UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

“ESTUDIO TÉCNICO DE APLICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE FACHADAS VEGETALES EN LA CONSTRUCCIÓN.”

Trabajo de Titulación para
Título de Técnico Universitario
En CONSTRUCCIÓN

Alumnas:
Rocío Esther Martínez Ozimica
Issa Valeska Ramos Gesell

Profesor Guía:
Profesor Emilio Guerra Urbina

2019

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, Verónica y Vidal, que me lo han entregado todo; su apoyo, compañía, sustento, dedicación, confianza y muchísimo amor. Sin ellos no sería nada de lo que soy hoy, no sin su confianza en mí. También agradezco a mi hermano, Vidalito y mis abuelas, Rosa y Clemencia, por apoyarme y entender que la distancia no nos separará jamás y el amor que siempre me envían. Agradezco a todos los que han estado junto a mí en este viaje, en este proceso, apoyándome estos años.

Con mucho amor,

Rocío Esther Martínez Ozimica.

A mis padres, por el apoyo incondicional.

A mi hijo, por la paciencia.

A aquellos que estuvieron y los que están.

A todos estos, los amo.

Issa Valeska Ramos Gesell.

RESUMEN

KEYWORDS: **FACHADAS VEGETALES – CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE –SOSTENIBILIDAD – APORTE MEDIO AMBIENTAL**

Este documento consta de un estudio técnico sobre la implementación de las fachadas vegetales en las edificaciones. A modo de generar una solución contra la contaminación y densificación en las ciudades y así mejorar de la calidad de vida para sus habitantes. Se exponen los distintos tipos de fachadas vegetales, sus sistemas constructivos, métodos de plantación y riego, además de analizar sus beneficios y desventajas en cuanto a distintos aspectos, tanto a escala urbana como a nivel de edificación. También se incluyen los requisitos y factores de elección necesarios para que este tipo de fachadas funcionen de manera óptima.

De este modo se propone una fachada vegetal como solución contra la contaminación en la ciudad de Santiago, Chile. Este tipo de fachada está dentro del análisis, ya que otorga una mayor cantidad de beneficios tanto para la ciudad y como para la edificación. Y con ello motivar y fomentar su implementación en Chile.

Inicialmente, se presenta la problemática en cuanto al desarrollo urbano y la contaminación en las ciudades, la cual es posible mitigar con la incorporación de las fachadas vegetales. Se detalla, a continuación, la definición de fachada vegetal y su reseña histórica. Además del estado del Arte de estas y cómo se introduce dentro de la definición de Construcción Sustentable.

Luego, se exponen los tipos de fachadas vegetales incorporables a la edificación en altura, en conjunto de sus características y detalles constructivos. Se analizan ventajas y desventajas de las Fachadas Vegetales en el ámbito, tanto de la Edificación como en el Medio Ambiente y se detallan los requisitos de elección para una fachada vegetal, determinándose según qué tipo de fachada, tanto en sistema constructivo, beneficios medio ambientales, ámbito económico, como en facilidad de mantenimiento e instalación, es el mejor para utilizarlo como propuesta para incorporarlo dentro de la ciudad de Santiago, esto se expondrá a través de un análisis de los requisitos y factores de elección para Fachadas Vegetales.

ÍNDICE

RESUMEN
INTRODUCCIÓN
OBJETIVO GENERAL
OBJETIVOS ESPECIFICOS
ALCANCE

CAPÍTULO PRIMERO: ANTECEDENTES GENERALES.
1.1 Problemática del Desarrollo Urbano y Contaminación en las Ciudades
1.2. Definición de Fachada Vegetal
1.3. Reseña Historica
1.4. Construcción Sustentable en Chile
1.5. Fachadas Vegetales como Solucion Sustentable en la Cuidad

CAPITULO SEGUNDO: SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE FACHADAS VEGETALES
2.1. Sistemas Constructivos en Sustrato Vegetal
2.1.1. Sistema Tradicional
2.1.2. Sistema Clásico
2.1.3. Sistema Panel Modular (SV)
2.1.4. Sistema Sphagnum
2.1.5. Sistema Celda Drenante
2.2. Sistemas Constructivos en Sustrato Hidropónico
2.2.1. Sistema Fieltro (Patrick Blanc)
2.2.2. Sistema Panel Modular (SH)
2.3. Fachadas de Sistemas No Convencionales
2.3.1. Sistema Hormigón Vegetal
2.3.2. Sistema Leaf.skin

