



UNIVERSIDAD  
**MAYOR**

para espíritus emprendedores  
Facultad de Ciencias

---

# **CONSTRUCCIÓN**

## **CIVIL**

---

### **ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE MUROS VENTILADOS EN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE MADERA**

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:

Constanza Contreras Duran

Profesor guía:

Carlos Aguirre Núñez

Diciembre 2018

Santiago, Chile

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero expresar mi agradecimiento al profesor guía Carlos Aguirre, por el compromiso, entrega y dedicación que ha brindado a este proceso, desde el primer momento cuando le comente mi tema y propuse ser mi profesor guía hasta el término de este. Su apoyo y confianza entregada fueron primordiales para terminar la tesis de la mejor manera posible.

Gracias a mi familia que ha sido un pilar fundamental en mi formación como profesional, por brindarme la confianza, por siempre creer en mis capacidades y tener una palabra de apoyo en momentos difíciles pero por sobre todo quiero darles las gracias por el amor y por los valores que me inculcaron de pequeña que me hacen ser una mejor persona. También quiero dar las gracias a mis abuelos que estuvieron muy presentes durante mi paso por la universidad y sobre todo durante esta última etapa de mi vida universitaria la cual fue un poco compleja pero gracias a su apoyo y preocupación fue más amena.

Por otro lado quiero agradecer a las personas que conocí y con las que compartí gratos momentos durante estos 5 años los cuales fueron un gran apoyo dentro y fuera de la universidad llevándome a unas personas geniales y una linda amistad, también quiero agradecer a las personas que ya no están por haber formado parte de mi vida, por su apoyo y enseñanzas entregadas.

Solo tengo palabras positivas y de aprendizaje para esta etapa de mi vida que no fue sencilla pero eso es lo bonito de terminar la carrera, lo malo es un aprendizaje de tantos que vendrán y lo bueno recuerdos que estarán siempre presentes.

Para finalizar quiero hacer una mención muy importante con mucho amor y orgullo a una persona muy importante en mi vida el cual ya no está pero fue un pilar fundamental en mi vida tanto en mi etapa de crecimiento como etapa universitaria .Es unos de los motivos por el cual me gusta tanto mi carrera, solo tengo palabras de agradecimiento y gratitud hacia ti abuelo, por tus enseñanzas y lo orgulloso que estabas de mí.

## RESUMEN

En esta investigación se presenta la fachada ventilada como una solución constructiva para mejorar la ventilación al interior de la edificación, generando mejoras en aislamiento y confort térmico que le entrega a dicha construcción en este caso viviendas de madera, las mejoras mencionadas serán desarrolladas mediante temas a lo largo de la investigación abarcando dos áreas las cuales serán construcción en madera y muros ventilados o fachadas ventiladas. Se expondrán sus principales propiedades, beneficios, funcionamientos y aspectos constructivos entre otros, permitiendo dar solución a problemas que están presentes en las construcciones actuales.

Se presentaran casos exitosos en fachadas ventiladas en distintos tipos de edificaciones haciendo énfasis en su posible aplicación en Chile. Se expondrán casos en los cuales se utilizó fachadas ventiladas como una posible solución para mejorar el rendimiento del edificio y vivienda. Los casos a mencionar serán nacionales e internacionales con el fin de exponer los aspectos positivos y negativos que conllevo la utilización de este revestimiento como una posible solución en materia de ahorro energético y confort, donde se analizara su comportamiento y eficiencia.

## SUMMARY

In this research the ventilated façade is presented as a constructive solution to improve the ventilation inside the building, generating improvements in insulation and thermal comfort that gives this construction in this case wooden houses, the mentioned improvements will be developed through themes to throughout the investigation covering two areas which will be construction in wood and ventilated walls or ventilated facades. Its main properties, benefits, operations and constructive aspects among others will be exposed, allowing to solve problems that are present in the current constructions.

Successful cases will be presented in ventilated facades in different types of buildings emphasizing its possible application in Chile. Cases will be exposed in which ventilated facades were used as a possible solution to improve the performance of the building. The cases to be mentioned will be national and international in order to expose the positive and negative aspects involved in the use of this coating as a possible solution in terms of energy savings and comfort, where its behavior and efficiency will be analyzed.

## Índice

<b>CAPITULO 1.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Antecedentes generales .....</b>	<b>1</b>
1.1.1 Introducción .....	1
1.1.2 Pregunta investigación .....	2
1.1.3 Objetivos .....	2
1.1.4 Justificación .....	3
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Estado del Arte .....</b>	<b>3</b>
<b>CAPITULO 3.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 Construcción en madera .....</b>	<b>15</b>
3.1.1 Madera como materia prima .....	16
3.1.2. Propiedades de la madera.....	17
3.1.4. Madera como material de construcción .....	25
3.1.5.Alcances.....	28
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>34</b>
<b>4.1. Muros ventilados .....</b>	<b>34</b>
4.1.1.Definición .....	34
4.1.2. Origen .....	35
4.1.3. Funcionamiento .....	37
4.1.4. Aspectos constructivos .....	38
4.1.5. Tipos .....	39
4.1.6. Acabados.....	42
4.1.7. Ventajas y desventajas .....	51
4.1.8. Montaje y aplicación.....	53
4.1.9. Partes de una fachada ventilada .....	58
<b>La junta .....</b>	<b>59</b>
4.1.10. Confort y cualidades térmicas.....	62
4.1.11. Solución sustentable .....	62
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>64</b>
<b>5.1 Casos utilización fachadas ventiladas.....</b>	<b>64</b>
5.1.1 Casos Internacionales .....	64
5.1.2 Casos chilenos.....	75
<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>83</b>

**6.1 Proyecciones y limitaciones .....83**  
**CONCLUSIONES .....85**  
**Bibliografía .....86**  
**ANEXOS .....89**

SOLO USO ACADÉMICO

## **CAPITULO 1**

### **1.1 Antecedentes generales**

#### **1.1.1 Introducción**

La madera como materia prima es históricamente uno de los materiales más utilizados por el hombre. Actualmente, en la gran mayoría de los países desarrollados, su uso como material estructural alcanza más del 90% (Corma, 2018) de la construcción habitacional debido a sus cualidades, la madera ha venido siendo utilizada por el hombre como material estructural desde hace miles de años. Su buena resistencia, su ligereza, sus propiedades físicas, su comportamiento al fuego, su carácter de material saludable y de recurso renovable son las principales razones que impulsan a seguir utilizándola también ahora como material de construcción. La madera como materia prima de diversos usos en base de madera tiene muchas ventajas. Es un recurso renovable mediante un manejo sustentable, es decir, armonizando su aprovechamiento con su velocidad de renovación en un marco asimilable por el medio ambiente.

La madera es un material muy noble y multiuso, que puede ser utilizado en la construcción, industria o con fines particulares. Debido a las características anteriormente mencionadas se presentara la fachada ventilada como una solución constructiva y complemento para optimizar de manera más efectiva el confort interno y aislamiento de la vivienda, puesto que ofrecen un aislamiento térmico y acústico superior gracias a la cámara de aire, generando ahorros energéticos tanto en calefacción como aire acondicionado dependiendo la estación del año . También eliminan humedades y filtraciones gracias a su doble protección del muro soporte y revestimiento, para obtener mejores niveles de estándares en la calidad y confort en diversos aspectos para los habitantes de dichas viviendas, dado que la fachada ventilada es un elemento de cerramiento multicapa que mediante la creación de un efecto chimenea entre la capa interior y el revestimiento en el cual se deja una separación para la capa aislante para generar circulación en la cámara evitando acumulación de aire caliente y la humedad .es utilizado en Europa desde hace algunas décadas. Con alto grado de industrialización y especialización de elementos, esta “piel” del edificio ha evolucionado mucho desde su creación en Reino Unido, donde los objetivos eran solamente impedir el paso del agua hacia el interior, evitando humedades. A lo largo de los años ésta ha llegado a finas capas con diferentes prestaciones y acabados exteriores versátiles y atractivos. Ha ganado también la función de ahorro energético en los tiempos actuales.

En la actualidad la vivienda ha comenzado a tomar un rol fundamental y dejó de ser solo una necesidad básica y un lugar en el cual sentirse seguro y refugiarse. Actualmente la

elección de una vivienda está acompañada por una serie de requisitos que no solo son aspectos constructivos sino están relacionados con la sustentabilidad y condiciones térmica que presenta la vivienda , por lo cual la fachada ventilada viene a cumplir y satisfacer estos nuevos requerimientos siendo una de las soluciones más utilizadas actualmente para resolver el aislamiento de la vivienda, eliminando los puentes térmicos no deseados así como los problemas de condensación y logrando así un excelente comportamiento térmico-hidrométrico además en materia de eficiencia energética para reducir el consumo de energía en las viviendas punto muy importante ya que hoy existe una conciencia mundial del calentamiento global y de la contaminación del aire, agua y tierra. Y también una seria preocupación por los costos cada vez más elevados de la energía y en forma más específica por el altísimo consumo de estos elementos en las viviendas.

Si bien su costo es mayor al de otros revestimientos los beneficios que este proporciona son mucho más elevados por lo cual se encuentra muy bien posicionado y sus beneficios se ven reflejados en la vivienda tanto en aspectos sustentables como térmicos , potenciando los ya existentes beneficios presente en la madera.

### **1.1.2 Pregunta investigación**

¿Las fachadas ventiladas son realmente una solución constructiva efectiva para optimizar el confort y eficiencia interno en la edificación y trabaja de manera correcta en conjunto a la madera, en Chile?

### **1.1.3 Objetivos**

#### ***1.1.3.1 Objetivo general***

Descubrir el beneficio de las fachadas ventiladas como un revestimiento (no estanco) innovador y eficaz para solucionar el aislamiento en viviendas de madera, optimizando el confort interior de la vivienda y resaltando sus beneficios en materia de eficiencia energética.



### **1.1.3.2 Objetivos específicos**

- Analizar los antecedentes de la construcción en madera
- Describir las soluciones constructivas que cuentan con fachadas ventiladas
- Analizar las actividades constructivas que implican las fachadas ventiladas

### **1.1.4 Justificación**

La presente investigación busca exponer las ventajas que entrega el revestimiento” fachadas ventiladas “como solución constructiva para mejorar la ventilación al interior de la edificación y las mejoras que le entrega a dicha edificación en este caso viviendas de madera , proporcionando una serie de mejoras en materia de comportamiento térmico y aislamiento .El tema fue elegido ya que actualmente las viviendas no brindan un correcto y adecuado confort interno por lo que este revestimiento viene a proporcionar una serie de ventajas extras tanto constructivamente como es el caso de sus acabados duraderos y de alta calidad ,como en materia de aislación térmica y confort en la vivienda gracias a la piel que actuara como un modificador ambiental. Debe atenuar los efectos adversos del medio ambiente externo y proporcionar comodidad al ocupante.

## **CAPÍTULO 2**

### **2.1. Estado del Arte**

En este punto se presenta la revisión bibliográfica realizada para la elaboración de esta memoria. Esta información se ha organizado básicamente de forma cronológica y por relevancia con el tema .En el primero de los grupos está enfocado a la eficiencia energética, tema fundamental para realizar esta investigación. En el segundo grupo se dará a conocer toda la información relevante sobre muros o fachadas ventiladas, abarcando desde lo más micro como partes que la conforman hasta problemáticas en la ejecución y mantención de dichas fachadas para tener un mayor manejo del tema.

La conciencia global acerca de la eficiencia energética y la sostenibilidad en el sector de la construcción ha aumentado el interés por los sistemas pasivos aplicados a la arquitectura y construcción.

Entre las soluciones pasivas, la fachada ventilada se ha convertido en una tecnología destacada. La motivación para el uso de este tipo de cerramiento viene del interés de combinar la fachada de las actuales edificaciones con eficiencia energética.

Hablar de la fachada ventilada es hablar de presente, es hablar de que poco a poco y de una forma imparable, se ha establecido entre nosotros el concepto de construcción técnica y con aportación responsable a nuestro entorno, es por esto que cada vez mayor en las prácticas de construcción modernas. Pero todavía hay relativamente pocos edificios y viviendas en los que realmente se han realizado, y todavía hay muy poca experiencia de su comportamiento en funcionamiento.

Existe una demanda creciente de edificios de oficinas, habitacionales y viviendas de mayor calidad. Los ocupantes y los desarrolladores de los edificios de la empresa piden un ambiente de trabajo saludable y estimulante. En la década de 1990, la preocupación por el calentamiento global ha dado lugar a un resurgimiento del interés en los espacios ventilados de forma natural. De hecho, una clave: a partir de estudios de casos recientes es que los ocupantes están preparados para tolerar condiciones objetivamente malas si pueden tomar medidas que consideran que mejoran su propia comodidad. Por ejemplo, en un edificio sellado con aire acondicionado pueden:  $nd\ 23 \pm 1\ ^\circ\ C$  aceptable, pero en un edificio con ventilación natural pueden estar contentos con temperaturas de hasta  $27\ ^\circ\ C$ .

Ellos ya son una característica común de las competencias arquitectónicas en Europa; pero más allá de eso, se pueden comparar aproximadamente edificios en los que realmente se han realizado, y todavía hay muy poca experiencia de su comportamiento en funcionamiento. Las ventajas del producto de doble capa comprenden un aislamiento acústico mejorado y una mayor comodidad del usuario, al menos en climas moderados. Para reducir la velocidad y el ruido del viento, se coloca una segunda piel delante de la fachada interior del edificio. El espacio entre las fachadas se usa para posicionar los dispositivos de protección solar optimizados energéticamente en el exterior del edificio, pero bien protegidos de la lluvia y el tiempo en Boston. El riesgo de sobrecalentamiento de las fachadas dobles en verano es evidente, pero algunos creen que se puede minimizar con aberturas bien dimensionadas, un sombreado bien posicionado dispositivo y un espacio optimizado entre las fachadas. Hay quienes argumentan que las fachadas dobles están diseñadas para permitir la ventilación natural en los edificios, donde, en general, esto no es posible debido a los altos niveles de ruido al aire libre y / o los altos niveles de velocidad del viento.

Si hablamos de eficiencia energética debemos tener presente que corresponde a reducir la cantidad de energía eléctrica y de combustibles que utilizamos, pero conservando la calidad y confort de nuestras viviendas (Energetica, 2018). En los últimos años, el país ha promovido iniciativas de mejora en relación a la sustentabilidad y el medio ambiente en la construcción. Esto trajo consigo un crecimiento de atributos de eficiencia energética, tanto en proyectos públicos como privados, dejando a Chile posicionado

como referente arquitectónico dentro de los países de la Región. Por ejemplo, este sistema constructivo permite, tanto en períodos de invierno como de verano, un ahorro energético entre un 20 y un 30% en calefacción y aire acondicionado, respectivamente, debido a que se mejoran las condiciones térmicas del edificio

La presente investigación realizada por el Centro de Innovación y Desarrollo de la madera de la Pontificia Universidad Católica de Chile donde se realizó una investigación para establecer científicamente las ventajas de las fachadas en viviendas de madera. (SciELO, SciELO , 2018) .En dicho contexto, se realizó la experiencia de construir cuatro casetas de madera de 2,4 x 2,4 x 2,4 m, tres con cámaras de aire de distinto espesor (22, 45 y 68 mm) más un módulo patrón sin cámara. La cámara de 45 mm amortiguó la máxima temperatura exterior hasta 4,5 oC mientras el módulo construido sin cámara solo amortiguó un máximo de 1,9 oC. Esto significa que, para este caso, con la aplicación de fachada ventilada, el desempeño del cerramiento mejoró en un 57%. A través de dicha investigación se demostró que las fachadas ventiladas si son una buena solución constructiva en materia de eficiencia energética en Chile ya que mediante cámaras de aire de diferentes espesores se lograron percibir mejoras en términos de aislación térmica de la vivienda, gran parte de la energía que utilizamos en nuestras viviendas se desperdicia por diversas razones, es por eso que las fachadas ventiladas vienen a innovar en materia de eficiencia permitiéndonos resaltar el confort interior y la calidad de vida de sus habitantes ,ya que las temperaturas existentes al interior de la vivienda son inferiores que a las temperaturas presentes en el exterior y así poder disminuir el consumo energético de nuestras viviendas .

En pocas palabras esto significa menos “fuga” de energía de una casa. Si quieres que la calidez (o la frescura) permanezca en tu hogar, y quieres gastar menos dinero en calefacción (o refrigeración), la madera es la alternativa al ladrillo, el hormigón o la piedra. En comparación con otros materiales de construcción, la madera, económicamente, es la opción a elegir.

Sin embargo, este crecimiento acelerado no contó con una política pública asociada a una normativa local, donde gran parte de la infraestructura se construyó bajo estándares de países con condiciones políticas, sociales y geográficas diferentes. Entendiendo esto, se crearon iniciativas de certificación y calificación energética tanto para viviendas como para edificios públicos y privados, lo que se ha traducido en un mejoramiento dentro de los procesos; sin embargo, las oportunidades de mejora demandan esfuerzos asociados a potenciar estándares desde la concepción hasta la operación de los mismos. (Construcción O. T., 2018 )Detalla Alexis Núñez, Jefe de Línea de Desarrollo de Edificación de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE).

Estudio realizado en España arroja que actualmente el aporte de los edificios por la pérdida de energía a la capa de ozono supone alrededor del 80%. De todo el aporte del conjunto de elementos que inciden en la agresión al medio ambiente, no es que vayamos a eliminar totalmente este porcentaje con nuestro sistema de fachada ventilada, pero sí estamos manejando cifras que van desde el 25 al 40% de ahorro energético en los edificios que han apostado por la fachada ventilada dependiendo del material y sus características. Si seguimos en esta línea de ahorro los resultados pueden ser esperanzadores. (Interempresas, 2018)

Con respecto a los fenómenos parciales existen algunas publicaciones orientadas al aprovechamiento pasivo de la radiación solar en fachadas. Estos son, por ejemplo: Bhandari y Bansal (1994) o N.K.Bansal et al. (1996); y otras sobre la disipación de calor, entre las que se pueden citar las siguientes: M.Ciampi et al., (2003), Lorente (2002), C.Balocco (2002) y C.Balocco (2004)

La eficiencia energética no es el único tema a considerar, es por esto que no se debe olvidar y dejar de lado un concepto sumamente importante en la actualidad como lo es la construcción sustentable tanto internacionalmente como a nivel país, esta se basa en una nueva manera de construir responsablemente protegiendo los recursos naturales y el medio ambiente. No se trata de un nuevo estilo arquitectónico, sino de aplicar una serie de criterios, como por ejemplo la correcta orientación de los ambientes, la elección de los materiales, el tamaño de las aberturas y su protección del sol. Estos criterios se relacionan con el consumo de energía, el uso de fuentes de energía renovables y de materiales y productos de construcción más amigables con el ambiente. También se vinculan con aspectos como la gestión de residuos y de agua, así como con otros factores involucrados en los impactos ambientales de la construcción. La construcción sustentable está diseñada y es construida de forma que se tienda a reducir o eliminar los impactos negativos sobre el medio ambiente y sus habitantes, destacándose cinco áreas: la planificación del sitio, el consumo racional del agua, el uso eficiente de la energía, la conservación de materiales y recursos, y el cuidado de la calidad ambiental interior; que en término general tiende a balancear los 3 aspectos fundamentales para cualquier proyecto sustentable (el social, el económico y el medioambiental) que se integran sin orden prioritario.

Según el Consejo Mundial de Construcción Sostenible 2008, el sector de la construcción, a nivel mundial, es aquel que más potencial tiene para reducir sus impactos negativos al medio ambiente, ya que con pequeños cambios, que no incurren en grandes costos de producción, serían suficientes para reducir en promedio, un 30% el consumo de energía, 35% las emisiones de carbono (CO<sub>2</sub>), hasta un 50% el consumo de

agua, además de generar ahorros del 50% al 90% en el costo de la disposición de desechos sólidos (Bautista Gordillo & Loaiza Elizalde , 2017)

La llegada de los edificios verdes representa un cambio total de paradigma, una manera distinta de pensar el mercado de real estate”, explica el ingeniero Carlos Grinberg, presidente del Argentina Green Building Council (AGBC), organización creada en 2007 con el objetivo de difundir las políticas de la construcción sustentable en el mercado argentino y latinoamericano. Según Grinberg, el concepto de arquitectura sustentable se resume en la implementación de tres R: reducir, que implica minimizar el consumo de agua y energía, y la generación de desechos; reutilizar, que es tratar de reaprovechar todo el material posible; y reciclar, aquello que no se puede reutilizar directamente. “Dicho de otra manera: es el cuidado del sitio donde se va a construir, es la disminución del consumo de energía y agua, es la mejora de los niveles de calidad de aire en los ambientes laborales y es asegurarse que los materiales y recursos tengan su origen en prácticas sustentables, entre otras cosas. La decisión de construir en forma sustentable está muy vinculada a una estrategia de responsabilidad social empresarial. Tener edificios con buena luz natural, con buena calidad de aire, a los que se pueda llegar en bicicleta, por ejemplo, impacta directamente en el confort de los empleados. (Grinberg, la era de la construcción sustentable, 2016)

Hasta el 2016, pueden considerarse como los proyectos sustentables más destacados del país a recintos privados como hogares, sucursales de bancos en comunas orientes de la Región Metropolitana, la sede de la Cámara Chilena de la Construcción en Osorno y el edificio de la Policía de Investigaciones de Puerto Montt por nombrar algunos.

