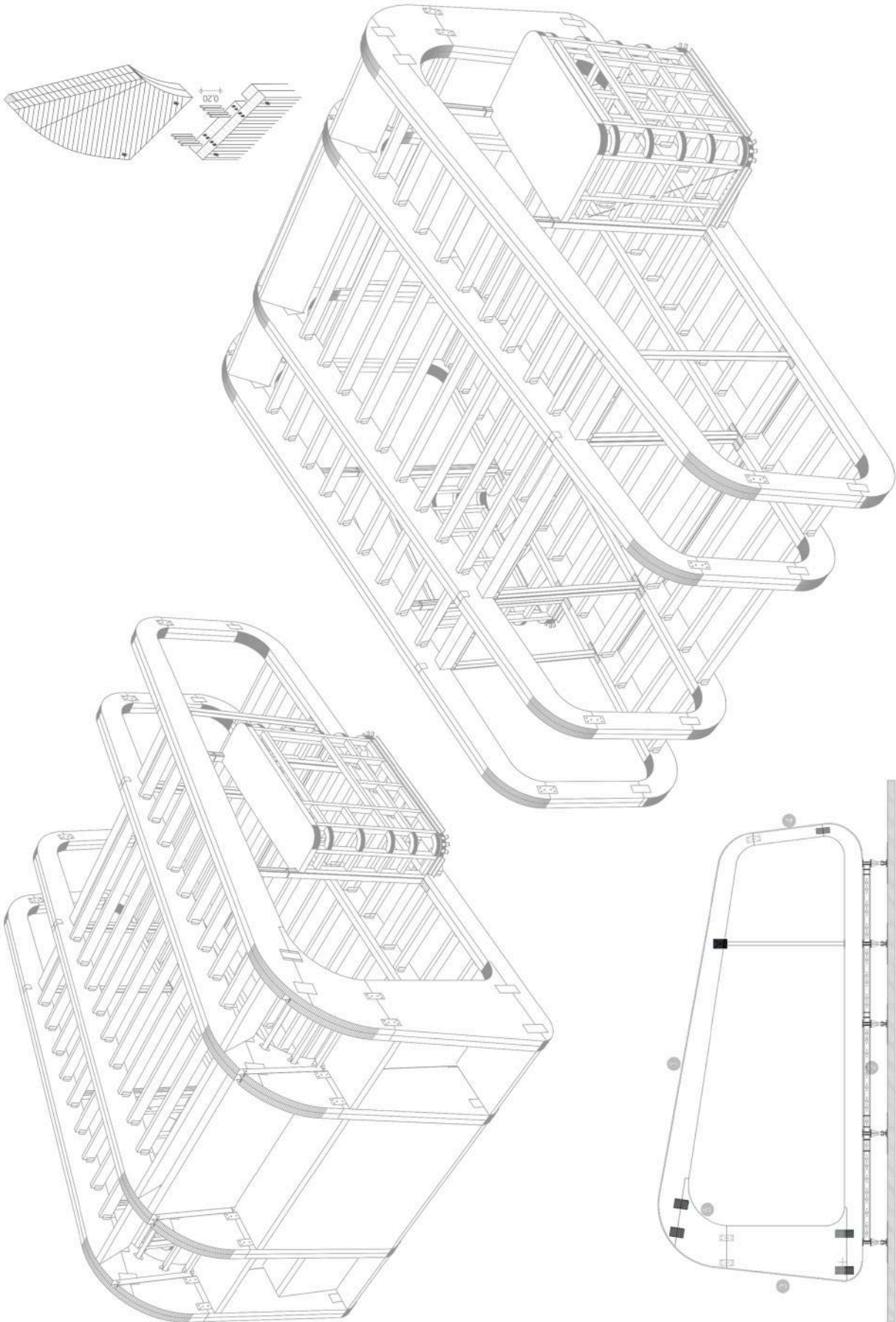
(Dibujado por el Equipo Urcomante.)