CAPITULO TERCERO: ANALISIS DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS, Y REQUISITOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN
3.1. Beneficios y Desventajas
3.1.1. Efectos a Escala Urbana
3.1.1.1. Retención de CO_2
3.1.1.2. Retención de polvo, material en partículas y sustancias contaminantes
3.1.1.3. Reducción de la escorrentía de aguas pluviales
3.1.1.4. Conservación de la naturaleza y biodiversidad urbana

3.1.1.5. Mitigación de efecto isla de calor
3.1.2. Efectos a Escala de la Edificación
3.1.2.1. **A**islante Térmico
3.1.2.2. **A**islante Acústico
3.1.2.3. **V**entilación Natural y Protección del Viento
3.1.2.4. **M**ejora de la Calidad del Aire Interior
3.1.2.5. **A**umento de Valor Estético y Arquitectónico
3.2. Detalles Según Sistemas Constructivos
3.3. Ambito ecónomico

CAPITULO CUARTO: PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE FACHADAS VEGETALES PARA LA CIUDAD SANTIAGO DE CHILE.
4.1. Requerimientos para la Elección en la Implementación de Fachada Vegetal
4.1.1 Capacidad de Soporte.
4.1.2. Capacidad de distribución y retención del agua.
4.1.3. Drenaje
4.1.4. Clima
4.1.5. Orientación
4.1.6. Tipo de Vegetación
4.1.7. Sustrato
4.1.8. Funcionalidad
4.1.9. Mantenimiento
4.1.10. Economía
4.2. Analisis para la propuesta en la ciudad de Santiago de Chile
4.2.1. Análisis de Santiago
4.2.2. Clima de Santiago
4.2.3. Carta Solar de Santiago
4.2.4. Análisis de Obras Nuevas en Santiago
4.3. Propuesta para la ciudad de Santiago de Chile.

Conclusión y Recomendaciones
Bibliografía y Fuentes de la Información

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1-1: ESTIMACIÓN AUMENTO DE POBLACIÓN MUNDIAL HASTA EL AÑO 2100
FIGURA 1-2: EVOLUCIÓN DE POBLACIÓN URBANA Y RURAL EN CHILE ENTRE 1952 Y 2017.
FIGURA 1-3: VISTA PLAZA BAQUEDANO DESDE EL PARQUE METROPOLITANO, SANTIAGO 1935.
FIGURA 1-4: VISTA A PLAZA BAQUEDANO DESDE EL PARQUE METROPOLITANO, SANTIAGO 2015
FIGURA 1-5: PERFIL REFERENCIAL DE TEMPERATURAS URBANAS EN COMPARACIÓN CON ÁREA RURAL
FIGURA: 1-6: EJEMPLO DE FACHADAS VERTICALES EN LA EDIFICACIÓN.
FIGURA 1-7: VISTA AÉREA DE DOWTH, TUMBA CORREDOR UBICADA EN EL VALLE DEL RÍO BOYNE, IRLANDA.
FIGURA 1-8: DIBUJO TEÓRICO DE JARDINES DE BABILONIA.
FIGURA 1-9: PLANTA DE PURIFICACIÓN DE AGUA DEL LAGO MOOS.
FIGURA 1-10: IMAGEN VILLA ECOLÓGICA SAVOYE, POISSY. LE CORBUSIER, 1929.
FIGURA 1-11: MURO VEGETAL, CIUDAD DE LAS CIENCIAS Y DE LA INDUSTRIA DE PARÍS
FIGURA 1-12: VISTA FACHA EDIFICIO CONSORCIO SANTIAGO
FIGURA 1-13: FACHADA VEGETAL HOTEL INTERCONTINENTAL TOWER.
FIGURA 2-1: EJEMPLO DE FACHADA VEGETAL EN LA EDIFICACIÓN.
FIGURA 2-2: FACHADA VEGETAL TRADICIONAL
FIGURA 2-3: SISTEMA DE FACHADA VEGETAL CLÁSICO, CON CABLES TRENZADOS.
FIGURA 2-4: SISTEMA DE PANEL MODULAR EN SUSTRATO VEGETAL
FIGURA 2-5: MUSGO SPHAGNUM
FIGURA 2-6: SISTEMA CONSTRUCTIVO SPHAGNUM
FIGURA 2-7: DETALLE CONSTRUCTIVO SISTEMA DE CELDA DRENANTE
FIGURA 2-8: FACHADA VEGETAL DEL PALACIO DE EUROPA DE VITORIA-GASTEIZ
FIGURA 2-9: DETALLE CONSTRUCTIVO SISTEMA PANEL CLÁSICO.
FIGURA 2-10: DETALLE CONSTRUCTIVO SISTEMA PANEL MIXTO.
FIGURA 2-11: DETALLE CONSTRUCTIVO SISTEMA PANEL COL.
FIGURA 2-12: DETALLE CONSTRUCTIVO DE HORMIGÓN VEGETAL