“es la práctica de construir usando procesos costo-efectivos que reducen el efecto negativo de la construcción tanto en el medio ambiente como en usuarios y ocupantes. El uso eficiente de recursos: energía, agua, materiales y del territorio, la reducción de la contaminación, desechos y gases de efecto invernadero y la protección de los ocupantes garantizando su salud y bienestar, incrementando la productividad”, destaca María Fernanda Aguirre, Coordinador Técnico del Área Técnica, Proyectos y Estudios de Chile Green Council.

"El desarrollo es sustentable cuando satisface las necesidades de la presente generación sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para que satisfagan sus propias necesidades" (Brundtland, 1987). (OECD, 2018)

“Implica la búsqueda y cambio hacia tecnologías más eficientes en el caso de los países industrializados y el desarrollo de tecnologías más eficientes y limpias en países en vías de rápida industrialización” (Induambiental, 2009). (OECD, 2018)

En la Unión Europea, se estima que todos los edificios consumen aprox. el 40% de la energía total, usan el 40% de todos los materiales producidos, son responsables del 30% de las emisiones de CO<sub>2</sub> (Canadá 28,7% en 2001), generan aprox. el 40% de los desechos producidos por el hombre (Electricidad, 2018)

“La sustentabilidad se ha transformado en uno de los focos centrales de la labor de nuestro ministerio, que ha impulsado diversas acciones que buscan contribuir a la construcción de viviendas, barrios y ciudades más inclusivas, equitativas y resilientes. Nos interesa mucho apoyar este tipo de encuentros, pues creemos fundamental que los profesionales dimensionen y valoren los beneficios que entrega la sustentabilidad, no solo respecto del impacto en el medioambiente, en los recursos naturales o en la matriz energética, sino también, directamente en la mejora de las condiciones de vida de muchas familias”. (Minvu, 2018 ) (Jefa de la División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional del Minvu, Jocelyn Figueroa)

En cuanto a los aspectos medioambientales asociados a la construcción, es evidente que el impacto de la actividad edificatoria en el medioambiente es grande, y afecta a diferentes categorías, como son el consumo de agua, la generación de residuos, la ocupación del terreno, y las emisiones de gases de efecto invernadero. Es precisamente en este último aspecto, el de las emisiones del CO<sub>2</sub>, en el que los aspectos de ahorro y eficiencia energética pueden contribuir de manera relevante a mejorar la calidad ambiental de los edificios, y por lo tanto, a la sostenibilidad en la construcción. Las Fachadas Ventiladas vienen a mejorar los aspectos ambientales mencionados anteriormente.

Las fachadas ventiladas son Cerramientos Exteriores compuestos por distintas hojas. Del lado exterior, en la fachada, queda el acabado del edificio, que consiste en un aplacado ejecutado con diversos materiales, pueden realizarse en: piedras naturales, placas de metales o plásticos, etc.

La fachada ventilada se ejecuta colocando piezas delgadas de piedra, cerámica u otros materiales, sujetas al soporte mediante anclajes metálicos situados en posición vista u oculta, quedando entre aplacado y zona portante un espacio por el que puede circular una corriente de aire. La cámara de aire en estas fachadas suele tener una anchura de, al menos, 2,5 veces el espesor de la placa.

En estos días los contenidos concernientes con lo ambiental, la sustentable y la arquitectura son pieza relevante de exploración e investigación para el progreso de estos contenidos surge a raíz del manejo inadecuado de los recursos del medio en el que habitamos y como derivación se debe requerir la implementación de medios transformados para la climatización de las construcciones como lo son las fachadas

ventiladas, esto conlleva a un ahorro de consumo energético y de contaminación, en este momento los contenidos conexos al medioambiente, la bioclimática y sostenibilidad han tomado trascendentales sitios de cuestión e exploración, estas se encuentran en incremento en todas las aéreas del conocimiento (Ambiente, 2018).(Mckeown, Hopkins, Rizzi, & Chrystallbridge,2002)

La función principal de las fachadas ventiladas es, como ya se ha dicho, conseguir ahorros energéticos en los edificios. Esto se consigue a través de una cámara de aire que hace una función de ‘efecto chimenea’ a base de un buen comportamiento higrotérmico. El sol calienta el revestimiento, este calor se trasmite a la cámara calentando el aire de la misma y este mismo aire caliente tiende a subir generando una corriente de aire en vertical. Dicha corriente lo que provoca es que no aumente la temperatura en el interior del edificio en los meses cálidos al reducir la energía radiante entrante en el edificio y a la vez, evitar la formación de posibles condensaciones.

En los meses de frío este funcionamiento se alterna evitando la pérdida de calor por la barrera de aislamiento colocado exteriormente, tapando, éste, todos los puentes térmicos que pudieran provocar pérdida de calor (cantos de forjado, ventanas, puertas etc.). El funcionamiento en este caso sería algo parecido a un acumulador de calor.

El aislamiento es un factor importante para la reducción de la energía utilizada en la calefacción y climatización de edificios y viviendas. La madera es un aislante natural que puede reducir la cantidad de energía necesaria para la climatización de espacios especialmente cuando se utiliza en ventanas, puertas y suelos. Es por esto que la fachada ventilada son una solución constructiva efectiva ya que al fusionar las características y propiedades tanto de la fachada como de la madera se pueden obtener grandes beneficios en materia de aislamiento, confort interno de la vivienda y resaltando sus beneficios en materia de eficiencia energética.

A pesar de ser un sistema de conocimiento relativamente nuevo en España, la realidad es que se viene ejecutando desde hace más de 30 años proyectos con formatos de grandes dimensiones y formas desde Japón a Centroeuropa pasando por EE UU. Como proyectos más emblemáticos y pioneros podemos señalar la ‘Postdammer Platz’ en Berlín, en Alemania, la ‘Cite Internationale’ de Lyon, Francia, o la ‘Banca Popolare di Lodi’, en Italia.

Aunque la utilización de las fachadas ventiladas representa un costo inicial más alto, a medida que pasa el tiempo éste se compensa porque se logran importantes ahorros. Los recursos naturales se están haciendo cada vez más escasos; por eso, la inversión en construcciones energéticamente eficientes resulta más atractiva, y el mercado está comenzando a reconocer esta realidad

La primera revisión sucede a los 3 años de su instalación, comprobando el estado de conservación del revestimiento y el estado de las esquinas, coronaciones, marquesinas, etc. Con ello se mantiene la seguridad de su funcionamiento en los primeros años.

Posteriormente a los 5 años se debe de realizar la segunda revisión, comprobando que no existan grietas, fisuras y desplomes de la fachada. A los 10 años de haberla instalado se revisa el estado de limpieza de llagas o aberturas de ventilación de la cámara para corroborar que mantenga un correcto funcionamiento y seguridad.

En la investigación realizada por la Universidad de los Andes, la fachada ventilada y el confort climático: un instrumento tecnológico para edificios, menciona la gran importancia de la utilización de Fachadas Ventiladas como una tecnología que ha demostrado una alta eficiencia para crear un confort climático, al minimizar el uso de electrodomésticos como el HVAC y mitigar el impacto ambiental; su aplicación en el contexto colombiano y sobre todo en las viviendas de clima cálido, representa una excelente posibilidad de mejorar la calidad de las residencias de manera sostenible. (Rubiano Martin , 2015)

Este artículo soporta el tema de esta investigación de forma clara en donde menciona que en el sector inmobiliario el consumo energético de las construcciones residenciales aporta al consumo energético de un 40%, asociando el uso de sistemas de ventilación consumiendo en promedio entre un 50% y 60% de la energía total del edificio, en la actualidad la construcción residencial en Colombia está diseñada para trabajar completamente con aire acondicionado, y por esta razón el alto nivel de consumo de energía en edificaciones de clima cálido, promoviendo el confort climático por medio de la utilización de aparatos de refrigeración, en todos los estratos sociales; es por esta razón la urgente necesidad de generación de energías renovables, con estrategias de eficiencia energética en la edificación, con el ánimo de reducir su consumo energético y así mismo minimizar el impacto ambiental sobre el planeta. (Rubiano Martin , 2015)



## Protección frente a la humedad

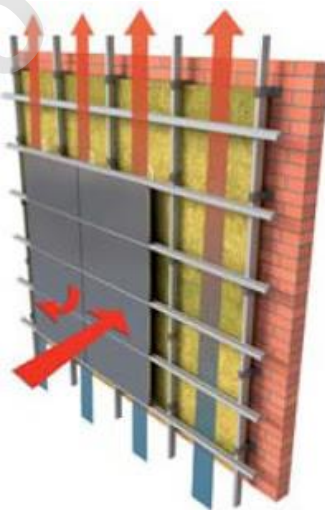
Protección de los cerramientos y forjados frente a la entrada de agua pluvial y a las heladas. Material en estructura primaria y secundaria resistente a la corrosión



**Figura 1 Comportamiento fachada en presencia de humedad.**

## Verano

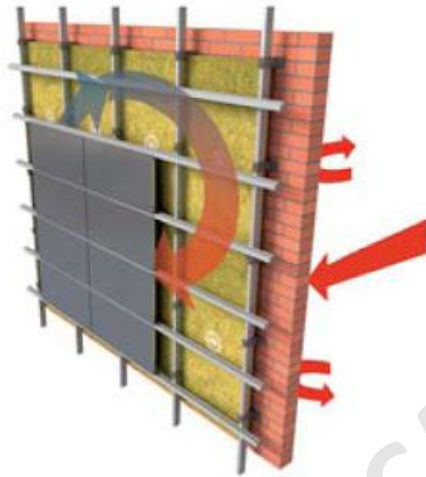
En el periodo de calor el sol incide directamente sobre el acabado cerámico. La parte de calor que se filtra a la cámara activa “efecto chimenea” hace que el aire caliente ascienda, ocupando su lugar el aire frío. De este modo se evita la acumulación de calor en la fachada



**Figura 2 Comportamiento fachada en verano.**

## Invierno

En invierno en cambio, como la radiación solar no es suficiente para conseguir los movimientos del “efecto chimenea” la fachada actúa como un acumulador de calor, ayudando la cámara de aire a la estabilidad térmica del sistema



**Figura 3 Compomtarmiento fachada en invierno.**

Aunque la utilización de las fachadas ventiladas representa un costo inicial más alto, a medida que pasa el tiempo éste se compensa porque se logran importantes ahorros. "Los recursos naturales se están haciendo cada vez más escasos; por eso, la inversión en construcciones energéticamente eficientes resulta más atractiva, y el mercado está comenzando a reconocer esta realidad".

En las imágenes anteriores se puede explicar y graficar de mejor manera el funcionamiento y comprobar por qué es una buena inversión, ya que son importar la estación del año en la que se encuentre este sistema funciona de igual manera adaptándose a los cambios de temperatura actuando como modificador ambiental brindando confort interno a sus habitantes y eficiencia al hogar.

En Chile se realizaron experimentos con 4 casetas tres de ellas se construyeron con 22, 45 y 68 espesores de las cámaras .Una de ellas se construyó sin la cámara se pudo notar que la que no tenía cámara amortiguó muy poco la temperatura la que tenía el espesor de 45 fue la que mostro una mejor optimización de la ventilación arrojando hasta un 57% de mejorías. (Vazquez & Prieto , 2013)

	TEMPERATURAS	
	MAXIMO °C	MINIMO °C
AMBIENTE EXTERIOR	32,2	11,5
CAMARA 22 MM	28,5	19,4
CAMARA 45 MM	27,7	18,4
CAMARA 68 MM	28,7	19,3
PATRON	30,6	18,1

Figura 4 Tomada de: La fachada ventilada, (Vásquez & Prieto, 2013).Modificada por la autora, 2017.

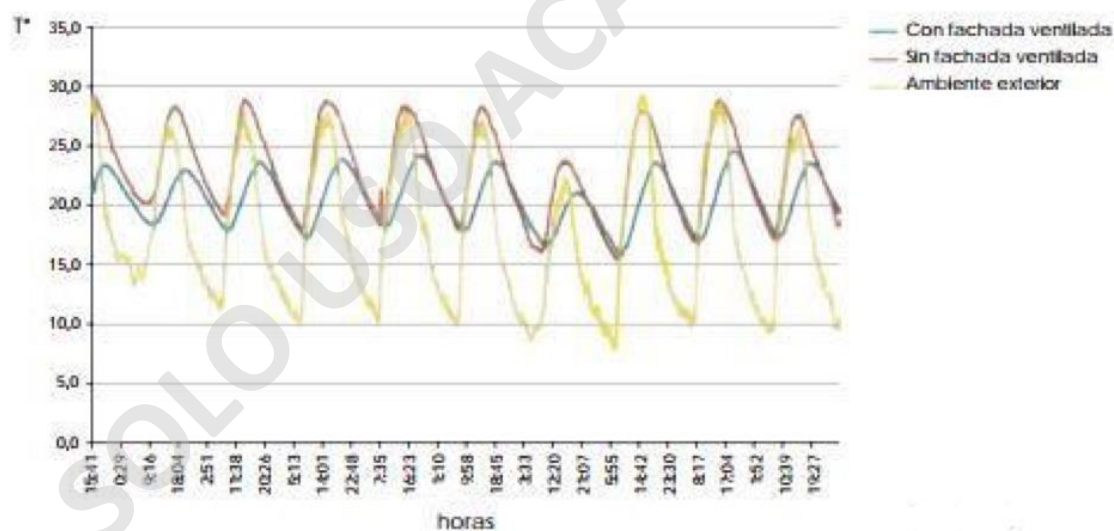


Figura 5 Tomada de: La fachada ventilada (Vásquez & Prieto, 2013).

Las gráficas anteriores permiten visualizar el comportamiento del experimento realizado en Chile del cambio de temperatura en las edificaciones con variaciones y su comparación entre las cuatro casetas con fachada ventilada, sin fachada ventilada teniendo en cuenta el ambiente exterior a través de un rango de horas. (Vazquez & Prieto , 2013)

Siendo una nueva tendencia de la construcción sostenible a utilizar en Latinoamérica es cierto que se prefiere el bajo costo y cantidad antes que la calidad conllevando a un desaprovechamiento de técnicas que pueden optimizar a futuro y ser muy amigables con el medio ambiente. En Chile el centro de innovación de desarrollo de la madera ha sido el encargado de implementar este tipo de construcción siendo objeto de investigación aplicada de la Pontificia Universidad Católica con el fin de destacar las ventajas de la utilización de las fachadas ventiladas

## SÍNTESIS

Conocer otras investigaciones y estudios chilenos como internacionales permitió clarificar las ideas respecto al tema de interés el cual será desarrollado a lo largo de la tesis, con el fin de lograr de mejor manera definir, afinar, delimitar y enfocarlo desde la perspectiva en la cual se está trabajando y se busca llevar a cabo.

Fue necesario saber qué es lo último que se ha estado avanzando y produciendo respecto al tema y conocer a los autores que están haciendo investigación sobre el tema. De esta manera se logró realizar un intercambio de información, y establecer una relación académica con otros investigadores. Como en cualquier proceso de investigación fue necesario seguir diversos pasos, todos ellos fundamentales, para abordar cualquier problema durante la investigación. Es por esto que se elaboró este estado del arte, el cual nos facilitó recopilar la información y datos necesarios.

Finalmente el estado del arte pasó a formar parte fundamental y se transformó en la columna vertebral dentro de la investigación, la cual permitió tener una recopilación de información relevante al tema a estudiar y tener un guía respecto a autores, conceptos e información.

## CAPITULO 3

En este capítulo se hace referencia a la evolución que ha tenido la construcción en madera a lo largo de los años señalando sus principales propiedades y cualidades a la hora de utilizar la madera como sistema constructivo en Chile señalando sus alcances y principales motivos por el cual hoy en día la madera no es utilizada como sistema constructivo.

### 3.1 Construcción en madera

La evolución de la construcción en madera en Europa, en el curso del siglo XX, sus principales fuentes, se encuentran en Europa Central: Alemania, Austria y Suiza. Estos países donde históricamente la tecnología de construir en madera ha prevalecido, ante todo permaneciendo fieles a sus antiguas técnicas constructivas, y aplicando las innovaciones de esta época industrializada. La madera es históricamente uno de los materiales más utilizados por el hombre. Actualmente, en la mayoría de los países desarrollados su uso como material estructural alcanza a más del 90% de la construcción habitacional de 1 a 4 pisos. (Natterer & Winter , 1988)

Desde hace muchos siglos la madera fue el único material utilizado para franquear grandes luces. Numerosas generaciones de carpinteros han seguido técnicas de construcción en madera, desarrollando sistemas portantes cada día más perfeccionados. Así podemos ver antiguos puentes en madera que suscitan hoy la admiración de ingenieros. Después de la revolución industrial, el interés por la construcción en madera disminuye, debido a la importancia que cobran los nuevos materiales de construcción, como el hierro y los metales, y más tarde el hormigón armado, esta expansión de dichos materiales fue sostenida por un sector industrial que disponía de un potencial de desarrollo más enriquecido y mejor adaptado a la época industrial que las construcciones artesanales de madera.

A principios de siglo, el desarrollo técnico de la madera laminada y engomada (pudiendo obtener así grandes secciones de alta resistencia), la construcción en madera ha evolucionado muy poco después de la Edad Media. De las técnicas de ensambles, a los métodos de cálculo, el estado de desarrollo de la construcción en madera ha permanecido netamente inferior al de los otros materiales. (Natterer & Winter , 1988)

### **3.1.1 Madera como materia prima**

La madera como materia prima tiene innumerables cualidades y en países como Canadá, Austria y Suecia, las construcciones tienen entre un 90 y 95% de madera. En nuestro país este porcentaje apenas alcanza un 17%. (Lignum, Lignum , 2018)

La madera es uno de los materiales más antiguos en las construcciones, desde las primeras viviendas prehispánicas, hasta las más vanguardistas estructuras arquitectónicas contemporáneas, se ha caracterizado por ser uno de los materiales de construcción predilectos en materia de desarrollo sostenible. Por otra parte, se trata de una materia prima muy versátil que puede ser usada de forma muy variada y que cumple con ciertas especificaciones, de acuerdo con el tipo de aplicación deseada. Permite conexiones y empalmes fáciles de ejecutar. Asimismo, puede ser producida en piezas con dimensiones estructurales que pueden ser rápidamente desplegadas en piezas pequeñas, de una delicadeza excepcional.

La madera es el material más noble que el hombre ha utilizado tanto en la industria como en la construcción. Se trata de la única materia prima renovable que se utiliza a gran escala sin dañar el medio ambiente. El indicador del 17% refleja que estamos utilizando poco un recurso el cual Chile es uno de los diez mayores productores de madera en el mundo y cosecha cinco veces el volumen de madera que está consumiendo., sin dejar de lado que muchas veces se está usando de manera incorrecta, o no estamos utilizando los últimos avances en construcción en madera que permitirían realizar el trabajo de manera más fácil y correcto.

La madera es históricamente uno de los materiales más utilizados por el hombre. Actualmente, en la gran mayoría de los países desarrollados, su uso como material Estructural alcanza más del 90% de la construcción habitacional desde 1 a 4 pisos (Fritz Duran , 2004)

Es un recurso renovable mediante un manejo sustentable, es decir, armonizando su aprovechamiento con su velocidad de renovación en un marco asimilable por el medio Ambiente. Es un material noble multiuso, que puede ser utilizado en la construcción, Industria o con fines particulares. En este sentido algunas ventajas y desventajas deben ser consideradas:

-La madera es un material fácil de trabajar y se puede cortar con métodos simples. Puede Unirse fuertemente mediante clavos, conectores, pernos o adhesivos.