02_ SECCIÓN TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL

-  Banco estancial publico, multiusos reciclaje
-  Banda técnica privada y multifuncional pública
-  Plataformas horizontales
-  Rampas acceso/salida

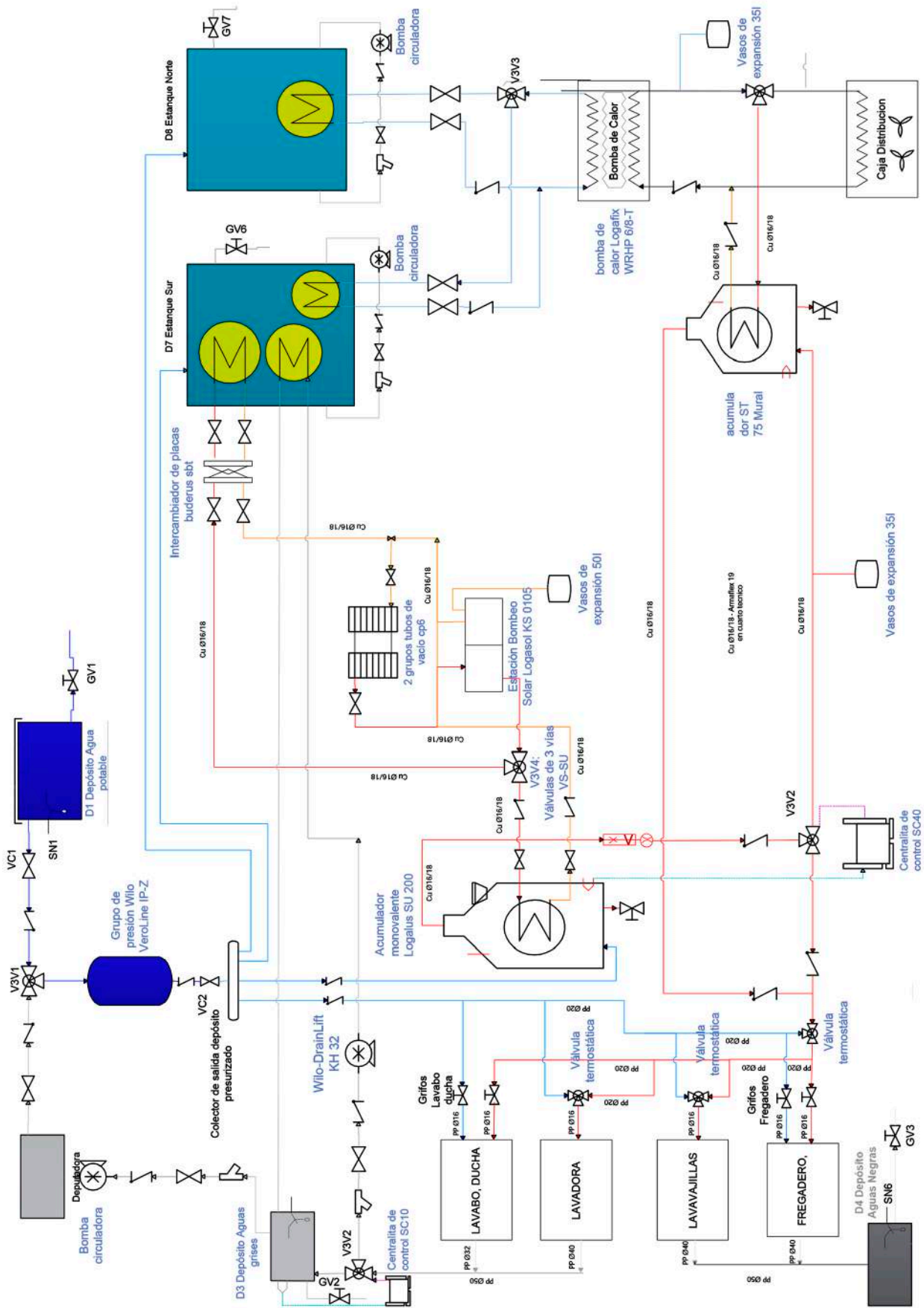


(Dibujado por el Equipo Urcomante.)