FIGURA 2-13: FACHADAS CON HORMIGÓN VEGETAL.
FIGURA 2-14: FACHADA VERTICAL DEL PALACIO DE CONGRESOS DE VITORIA-GASTEIZ
FIGURA 3-1: CLIMATOLOGÍA URBANA SEGÚN REFLEXIÓN SOLAR SOBRE SUPERFICIES.
FIGURA 4-1: TRAYECTORIA SOLAR RESPECTO DE LA SUPERFICIE TERRESTRE.
FIGURA 4-2: TRAYECTO DEL SOL EN LA CIUDAD DE SANTIAGO

INDICE DE TABLAS

TABLA 3-1: TABLA RESUMEN DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE FACHADAS VEGETALES
TABLA 3-2: TABLA COMPARATIVA DE LA ESTRUCTURA SOPORTANTE SEGÚN SISTEMAS
TABLA 3-3: TABLA COMPARATIVA DE LA CAPA VEGETAL SEGÚN SISTEMAS
TABLA 3-4: TABLA COMPARATIVA DE SISTEMA DE RIEGO SEGÚN SISTEMAS
TABLA 3-5: TABLA DE PRECIOS REFERENCIALES.
TABLA 4-1: PLANTAS DE SOMBRA PARA FACHADAS VEGETALES
TABLA 4-2: PLANTAS DE SOL PARA FACHADAS VEGETALES
TABLA 4-3: EDIFICACIONES AUTORIZADAS DE LOS SECTORES PRIVADO Y PÚBLICO, SUPERFICIE EN M2, OBRAS NUEVAS POR DESTINO, SEGÚN AÑO 2012-201
TABLA 4-4: SECTORES PRIVADO Y PÚBLICO, OBRAS NUEVAS POR DESTINO, SEGÚN NÚMERO DE PISOS, AÑO 2016.
TABLA 4-5: EDIFICACIÓN AUTORIZADA SECTORES PRIVADO Y PÚBLICO, SUPERFICIE EN M2, OBRAS NUEVAS POR DESTINO, SEGÚN MATERIAL PREDOMINANTE EN MURO, AÑO 2016.
TABLA 4-6: SISTEMA PROPUESTO DE SISTEMA SPHAGNUM
TABLA 4-7: SISTEMA SPHAGNUM (SISTEMA PORTANTE)
TABLA 4-8: SISTEMA SPHAGNUM (CAPA VEGETAL)

INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO 4-1: GRÁFICO DE TEMPERATURAS ANUALES DE SANTIAGO
GRAFICO 4-2: GRÁFICO DE PRECIPITACIONES ANUALES DE SANTIAGO.
GRAFICO 4-3: GRÁFICO DE VELOCIDAD DEL VIENTO ANUAL DE SANTIAGO.
GRAFICO 4-4: GRÁFICO DE DIRECCIÓN DEL VIENTO ANUAL DE SANTIAGO.
GRAFICO 4-3: CARTA SOLAR CILÍNDRICA