- La madera presenta buenas propiedades de resistencia mecánica. Es rígida pero flexible, es resistente al impacto y buen amortiguador de vibraciones.
- La madera sufre pequeños cambios dimensionales por efecto de cambios de temperatura.
- La madera es biodegradable, pero tiene una cierta durabilidad natural, la que puede ser mejorada artificialmente introduciéndole preservantes.
- La madera cambia sus dimensiones frente a variaciones de humedad. La madera tiene cierta aislación acústica, la que puede ser mejorada en cierto grado por el sistema constructivo.
- La madera es un buen combustible, que puede ser ventajoso al usarla para producir energía pero limita el uso de la madera en construcción, no obstante esta desventaja puede ser minimizada introduciéndole productos ignífugos o retardantes del fuego.
- La madera es heterogénea, su estructura anatómica y química y sus propiedades físicas y mecánicas son variables. Por otra parte, la madera presenta ciertas Características comunes en todas las especies, entre ellas se destacan:
  - La Madera tiene estructura celular, que está formada por células que son sus unidades básicas, conformando un material sólido y poroso.
  - La Madera es anisotrópica, presenta un comportamiento diferente en las direcciones longitudinales y transversales
  - La Madera es higroscópica, puede captar o liberar humedad de acuerdo a las condiciones ambientales.

### **3.1.2. Propiedades de la madera**

#### ***3.1.2.1 Propiedades físicas***

Las propiedades de las maderas dependen de muchos factores tales como: tipo y edad del árbol, condiciones de crecimiento como el terreno y el clima, etc. Como en todo material, varias son las propiedades a tener en cuenta a la hora de emplearlo, y que dependerán del fin que queramos darles. (Monografías, 2018)

Desde tiempos remotos la madera se ha usado en la construcción, como un material eficiente, debido a las ventajosas propiedades que posee, entre otras principales se enuncian las siguientes:

## Contenido de humedad

La estructura de la madera almacena una importante cantidad de humedad. Esta se encuentra como agua ligada (savia embebida) en las paredes celulares y como agua libre, en el interior de las cavidades celulares (Arquitectura21, 2018)

La presencia de agua en la madera es un hecho conocido, ya que ésta es indispensable para la vida de las plantas. Cuando el árbol es volteado, su madera conserva una cierta cantidad de agua que se localiza tanto en los lúmenes celulares como en la pared celular y en otros espacios que pueden presentarse en la madera. La cantidad de agua existente en la madera puede variar mucho según la especie, el tipo de madera (albura o duramen) y la edad de la madera (madera juvenil o madera adulta) (Arquitectura21, 2018)

Corresponde a la cantidad de agua que tiene la madera en su estructura. Esta agua puede aparecer formando parte de las células de la constitución leñosa, impregnando la materia leñosa o dentro del sistema vascular del árbol. El agua del sistema vascular desaparece con el tiempo, el agua de constitución leñosa sólo desaparece por combustión, mientras que el agua de impregnación variará según la higroscopia de la madera. La humedad de la madera está directamente relacionada con el peso, y afecta a otras propiedades físicas y mecánicas. Por eso, es importante conocer el contenido de humedad de una madera para las condiciones en la que va a emplearse, y cómo reaccionará ante la pérdida o ganancia de agua.

Kollmann (1959) comprobó que la humedad de equilibrio es casi constante para todas las maderas, y elaboró un ábaco para determinar este valor. O sea, cuando la madera es sometida a un ambiente saturado de humedad (100% de humedad relativa del aire), la humedad de equilibrio es casi constante para todas las maderas, alcanzando un valor máximo de 30%. Para determinar la humedad en la madera, se establece una relación entre masa de agua contenida en una pieza y masa de la pieza anhidra, expresada en porcentaje. A este cociente se le conoce como contenido de humedad. (Arquitectura21, 2018)

$\% \text{ Contenido} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de madera seca en cámara}} \times 100$

Dónde:

Peso del agua = Peso madera - Peso madera seca húmeda en cámara



## Densidad de la madera

Como se sabe, la densidad de un cuerpo es el cociente formado por masa y volumen. La madera al ser un material poroso, debe considerarse al referirse a la densidad de la madera el volumen interno de espacios vacíos existentes (Fritz Duran , 2004)

En la madera, por ser higroscópica, la masa y el volumen varían con el contenido de humedad; por lo que resulta importante expresar la condición bajo la cual se obtiene la densidad. Esta es una de las características físicas más importantes, ya que está directamente relacionada con las propiedades mecánicas y durabilidad de la madera.

La densidad es una característica propia de cada tipo de árbol. Generalmente, la densidad de las especies coníferas que se utilizan normalmente en la construcción suele ser de entre 400 kg/m<sup>3</sup> y 550 kg/m<sup>3</sup>.

La masa y el volumen de la madera están muy relacionados con el contenido de agua, por lo que es imprescindible medir siempre la densidad en condiciones concretas. Normalmente, se mide con una humedad del 12% (Arquitectura21, 2018)

## Contracción e hinchamiento en la madera

El secado de la madera por debajo del punto de saturación de la fibra, provoca pérdida de agua en las paredes celulares, lo que a su vez produce contracción de la madera. Cuando esto ocurre se dice que la madera “trabaja”. Las dimensiones de la madera comienzan a disminuir en los tres ejes anteriormente descritos: tangencial, radial y longitudinal. Sin embargo, en este proceso la contracción tangencial es mayor a la que se produce en un árbol. A la contracción tangencial le sigue la radial, con menos efecto, pero significativo en la deformación de la pieza. La contracción longitudinal es prácticamente despreciable en madera utilizada con fines estructurales. Desde el punto de vista del comportamiento de la madera, el punto de saturación de la fibra es una variable muy importante, puesto que sobre él, la madera no variará sus características ni su comportamiento físico o mecánico. Sin embargo, cuando la madera se encuentra bajo dicho punto, sufre cambios dimensionales y volumétricos que pueden ir de leves a drásticos. Las consecuencias de dicho proceso en beneficio de las propiedades resistentes de la madera, dependerán de las condiciones y método de secado aplicado (al

aire o en cámara). La contracción por secado provoca deformaciones en la madera. Sin embargo con un adecuado método, los efectos son beneficiosos sobre las propiedades físicas y mecánicas de la madera. (Arquitectura21, 2018)

### Permeabilidad De La Madera

La permeabilidad específica es una propiedad de la madera que depende fundamentalmente de los espacios disponibles para el flujo del fluido a través de su estructura anatómica. (Scielo, Scielo , 2018)

La permeabilidad, juega un rol importante para el movimiento de agua capilar, en cambio no lo es tanto para el movimiento difusional. En particular el mecanismo de permeabilidad es relevante cuando se somete la madera a alta temperatura o bajo vacío. Las maderas más permeables como el pino radiata se deja secar más rápidamente que las maderas de menor permeabilidad como el eucalipto y muchas otras especies nativas. Además, la permeabilidad de la madera es un parámetro que depende fundamentalmente de la estructura anatómica de la madera, es decir del tamaño de las punteaduras y otras Cavidades celulares. Cualquier variación de estas características anatómicas afecta la Magnitud de la permeabilidad de la madera, por lo que con frecuencia se presentan grandes variaciones de la permeabilidad en una misma pieza de madera. (Ananias , 2018)

### **3.1.2.2 Propiedades mecánicas**

Las propiedades mecánicas de la madera determinan la capacidad o aptitud para resistir Fuerzas o sollicitaciones externas. Se entiende por fuerza externa, a cualquier sollicitación Que, actuando exteriormente, altere su tamaño, dimensión o la deforme.

El conocimiento de las propiedades mecánicas de la madera se obtiene a través de la experimentación, mediante ensayos que se aplican al material, y que determinan los diferentes valores de esfuerzos a los que puede estar sometida.

El esfuerzo que soporta un cuerpo por unidad de superficie es la llamada tensión unitaria [.Cuando la carga aplicada a un cuerpo aumenta, se produce una deformación que se incrementa paulatinamente. Esta relación entre la carga aplicada y la deformación que sufre un cuerpo se puede representar gráficamente por una recta, hasta el punto donde se inicia el límite elástico del material ensayado. Si se sigue aumentando la carga, se logra la rotura del material. (Fritz Duran , 2004)

### **3.1.2.3 Otras cualidades**

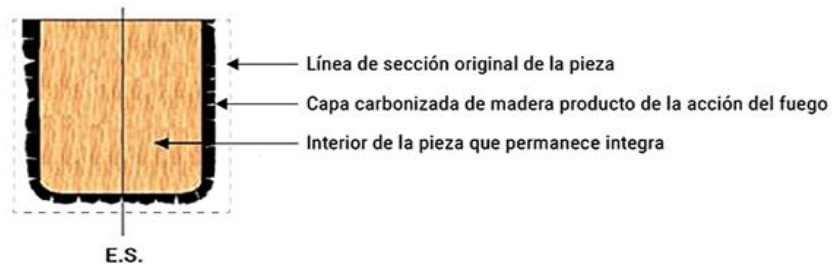
#### **Buen desempeño Antisísmico**

Las soluciones constructivas basadas en madera pueden presentar un desempeño similar o incluso superior al de otros materiales frente a un movimiento telúrico. Considerando que las fuerzas en un sismo son proporcionales al peso de las estructuras que las reciben, las construcciones basadas en madera –entre seis y nueve veces más livianas que las de albañilería u hormigón– están expuestas a impactos menores que otras de materiales más pesados. A esta característica se suma el que, gracias a sus numerosas conexiones por medio de clavos y demás fijaciones, los sistemas constructivos basados en madera correctamente diseñados logran disipar mejor las energías que sobrevienen repentinamente durante un sismo. Esto las hace más flexibles y menos susceptibles a colapsar si alguna de las partes de la estructura falla. (Madera21, 2018)

#### **Resistencia al fuego**

Normalmente se piensa que la madera es más vulnerable al fuego que otros materiales de construcción. Lo cierto, sin embargo, es que una construcción de madera de ingeniería puede ofrecer excelentes condiciones de seguridad frente a un incendio y suficiente resistencia al fuego como para evitar que este se propague y ocurra una falla estructural. Al comportarse de manera más predecible, sus ocupantes pueden contar con un margen de reacción más amplio que en construcciones de otros materiales que tienden a colapsar más rápida y repentinamente. (Madera21, 2018)

Todos los materiales sufren algún grado de daño cuando son expuestos a altas temperaturas. En el caso de la madera, sus propiedades aislantes la dotan de cierta resistencia al fuego hasta los 250°C (temperatura a la que el acero ya comienza a debilitarse). Si acaso llega a inflamarse, su baja conductividad térmica hace que se quemé muy lentamente, formándose en el exterior una capa de carbón que protege la parte interna y conserva sus propiedades estructurales por más tiempo. (Madera21, 2018)

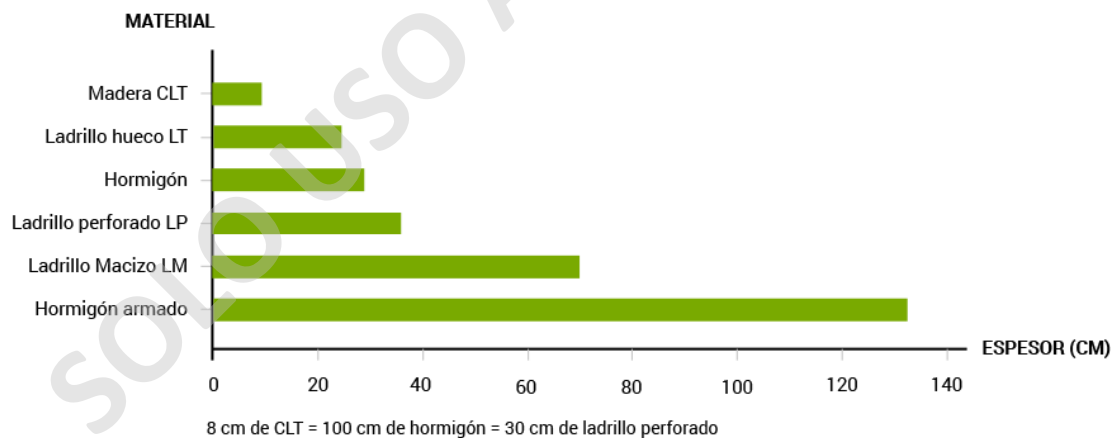


**Figura 6 Comportamiento de la madera frente al fuego.**

### Aislación térmica

Debido a su porosidad, la madera posee una baja conductividad térmica, lo que la convierte en un excelente aislante. Combinada con otros materiales –como fibra de vidrio o lana mineral–, una construcción de madera puede satisfacer los requerimientos de aislación térmica de una vivienda incluso en climas extremos. (Madera21, 2018)

Las cavidades presentes en su estructura celular permiten a la madera aislar el calor hasta seis veces más que el ladrillo, quince veces más que el hormigón y 400 veces más que el acero. (Madera21, 2018)



**Figura 7 El gráfico muestra que el desempeño de aislación térmica de 8 cm. de CLT es equivalente al que se puede alcanzar con 100 cm. de hormigón y con 30 cm. de ladrillo perforado.**

### Aislación acústica

Debido a su estructura celular porosa, la madera posee una capacidad natural para amortiguar las vibraciones sonoras. Su buen desempeño como aislante acústico se puede

potenciar utilizando capas de materiales absorbentes como fibra de vidrio, lana mineral o yeso. (Madera21, 2018)

### Dureza

La madera es un material blando, si lo comparamos con otros (hormigón, acero...), lo cual puede ser una ventaja, por tratarse de un material fácil para el trabajo; pero también puede ser una desventaja, por ejemplo, por ser un material fácil de marcar. La dureza está ligada a la densidad. Cuanto mayor sea la dureza de la madera, mayor es su densidad. La dureza es la dificultad que ofrece la madera para que se introduzcan en ella clavos o cualquier otra partícula. (Madera21, 2018)

### Rapidez en su ejecución

Por la ligereza del material y la realización en seco de las faenas, el montaje de sistemas constructivos basados en madera es más rápido que la edificación con otros materiales. Además, el mercado ofrece estructuras prefabricadas de alta precisión que disminuyen aún más los tiempos de ejecución.

Si bien no existen todavía estudios al respecto, se estima que construir con madera puede llegar a hasta 50% más rápido que con otros materiales, dependiendo de si se trata de una vivienda in situ o una industrializada. Por ejemplo, en el caso del Stadthaus, el edificio residencial en madera más alto del mundo, construido en Londres con paneles prefabricados, se calcula un ahorro de tiempo del 30% en comparación con lo que habría demorado una obra de similares características en hormigón. (Madera21, 2018)

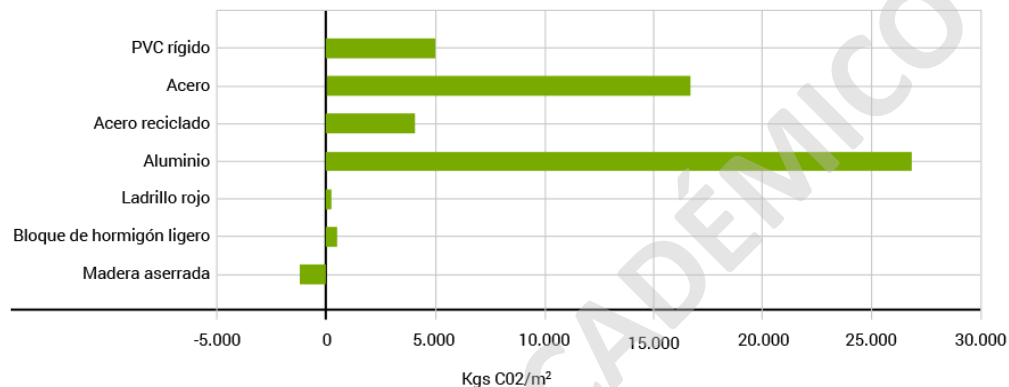
### ***3.1.3 Ventajas medioambientales***

#### Absorbe el CO<sub>2</sub> de la atmosfera

La madera es el único material de construcción cuyo uso ayuda a reducir el CO<sub>2</sub> de la atmósfera, contribuyendo de esta manera a mitigar el cambio climático. Esto la convierte en la alternativa constructiva con la más baja huella de carbono. Por medio de la fotosíntesis, los árboles absorben a lo largo de su vida grandes cantidades de dióxido de carbono. Este queda fijado en sus paredes celulares y puede llegar a representar la mitad del peso seco de un árbol. Así, por ejemplo, en una tonelada de pino silvestre –de donde se obtienen 500 kilos de madera seca–, el carbono acumulado alcanza los 250 kilos. Esto

equivale a decir que dicho árbol secuestró de la atmósfera 915 kilos de dióxido de carbono.

Las plantaciones forestales contribuyen significativamente a la reducción de los gases de efecto invernadero, puesto que los árboles en etapa de crecimiento tienen mayor capacidad para capturar carbono que los ejemplares maduros. (Madera21, 2018)



**Figura 8 Comparación del CO2 producido por diferentes materiales (emisiones netas de CO2, incluido el efecto sumidero de carbono).**

Fuente: “La reducción de la huella de carbono y el impacto ambiental de edificios nuevos”, Tasmania Timber, CSAW / RTS, Reportes ambientales para materiales constructivos, 1998 – 2001 (CEI-Bois)

## Renovable

A diferencia del hormigón, el ladrillo y el metal, la madera es un material natural que, después de extraído, puede ser repuesto una y otra vez. Su disponibilidad para el consumo humano está garantizada en la medida en que se lo produzca y utilice de manera responsable.

En Chile, el 70% de las plantaciones forestales cuentan con un sello que acredita su manejo sustentable (Certfor y/o FSC), lo que –entre otras cosas– asegura que la tasa de plantación supere siempre la de cosecha. (Madera21, 2018)

### Producción limpia y eficiente

La extracción y manufactura de madera consume menos energía que la elaboración de otros materiales, y la mayor parte de ella se obtiene de fuentes renovables.

La producción de cemento, vidrio y acero, por ejemplo, requiere de altísimas temperaturas que se alcanzan utilizando grandes cantidades de energía proveniente de combustibles fósiles. De hecho, la energía utilizada para producir una tonelada de cada uno de estos materiales, puede multiplicar cinco, catorce y veinticuatro veces, respectivamente, la necesaria para producir una tonelada de madera. Por lo mismo, el volumen de CO<sub>2</sub> que se emite a la atmósfera durante estos procesos es mucho menor en el caso de la madera (0,28 t, frente a 4 t que genera la fabricación de acero, 7,5 t el PVC y hasta 15 t el aluminio). Además, la optimización de los procesos en la industria forestal ha logrado reducir sustancialmente los residuos sólidos de su producción. Hoy prácticamente toda la materia prima se aprovecha en productos útiles, entre los que se cuenta una amplia variedad de paneles reconstituidos, fibras y combustibles derivados de la madera. (Madera21, 2018)

#### **3.1.4. Madera como material de construcción**

Según Wein Stevens, Académico de la Escuela de Construcción y del Ambiente del British Columbia Institute of Technology de Canadá, la masificación de la madera es sólo cosa de tiempo. "Hay una tendencia mundial en torno a adoptar sistemas constructivos en madera, por sus ventajas en el tema de ahorro de energía y por los beneficios que tiene desde el punto de vista ambiental", asegura. (Construcción O. T., 2018 )

Según datos del INE, cerca de un 17% de las viviendas del país son construidas usando la madera como material estructural, cifra que las empresas proveedoras de productos derivados de este recurso proyectan aumentar en los próximos años. Sin embargo, para lograr lo anterior se requiere que productores, profesionales del área, entidades gremiales y el sector público y privado realicen un esfuerzo conjunto para generar una mayor demanda. (Lopez , 2018)

La construcción en madera tiene un amplio margen para desarrollarse en nuestro país, ya que contamos con abundantes recursos forestales y con una industria moderna, competitiva y sustentable. Manejadas responsablemente, las plantaciones forestales chilenas pueden abastecer la industria por un tiempo indefinido, generando de paso una serie de beneficios económicos, sociales y ambientales. El uso de madera como material de construcción puede disminuir considerablemente el costo total de una edificación: comparada con los sistemas tradicionales a base de tabiques, acero y concreto, una construcción de paneles de madera puede significar un ahorro de hasta un 15%.