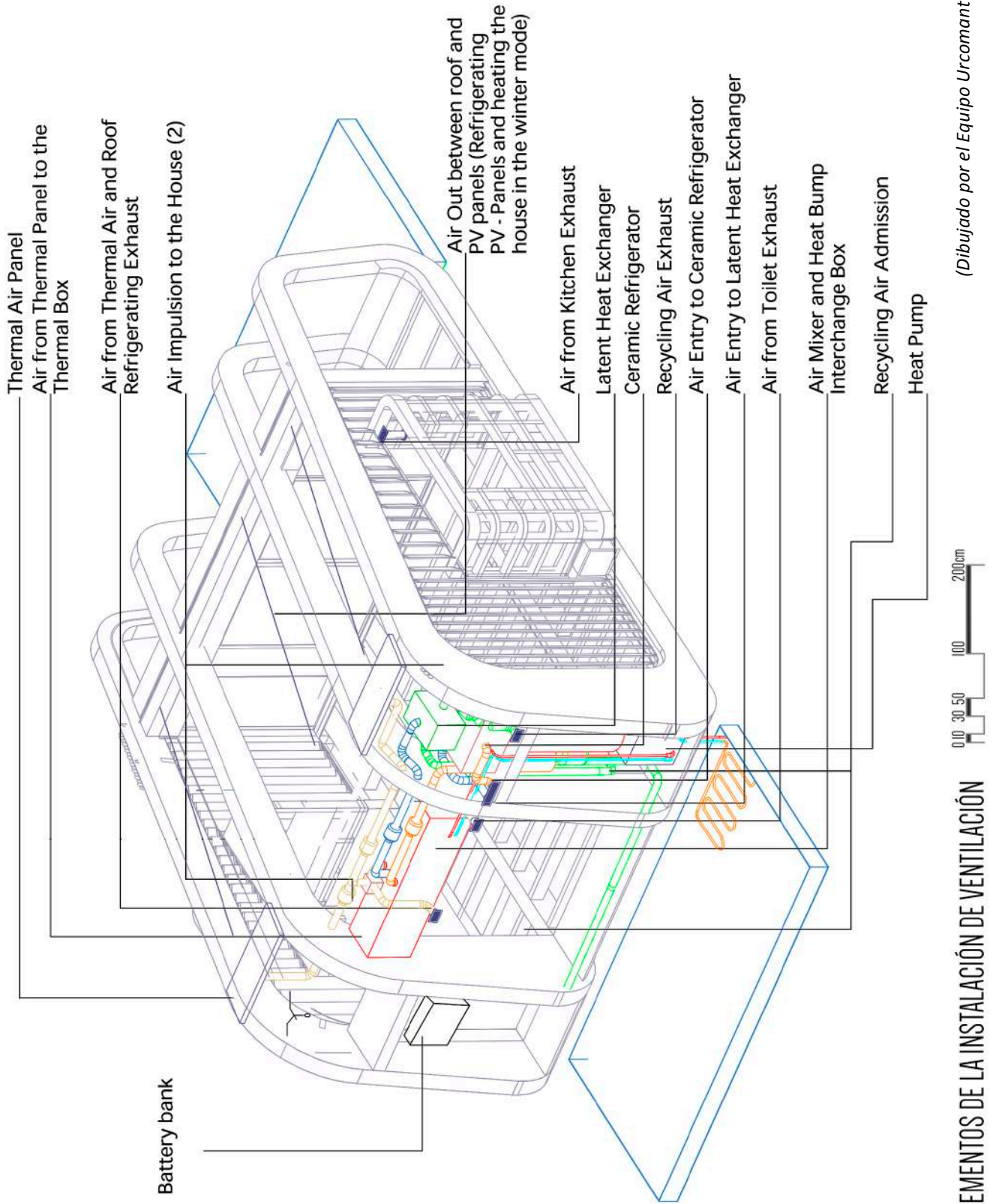
(Dibujado por el Equipo Urcomante.)