SIGLAS

UTFSM	: Universidad Técnica Federico Santa María.
CMNUCC	: Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
OCDE	: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
MOP	: Ministerio de Obras Publicas
MINVU	: Ministerio de Vivienda y Urbanismo
MME	: Ministerio de Medioambiente y Energía
ENCS	: Estrategia de Construcción Sustentable
CORFO	: Corporación de Fomento de la Producción
CChC	: Cámara Chilena de la Construcción
CDT	: Corporación de Desarrollo Técnologico
MMA	: Ministerio del Medio Ambiente
MINERGIA	: Ministerio de Energía
GBC	: Green Building Council
LEED	: Certificación Leadership in Energy and Environmental Desing
EDGE	: Excellent in Desing for Greater Efficiencies
CES	: Certificación Edificio Sustentable
IDIEM	: Investigación, Desarrollo e Innovación de Estructuras y Materiales
OMS	: Organización Mundial de la Salud
SNC	: Sistema No Convencional
INE	: Instituto Nacional de Encuestas

SIMBOLOGÍA

cm	: Centímetro
mm	: Milímetro
m	: Metro
m^2	: Metro Cuadrado
Hab	: Habitante
U/ m^2	: Unidad por metro cuadrado
Ø	: Diámetro
h	: altura
Km/h	: Kilómetros por Hora
d	: densidad
Hab/km^2	: Habitante por kilómetro cuadrado
°C	: Grados Celsius
%	: Porcentaje

INTRODUCCIÓN

La concentración urbana ha aumentado considerablemente en los últimos años, donde una gran cantidad de personas han comenzado a emigrar a las ciudades en búsqueda de mayores oportunidades, con miras a mayores fuentes laborales, sanitarias y educativas. Esto ha generado que las ciudades aumenten su población, provocando un crecimiento urbano acelerado a modo de solucionar la necesidad habitacional por sobrepoblación.

Uno de los mayores problemas generados a causa de este fenómeno es una densificación en las ciudades, donde el crecimiento acelerado de edificios ha provocado una reducción de espacios verdes y el aumento de la temperatura urbana, con ello el deterioro de la calidad medioambiental, generando así las islas de calor en las ciudades.

Para mejorar estas condiciones y mitigar las consecuencias del desarrollo urbano, la incorporación de fachadas vegetales es la mejor solución como medida de sostenibilidad aplicada a la nueva construcción o rehabilitación de edificios existentes, aportando enormes ventajas económicas y ecológicas, a la vez que se mejora el balance energético de los edificios.

Es por esto, y con el fin de difundir y promover la construcción sustentable y la implementación de nuevos sistemas y soluciones constructivas que permiten reducir los altos índices de contaminación, se analizará la aplicación e implementación de fachadas verdes en las ciudades, desde el ámbito técnico, económico hasta su aporte medio ambiental.

Las fachadas vegetales reproducen la naturaleza en la cubierta de un edificio, cumpliendo con una de las principales condiciones del desarrollo sostenible, la reconciliación entre economía y ecología, es decir, que estas ofrecen muchas ventajas tanto económicas como sociales y medioambientales. Este tipo de soluciones se convierte en un componente fundamental en el desarrollo urbano sostenible, aportando a la edificación tanto externa como internamente, además de agregar un valor estético. Además de aportar en retención y reutilización de aguas pluviales, reducción del CO2, y el efecto de isla de calor urbana.

OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio de las fachadas vegetales, tanto técnico como económico para generar una propuesta para implementar una fachada básica pero beneficiosa para las edificaciones de la ciudad de Santiago, a modo de mitigar las islas de calor existentes y la contaminación ambiental en esa zona.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Describir materialidad, composición y soportes estructurales de las distintas fachadas existentes.
2. Describir existencia de beneficios económicos y técnicos que se obtienen con la implementación de fachadas vegetales.
3. Proponer las fachadas vegetales como una solución constructiva que ayude contra la contaminación en la ciudad de Santiago.

ALCANCE

Se centrará en analizar distintos tipos de sistemas constructivos de fachadas vegetales en edificaciones de grandes dimensiones, desde su composición estructural, capacidad de soporte, nivel de intervención en la edificación y aportes ambientales, y aislantes para la vivienda. No se contemplan los jardines verticales a menor escala o decorativos.

CAPÍTULO PRIMERO: ANTECEDENTES GENERALES.

1.1 PROBLEMÁTICA DEL DESARROLLO URBANO Y CONTAMINACIÓN EN LAS CIUDADES

Durante inicios del siglo XX el incremento de la población fue lento, sin embargo, entrando al siglo XXI estas cifras aumentaron considerablemente. En 1950 la población mundial se estimaba en 2.600 millones de personas, alcanzando más de 7.500 millones de habitantes en el mundo en el año 2018. Y se estima que para el 2100 la población mundial aumente hasta 11.200 millones de habitantes, según la Organización de Naciones Unidas (ONU). Es decir, en los últimos 200 años la humanidad aceleró su crecimiento demográfico hasta triplicar su población a nivel mundial.