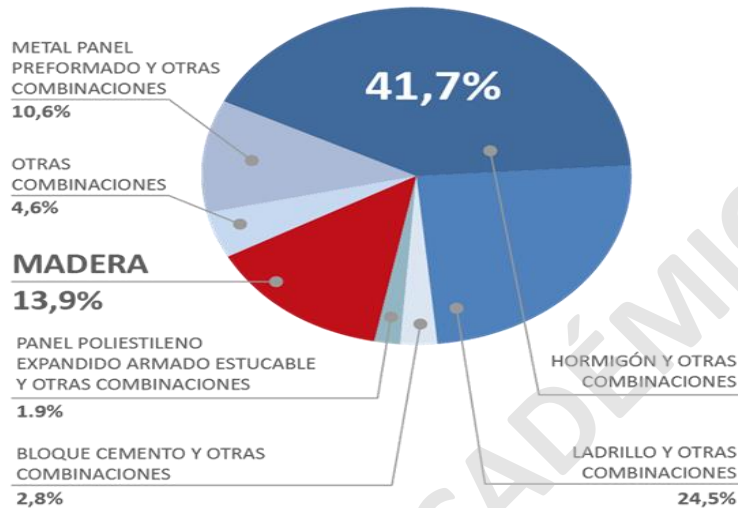
En un país forestal como Chile llegamos a un modesto 19% de construcción en madera, según Francisco Lozano. Si bien la cantidad de proyectos materializados en madera en Chile, especialmente madera laminada encolada, ha aumentado considerablemente en la última década, sigue siendo una proporción bajísima en comparación al número total de proyectos construidos. Francisco Lozano cree que se debe a un desconocimiento del material entre los profesionales que proyectan y diseñan las estructuras. “Aunque son cada vez más los arquitectos que proyectan en madera, faltan más ingenieros especializados”, afirma. “El diseño estructural requiere conocer el material y cómo resolver las uniones y conexiones, y en el mercado solo recientemente están disponibles conectores y fijaciones de alto desempeño. Es difícil que un equipo de profesionales que no domina a cabalidad un material lo promueva a sus clientes “. (Lignum, Lignum , 2018)

Construir en madera es como cocinar, ya que las piezas se van armando, agregando y ensamblando como un mecano, señala Hurtado. “Mientras un muro de albañilería u hormigón es un solo cuerpo que reúne revestimientos, estructura, materiales envolventes y terminaciones, todo junto, al construir un muro de madera se van agregando ingredientes y capas según si se lo quiere protegido del fuego, protegido del ruido, aislado del frío o de la humedad y cada capa tiene un costo y una función muy específicos. Así son las casas energéticas, donde no todos los muros se tratan igual, sino según su función, y como se quiera que se comporten se tratan los materiales” (Lignum, Lignum, 2018)

Nada le gana a la madera en cuanto a la forma en que embellece y da un toque de calidez y distinción a todo tipo de edificaciones. “De aspecto grato a la vista y al tacto, resulta ideal para materializar construcciones en las que el contacto con los usuarios es habitual: columnas, paredes, terrazas, pérgolas, escalas y barandas en viviendas, kindergarten, gimnasios, recintos de culto”, dice el ingeniero civil experto en construcción en madera, Mario Wagner. Sin requerir de grandes transformaciones, se adapta a tareas funcionales y decorativas propias de los materiales de envolventes y de pisos, además de constituir un extraordinario material estructural que puede usarse solo



o combinado con otro, características que la mayoría de las veces no ofrecen el acero, el hormigón armado y las albañilerías”, asegura. (Lignum, Lignum, 2018)



**Figura 9** Uso de madera como material predominante en viviendas .

Las tablas, vigas y revestimientos de madera son prácticos, visualmente interesantes y, gracias a la tecnología, más durables que antes. Se puede encontrar en edificaciones de todas partes del globo y a lo largo de todas las épocas y en su aspecto natural ofrece una gran variedad de patrones

Debido a la ligereza propia de la madera, las construcciones de este material requieren de fundaciones de menores dimensiones, como mínimo un tercio más económicas que las que exigen obras de otros materiales. Además, al tratarse de construcciones que se ejecutan más rápidamente, se reduce el costo de la mano de obra y, como es un material fácil de trabajar, no suelen necesitarse herramientas caras ni de gran complejidad para obtener resultados óptimos. (Factory, 2018)

En ningún caso la madera es un material poco sólido para construir, ya que para cualquier construcción se debe hacer un cálculo estructural que arroja la esquadria a considerar. “Es un material de menor densidad que ladrillos, piedra, hormigón y acero, por lo que como resultado final la estructura es más liviana, pero no más débil ni de menor calidad”, explica Ramón Carreño (Lignum, Lignum, 2018)

Por último, tiene una baja masa, baja densidad y alta resistencia mecánica. Puede presentar la misma resistencia a compresión de un hormigón de resistencia razonable. La resistencia a la flexión puede ser aproximadamente diez veces superior a la del hormigón, así como la resistencia al corte.

### **3.1.5. Alcances**

Gracias a los nuevos materiales y soluciones estructurales desarrolladas por la industria, hoy construir en altura con madera es una opción segura y eficiente que gana terreno en Norteamérica, Europa, Australia y Nueva Zelanda. Solo en los últimos cinco años se han levantado en el mundo más de 17 edificios de siete pisos o más

Para esto se utilizan paneles sólidos conformados por múltiples capas de tablas colocadas en distintas direcciones, sistema que optimiza la resistencia de las fibras presentes en la madera. Entre los más comunes están el LSL (Laminated Strand Lumber), el LVL (Laminated Veneer Lumber) y el CLT (Cross Laminated Timber). Actualmente el CLT se encuentra en fase de estudio en nuestro país, con este último se han construido edificios emblemáticos, tales como Stadthaus en Londres, de nueve pisos; Forté Apartments, en Australia, con diez pisos; y Framework, en Estados Unidos, de doce pisos. Incluso, se proyecta realizar en París un edificio de 35 pisos de altura: el denominado “Baobab”, a cargo del reconocido arquitecto Michael Green, líder mundial en la promoción de rascacielos en madera. (Lignum, Lignum, 2018)

Corma está trabajando actualmente en el Código de Construcción en Madera, desarrollado por el British Columbia Institute of Technology, que a juicio de Enrique Escobar, Gerente del Centro de Transferencia Tecnológica de la Madera, tiene como objetivo normar la construcción de viviendas hasta 3 pisos y 600 metros cuadrados, "lo que permitirá generar una propuesta al Ministerio de Vivienda y Urbanismo para corregir todas las imprecisiones y obsolescencias que la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción omite hoy" (Lignum, Lignum, 2018)

En Chile, la construcción en altura se basa por completo en el uso de hormigón, en gran parte por la normativa sísmica, la cual es una de las mejores de la región e incluso del mundo. Pese a la seguridad que brinda, la regulación podría ser un obstáculo para las nuevas construcciones de madera.

“Para lograr la rigidez requerida del material hay que combinar la madera con hormigón para que el edificio sea rígido y se sostenga para efectos dinámicos”, explica el

arquitecto y profesor Martín Hurtado. “Si además se aplica la norma sísmica, la normativa impide construir en altura en madera, porque se requiere una estructura extremadamente rígida, que no vale la pena llevar a cabo en madera. Algo completamente distinto sucede en países desarrollados como Suiza, donde recientemente se hizo un edificio de 10 pisos íntegramente de madera a la vista” (Lignum, Lignum, 2018)

Demostrar que es posible diseñar un edificio de madera de seis pisos en Chile y que cumpla con las altas exigencias normativas vigentes, fue el resultado de un riguroso estudio que comenzó en 2015 y que obtuvo el segundo lugar en el Concurso de Ingeniería de la Semana de la Madera 2017.

La investigación —titulada “Estudio de factibilidad técnica para la construcción de estructuras prefabricadas de madera en mediana altura, en sistema estructural de marco plataforma en zonas de alto riesgo sísmico”— fue realizada por un equipo de la Universidad Católica coordinado por Jairo Montaña, estudiante de magíster de ingeniería estructural y geotécnica. (Montaña, 2018)

El desafío no era menor, pues aunque en el mundo la edificación en madera supera los ocho pisos, ésta era la primera vez que se hacía un estudio de esta naturaleza en Chile, por lo cual no había muchos datos locales sobre los que basarse como punto de partida.

Este año la construcción en madera en Chile dará un importante paso adelante con el inicio de un ambicioso proyecto de edificación en altura a cinco años plazo, en el que participan Arauco, Arch Quimetal, CMPC, JCE, LP Chile y Volcán, junto a la Pontificia Universidad Católica. El proyecto resolverá las brechas actuales para construir en madera de las áreas de la norma sísmica y estructural de la OGUC (Ordenanza General de Urbanismo y Construcción), y los detalles constructivos para construir con este material edificios de viviendas de cuatro a seis pisos. “Lo más interesante será la transferencia y prestación de servicios, para que los desarrollos sean rápidamente traspasados a la industria”, admite Francisco Lozano, presidente de Madera 21 (ex CTT), entidad dependiente de la Corporación Chilena de la Madera (Corma) que fomenta y promueve la construcción en madera en el país. (Lignum, Lignum, 2018)

Si bien la construcción en madera tiene un amplio margen para desarrollarse en nuestro país, ya que contamos con abundantes recursos forestales y con una industria moderna, competitiva y sustentable. No es suficiente de acuerdo a cifras del INE, en Chile el 18% de las casas es construido con estructuras de madera, número que contrasta con la realidad de países como Estados Unidos, Canadá y la tendencia actual en Europa, donde la madera es utilizada en cerca de un 80% de las viviendas. Sin embargo, este porcentaje en el país muestra una tendencia constante al alza, pese a nuestros abundantes recursos

forestales la madera no se está utilizando y aprovechando sus variadas características a la hora de utilizarla como material de construcción. Chile tiene una industria forestal de primer nivel y nuestro desafío es que la industria secundaria se desarrolle y sea un referente en ingeniería, diseño e innovación a nivel mundial. Las cifras varían pero entre un 18% y un 20% de las construcciones en Chile se hace en madera. Según datos del INE, de las 140 mil viviendas levantadas el año 2009, el 19% tenía estructura de madera. De las 90 mil el año 2010, sólo un 19%. De las 151 mil el 2011, otro 19%. Y de las 117 mil el año 2012, el 13,5%. Estos números nos indican que el mercado de la construcción en madera todavía está en desarrollo y hay grandes oportunidades para preferirla frente a otros materiales a la hora de construir.

Chile es uno de los diez mayores productores de madera en el mundo y es líder mundial en plantación de pino radiata junto con Nueva Zelanda, los datos mencionados nos permiten entender que la falta de construcción en madera no se debe a escasez de material o falta de recursos forestales si no que esta netamente relacionado con factores externos a ella.

Según un estudio realizado entre actores del sector Construcción, la principal razón por la cual no se construye más en madera es la poca valoración que el cliente final atribuye a las viviendas de este material. Esto sería consecuencia del desprestigio que arrastra la madera debido a su comercialización con procesos de secado deficientes, práctica que durante mucho tiempo fue habitual. Además, la arraigada asociación de la madera con la construcción de viviendas básicas o de emergencia ha contribuido a desvirtuar su imagen.

A los prejuicios mencionados, se suma el desconocimiento generalizado de las ventajas y potencialidades que ofrece la madera como material de construcción, tanto entre el público general como entre los propios profesionales y técnicos del rubro. A esto se debe que se le atribuyan desventajas que no se corresponden con el desarrollo tecnológico y la innovación que ha experimentado en las últimas décadas.

La falta de especialista es clave a la hora de construir con calidad, Nuestro país cuenta con muy pocos técnicos y profesionales capacitados para construir viviendas de calidad en madera, aprovechando las soluciones de alto desempeño que ofrece el mercado. Si bien en los últimos años han surgido centros de investigación y transferencia tecnológica dedicados al tema, los programas de formación, la generación de conocimiento y la inversión en I+D aplicada siguen siendo escasos.

De acuerdo con Corfo, “la madera en Chile no cuenta con certificaciones de calidad que permitan a sus demandantes tener certeza de la estabilidad dimensional y estructural de ésta”. Frente a la dificultad para proveerse de madera que cumpla con los estándares

exigidos por la norma, la mayoría de las empresas opta por construir con otros materiales.

Es necesario realizar distintas iniciativas públicas y privadas que apuntan a impulsar el desarrollo de la industria de la madera en Chile, dar a conocer sus ventajas y promover un cambio de paradigma respecto de su uso en construcción ya que tenemos lo más importante que es el recurso natural solo falta cavar la visión. (Madera21, 2018)

## SÍNTESIS

Varios investigadores han propuesto que los seres humanos experimentan una atracción instintiva hacia todo aquello que los conecte con la naturaleza, la que se conoce como “biofilia”. Estudios recientes han demostrado que, tal como la percepción de entornos naturales despierta respuestas fisiológicas positivas en las personas, también la presencia de materiales naturales en los edificios tiende a generar sensaciones de bienestar entre quienes los ocupan, asociándose incluso a menores niveles de estrés y mayor productividad.

La madera, como ningún otro material de construcción, destaca por este atributo. Tanto los diseñadores y arquitectos como los usuarios que la prefieren, aseguran que le entrega a los espacios una belleza y calidez sin igual, además de transmitir una sensación de confort, tranquilidad y bienestar que puede mejorar la calidad de vida de sus ocupantes. Estas cualidades pueden traer beneficios sustanciales en la construcción de viviendas, recintos hospitalarios, educacionales y de oficinas.

Actualmente se está avanzando y el discurso se ha materializado en varias iniciativas como los dos programas estratégicos de CORFO en este tema, la Semana de la Madera, el Centro de Innovación UC-Corma, en alianza con las Universidades de Concepción, Biobío y Austral; más la feria de la Construcción Sustentable en Madera –COMAD 2016- organizada por Corma y la Cámara Chilena de la Construcción, entre otras iniciativas. Sin duda veremos un gran avance en los próximos años.

Para dar un paso más allá requerimos de un elemento clave como la innovación. Chile y su economía requieren un proceso de sofisticación sobre las plataformas de recursos naturales que ha desarrollado, lo que también aplica a la industria de la construcción en madera, donde necesitamos más empresas especializadas en soluciones constructivas.

Lo anterior no sucederá si el relato no pasa de un discurso compartido, a resultados concretos en investigación, innovación y emprendimiento, lo que constituye una tarea de todos y en la cual aún estamos en deuda. Chile posee una industria forestal reconocida en el mundo y sus productos están en cientos de países. Entonces, el desafío de hoy es

que también seamos reconocidos mundialmente en arquitectura, ingeniería, diseño e Innovación en madera. Desde Chile debemos construir estos nuevos negocios.

Si bien en Chile las personas conocen los beneficios de la madera, saben que es un material amigable con el medio ambiente y que se utiliza en grandes obras arquitectónicas. Sin embargo, existe una gran brecha desde conocer sus características y beneficios a preferir la madera a la hora de construir.

Desafíos

- Actualizar el marco normativo
- Especialización de profesionales, trabajadores y empresas
- Certificación y control de calidad para uso en construcción
- mejorar percepción del material por parte de los usuarios

¿Cuáles son las brechas más importantes en torno a la utilización de la madera?

Las brechas más relevantes existen en el área de la construcción, ya que en las áreas de diseño e innovación con madera, este es un material muy bien posicionado y que tiene mucho potencial de expansión. En primer lugar hay un usuario final en torno al cual giran bastantes mitos y prejuicios sobre este material. Luego están los técnicos que construyen con ella, donde encontramos problemas de mala utilización por desconocimiento. En tercer lugar están los profesionales que la especifican y calculan, que si bien se encuentran bien preparados, aún hay mucho por avanzar en pregrado y postgrado para tener profesionales más especializados en esta área. Por ejemplo, hoy en día no existe en Ingeniería Estructural el ramo de Cálculo en Madera, ni tampoco encontramos muchos profesionales con doctorado y magíster en esta especialidad.

¿Cuáles son las tareas pendientes?

El mayor desafío del cual nos estamos haciendo cargo es el cambio normativo. Creemos que para llegar a construir en madera tiene que haber un cambio de paradigma, que es lo que está pasando en otros países. La idea es que la madera se transforme en una solución constructiva, por lo que deberíamos apuntar a generar una cadena de valor en la cual exista una industria de prefabricación. Este cambio de paradigma, de llegar con soluciones constructivas hechas, mejoraría el desempeño de la madera en un mil por

ciento, esto acompañado por profesionales y técnicos especializados. Por otro lado, creo que el integrar las nuevas tecnologías, ingeniería especializada y modelos de innovación es vital para agregar valor a la madera.

SOLO USO ACADÉMICO

## **CAPÍTULO 4**

En este capítulo se hace referencia al sistema de fachadas ventiladas, el cual se abordará en diferentes temas con la finalidad de exponer y dar a conocer los puntos más relevantes e importantes de este sistema y como viene a solucionar un aspecto fundamental como lo es la aislación de la vivienda gracias a su buen comportamiento higrotermico.

### **4.1. Muros ventilados**

#### **4.1.1. Definición**

El sistema de fachada ventilada consiste en disponer sobre el cerramiento convencional de ladrillo (u otro tipo de material que sirva de soporte) una capa de material aislante y una estructura portante de la que se cuelgan unas losas o aplacados (de materiales muy diversos: metales, cerámicos, compuestos, etc...), conformando la cara vista de la fachada. Al colocarlas de esta forma, separadas de la pared trasera, aparece una cámara entre ambos elementos, que además es ventilada al estar en contacto con el aire exterior por medio de las juntas de dilatación de las losas. El sistema de fachadas ventiladas plantea la construcción de una capa exterior, paralela a la fachada, que genera una cámara de aire intermedia. En esa cámara se produce una corriente por convección que funciona tanto como una ventilación para la humedad y como colchón térmico para la climatización interior.

Con este sistema es posible realizar un aislamiento continuo por el exterior del edificio, protegiendo la hoja interior, así como los cantos de los forjados. En la cámara ventilada, debido al calentamiento de la capa de aire del espacio intermedio con respecto al aire ambiente, se produce el llamado “efecto chimenea” que genera una ventilación continua en la cámara. Dimensionando adecuadamente la entrada y la salida del aire, se consigue una constante evacuación del vapor de agua proveniente tanto del interior como del exterior del edificio, manteniendo el aislamiento seco y obteniendo un mejor rendimiento de éste y un gran ahorro en el consumo energético. La Fachada Ventilada, además de incidir en el ahorro de consumo energético del edificio, elimina las radiaciones directas o las inclemencias meteorológicas sobre muros y forjados protegiéndolos de las patologías que afectan a los edificios construidos con sistemas tradicionales. (News, 2018)





Figura 10 Sistema de fachada ventilada .

#### 4.1.2. Origen

La fachada ventilada forma parte de la tradición constructiva europea a través de soluciones como el cavity wall inglés, que data del siglo XIX, o el tabique pluvial mediterráneo, de amplio uso hasta hoy en la arquitectura catalana (Paricio, 1998) . Son sistemas que aún están siendo caracterizados, que permiten múltiples configuraciones, y que ya está siendo incluidas en el diseño de edificios y viviendas, como en rehabilitaciones, gracias a una de las ventajas más atribuidas a la fachada ventilada, que es la reducción de la carga térmica de climatización de la edificación debido al efecto chimenea inducido por la radiación solar en la cámara ventilada, evitando las condensaciones al interior del muro. (Scielo, Scielo , 2018)

Como proyectos más emblemáticos y pioneros podemos señalar la ‘Postdammer Platz’ en Berlín, en Alemania, la ‘Cite Internationale’ de Lyon, Francia, o la ‘Banca Popolare di Lodi’, en Italia.

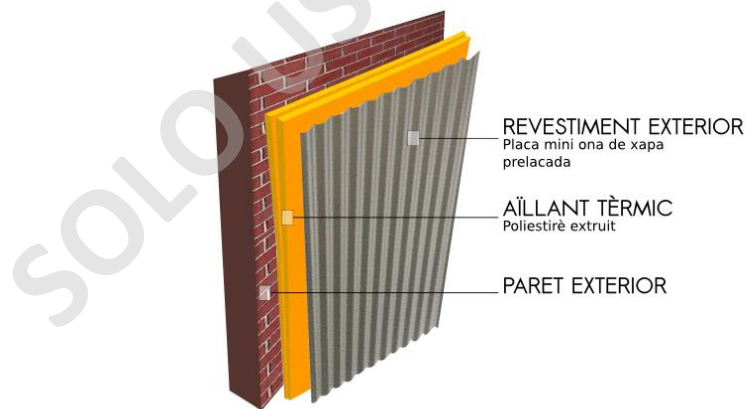
En algún momento de la primera parte del siglo 19, el Cavity Wall o Rain Screen era redescubierto por los británicos. Planes que datan de 1805 sugieren un tipo de construcción de pared con cavidad. Contaba con dos hojas (tabiques) de ladrillo unido por los encabezados de ladrillo, que se extendían a través de una cavidad de 6". Una de las primeras publicaciones británicas (con fecha de 1821) sugiere el uso de paredes con cavidades de aire como un medio de protección contra la penetración de húmeda. (Gregorio Atem , 2018)

Las fachadas ventiladas usualmente son utilizadas en Europa y datan del siglo XIX como una alternativa constructiva para mitigar los efectos climáticos asociados a cada estación, con el fin de hacer más eficientes las construcciones en la ventilación y

calefacción; consiste en un proceso constructivo donde básicamente se genera una capa aislante creando una cámara de aire entre fachadas, se hace una fachada secundaria anclada a la hoja interior o fachada principal de la construcción, con el fin de generar un vano que cumple funciones específicas de aislamiento térmico, acústico, y de humedad dicha construcción exterior debe ser paralela a la fachada de la vivienda. (Vazquez & Prieto , 2013)

Las fachadas ventiladas son muy comunes en el norte de Paris y son conocidas como el muro inglés es una solución implementada por Países Bajos, Suiza y Alemania entre otros lugares donde los climas son muy variables como EEUU y América en general es utilizada con frecuencia para construcciones de plantas muy altas, debido a los climas tropicales de esta región, es conocido que el calentamiento en las construcciones durante algunas temporadas de 28

Verano donde existe la estacionalidad y en las costas principalmente donde las temperatura generalmente son altas, las fachadas ventiladas se han convertido en una herramienta de los procesos constructivos importantes dentro del sector, con el fin de disminuir los efectos de climas tan agresivos en dichas construcciones. (Castro Perez , 2018)



**Figura 11** Tabique pluvial mediterráneo

### **4.1.3. Funcionamiento**

Los sistemas de fachadas de ventilación para clima cálido aunque no pueden solucionar 100% el problema de altas temperaturas dentro de las edificaciones si logra comportamientos térmicos favorables que se traducen en menores temperaturas, generando ambientes más confortables ya que estas fachadas actúan como aislante térmico y aunque su función no es enfriar el aire del interior si puede evitar el exceso de calor; es decir no permitirá que la temperatura sea superior a la que hay en el ambiente exterior es por ello que es importante hacer el uso de materiales como paja, maderas, guadua fibras naturales y materiales tradicionales de la construcción como forjados de hormigón, yeso acantonado, cerámicas tejas de barro entre otras. (Castro Perez , 2018)

La radiación solar presente sobre este tipo de cerramiento genera la convección en la cavidad, creándose una corriente ascendente de aire que extrae calor por ventilación. De esta forma se consigue reducir la temperatura de la pared y la ganancia de calor hacia el interior de la edificación reduciéndose en consecuencia la demanda de energía para la climatización de la edificación.