04_ SISTEMA ESTRUCTURAL



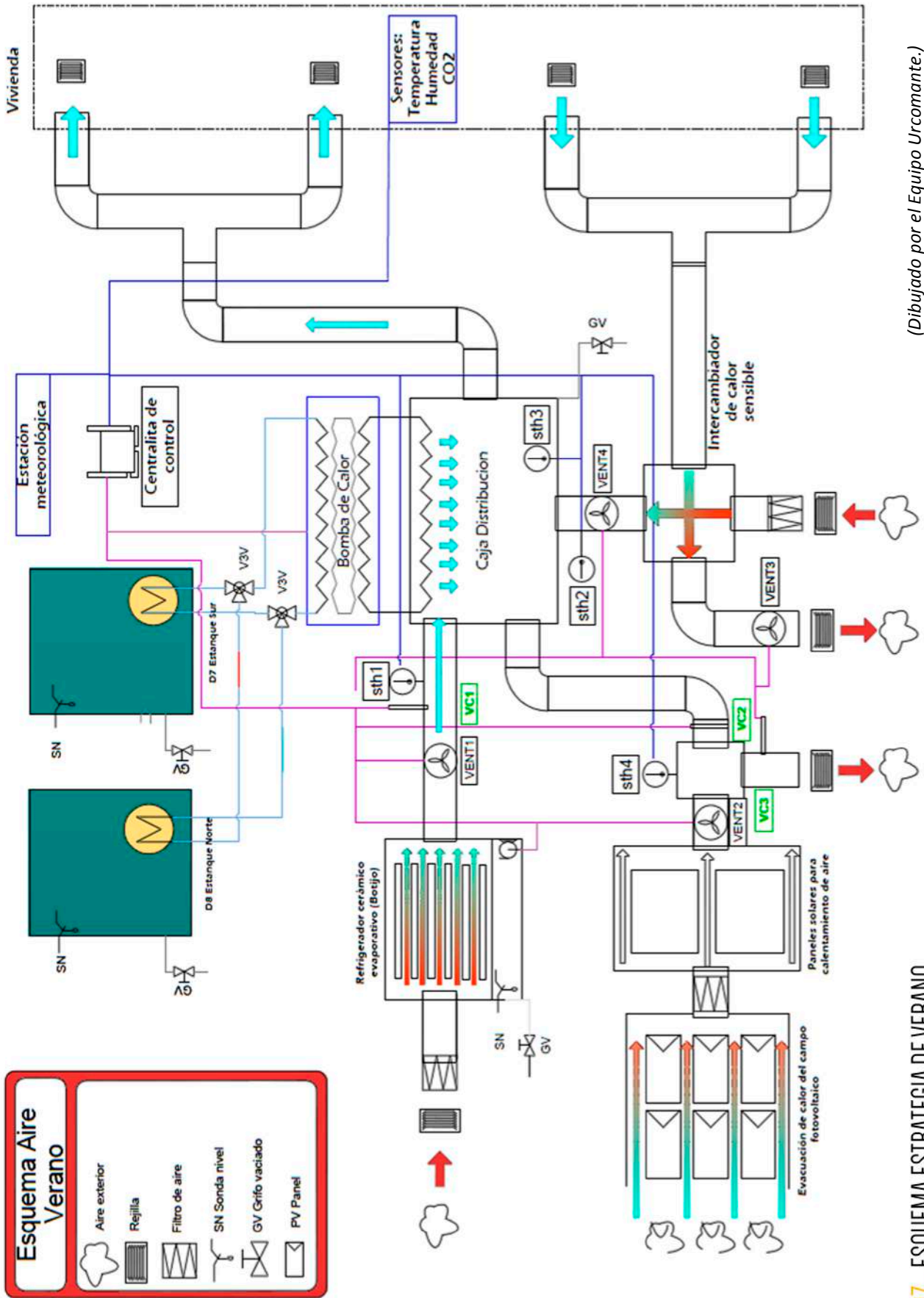
(Dibujado por el Equipo Urcomante.)