Fuente: Organización Naciones Unidas (www.un.org)

Figura 1-1: Estimación aumento de población mundial hasta el año 2100

En Chile también se logra visualizar considerablemente el aumento poblacional, comparando los censos realizados por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) del año 2002 y 2017, los habitantes variaron desde 15.116.435 a 17.574.003 respectivamente, considerando un aumento del 16% aproximadamente de la población chilena durante un periodo de 15 años.

Este drástico crecimiento se ha producido por factores como la disminución de la mortalidad, altos índices de natalidad y la migración. Esta última ha generado que la gran parte de los habitantes en distintos países migren a las zonas urbanas en búsqueda

de oportunidades, tanto laborales como de calidad de vida. Provocando así un aumento mayor en las urbes, lo cual desencadena numerosos desafíos para las ciudades, en cuanto a atender las necesidades de sus habitantes tanto en vivienda, como en infraestructura, transporte y provisión de servicios básicos.

Llevando esto dentro del país, tenemos un movimiento en la población desde el sector rural al urbano, siendo la población habitante de sectores urbana un equivalente de 86.6% según Censo del año 2002, y en la zona rural un 13.4% de la población existente en dicha época. En el año 2017 la población que habitaba zonas rurales corresponde al 12.2% y en zonas urbanas un 87.3% de la población.

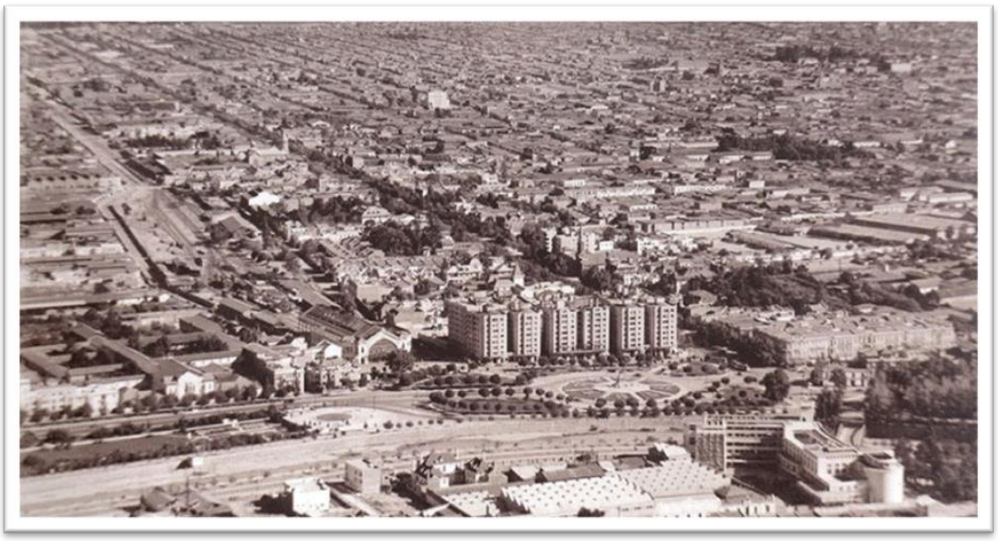
Fuente: Informe 2018 / Aspectos demográficos y socioeconómicos de importancia ambiental / Capitulo 6: Población. Instituto Nacional de Estadísticas

Figura 1-2: Evolución de población urbana y rural en Chile entre 1952 y 2017.

La región con la mayor concentración de población en Chile es la Región Metropolitana, siendo esta el centro urbano con mayor crecimiento demográfico dentro del país. La población habitable de esta zona para el año 2017 fue de 7.112.808 con el 96,3% de la población en zona urbana y el 3,7% en zona rural, es decir, la mayoría de la población en esta región se localiza en zona urbana.

Este fenómeno de migración a las zonas urbanas debido a grandes miras a mayores fuentes laborales, sanitarias y educativas de las personas ha generado una sobrepoblación en las ciudades provocando un crecimiento vertical en las

construcciones, a modo de optimizar los espacios respecto a la ocupación de terrenos bases ya que no son suficientes al momento de albergar a muchas más personas.