Si bien su objetivo original es el de generar una barrera de humedad para proteger el ambiente interior, también tiene la ventaja de amortiguar el efecto de la radiación solar directa sobre los cerramientos opacos, disminuyendo las demandas de refrigeración en verano.

La función principal de las fachadas ventiladas es, como ya se ha dicho, conseguir ahorros energéticos en los edificios. Esto se consigue a través de una cámara de aire que hace una función de ‘efecto chimenea’ a base de un buen comportamiento higrotérmico. El sol calienta el revestimiento, este calor se trasmite a la cámara calentando el aire de la misma y este mismo aire caliente tiende a subir generando una corriente de aire en vertical. Dicha corriente lo que provoca es que no aumente la temperatura en el interior del edificio en los meses cálidos al reducir la energía radiante entrante en el edificio y a la vez, evitar la formación de posibles condensaciones.



Figura 12 funcionamiento por estacion del año

#### 4.1.4. Aspectos constructivos

La fachada ventilada representa la evolución en la forma de hacer los edificios, representa ahorros energéticos, de la defensa ante el ruido, ahorros en la utilización del agua, del aprovechamiento del tiempo, del confort, de estabilidad en el tiempo, de rentabilidad, de imaginación, de diseño y de productividad. En fin, aportes que hasta ahora parecía que no contábamos con ellos y que estaban ahí esperando que algo les hiciera sacar lo máximo de ellos

Otro de los aspectos más importantes es la versatilidad del sistema a la hora de buscar el soporte de enganche de la estructura portante; ladrillo, bloque de hormigón, perfiles de acero, madera, hormigón celular, etc. Son algunos de los materiales que habitualmente soportan y complementan el peso de la fachada ventilada en los edificios. La ventilación mejora el comportamiento higrotérmico de la solución constructiva al evitar que se llegue a calentar el aire en la cámara y se produzca la consiguiente transmisión de calor por convección hacia el interior. Además el aire que circula por la cámara favorece la evacuación del vapor de agua que se transmite desde el espacio interior. El aislamiento garantiza el correcto comportamiento térmico de la solución. La disposición del aislamiento forrando la totalidad del soporte impide que se produzcan puentes térmicos y condensaciones tanto superficiales como interiores.

Por otra parte, como expresión arquitectónica, una fachada es, por su diseño, según los materiales empleados, volúmenes, proporciones y otros elementos, lo que determina la identidad del edificio. Es la única parte del edificio que se percibe desde el exterior, motivo por el cual merece una valoración estética y calidad expresiva que defina y de carácter al objeto arquitectónico.

#### Aislamiento higrotermico

La ventilación mejora el comportamiento higrotérmico de la solución constructiva al evitar que se llegue a calentar el aire en la cámara y se produzca la consiguiente transmisión de calor por convección hacia el interior. Además el aire que circula por la cámara favorece la evacuación del vapor de agua que se transmite desde el espacio interior. El aislamiento garantiza el correcto comportamiento térmico de la solución. La disposición del aislamiento forrando la totalidad del soporte impide que se produzcan puentes térmicos y condensaciones tanto superficiales como interiores.

#### Aislamiento acústico

La fachada ventilada permite atenuar la onda de sonido gracias al alto grado de absorción de la lana mineral procedente del ruido exterior

#### Todo tipo de superficies

Las fachadas ventiladas se aplican a cualquier tipo de edificios. Para su instalación no existen impedimentos de altura, edad del inmueble, localización o condiciones sísmicas. “La única limitante podría ser un sistema prefabricado liviano, dado que por ser un sistema con huecos intermedios, seguramente ya se le ha aplicado aislación suficiente”, ilustra Gabriel Rodríguez (Docplayer, 2018)

### **4.1.5. Tipos**

#### Cortina de aire externa (Fachada Ventilada)

Consiste que el aire que viene de la parte interna de la edificación o espacio regresa al

Interior de este. La ventilación de la cámara de aire escritura una cortina que encierra la fachada interna. Es básicamente un pequeño invernadero.

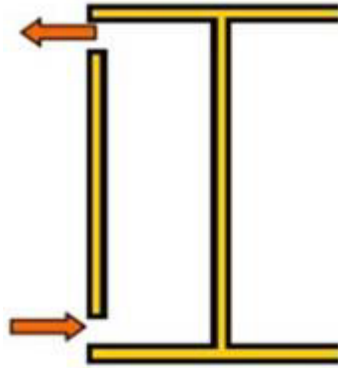


Figura 13 Tomada de: Sistema de doble fachada. (Olmedilla Javier, 2011).

Cortina del aire interno

Consiste que el aire que viene de la parte interna de la edificación o espacio regresa al Interior de este. La ventilación de la cámara de aire escritura una cortina que encierra la fachada interna. Es básicamente un pequeño invernadero.

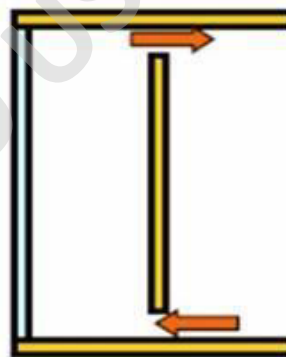


Figura 14 Tomada de: Sistema de doble fachada. (Olmedilla Javier, 2011)

Suministro de aire (Muro Parietodinámico)

Consiste en que la ventilación de la fachada se genera con aire que proviene de la parte de afuera del ambiente, el cual se adhiere en la parte de adentro de un sistema de ventilación

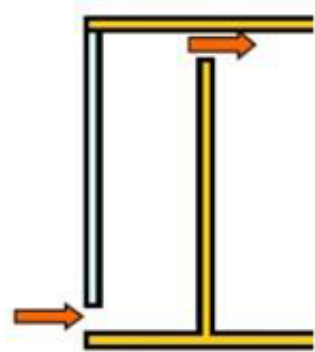


Figura 15 Tomada de: Sistema de doble fachada (Olmedilla Javier, 2011).

Sin recirculación de aire (Muro Solar)

Consiste en una cámara hermética, en donde el aire eleva su temperatura al interior debido a la irradiación que absorbe a través de la pared externa o a la doble piel expuesta al exterior que la ventilación de la fachada se genera con aire exterior, el cual entra al interior del espacio o a un sistema de ventilación



Figura 16 Tomada de: Sistema de doble fachada (Olmedilla Javier, 2011).

#### 4.1.6. Acabados

El camino hacia la consecución de la perfecta fachada ventilada, se ha ido consolidando en los últimos años. La cara exterior ha evolucionado hacia la búsqueda de elementos y acabados de diferentes características. La introducción de materiales cada vez menos pesados y el entramado que los soporta ha ido avanzando y, ha pasado de sustentarse sobre los forjados a hacerlo a lo largo de toda la cara interior

##### Cerámica

Pieza de cerámica extrusionada que cuenta con unas excelentes cualidades técnicas para el revestimiento de fachadas: gran dureza, ligereza, alta resistencia y durabilidad, baja absorción de agua y un excelente comportamiento ante los agentes climáticos y medio ambientales. Está especialmente diseñada para ser anclada sobre una estructura metálica y asegurar una rápida y sencilla instalación del sistema. Su diseño garantiza una fijación óptima a la estructura sin necesidad de cortes o perforaciones adicionales que pudieran debilitar su resistencia.

Fachadas ventiladas en cerámica han evolucionado considerablemente en la última década, por su diseño, durabilidad, dureza y firmeza, además una de las grandes ventajas que presenta la cerámica es la versatilidad que da en el momento de combinarla con otros materiales como el vidrio y el acero creando diseños innovadores y eco amigables, siendo una alternativa muy utilizada en el tema de las rehabilitaciones arquitectónicas ya que presentan una respuesta significativamente positiva a los temas térmicos, acústicos y de diseño además de ser muy durable, el predecesor de la cerámica en las fachadas ventiladas es el arquitecto Benzo Piano ya que son innumerables sus obras la más significativa es Postdammer Plaz .

- Rapidez de ejecución
- Ligereza del sistema sobre el paramento
- Facilidad de instalación
- Sustitución de baldosas independientes.
- Escaso mantenimiento



-Excelente estabilidad del recubrimiento cerámico, sin riesgo de fisuras ni desprendimiento



**Figura 17 Tomada de Arte y Cemento (Reed Business Information, 2005)**

### Fibrocemento

Las placas de fibrocemento son compuestas de cemento, sílcato de calcio y fibras naturales, esto data en Austria en el año 1900 cuando el ingeniero Ludwing Hatschek creó este material, y llevan un proceso de curado en autoclave de altas temperaturas y presiones, es importante destacar que una de las características más relevantes de las placas de fibrocemento es tener una alta resistencia a la flexión y una gran estabilidad dimensional, es muy resistente al impacto, también tiene una durabilidad en su material que disminuye el desgaste por uso, a su vez tiene un excelente comportamiento en referencia a los cambios climáticos ya que tiene bajos cambios dimensionales y la hace más resistente a la humedad y cambios de temperatura, otra característica es que son muy livianas y en el momento de ser instaladas permiten un mejor manejo y reduce costos en la cimentación



**Figura 18 Tomada de: Pespa Group (Pespa Group, 2013)**

#### Terracota

Fachadas Ventiladas en Terracota son hecha en materiales 100% reciclables, son resistentes al hielo e incombustibles, lo más destacable de estas fachadas es que su color es muy durable y son auto aseables y libres de mantenimiento, en el tema de aislamiento térmico y acústico son muy significativos frente a los sistemas tradicionales se ve una reducción de un 20% a un 30% en el ahorro energético, resistentes a los filtros ultra Violeta y resistencia de golpes, estéticamente hablando dan apariencia de una construcción moderna utilizando materiales convencionales es un cambio innovador, también se puede ver una significativa reducción de gases de efecto invernadero, reducción de costos, estéticamente es muy impecable y presenta una mayor aprovechamiento de la inercia térmica ya que en tiempos de invierno da una sensación de calor y en tiempos de verano da frescor, son muy versátiles en la combinación con otros materiales como lo son el vidrio, el metal, la madera, entre otras



Figura 19 Tomada de Sistemas de Fachada (Sistema de Fachadas, 2013)

## Vidrio

Las fachadas ventiladas en vidrio son utilizados en proyectos de mediano y alto volumen son instaladas lo cual da un encerramiento total de la construcción dando una apariencia de modernismo al entorno, también permite el control de temperaturas dentro de la edificación, protege la fachada interior, mejor iluminación al interior de la construcción sin perder su privacidad desde la parte externa, una de las ventajas destacables de estas fachadas son la gran variedad de materiales con las que se pueden combinar es súper importante la adherencia de estos y se debe tener mucho cuidado en los sellados brindando el ahorro energético que es la puesta que proponen los arquitectos con sus diseño innovadores sin perder todo los estandartes de calidad



**Figura 20 Tomada de Fachada ventilada de vidrio Inticom, Yamamay by Riccardo Papa (Riccardo Papa - Stahlbau Pichler, 2016)**

## Madera

Las fachadas ventiladas en madera usualmente su materia prima proviene de bosques acreditados ecológicamente, ya que el consumo de materiales como la madera son controlados y por esta razón los consumos de agua y energía serán reducidos significativamente es por esta razón que los diseños en materiales reciclables y en aprovechamiento de energías renovables los cuales serán incorporados a los ciclos climáticos de esta manera el perjuicio al medio ambiente será minimizado y reemplazado por materiales eco amigables y seguros, son resistentes a la humedad, agua marina, golpes también es resistente a cambios bruscos de temperatura sin alterar su condición es decir ni se encoje ni se deforma permitiendo reducción de costos energéticos y una buena climatización dentro de la edificación por el sistema de cámaras de aire que se crean ya que absorben la energía solar y dan un aislamiento térmico

Se pueden emplear lamas de madera, de distintos anchos y calidades. El buen resultado de este revestimiento se apoya en elegir el sistema de montaje adecuado al clima predominante, para asegurar la difusión de la humedad y la escorrentía del agua de lluvia. Entre las maderas naturales se encuentran: cedro, pino de distintas especies, elondo, ipe, iroko o castaño. Como opción a la madera natural se encuentran los paneles de composite, como el Prodex de Prodema, compuestos por un alma baquelizada y un revestimiento chapado de madera natural, tratados para que no le afecte el sol, sean resistentes a las variaciones de temperatura, la humedad y los xilófagos. La fijación puede ser a listones de madera tratada o a perfiles metálicos



Figura 21 Tomado de Fachada ventilada en madera tecnológica para exterior (Slawek Amielucha, 2011)

### Alucobond

El Alucobond son unas láminas en aluminio compuesto de uso arquitectónico que presenta un aislamiento térmico de un 30% con relación a otro tipo de fachadas que hay en el mercado, consta de dos láminas de aluminio y en su centro lleva como núcleo un plástico térmico o mineral también llamado panel Sándwich, son muy utilizada en el revestimiento de fachadas por el bajo peso y excelente resistencia, de igual manera se puede identificar que una de las ventajas competitivas de este producto es su moldeabilidad permitiendo trabajar tipos de diseños elípticos, puntas redondeadas entre otros, es muy resistente al fuego, su aislamiento acústico es óptimo, son muy fáciles de asear, tienen un impacto mínimo en el medio ambiente ya que es un material reciclable



Figura 22 Plus, Natural Copper (Archi Expo, 2017)

### Hormigón Polímero

Son un recurso constructivo utilizadas en el recubrimiento de fachadas el cual se hace mediante cerramiento en múltiples capas, el hormigón polímero es un material el cual se consigue cuando se reemplaza de una forma total el ligante del cemento por un ligante de polimérico entre las propiedades del producto encontramos que tiene alta rigidez en el endurecimiento, cuenta con una excelente respuesta al momento de moldear para hacer diseños, curvas y demás, es un material muy ligero, también tiene un alto índice de absorción alto el cual permite ser utilizada y evita la utilización de materiales o placas impermeabilizante



Figura 23 Tomada de: Ulma Hormigón Polímero (Construnario, 2010)

## Paneles de cemento

Como el Aquapanel de Knauf. Se trata de placas de cemento atornilladas a una estructura metálica que se terminan con mortero para su impermeabilización. Estas placas pueden formar un sistema completo de fachada con material para interior, aislamiento y placas Aquapanel para el exterior, formar parte de la hoja interior de una fachada ventilada o servir como revestimiento de muros en obras de rehabilitación. El sistema puede ir perfeccionándose para conseguir mayor aislamiento térmico, acústico o mayor resistencia al fuego. Admite canalizaciones para llevar instalaciones. Se puede acabar con todo tipo de revestimientos.



Figura 24

## Mármol

Fachadas Ventiladas en Mármol son una piedra natural reconstruida la cual contiene polímeros, y minerales de alta pureza resistente a cambios de temperatura calor, humedad y filtros ultra violeta son prácticamente auto sostenibles en cuanto a mantenimiento refiere, también se puede destacar en este material altamente resistentes que no presentan fisuras ni zonas frágiles algo muy usual en este tipo de materiales, debido a que el mármol, lleva un proceso de fabricación se pueden obtener diversos diseños y variedad estética, es un producto ligero en cuanto a su peso por tal razón es fácilmente manipulable en el momento de la instalación, una de las grandes preocupaciones de este material es que al ser piedra pueda presentar filtraciones con el agua ya que podría presentar porosidad, pero en la elaboración se contemplan todos

estos aspectos permitiendo que sea mínima que no genere filtraciones de agua ni que se manche el mármol también es muy fácil su mantenimiento y permite ser pulido, para la rehabilitación de fachadas es una opción idónea ya que no requiere tanto traumatismo en el momento de su instalación y si brinda un confort térmico reduciendo el efecto chimenea dentro de las edificaciones



Figura 25 Tomada de Compac (Compac the surfaces company, 2015).

## Piedra

Fachadas ventiladas en piedra tienen una gran versatilidad ya que se encuentran granitos, mármoles alabastros pizarras entre otros y permiten ser muy utilizadas en el diseño de las edificaciones por su gran atractivo visual, para destacar en este material es la estabilidad y tradición además de ser el material más viejo del mundo, es uno de los productos más apetecidos por los arquitectos ya que pueden mostrar diseños innovadores y vanguardistas, como plus en las fachadas ventiladas se puede ver la nobleza del material así como su durabilidad



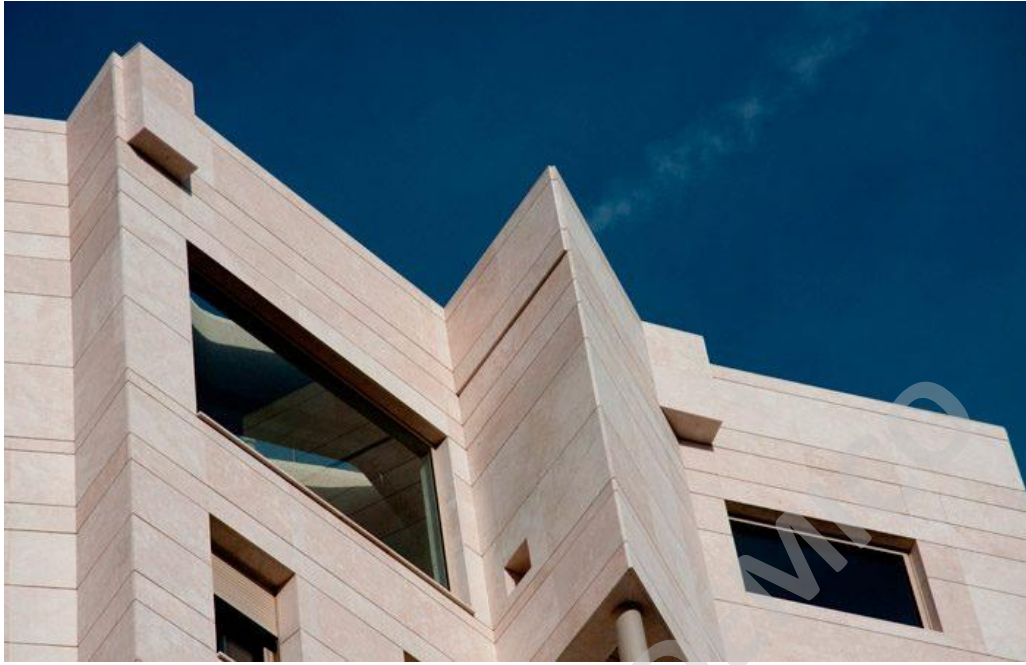


Figura 26

#### 4.1.7. Ventajas y desventajas

##### Ventajas

La fachada ventilada se adapta a todo tipo de revestimientos, lo que no limita su aplicación a materiales concretos ni frena las posibilidades creativas y personales de los arquitectos. Cerámica, piedra, ladrillos... De hecho, para buena parte de los fabricantes del sector, sus productos más innovadores son aquellos creados específicamente para complementar a los sistemas de fachada ventilada. Estas propuestas aparecen en las ferias y encuentros sectoriales como los lanzamientos más innovadores y vanguardistas del momento, ya que superan con creces los requisitos exigidos por la normativa en cuanto a edificación sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Incorporan recubrimientos que potencian el aislamiento térmico y acústico del edificio y permiten la aplicación de diseños corporativos sobre la fachada sin modificar su estructura.