05_ ESQUEMA MECÁNICO DEL AGUA

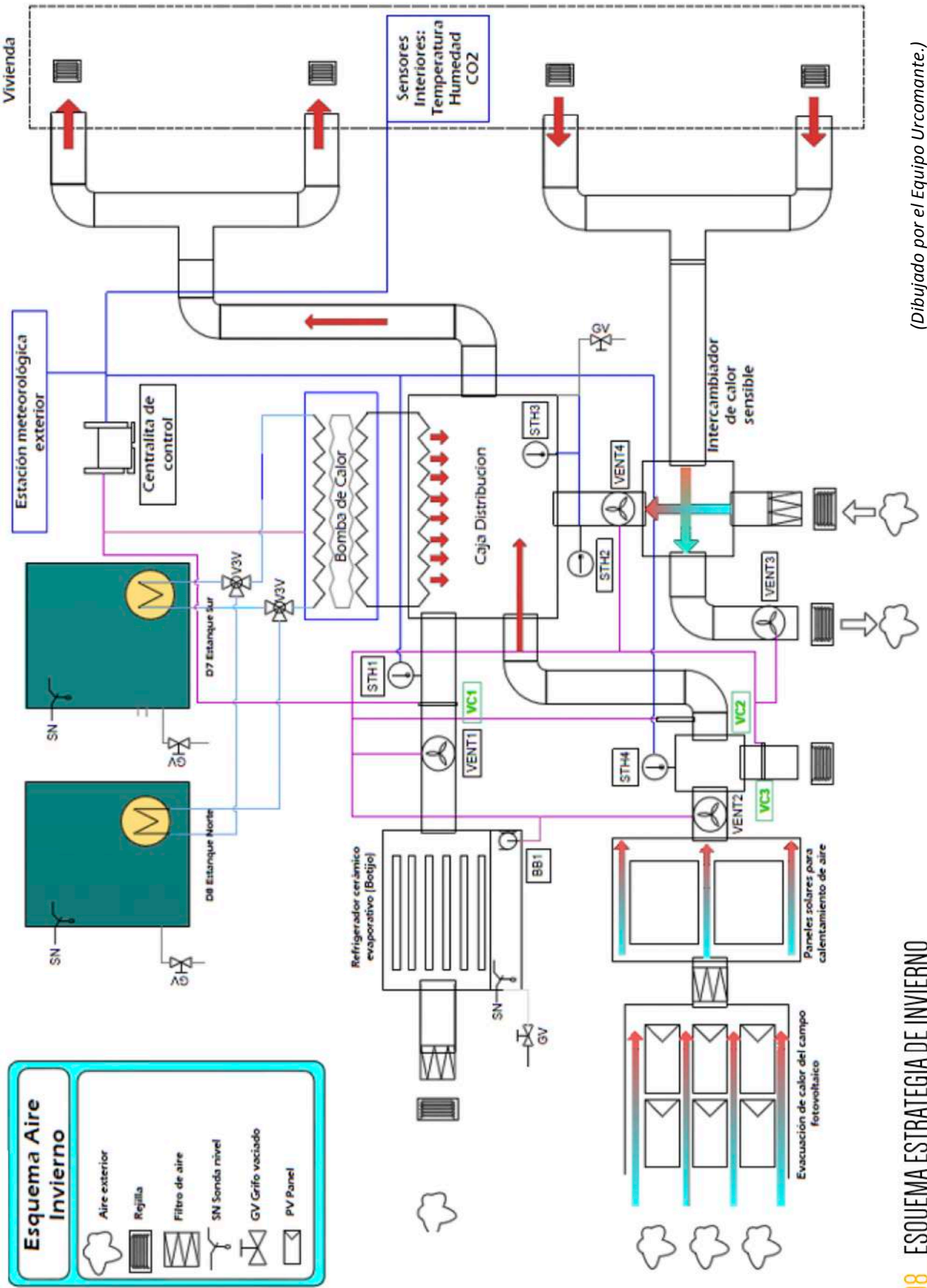


(Dibujado por el Equipo Urcomante.)