Fuente: En terreno (www.enterreno.com)

Figura 1-3: Vista Plaza Baquedano desde el Parque Metropolitano, Santiago 1935.

Fuente: En terreno (www.enterreno.com)

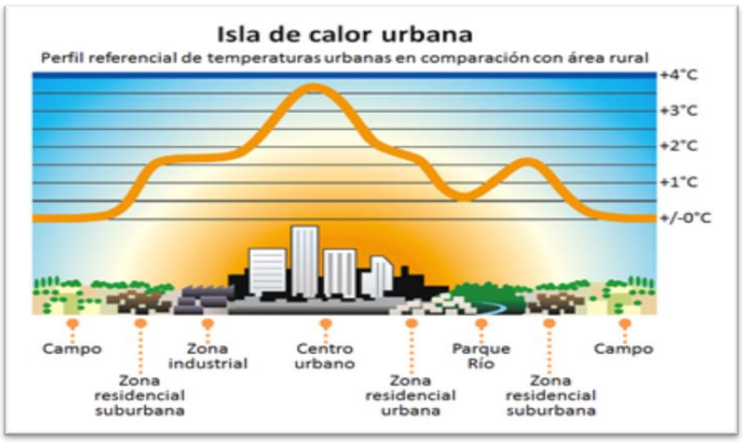
Figura 1-4: Vista a Plaza Baquedano desde el Parque Metropolitano, Santiago 2015

Se evidencia en las Figuras 1-3 y 1-4 el aumento morfológico urbano desde la vista de la Plaza Baquedano entre los años 1935 y 2015, donde se evidencia la densificación en las ciudades con las edificaciones en altura.

Las construcciones verticales se entienden como edificaciones con varios pisos de grandes dimensiones, fabricados con hormigón, fierro, cemento, ladrillo, piedra y materiales resistentes, siendo su función servir como vivienda u otra función de actividad humana. De este modo se permitió albergar a una mayor cantidad de personas en un limitado terreno, que anteriormente podría haber sido una vivienda unifamiliar, sin embargo, con la edificación dio lugar a numerosas familias y personas en el mismo espacio.

Otra consecuencia del desarrollo urbano y la densificación de las ciudades, es su ampliación o extensión, donde se han comenzado a ocupar zonas que antes eran agrícolas urbanizando estas zonas. Considerar que estos campos, valles o zonas agrícolas favorecen en distintas maneras al medio ambiente, ya sea por la alta presencia de vegetación, drenaje natural del agua pluvial y otorgar climas más confortables para las personas. Sin embargo, al ser reemplazados con materiales pétreos, edificios, pavimentos, provocando deslizamientos de masas de agua, evitan el escurrimiento mediante permeabilidad debilitando los suelos, y muchos más factores que empeoran la calidad de vida del humano.

A modo de relacionar las dos consecuencias anteriormente mencionadas, nace con ellas las llamadas Islas de calor ; describe al fenómeno donde se acumula el calor en ciudades debido a la construcción con materiales que absorben el calor a lo largo de las horas con mayor radiación solar y lo liberan durante la noche impidiendo que bajen las temperaturas, generando que en las ciudades aumente la temperatura ambiental, además de que las edificaciones obstruyan los movimientos de aire y reduzcan de la evapotranspiración debido a la reducción de la vegetación y aumento del pavimento impermeable. Es decir, las temperaturas en zonas urbanas tienden a aumentar debido a la escasa vegetación y excesiva utilización de hormigón y materiales pétreos, en comparación a las zonas rurales, que se encuentran alejadas de las ciudades.



Fuente: Arquitectura y Energía (www.arquitecturayenergia.cl)

Figura 1-5: Perfil referencial de temperaturas urbanas en comparación con área rural

En capital de la Región Metropolitana, Santiago, el clima fluctúa en sus máximos de un 25,6°C a un 35.9°C en invierno y verano respectivamente, según el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) en su estudio de gestión ambiental. También evidenciar que, en el año 2017, hubo al menos 8 olas de calor en verano con temperaturas muy altas por tres días consecutivos, según esta misma institución. Esto da a comprender que, según su zona territorial, esta región posee un clima bastante caluroso, aún más en las épocas de verano. Si a esto se le suma el efecto de isla de calor donde, como se logra comprender de la figura 1-3, en los centros urbanos las temperaturas se suelen incrementar más de 4°C a la temperatura ambiental, evidenciando que las temperaturas en las ciudades siempre serán mucho más altas y con veranos más tórridos que en otros sectores o zonas rurales.