## Aislamiento térmico

El aislante colocado en el exterior de la fachada “envuelve” y protege a la totalidad de la masa de los cerramientos de una forma continua y homogénea. Esta protección evita la formación de puentes térmicos tales como frentes de forjado, pilares embebidos en la fachada, contornos de ventana, dinteles, etc. sin realizar ningún trabajo adicional; de esta forma se optimizan las prestaciones de protección térmica en los edificios rentabilizando al máximo el uso del material aislante.

## Protección solar

La ventilación de la cámara permite evacuar el sobrecalentamiento de la piel del edificio provocado por la radiación solar, de esta forma se minimizan las ganancias solares en régimen de verano y se disminuye la carga térmica de refrigeración del edificio provisto de una fachada ventilada

### Protección frente al agua

El hecho de intercalar una cavidad de aire ventilada entre el revestimiento exterior y las capas interiores de la fachada impide que el agua infiltrada a través de las juntas del revestimiento pueda alcanzar las capas interiores de la fachada asegurando la mejor estanqueidad frente al agua de lluvia.

- Ausencia de humedad y eflorescencia en las paredes exteriores. Contribuye a la dispersión de la humedad.
- Eliminación de la condensación superficial.
- Estabilidad a la estructura y a los muros soporte.
- Insensible a la corrosión provocada por la contaminación.
- Bajo coste de mantenimiento.
- Posibilidad de sustitución de elementos del revestimiento.
- Mejora del aislamiento térmico/acústico del edificio.
- Renueva la estética del edificio.
- Mejora de las condiciones ambientales.
- Dispersión de la humedad presente en el interior.
- Menor absorción de calor en los meses cálidos con lo que se consigue un notable ahorro de acondicionamiento
- Mejora el aislamiento acústico en frecuencias medias-altas (1000 Hz)
- Es una fachada reutilizable que se puede desmontar cuando pasa de moda y volverla a emplear en otro entorno.
- Protección del edificio frente a los agentes atmosféricos

- Auto limpieza de la fachada con la misma agua de lluvia
- Evita moho y humedades al interior de la vivienda

### Desventajas

Las fachadas expuestas al empuje de viento, presentan un mayor riesgo de entrada de agua, pues en el interior del edificio siempre hay una menor presión debido a la succión indicada en la fachada opuesta.

Muy pocas en realidad, la diferencia de calidad entre las fachadas ventiladas y las convencionales es grande. De ahí que el precio de las primeras sea más elevado. No obstante, nos encontramos con materiales de mayor calidad que permiten una mayor duración que las convencionales, lo que redunda en menores costes de mantenimiento, reparación, etc. y en un mayor ahorro energético.

- Complejidad de estructuras metálicas, fijaciones y tornillería para soporte del revestimiento, siendo necesaria el montaje y supervisión de montadores muy especializados.
- Se puede llegar a depender de la calidad de los muros sobre los que se coloque la fachada ventilada, garantizando la calidad de los materiales empleados y su resistencia mecánica.
- Se hace necesario un control de la ejecución del muro, para garantizar la resistencia.
- En caso de utilizarse materiales de baja calidad, existe la posibilidad de deterioro de los elementos metálicos por las atmósferas agresivas de las ciudades y en las zonas de litoral.
- Los materiales deben ser de muy buena calidad, para evitar riesgo de corrosión en las piezas.

#### **4.1.8. Montaje y aplicación**

El correcto manejo y montaje de los elementos, hace posible aprovechar los diversos beneficios de esta solución, tanto para edificaciones nuevas, como para remodelaciones. En términos generales, las fachadas ventiladas se definen como un sistema constructivo

de cerramiento constituido por una hoja interior, una capa aislante y una hoja exterior no estanca. Su adecuada instalación resulta clave para garantizar su efectividad.

La fachada debe mandarse a obra despiezada para que tenga que manipularse en obra lo menos posible. Para poder dimensionar los anclajes debe existir un plano de despiece definido con el fin de poder disponer del peso propio de la piedra, que será un dato más de partida.

El instalador tiene que evaluar la estructura del soporte principal, comprobar ejes y niveles de replanteo y puntos de fijación. Asimismo, debe establecer los puntos de referencia, líneas y niveles para realizar una evaluación completa, considerando la relación de los elementos de fijación y las de aberturas como las ventanas.

Sea la fachada ventilada del material que sea, lo fundamental a la hora de ejecutarla es el replanteo. La actividad principal, en este sentido, es crear el plano virtual que debe conformar el revestimiento. Este plano se puede lograr empleando un láser que con un movimiento circular, que nos determinará los puntos que conforman el citado plano. Para conseguir la posición exacta del citado plano virtual, se ha debido tener en cuenta cual es el espesor libre de la cámara, el canal por el que circulará el aire comprobándose en la obra cual es el estado de la superficie del aislante para así poder saber cuál es la zona de mayor espesor, pues será éste el que mande a efectos de garantizar el grosor del canal. Los puntos de referencia de la fachada no se deben fijar nunca empleando los planos que recercan los huecos, dado que cualquier variación en su ortogonalidad generará problemas en el resto de la fachada.

## Instalación

Para la instalación de fachadas ventiladas, existen tres sistemas de montaje: fijaciones mecánicas a la vista, fijación mecánica oculta (Tergo) y fijación oculta por medio de adhesivos estructurales, anclajes y fijaciones que deben ser validados por calculista, de acuerdo a las condiciones propias de cada proyecto, adaptándose a los códigos de sismo resistencia local. Posterior a la elección del sistema de fijación o montaje, es importante seguir rigurosamente las consideraciones técnicas detalladas en los manuales y guías de planificación e instalación.

La fachada ventilada es un sistema que debe ir adosado estructuralmente a la estructura principal del edificio. Todas las cargas de este (peso propio, movimientos, viento, entre otros) deben ser correctamente transmitidas a la estructura principal. Luego, se tiene que determinar la ubicación o despiece de los paneles de revestimiento de fachada ya que

estos determinarán la disposición y el diseño de la estructura de soporte para el sistema. Tras esto, se verifica que el muro de carga perimetral tenga un punto crítico para el rendimiento del sistema. El proyectista debe evaluar qué tipo de fijación será utilizada para asegurar la estructura de soporte, así como también se tienen que considerar juntas de dilatación para el sistema, relacionadas con las del edificio

Para asegurar el riesgo de no dañar los paneles, se debe implantar una secuencia o método de colocación, ya que estos son productos de acabado de fachada y generalmente, el último material de revestimiento a instalar. Se requiere atención y cuidado en los trabajos (pintura o diseño) posteriores a la fijación de los paneles. Por su parte, el instalador tiene que evaluar la estructura del soporte principal, comprobar ejes y niveles de replanteo y puntos de fijación, informando de cualquier discrepancia inmediatamente al contratista/ arquitecto si la estructura no permitiese la precisión requerida o seguridad en la instalación.

La instalación de la fachada ventilada tiene dos partes fundamentales: la piel exterior y la subestructura de soporte. Existen anclajes visibles o invisibles, cuya elección dependerá del tipo de revestimiento y de los requisitos estéticos del proyecto, así como del presupuesto. Mientras el sistema de enganche visible permite fundamentalmente las juntas alineadas, el invisible facilita el uso de juntas no alineadas y permite presentar una fachada limpia, sin elementos visibles a pesar que éstos dejan de verse en los pisos superiores. En ocasiones, se usan ambos sistemas combinados, de modo de usar anclajes ocultos en los pisos inferiores y anclajes visibles a partir del tercer o cuarto piso a fin de rebajar los costos

Antes de ser instaladas, Es necesario preparar la superficie y evaluar el estado del muro. Por ejemplo, si la pintura está descascarada se debe hacer una reparación previa para resguardarlo de los agentes climáticos. En términos sencillos, y tomando un sistema de anclajes invisible tipo, la instalación básica de una FV es la siguiente:

1. Después de marcar sobre la fachada las posiciones de los elementos de acuerdo con el proyecto, se procede a la perforación y fijación de las abrazaderas mediante tacos mecánicos o químicos.
2. Se colocan los montantes verticales, se alinean y aploman.
3. Se introducen los remaches de acuerdo con lo indicado en el proyecto, es decir, de manera que se creen “puntos fijos” o “puntos móviles”.
4. Se fija el material aislante mediante tacos de nylon a razón de  $\frac{3}{4}$  por metro cuadrado.
5. Luego se continúa con los perfiles horizontales perforados a las alturas requeridas.
6. Los revestimientos se cuelgan fijando los clips al perfil horizontal.

7. Se adecuan los tacos situados sobre los clips ajustables correctamente dimensionados

#### **4.1.8.1 Errores**

##### 4.1.8.1.1. Diseño

Para comenzar con el proyecto; en primer lugar, se debe formar un equipo de arquitectos y de consultores energéticos, quienes deberán coordinar el diseño, los espesores de aislación y de cámara de aire, así como la modulación y sistema constructivo. En el diseño de una fachada ventilada se debe considerar los siguientes aspectos fundamentales:

**Selección del revestimiento:** Asegurar la duración y la apariencia del revestimiento en las condiciones de operación de la fachada. Por ejemplo, no es recomendable el uso de revestimientos porosos (ejemplo: algunas piedras naturales como el travertino, piedra caliza, arenisca, entre otras) en zonas geográficas donde lluvias seguidas de heladas es frecuente, ya que el revestimiento absorbe humedad que al congelarse se expande erosionándolo de manera muy rápida, además de aumentar su peso.

**Control de la humedad exterior:** Asegurarse que los paneles de revestimiento, sus juntas y forros rechacen la mayor cantidad de agua de lluvia posible

**Diseño de la cámara de aire:** Maximizar la ventilación y el desempeño acústico y térmico de la fachada

**Diseño de la subestructura:** Asegurar tanto un adecuado desempeño estético del revestimiento a través del tiempo, como la funcionalidad de la fachada y la seguridad de esta para las personas.

**Control de la humedad interior:** Asegurarse que la humedad del interior del edificio salga a la cámara de aire sin que la humedad de esta pueda ingresar. Igualmente, que el aire calentado o enfriado en el interior del edificio no escape al exterior perdiendo energía

Estanqueidad en el diseño de la solución de ventanas: Al existir una cámara de aire no estanca entre el revestimiento exterior y el interior del edificio, es muy importante prevenir que la poca cantidad de agua que pueda circular por esta cámara de aire no ingrese al interior del edificio, es por esto que se debe realizar un correcto diseño en la solución de ventanas.

#### 4.1.8.1.2. Constructivo

De acuerdo a lo que indican los profesionales del rubro uno de los errores más frecuentes es encontrarse con sistemas de fachada ventiladas instaladas con las juntas selladas y sin apertura inferior y superior, lo que impide todos los beneficios de la cámara de re ventilación trasera. Asimismo, no se implementarían elementos de fijación al cerramiento y/o de estructuras regulables que permitan la nivelación del plano de fachada, de modo que el revestimiento trasmite directamente sobre los paneles todo desnivel de la estructura del edificio deteriorando la estética del acabado y generando mayor tensión entre los materiales.

Otros errores comunes que se comenten a la hora de la instalación es cuando se incorporan materiales no adecuados dentro de la cámara de re-ventilación trasera, como también, cuando el aislante se desprende al interior causando bloqueo parcial o total de la cámara.

Por último, sería un error planear el montaje e instalación de la fachada ventilada durante el avance de la obra, sin estudios previos, que permitan contar con una solución desarrollada en detalle para cada proyecto considerando remates superiores, ventanas y vanos en general.

#### **4.1.8.2. Recomendaciones**

Según los profesionales, el sistema más común para la instalación del panel es sobre perfiles verticales metálicos. Los perfiles verticales aseguran un flujo de aire ascendente continuo en el espacio de la cámara y un drenaje y secado de la humedad. Este sistema consiste normalmente en una escuadra o ménsula que está anclada a la pared o estructura principal del edificio, esta escuadra sirve de soporte a los perfiles verticales en “T” o “L”

que a su vez sirven de soporte para los paneles de fachada. Se debe tener cuidado para evitar problemas tales como corrosión por par galvánico cuando se utilizan metales diferentes.

El perfil en “T” se utiliza detrás de las juntas verticales entre los paneles, mientras que el perfil en “L” se utiliza como perfil intermedio en el centro del panel. En la práctica, a veces los perfiles coincidirán con la altura de un panel o con una combinación de un número de paneles, cada sección de perfil debe estar soportada por un mínimo de 3 escuadras respetando el despiece de proyecto. Con los perfiles verticales se genera la cámara de re-ventilación trasera, generalmente se considera que el ancho mínimo de la cámara debe ser de al menos 20 mm, por detrás de la parte trasera del panel del sistema de fachada; sin embargo, a medida que la fachada aumenta en altura, la cámara necesita incrementar el ancho

En tanto, un flujo continuo de aire se consigue gracias al efecto-chimenea, donde una corriente de aire entra por la base del revestimiento y sale por su parte superior. Así como las cámaras son ventiladas por la parte superior e inferior de la fachada, también es importante permitir que el aire entre y salga por debajo y por arriba de aberturas como las ventanas. Asimismo, es una característica de una fachada ventilada que las juntas no necesiten ser selladas, porque la penetración de aguas es canalizada mediante una combinación de la cámara y la estanqueidad de la pared de soporte. La cámara de re-ventilación permite la instalación del aislante, idealmente rígido, resistente al fuego, al agua y transpirable. Igual de relevante dentro de los sistemas de fachada ventilada es la elección del tipo de panel o piel exterior a instalar, los paneles deben ser livianos, resistentes al impacto, libres de material orgánico, paneles de revestimiento de fachada con clasificación al fuego mayor a A1 o A2-s1, incombustibles, que no desprendan partículas, ni generen humo tóxico, con filtros UV y de fácil mantenimiento

#### **4.1.9. Partes de una fachada ventilada**

Anclajes

Los anclajes deben reunir las siguientes características:

- Capacidad para soportar las fuerzas del viento y el peso.
- Transmitir dichas cargas a los elementos portantes.



- Evitar que la humedad se acumule en zonas concretas, actuando como goterón y, que en todo caso, no tienda a caer sobre el muro soporte.
- Deben permitir el ajuste de cotas en los tres ejes del espacio.
- Los anclajes deben ser de acero inoxidable, para evitar que se corroan.
- Su colocación no debe implicar excesivo ensuciamiento de las placas, los anclajes y los soportes.
- Serán sencillos y no deben obligar a realizar complicados trabajos de labra en la piedra.
- No pueden requerir mantenimiento periódico, por lo que deben tener un alto grado de resistencia a la corrosión.
- Capacidad para permitir la sustitución. Deben permitir la reposición de las placas con facilidad en caso de rotura. No todos los anclajes lo permiten.

1.Revestimiento exterior: capa hidrófuga que está expuesta a la radiación solar directa y, por lo tanto, debe permitir la libre contracción o expansión del material de revestimiento a través de juntas de dilatación, a resolver de acuerdo a cada caso.

#### Hoja exterior

- Barrera a la radiación solar directa (absortividad y reflectividad)
- Cierra la camara ventilada formando una primera barrera de proteccion.
- Propagación del calor hasta la cámara (material de la hoja y suespesor)
- Emisión de calor hacia la cámara de aire (emisividad)
- La hoja exterior debe poder moverse libremente.La frecuencia de juntas entre sus paramentos y las relaciones con la hoja interior debe diseñarse para permitir esos movimientos.

#### La junta

Esta hoja exterior que puede ser de materiales tan diversos genera una primera barrera entre las condiciones del exterior y el interior de la vivienda.no garantiza la estanquiedad pero,evidentemente,crea un primer obstaculo frente al agua.

Maneras que tiene el agua de lluvia de penetra a travez de estas juntas:

#### Gota directa

La camara no es muy eficaz si las gotas de agua,impulsadas por la energia cinetica que aduieren impulsadas por el viento,pueden atravesar la hoja exterior a travez de las juntas ,traspasar la camara y llegar hasta la parte interior.Para evitarlo la junta de la hoja exterior debe ser diseñada de manera que impida la penetracion del agua ,mediante

juntas laberínticas, sesgadas hacia arriba o dificultar la penetración mediante la estrechez para que la cantidad de agua que atraviese sea mínima.

#### Gota empujada por diferencias de presión

La diferencia de presión entre el exterior y la cámara puede empujar a la gota de agua hasta llevarla a la cara interior de la hoja exterior. Si el aporte de agua por este mecanismo no es excesivo y el intradós está bien diseñado [...] esa entrada de agua no es peligrosa. Recuérdese que la hoja exterior es sólo una primera barrera.

La diferencia de presión entre el exterior y la cámara puede empujar a la gota de agua hasta llevarla a la cámara interior de la hoja exterior. Si el aporte de agua por diferencia de presión no es excesivo

2. Cerramiento interior: capa que funciona como cerramiento del espacio interior, el cual puede o no formar parte de la estructura del edificio. Su función principal, como parte de la envolvente del edificio, es aislar térmicamente el interior.

#### Hoja interior

-Transmisión del calor hasta el interior (material y espesor de la hoja; aislamiento térmico)

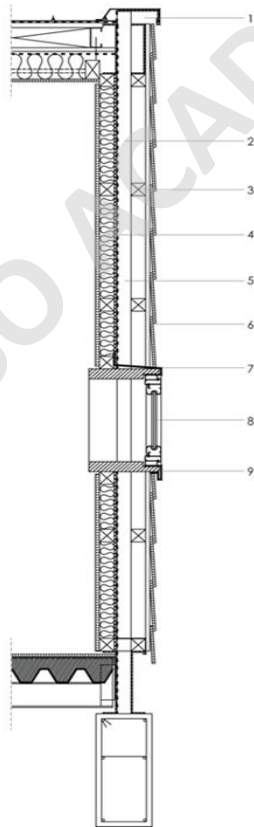
-Es conveniente que el aislamiento térmico sea instalado en la cara exterior de la hoja interior para revestir el canto de los forjados y garantizar la continuidad de su protección.

3. Sistema de soporte: Es el elemento constructivo resistente situado detrás del revestimiento, que transmite los esfuerzos de éste a la estructura del edificio, o que forma parte de ella, y que presenta una deformabilidad acumulada compatible con la libre deformación de los componentes del revestimiento. Son separadores que mantienen el revestimiento exterior en un plano diferente al del cerramiento interior, generando el espesor de la cámara de aire. Su diseño debe evitar la generación de puentes térmicos, acústicos o de humedad.

4. Escotillas: son entradas y salidas de aire que se ubican en los extremos superior e inferior de la cámara de aire. Debido a que son puntos abiertos, deben considerar filtros que eviten la aparición de plagas, manteniendo la función de ventilar. La escotilla inferior debe asegurar la evacuación de aguas lluvia fuera de la cámara a través de un pequeño desagüe.

5. Cámara de aire: se genera por la separación entre el revestimiento exterior y el cerramiento interior. Su principal desafío consiste en optimizar el flujo del aire, lo que se logra relacionando la superficie de las escotillas (S) con la longitud del cerramiento (L), para la envolvente vertical o con la superficie del cerramiento (A) para la envolvente horizontal.

- Garantizar la estanqueidad al agua (mantener el aislamiento térmico)
- Evacuar el aire caliente (espesor, altura y rugosidad de la cámara; tipo de juntas; entradas y salidas del aire)
- Propagar el calor por radiación hasta la hoja interior (espesor de la cámara)



**Figura 27 Composición fachada ventilada.**

#### **4.1.10. Confort y cualidades térmicas**

Una de las funciones principales de los edificios es proveer ambientes interiores que son térmicamente confortables. Entender las necesidades del ser humano y las condiciones básicas que definen el confort es indispensable para el diseño de edificios que satisfacen los usuarios con un mínimo de equipamiento mecánico.

-Menor dispersión de calor. Fuerte ahorro energético en los meses fríos. En los meses de verano la corriente de aire fresco que se genera en el interior de la cámara, evita el recalentamiento de los parámetros al impedir que la temperatura interior se eleve. En invierno, la tendencia es la inversa.

-La citada corriente de aire se produce por el “efecto chimenea” originado por el calentamiento del parámetro exterior, que provoca una variación en la densidad de la capa de aire, con el consiguiente movimiento de ascensión.

- Reduce saltos térmicos (favorece la estabilidad dimensional).

- Evita humedades.

- Optimiza el aprovechamiento de la inercia térmica del muro portante.

- Mejora el aislamiento acústico en frecuencias medias-altas (1000 Hz).

- No se producen condensaciones intersticiales. Mediante el diagrama de Glaser se puede comprobar que con el aislamiento exterior no se forman condensaciones, porque la curva de la presión de vapor de agua en ambiente saturado no intercepta la curva generada por la presión del vapor de agua en ambiente húmedo pero no saturado.

- Con suficiente aislamiento no se producen condensaciones superficiales interiores.

- Evita puentes térmicos. Casi un 20% de la energía que se pierde en un edificio se va a través de los puentes térmicos.