06_ ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN

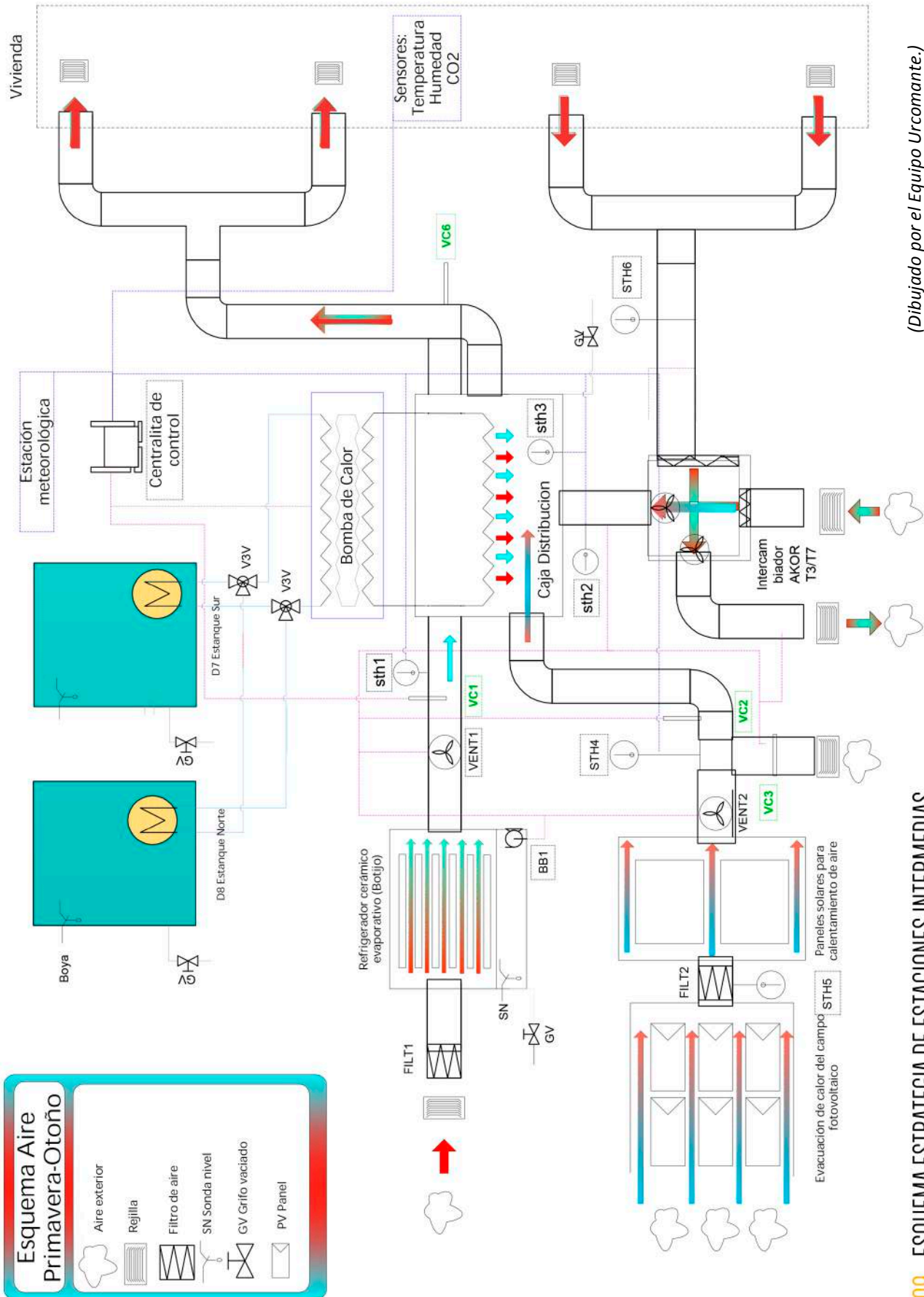


07_ ESQUEMA ESTRATEGIA DE VERANO



(Dibujado por el Equipo Urcomante.)

08_ ESQUEMA ESTRATEGIA DE INVIERNO



(Dibujado por el Equipo Urcomante.)

09_ ESQUEMA ESTRATEGIA DE ESTACIONES INTERMEDIAS