Por tanto, el efecto de isla de calor es un tipo de contaminación que se genera en la ciudad afectando tanto en la calidad de vida y en la salud de los habitantes de esta. Si a esto se le suma la contaminación atmosférica que en todo el mundo y en Chile se vive, con excesivos índices de partículas en suspensión que interfieren con la salud del ser humano, altas concentraciones de emisiones de CO2, basura y otros factores que deterioran la salud de las personas, se genera una situación de riesgo crítico para los habitantes, tanto de las zonas rurales con las zonas urbanas, dando énfasis en esta última, que es donde se emiten y se perciben todos estos factores de riesgo ambiental. Además, cabe destacar que este efecto de isla de calor no sólo se centra en los centros urbanos, sino también que se irradia a varios kilómetros de distancia de los focos de este efecto, el cual también puede alterar otras zonas a una distancia mucho mayor.

La contaminación, según El Instituto de Salud Pública (ISP) se define como:

> Se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico), o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o bien, que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos.

Esto hace referencia a la importancia que se le debe otorgar al tema de la contaminación, ya que esta genera daños a la salud incrementando su factor cada vez más.

Algunas de las consecuencias de las islas de calor son:

- ✓ Disminución del período frío en invierno, reducción de la calefacción y ahorro energético.
- ✓ Extensión del verano, incremento de la demanda de refrigeración en esta época, provocando una demanda energética alta con sus consecuencias ambientales y económicas
- ✓ Aumento de eventos extremos de calor, o también llamadas olas de calor.
- ✓ Estrés térmico por calor para distintas especies, flora, fauna e incluso para el hombre, la salud humana.
- ✓ El aumento de la temperatura contribuye a las reacciones de los gases de combustión presentes en la atmósfera.

Para concluir, estas consecuencias generan un empeoramiento del clima y calidad de vida para los habitantes de estas ciudades, además de que el modelo de la ciudad tradicional impide la integración de zonas verdes por falta de espacio, provocando una confinación en las urbes, esto es originado por uso excesivo y acelerado de las edificaciones verticales de gran tamaño.

Esto ha formado un debate de cómo encontrar soluciones amigables con el medioambiente que generen sustentabilidad en las construcciones. De este modo, se introducen fachadas vegetales en las edificaciones, integrando la vegetación en la ciudad que el desarrollo urbano le arrebató.

1.2. DEFINICIÓN DE FACHADA VEGETAL

Fachada según la RAE se define como “Paramento exterior de un edificio, especialmente el principal.”. Esta definición hace referencia a los muros exteriores de una edificación, los cuales son recubiertos por distintos tipos de materiales rígidos como piedra, madera, ladrillo, paneles de baldosines, vidrio, cemento, aluminio, azulejos, y muchos otros. Es decir, son los cierres verticales exteriores de una edificación.