Se obtiene una disminución de la condensación y entrono más saludable, disminuyendo la entrada y salida del aire se consigue una constante evacuación del vapor de agua proveniente tanto del interior como del exterior; además incremental el confort del usuario al disminuir el ruido exterior y la humedad.

#### **4.1.11. Solución sustentable**

Es preocupante que gran parte de la sociedad no haya tomado conciencia de que la sostenibilidad es uno de los retos ineludibles de la humanidad en la actualidad. Pocos saben que más de la mitad de la energía que se consume en el planeta está relacionada de

una u otra forma con la edificación, ya sea en la producción de materiales de construcción, en el acondicionamiento de edificios, en su iluminación y la potabilización de aguas. Estas actividades consumen el 53% de la energía generada, es decir, la edificación es la actividad humana que, directa o indirectamente, es causa del mayor porcentaje del consumo energético en el globo. (Gonzales Licon , 2018 )

Los sistemas de fachadas de ventilación para clima cálido aunque no pueden solucionar 100% el problema de altas temperaturas dentro de las edificaciones si logra comportamientos térmicos favorables que se traducen en menores temperaturas, generando ambientes más confortables ya que estas fachadas actúan como aislante térmico y aunque su función no es enfriar el aire del interior si puede evitar el exceso de calor; es decir no permitirá que la temperatura sea superior a la que hay en el ambiente exterior es por ello que es importante hacer el uso de materiales como paja, maderas, guadua fibras naturales y materiales tradicionales de la construcción como forjados de hormigón, yeso acantonado, cerámicas tejas de barro entre. (Castro Perez , 2018)

Por otro lado, uno de los principales requerimientos que deben presentar las fachadas ventiladas es la eficiencia energética, tanto en estaciones cálidas como en frías, reduciendo el consumo energético ocasionado por el acondicionamiento de los interiores , contribuyendo así a la viabilidad estética, energética y ecológica de la edificación.

La fachada ventilada genera una protección de la incidencia directa del sol sobre la edificación, es decir, los rayos solares llegan directamente sobre el revestimiento y no sobre el paramento. Una parte de la energía se refleja, la otra ingresa a la cámara de ventilación y una mínima parte a la edificación. Controlando así la temperatura interior.

El aire caliente alojado en la cámara, disminuye su densidad y por convección asciende, ocupando su lugar el aire fresco. Este fenómeno dominado “efecto chimenea” evita la acumulación de calor en la fachada, generando en consecuencia un ahorro energético.

El consumo energético de la edificación tiene un peso importante en el cómputo total del gasto de energía y sigue aumentando día a día, esto es debido, entre otras causas, a la carencia de cultura medioambiental de la sociedad en general y de los actores intervinientes en el proceso edificatorio en particular, de manera que las condiciones de confort en el interior de los edificios, se alcanzan a través de instalaciones con sistemas convencionales, con el consecuente consumo energético, producido a partir de fuentes no renovables.

Según profesionales del rubro, la aplicación de esta solución permitiría alcanzar ahorros energéticos, por concepto de climatización y confort interior cercanos al 15 por ciento. Por ejemplo, un edificio que implementa un sistema de fachada ventilada requeriría una menor capacidad de aire acondicionado o calefacción e incluso, en algunos casos y dado el alto desempeño del sistema, se puede hasta prescindir del uso de sistemas de climatización artificial en su interior. En términos acústicos actúa como barrera sonidos exteriores que generan mayor confort acústico interior, por lo tanto un menor consumo energético en la implementación de tecnologías y soluciones

Se ha avanzado en el uso de estrategias y metodologías, para la utilización de unas construcciones que generen un mejor uso de las temperaturas térmicas, estas técnicas, se encuentran en la literatura de la construcción y la arquitecturas presentan ciertas particularidades, del mismo modo permite generar conciencia y una nueva cultura de la arquitectura donde se tenga en cuenta el medio ambiente. (Gonzales Licon , 2018 )

## **CAPÍTULO 5**

### **5.1 Casos utilización fachadas ventiladas**

#### **5.1.1 Casos Internacionales**

A pesar de ser un sistema de conocimiento relativamente nuevo en España, la realidad es que se viene ejecutando desde hace más de 30 años proyectos con formatos de grandes dimensiones y formas desde Japón a Centroeuropa pasando por EE UU. Como proyectos más emblemáticos y pioneros podemos señalar la ‘Postdammer Platz’ en Berlín, en Alemania, la ‘Cite Internationale’ de Lyon, Francia, o la ‘Banca Popolare di Lodi’, en Italia.

-‘Postdammer Platz’ en Berlín

el arquitecto Benzo Piano ya que son innumerables sus obras la más significativa es Postdammer Plaz la cual en su fachada ventilada presento unas ventajas competitivas de ahorro energético y de confort, el principio de las fachadas ventiladas es el comportamiento de chimenea solar ya que al calentar el sol se calienta la fachada y se trasmite a través de la cámara de aire el cual se ubica en la parte alta de la fachada y a su vez se produce una corriente de aire vertical la cual no permite el aumento de calor al interior de la construcción esto sucede cuando hay verano, en tiempos de invierno las temperaturas se mantienen ya que con los aislantes térmicos previamente instalados bloqueando los puentes térmicos que se generan que hace que se genere calor el cual es dispersado por la fachada en ladrillo y la fachada en cerámica



**Figura 28** 'Postdammer Platz' desde las alturas  
- 'Cite Internationale' de Lyon, Francia



**Figura 29** 'Cite Internationale'.  
- 'Banca Popolare di Lodi', en Italia.



Figura 30 'Banca Popolare di Lodi'.

La fachada ventilada, especialmente la cerámica, está teniendo un espectacular desarrollo en España donde es una solución constructiva tanto en edificación residencial, como singular o en la rehabilitación. Esto ha sido debido a sus prestaciones de índole mecánico e higrotérmico (ausencia de malestar térmico), su rapidez de ejecución y que es un sistema constructivo limpio, técnico y de total fiabilidad.

Otro de los aspectos más importantes es la versatilidad del sistema a la hora de buscar el soporte de enganche de la estructura portante; ladrillo, bloque de hormigón, perfiles de acero, madera, hormigón celular, etc. Son algunos de los materiales que habitualmente soportan y complementan el peso de la fachada ventilada en los edificios

-Edificio Sbaté associats, 2014





**Figura 31 Edificio Sbaté associats**

Es el primer edificio plurifamiliar acabado de Barcelona que obtiene la máxima calificación energética, según l'Institut Català de l'Energia (ICAEN), la calificación "A", sello que certifica que ha llegado al nivel máximo de eficiencia energética y la mínima emisión de CO2. La calificación que ha obtenido el edificio de Roc Boronat tiene una validez para 10 años.



**Figura 32 Fachada externa ventilada y con protección solar (SABATÉ ASSOCIATS, 2014)**

Fachada ventilada de paneles de fibrocemento sobre un muro interior ligero de placas de cemento reforzado con fibras, 14cm aislamiento térmico, Carpinterías de madera, clase 4 permeabilidades al aire.

Detalles de la fachada

El cerramiento exterior es ligero con aislamiento térmico de 14 cm de espesor, cerramiento exterior en fibrocemento reforzado blanco con cámara de aire ventilada.

Las placas de gran dimensión de fibrocemento reforzado son plegadas a la estructura. Las juntas son de 10mm en horizontal y vertical.



**Figura 33 Placas plegadas.**

Las grandes fachadas tienen orientación suroeste y nordeste. La primera sufre una gran exposición al sol, sin embargo, las características del proyecto como pequeña cantidad de vidrio, protección solar en madera, y alto grado de aislamiento térmico hacen con que el rendimiento del edificio sea mejor, eso es, sus gastos energéticos son menores para un excelente nivel de confort.

La ventilación de la fachada parece no tener papel en el rendimiento del edificio, una vez que el aislamiento térmico tiene papel fundamental. Quedando para la cámara de aire el papel de alejar la humedad del edificio.

-El Triangle del 22@



**Figura 34 El Triangle del 22@.**

El Triangle del 22@ es un edificio residencial que se distribuye en planta baja y 6 plantas tipo y 53 viviendas de protección oficial en régimen de alquiler. Todas las viviendas tienen balcón y lavadero y son de 2 dormitorios a excepción del 7<sup>o</sup> 5<sup>a</sup> que son de una habitación.

El edificio ha obtenido la Calificación Energética “A” que otorga el Instituto Catalán de Energía de la Generalitat de Catalunya (ICAEN). Se han minimizado las necesidades energéticas de las viviendas implementando sistemas de ahorro de energía (fachada ventilada de color claro, ventilación cruzada, control temporizado de la renovación de aire de las viviendas y luminarias de bajo consumo, entre otros) y sistemas de producción de energía térmica renovables y de alta eficiencia (conexión a la red Districlima).

Fachada aislada y ventilada cerámica de juntas abiertas. Las fachadas suroeste y oeste cuentan con menos aperturas y una parte grande opaca en fachada ventilada. La suroeste está protegida por balcones y la oeste es prácticamente opaca. En este sentido la fachada ventilada tiene papel 90 fundamental en el comportamiento térmico del edificio, una vez que las fachadas más soleadas son compuestas solamente por partes opacas.

-Escuela El Tren de Fort Pienc

En cuanto al funcionamiento del edificio, además de ajustarse a los requerimientos de su programa escolar, se ha considerado prioritario el buen comportamiento bioclimático en todas las orientaciones, captando la radiación térmica allá donde las necesidades

funcionales lo soliciten, produciendo espacios intermedios climáticos que aporten un beneficio térmico y de confort en el interior del edificio.



**Figura 35 Construcción de las fachadas ventiladas (PARDAL, 2010)**



**Figura 36 Construcción de las fachadas ventiladas (PARDAL, 2010)**

La fachada principal del edificio está orientada a SO hacia la plaza pública delante de la Estación del Norte. La otra fachada forma “V” con parte de las aulas orientada a E. Las fachadas S y SO más expuestas a la radiación solar están protegidas por lamas.

La idea de los arquitectos era crear un concepto integral de fachada ventilada industrializada.

Las fachadas hacia la calle se articulan mediante fachada ventilada compuesta de (desde el interior hacia el exterior): paneles de hormigón prefabricado situados por delante de los cantos de los forjados, aislante térmico a base de placas de poliestireno y placas de tipo hormigón polímero con acabado en color blanco mate.



**Figura 37 Construcción de la fachada**

-Hostel Twentytu

La fachada principal (suroeste) es ventilada, con un revestimiento de placas cerámicas extrudidas de dos colores distintos, sujetas mediante una sub-estructura metálica, mientras que en los macizos entre las grandes aperturas de la planta baja la fachada son aplacados con piedra natural. Ambas superficies de diferentes materiales quedan delimitadas y separadas por un perfil de acero laminado pintado. La fachada que delimita la escalera de evacuación exterior es calada, formada también por piezas cerámicas de celosía del mismo tipo y color que las piezas de fachada.



**Figura 38 Fachada Principal.**



**Figura 39 Ejecución de la fachada**



Figura 40 Ejecución de la fachada

- March Park 2, Corea



Figura 41

- UNSW Biological Science Building, Sydney Australia



Figura 42

En los proyectos analizados se encuentra plasmados en el siguiente cuadro en donde se plasma la ciudad de localización, el uso, año de construcción, material de fachada ventilada, material de muro de soporte, y en algunos casos se obtiene porcentajes de reducciones de energía.




CIUDAD	NOMBRE DEL PROYECTO	USO	PISOS	ARQUITECTO	AÑO	MATERIAL	MURO DE SOPORTE	% DE REDUCCIÓN DE ENERGÍA	DATO CURIOSO	IMAGEN
Ciudad de México	Torre Reforma	Multiservicios	57	Benjamín Romano	2016	Vidrio- HEG Diseño e Instalaciones S.A de C. V	Concreto	24%	Pre certificación LEED Platinum por el Consejo de Construcción Verde	
Brasil	JK 1600	Oficinas	15	Alfredo Del Bianco, Afialo y Gasperini Arquitectos		Perfiles en PVC- Terracot@ - Hunter Douglas NBK	Concreto	30%	N.E	
Sete lagoas-Brasil	Fundación Zerrenner	Educativo		Gustavo Penna	2017	Hormigón Polímero de ULMA Architectural Solutions	Hormigón	N.E	N.E	

Figura 43 Los proyectos anteriormente relacionados demuestran que con la implementación de fachadas ventiladas reduce el 24% y 30% de energía con la utilización de materiales como el vidrio y arcilla. Tomado de: la autora, 2011.

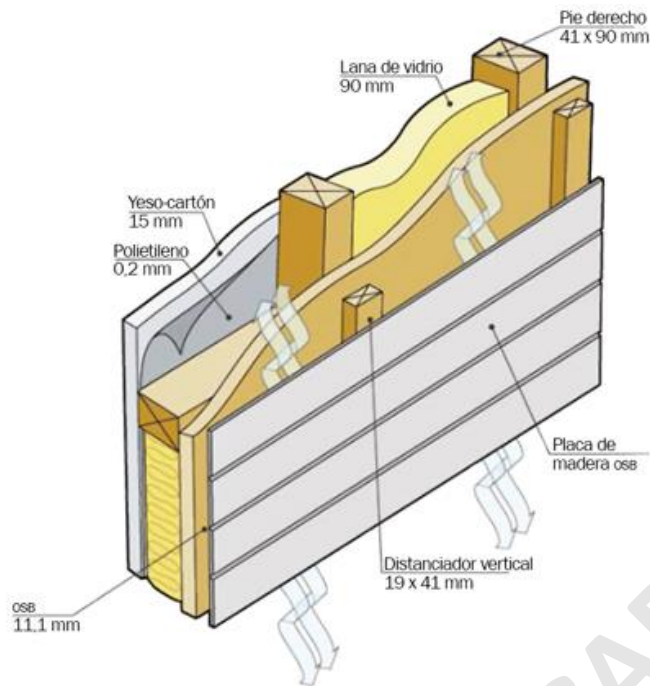


### 5.1.2 Casos chilenos

En el año 2007 se inauguró en Villarrica la primera sala cuna que incorporaba la tecnología del tabique ventilado en madera en muros exteriores y cielo, además del sistema de paneles modulares prefabricados, todos desarrollados por la Universidad Católica. Las ventajas térmicas asociadas a esta estructura, que contiene varias capas de materiales y que incorpora una cámara de aire, han sido corroboradas por los usuarios del recinto. Especialmente se ha destacado el ahorro en calefacción durante el invierno. Estas cualidades sumadas a los bajos costos de la construcción en paneles generaron interés de parte del Servicio de Cooperación Técnica, Sercotec, de la Novena Región. (Sanchez , 2018)

Los arquitectos diseñaron una vivienda social de 48 metros cuadrados sobre la base de cinco paneles modulares, que han denominado sistema MODARQ. Para ello desarrollaron un tabique límite, una variación del original creado por el Centro de Innovación y Desarrollo de la Madera UC-CORMA, con la ventaja de ser un tercio más económico, pero manteniendo similares condiciones de aislación. La estructura se usó en el muro envolvente y en el cielo de las viviendas. (Sanchez , 2018)

El proyecto plantea el uso de un sistema prefabricado de paneles de madera. Se trata de un material que tiene una larga tradición de uso en Chile y que cumple con características como solidez y liviandad, fundamentales para el desarrollo de un sistema prefabricado de rápido montaje con bajas demandas tecnológicas. La elección del material informo el sistema de medidas de la propuesta, determinado en base a los formatos de tableros de madera con propiedades estructurales (en Chile, contrachapado y OSB), comercializados en placas de 1,22 x 2,44 m. Esto deriva de los estudios del CIDM UC en torno al panel envolvente de muro ventilado y sus variantes, puestas a prueba por el sistema MODARQ desarrollado por Juan Ignacio Baixas y Mario Ubilla. Este sistema se reconoce heredero de aquellos implementados anteriormente por el Hogar de Cristo, en cuanto a balancear baja demanda tecnológica y alta capacidad de eficiencia en el proceso de fabricación, transporte y montaje. (Scribd, 2018)



**Figura 44 Detalle constructivo de la composición del panel ventilado, estudiado y desarrollado por el CIDM UC en el proyecto FONDEF DO3I1020. Fuente: Fritz y Ubilla, 2007.**

Comparado con las viviendas sociales de la zona construidas en madera, el sistema garantiza mayor aislación y hermeticidad porque incorpora capas continuas, que no tienen rendijas, como el Cholguán. Cuando se trabaja con entablado es probable que el aire que pasa de un lado a otro, aunque no sea en grandes cantidades, produzca cambios de temperatura. (Sanchez , 2018)

El profesor y director de la Escuela de Arquitectura Juan Ignacio Baixas explica también que uno de los problemas de las construcciones en madera es que si bien son muy eficientes en invierno por sus cualidades aislantes, en condiciones de calor la madera no tiene inercia térmica. A diferencia de los muros de hormigón o ladrillo, que después de enfriarse durante la noche, permanecen relativamente estables durante un período largo, la madera se calienta muy fácilmente. Para solucionar este problema, es fundamental el sistema de ventilación en el techo, superficie que recibe más radiación solar que el resto de la casa. (Sanchez , 2018)



**Figura 45** Prototipo ubicado en la localidad de Quinquén y Villarrica



**Figura 46** vivienda social en localidad rural, Villarrica, Chile.



**Figura 47** Jardín infantil en Villarrica superficie 132 M2

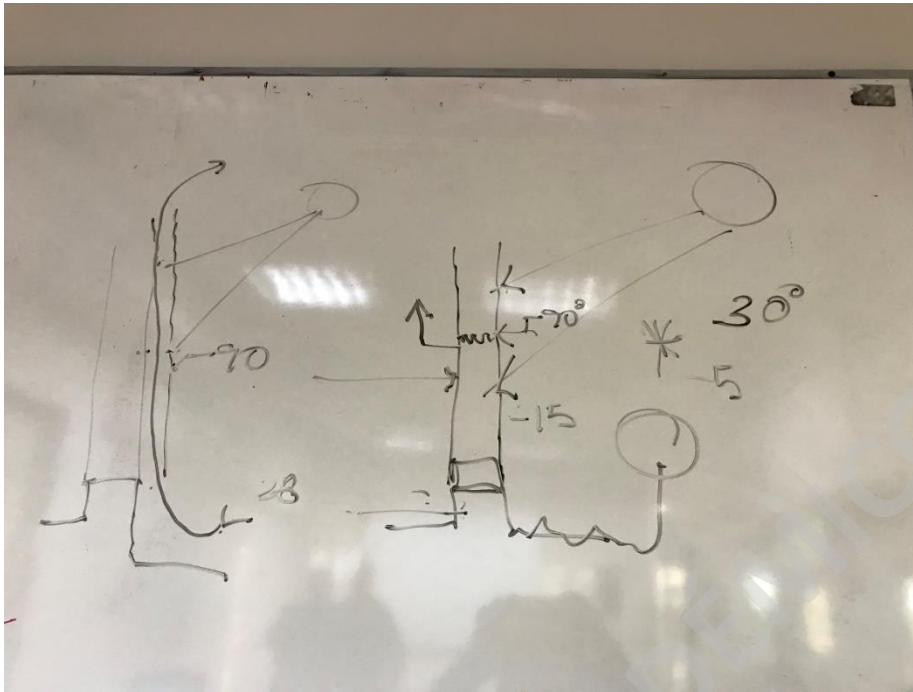
## Opinión técnica

Se realizó una entrevista a Víctor Montes Arquitecto y participante de la investigación Tecnológica en la construcción en madera en Chile. En la cual se realizan una serie de preguntas con relación a las Fachadas Ventiladas con el fin de conocer su opinión técnica y que nos aportara información relevante respecto al tema estudiado.

-Principales beneficios que entrega la Fachada Ventilada a un proyecto en términos generales

Las fachadas ventiladas se han estudiado en todo el mundo desde el punto de vista de su contribución al mejor comportamiento físico de los materiales, punto fundamental a la hora de evitar la pudrición de la madera porque se incorpora aire a los puntos cerrados evitando la humedad. Su construcción a lo largo del mundo es debido a su contribución para que los materiales no se deterioren

En el caso de Chile sin lugar a duda ayuda a evitar la humedad pero además posee una ventaja que no había sido estudiada hasta que fue estudiada en el centro de la madera proyecto Fondef, esta característica está relacionada con lo que genera la cámara ventilada desde el punto de vista del calentamiento del edificio. El estudio fue en función a la madera la cual no posee masa por lo cual se sobrecalienta con facilidad haciendo que la temperatura al interior de la vivienda suba sin poder escapar debido a la conductividad térmica presente en la madera.



**Figura 48 Comportamiento de un muro frente al frío y calor.**

Lo que busca la Fachada Ventilada es todo lo contrario a lo mostrado en la figura anterior ya que gracias a cámara ventilada el aire circula mientras el sol calienta una superficie que no es el muro permitiendo que la temperatura no sea superior y que la vivienda presente un confort del punto de vista térmico, generando mejor calidad de vida y disminuyendo la transmitancia en la vivienda.

-¿En que sistema constructivo se puede aplicar Fachada Ventilada?

La Fachada se puede aplicar a cualquier tipo de construcción sea esta madera donde se logran beneficios mayores porque la madera no tiene masa como también puede ser aplicada a muros de hormigón de diferentes tamaños generando el excelente comportamiento físico a muros que requieren una sobre carga de aislación térmica por el exterior donde puede ser sustituida por Fachadas Ventiladas ya que su costo es mínimo y los beneficios muy altos.

-¿Es rentable construir bajo este sistema constructivo en Chile?

Depende de la escala del proyecto, donde la cantidad de viviendas y el objetivo por el cual se utilizará son sumamente influyentes a la hora de tomar una decisión. Si se piensa realizar un proyecto para el hogar de Cristo donde la necesidad primordial es brindar un techo a las personas no sería rentable ya que se le agrega un costo adicional.

El 90% de los casos si sería rentable ya que no es caro y su beneficio del punto de vista del ahorro en combustible es altísimo generando una escala de valor altísima para sus habitantes del punto de vista de la calidad de vida.

-¿Se podría considerar la Fachada Ventilada como solución sustentable?

Sustentable es utilizar del planeta lo que estrictamente necesito y me aseguro que mis hijos puedan disponer de eso .Desde esta perspectiva la Fachada es una contribución porque reduce gastos operacionales mejorando la calidad de vida, calidad del trabajo, etc.

-¿Principales problemas en construcción y traslado?

La Fachada tiene una superficie los pie derecho que son verticales que van a 50 cm permitiendo que el aire salga, tendremos una cámara de aire sujeta a posibles desprendimientos del revestimiento por lo tanto si el revestimiento que se utilizara es frágil o puede sufrir desprendimientos es recomendable llevar los paneles perimetrales sin el revestimiento y que sean instalados en obra asegurándonos que los sellos queden correctamente instalados y que los trabajos de hojalatería.

-¿La Fachada Ventilada funciona correctamente en conjunto con la madera?

Está pensada y nació desde la madera como razón principal ventilar la madera evitando hongos y pudrición.

-¿Razones por las cuales se utilizaría la Fachada Ventilada en Chile?

Las principales razones son su comportamiento físico y que gracias a la ventilación que genera la cámara de aire se puede controlar y evitar hongos y pudrición de la madera.

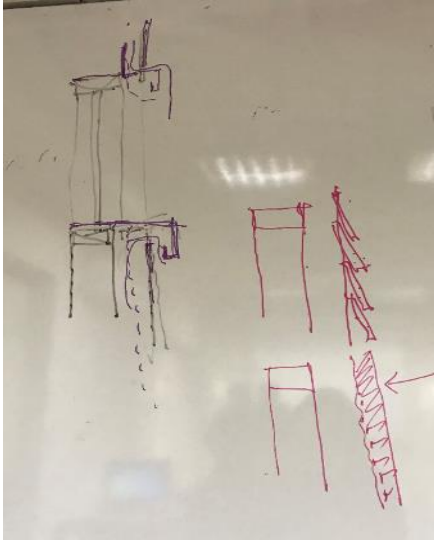
-¿Principales errores de diseño y construcción presentes en su ejecución?

Principalmente están relacionados con la ignorancia de las personas ya que no se instala la cámara de aire por que esta demás y no saben cuál es su función por lo cual se deja estanca evitando filtraciones de aire se instala un palo y liquidan la cámara.

Otro error muy ocurrente está presente en ventanas y puertas donde se debe asegurar el paso de aire sin la penetración de agua. Por lo tanto dos errores están netamente relacionados a la ignorancia y una relacionada a su ejecución

-¿cómo se puede evitar el paso de agua al interior?

Se debe trabajar con un detalle constructivo el cual nos permite conocer donde pueden ocurrir las posibles penetraciones de agua realizando un desvío del aire donde la hojalata ocupa un papel principal evitando que el agua penetre permitiendo la circulación de agua.



**Figura 49** Diseño de hojalata en puertas y ventanas para evitar el traspaso de agua.

-¿La Fachada Ventilada expuesta al agua y viento se ve afectada a lo largo del tiempo?

Se deben tener las mismas precauciones que un muro que no pose Fachada Ventilada en el sentido que las hojalatas cumplan con los largos, orientaciones y los traslapes adecuados para el viento.

En el caso que exista mucha presencia de viento es mejor no realizar la ventana o puerta en ese lugar para evitar posibles problemas aunque no es un problema grave.

-¿El tipo de clima es un inconveniente?

Donde más se luce la Fachada Ventilada son en climas lluviosos y con alta radiación solar, en el Caso de Chile este clima esta presenta del norte a sur por lo tanto lo importante no es el clima si no el motivo del porque la utilizaremos ya que siempre tendremos el problema de la humedad, sobrecalentamiento y frio.

Al ser un panel que esta fuera del plomo de la estructura del edificio u vivienda aleja de la estructura la humedad y el agua directa.

-¿En qué climas funciona de mejor manera la Fachada Ventilada?

Climas mediterráneos y extremos como Finlandia y Canadá.

-¿se debe tener mano de obra capacitada y especializada en el tema para construir adecuadamente?

Se deben tener ciertos conocimientos, saber qué es lo que se debe hacer y él porque para que puedan tomar decisiones con la información real y el panorama completo.

-¿En caso de una rehabilitación es necesario realizar un estudio previo para conocer las características de la vivienda?

Al realizar una rehabilitación completa nunca esta demás hacer un estudio de comportamiento físico ambiental y eficiencia energética del edificio con una solución sin cámara de aire y con cámara de aire para conocer sus resultados.

En caso de rehabilitación de casas sociales o rehabilitaciones menores no es necesario el estudio previo porque se sabe que su mejora y sus resultados serán positivos.

## SINTESIS

En este capítulo se buscaba dar a conocer casos en los cuales se han implementado Fachadas Ventiladas en Chile exponiendo sus principales beneficios y cualidades que se generan en una vivienda a partir de esta cámara ventilada en la vivienda, abordando puntos como el confort térmico, problemas de humedad y hongos .Sus habitantes son testigos principal de estos cambios positivos que afecta a la vivienda.

Las preguntas realizadas al Arquitecto Víctor Montes fueron necesarias para resolver una serie de inquietudes de su comportamiento y el panorama en Chile sobre su implementación y funcionamiento, ya que no se encuentra mucha información de cómo es su implementación y si efectivamente es apropiado utilizar Fachadas Ventiladas en viviendas de madera en nuestro País conociendo los problemas que existen con la humedad.

Gracias a esta serie de preguntas se pudo aclarar una serie de dudas que se tenían sobre su implementación y beneficios para poder dar un cierre y concluir que efectivamente sus beneficios son positivos y que Chile tiene las condiciones necesarias para utilizar Fachadas Ventiladas en sus viviendas.



## CAPÍTULO 6

### 6.1 Proyecciones y limitaciones

Las fachadas ventiladas imprimen a los edificios antiguos una apariencia totalmente renovada, prolongan la vida útil de la envolvente y aportan una solución energética. También permiten faenas en seco, protegen de agentes atmosféricos, son de fácil instalación por su prefabricación.

El mundo de la construcción arquitectónica vive momentos muy interesantes debido a los cambios que se han producido y se están produciendo a velocidad cada vez más acelerada y las posibilidades de innovación se abren incluso para las formas más sencillas de la edificación sin dejar de lado la eficiencia energética.

Si bien es difícil predecir qué ocurrirá con la implementación de fachadas ventiladas en Chile es evidente que se están convirtiendo en un mercado muy atractivo y con buenos resultados en varios países donde la evolución de la fachada ventilada se ha consolidado en esta última década. Países como España tiene una gran cantidad de sus edificios con fachadas ventiladas, debido a sus características propias y las que entrega a la edificación, de tal manera que se está implementando a lo largo del mundo tanto en edificios habitacionales, oficinas, centros comerciales, entre otros sin que su uso sea una limitación.

Chile no se caracteriza por utilizar la madera en sus construcciones por la cual si sería una limitación ya que solo un 17% de sus construcciones son en madera y no hay muchos antecedentes de proyectos en los cuales se utilizaron fachadas ventiladas.

A mediados de 2006 se publicó en el Diario Oficial un Decreto del MINVU, la modificación al Art. 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), exigiendo el aislamiento térmico de la envolvente de toda vivienda construida a partir de enero de 2007. Si bien esta disposición va en la vía correcta, “su aplicación es muy lenta por cuanto es aplicable solo a viviendas nuevas cuyos permisos de edificación sean posteriores al 4 de enero de 2007. Sin embargo, hay alrededor de 4 millones de edificios, especialmente viviendas que quedan fuera de la disposición por ser de construcción anterior a la fecha de puesta en marcha del decreto”, indica Rodríguez. Como no es de carácter retroactivo, dicho universo de construcciones no gozará de los beneficios del aislamiento térmico hasta la renovación total del parque, proceso que puede durar más de 50 años. Paralelamente, se distinguen 9 zonas climático-habitacionales, según la clasificación de la norma NCh 1079, que considera factores tales como lluvias, viento, heladas, temperaturas, soleamiento, entre otros, a considerar para la instalación de las Fachadas Ventiladas. Por ejemplo, en la zona norte litoral o zona costera, que va desde Arica hasta La Serena, hay sectores con camanchaca o nubes

matutinas, donde no tiene sentido proteger las ventanas o fachadas hacia el oriente contra el sol. Por la tarde en tanto, el sol incide de frente por el poniente siendo necesaria protección solar, lo que ocurre hacia al sur como Concepción, donde edificios vidriados en su cara oeste no cuentan con protección, pudiendo alcanzar temperaturas interiores muy altas, casi 40°. (Construcción C. C., 2018 )

Para cerrar las proyecciones y limitaciones mencionadas se puede hacer referencia que la Fachada, ha ido innovándose y reinventándose con el pasar de los años, hasta el día de hoy en donde la Fachada Ventilada presenta gran importancia en la gran variedad de revestimientos y formas de su implementación, tanto para viviendas nuevas como las ya existentes, enfocando el diseño de estas fachadas hacia una Arquitectura Sostenible, es por este motivo que la aplicación de fachadas ventiladas en viviendas de madera es sumamente beneficiosa y favorable para lograr una vivienda agradable térmicamente además de otros beneficios ya mencionados .

SOLO USO ACADÉMICO

## CONCLUSIONES

Estudios realizados en Chile por la Pontificia Universidad Católica y Universidad de los Andes arrojaron que si es factible su implementación y que se logra el confort térmico esperado, además de ser una buena solución constructiva en materia de eficiencia energética para Chile .ya que mediante cámaras de aire de diferentes espesores se lograron percibir mejoras en términos de aislación térmica de la vivienda. Por otro lado estudios y proyectos realizados en diferentes países del mundo la utilización e implementación de este revestimiento ha tomado un lugar protagonista en las edificaciones gracias a sus características de diseño la cual genera una nueva piel en el edificio generado ambientes confortables para sus usuarios.

Las Fachadas Ventiladas obtienen cada vez más aceptación por parte del mundo de la arquitectura y construcción, debido a que son compatibles con las solicitudes de cada proyecto y con las prestaciones más complejas. Con las fachadas ventiladas toda la envolvente de la edificación aprovecha las distintas épocas del año para crear ambientes confortables más gratos, reduciendo el gasto de energía. Un nuevo concepto y una nueva cara para los edificios.

Tenemos las condiciones necesarias para comenzar a implementar las fachadas ventiladas en nuestras viviendas por lo tanto solo se necesita darle inicio a nuevos proyectos con el fin de cambiar la percepción del usuario sobre el sistema constructivo en madera y brindarles una mejor calidad de vida mediante mejoras significativas en materia de confort interno de la vivienda y ahorros en consumo energético producto de su estructura. Si bien su utilización e implementación en edificaciones Chilenas no es y será de la noche a la mañana es necesaria su masificación uno de los motivos por el cual es factible su utilización es que Chile consta con abundantes recursos forestales y una gran industria capaz de abastecer el mercado ya que somos unos de los diez mayores productores de madera del mundo y no se le está dando la importancia que debiese tener visto que se cosecha cinco veces el volumen de madera que consumimos como País.

En Chile se han desarrollado diferentes proyectos con fachadas ventiladas como se muestra en el cuerpo de la investigación, sin embargo la información de los resultados de estos proyectos no ha sido fácil de conseguir por fuentes no públicas, en ese sentido es interesante lo que ocurre con los proyectos realizados por la Universidad Católica de Chile ,el cual se realizó el contacto con el gerente general de la empresa actualmente en quiebra y no fue posible construir los antecedentes más allá de las descripciones del proyecto .En ese sentido suena súper interesante pensar en las Fachadas Ventiladas no como una solución única ni hiper tecnológica sino que como una solución llamativa para ser aplicada en la masividad de las construcciones en Chile.

## **Bibliografía**

- Ambiente, C. y. (20 de Agosto de 2018). *Construccion y Medio Ambiente*. Obtenido de [www.construccionymedioambiente.org](http://www.construccionymedioambiente.org)
- Ananias , R. (04 de Septiembre de 2018). *Scribd* . Obtenido de <https://es.scribd.com/document/265429166/Fisica-Madera>
- Arquitectura21. (02 de Septiembre de 2018). *Arquitectura21*. Obtenido de <https://www.arquitectura21.com/2011/03/propiedades-de-la-madera-para-construccion.html>
- Bautista Gordillo , J. D., & Loaiza Elizalde , N. F. (2017). La construccion sostenible aplicada a las viviendas de interes social en Colombia . *Semillas Ambientales* , 87-89.
- Castro Perez , N. (13 de Septiembre de 2018). *Repository*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15564/1/Trabajo%20de%20Investigaci%C3%B3n-Natalia%20Castro%20P%C3%A9rez.pdf>
- Construccion, C. C. (30 de Noviembre de 2018 ). *Biblioteca CChC*. Obtenido de <http://biblioteca.cchc.cl/datafiles/22140-2.pdf>
- Construccion, O. T. (12 de Agosto de 2018 ). *One Touch Construccion* . Obtenido de [www.emb.cl](http://www.emb.cl)
- corma. (12 de 04 de 2018). [www.corma.cl](http://www.corma.cl). Obtenido de [www.corma.cl](http://www.corma.cl)
- Docplayer. (15 de Septiembre de 2018). *Docplayer*. Obtenido de <http://docplayer.es/7137487-Aplicar-un-sistema-de-aislamiento-termico-exterior-tanto-en-edificaciones-una-nueva-piel-fachadas-ventiladas-en-edificios.html>
- Electricidad. (17 de Agosto de 2018). *Electricidad la revista energetica de Chile* . Obtenido de [www.revistaei.cl](http://www.revistaei.cl)
- Energetica, A. d. (10 de Agosto de 2018). *Agencia de Sostenibilidad Energetica* . Obtenido de [www.acee.cl](http://www.acee.cl)
- Factory, W. (07 de Septiembre de 2018). *Wood Factory* . Obtenido de <https://www.woodfactoryargentina.com/sistemas-constructivos/razones-para-elegir-la-madera/>
- Fritz Duran , A. (2004). *La construccion de viviendas en Madera* . Santiago .

- Gonzales Licon , H. (07 de Diciembre de 2018 ). *Saber mas revista de divulgacion* . Obtenido de <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/24-numero-3/48-arquitectura-vernacula-estrategia-y-clima.html>
- Gregorio Atem , C. (12 de Septiembre de 2018). *UpCommons* . Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/105830/TCGA1de1.pdf>
- Grinberg, C. (2016). la era de la construccion sustentable. *conexion coral*.
- Grinberg, C. (2016). La era de la construccion sustentable . *Coneccion coral* .
- Interempresas. (12 de Agosto de 2018). *Interempresas* . Obtenido de [www.interempresas.net](http://www.interempresas.net)
- Lignum. (07 de Septiembre de 2018). *Lignum*. Obtenido de <http://www.lignum.cl/reportajes/construccion-en-madera-solidos-cimientos-2/>
- Lignum. (22 de Agosto de 2018). *Lignum* . Obtenido de [www.lignum.cl](http://www.lignum.cl)
- Lignum. (07 de Septiembre de 2018). *Lignum* . Obtenido de <http://www.lignum.cl/reportajes/construccion-en-madera-solidos-cimientos-2/>
- Lignum. (07 de Septiembre de 2018). *Lignum* . Obtenido de <http://www.lignum.cl/reportajes/innovacion-laminated-strand-lumber/>
- Lignum. (07 de Septiembre de 2018). *Lignum* . Obtenido de <http://www.lignum.cl/2014/09/05/construccion-en-madera-solidos-cimientos/>
- Lopez , H. (05 de Septiembre de 2018). *OneTouch Construccion* . Obtenido de <http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=2457&tip=1&xit=promoviendo-el-uso-de-la-madera-en-chile>
- Madera21. (04 de Septiembre de 2018). *Madera21*. Obtenido de <http://www.madera21.cl/2757-2/>
- Minvu. (19 de Agosto de 2018 ). *Construccion Sustentable* . Obtenido de <http://csustentable.minvu.gob.cl>
- Monografias. (02 de Septiembre de 2018). *Monografias.Com* . Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos48/maderas/maderas2.shtml>
- Montaño , J. (07 de Septiembre de 2018). *Madera21*. Obtenido de <http://www.madera21.cl/estudio-confirma-la-factibilidad-tecnica-de-construir-en-madera-un-edificio-de-seis-pisos-en-zona-sismica/>

- Naterer , J., & Winter , W. (1988). THE FUTURE OF CONSTRUCTION IN WOOD IN EUROPE. TRADITION vs. INDUSTRIALIZATION. *Informes de la construccion* , 38.
- Natterer , J., & Winter , W. (1988). THE FUTURE OF CONSTRUCTION IN WOOD IN EUROPE. TRADITION vs. INDUSTRIALIZATION. *Informes de la Construccion*, 37-39.
- News, E. (11 de Septiembre de 2018). *Efikos News*. Obtenido de <http://efikosnews.com/una-fachada-ventilada-2/?lang=es>
- OECD. (15 de Agosto de 2018). *OECD*. Obtenido de <http://stats.oecd.org/glossary/index.htm>
- Rubiano Martin , M. A. (2015). La Fachada ventilada y el confort climatico:Un instrumento tecnologico para edificaciones de clima calido en Colombia . *Red de revistas Cientificas de America Latina y el Caribe , España y Portugal* , 138-143.
- Sanchez , A. (30 de Noviembre de 2018). *Pontificia Universidad Catolica de Chile*. Obtenido de <https://www.uc.cl/es/la-universidad/noticias/595-diseñan-viviendas-sociales-termicamente-eficientes-y-faciles-de-construir>
- Scielo. (30 de Noviembre de 2018). *Scielo*. Obtenido de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-69962013000200006](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-69962013000200006)
- Scielo. (10 de Agosto de 2018). *Scielo* . Obtenido de [scielo.conicyt.cl](http://scielo.conicyt.cl)
- Scielo. (04 de Septiembre de 2018). *Scielo* . Obtenido de La permeabilidad específica es una propiedad de la madera que depende fundamentalmente de los espacios disponibles para el flujo del fluido a través de su estructura anatómica
- Scielo. (11 de Septiembre de 2018). *Scielo* . Obtenido de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-69962013000200016](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-69962013000200016)
- Scribd. (2018). *Scribd* .
- Vazquez , C., & Prieto , A. (20 de Agosto de 2013). *Scielo*. Obtenido de [scielo.conicyt.cl](http://scielo.conicyt.cl)

## **ANEXOS**

- Principales beneficios que entrega la Fachada Ventilada a un proyecto en términos generales

-¿En qué sistema constructivo se puede aplicar Fachada Ventilada?

-¿Es rentable construir bajo este sistema constructivo en Chile?

-¿Se podría considerar la Fachada Ventilada como solución sustentable?

-¿Principales problemas en construcción y traslado?

-¿La Fachada Ventilada funciona correctamente en conjunto con la madera?

-¿Razones por las cuales se utilizaría la Fachada Ventilada en Chile?

-¿Principales errores de diseño y construcción presentes en su ejecución?

-¿cómo se puede evitar el paso de agua al interior?

-¿La Fachada Ventilada expuesta al agua y viento se ve afectada a lo largo del tiempo?

-¿El tipo de clima es un inconveniente?

-¿En qué climas funciona de mejor manera la Fachada Ventilada?

-¿se debe tener mano de obra capacitada y especializada en el tema para construir adecuadamente?

-¿En caso de una rehabilitación es necesario realizar un estudio previo para conocer las características de la vivienda?

SOLO USO ACADÉMICO



SOLO USO ACADÉMICO

SOLO USO ACADÉMICO

SOLO USO ACADÉMICO

SOLO USO ACADÉMICO