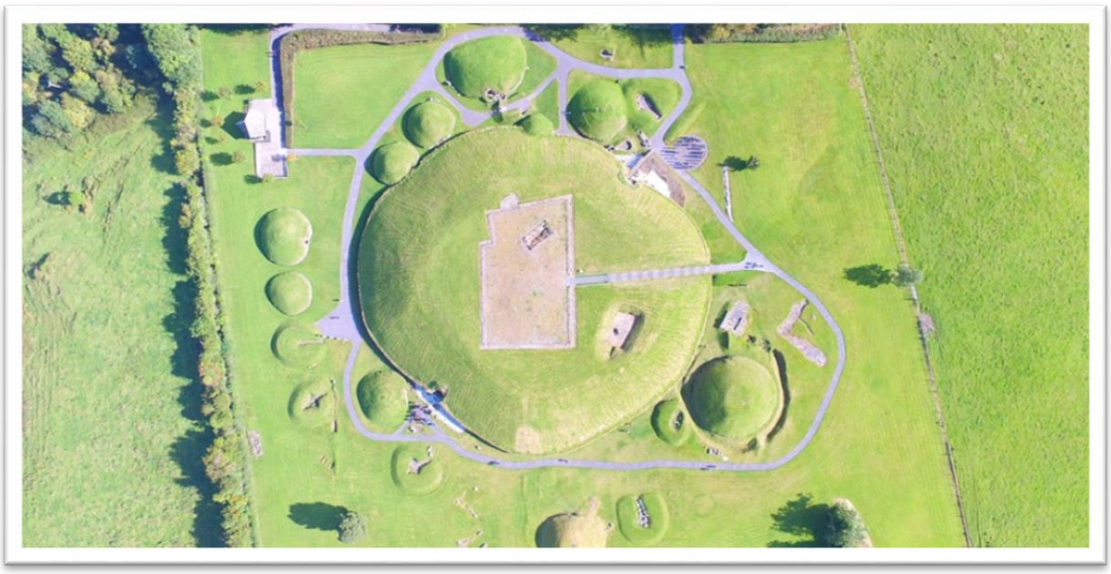
Fuente: Isopan (www.isopan.es)

Figura: 1-6: Ejemplo de Fachadas Verticales en la Edificación.

Por otro lado, la fachada vegetal es un tipo de fachada que se define como paramento exterior que consta de un sistema de capas con soporte estructural adyacente a la limitación de la edificación. Las capas son de materiales orgánicos, mineral o algún sustrato (tierra), el sistema de riego y el soporte estructural que se incorpora a la edificación. Siendo el revestimiento de estas únicamente plantas, hongos, musgos, y otros materiales vegetales, otorgándole una característica estética, funcional y propiedades diferentes a otro de paramentos.

1.3. RESEÑA HISTORICA

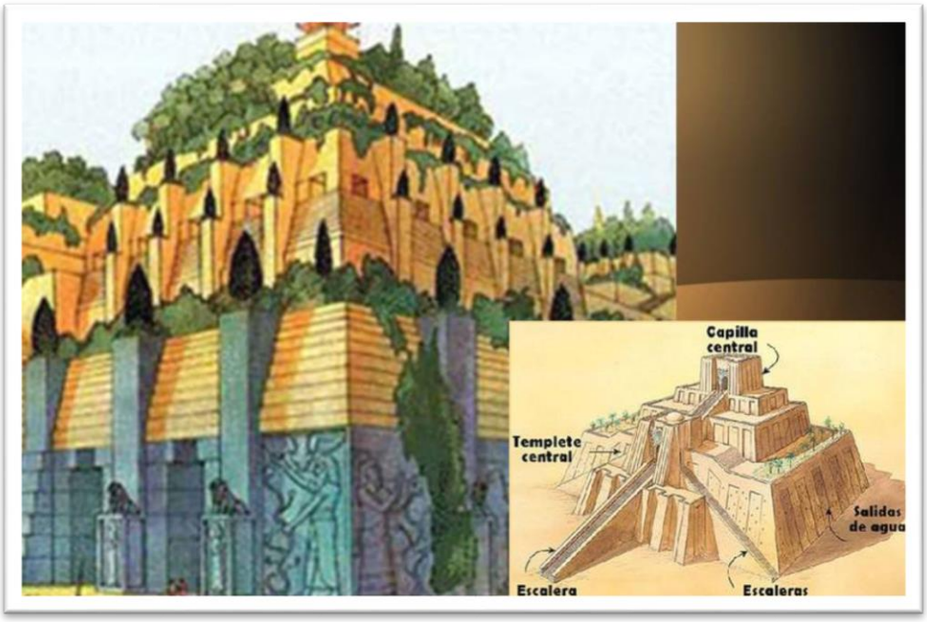
El origen o antecedentes de las primeras aplicaciones de fachadas y cubiertas vegetales descubiertos datan desde el período neolítico, en el año 3500 a.C., en donde se utilizaba las actualmente llamadas cubiertas verdes en las Tumbas de Corredor ubicados mayormente en el continente Europeo, las cuales eran, básicamente, sepulturas conformadas por un pasillo, hecho de piedras, ortostatos, las cuales contenían una o varias cámaras funerarias, cubiertas de tierra o piedras.



Fuente: Altima (www.altima-sfi.com)

Figura 1-7: Vista aérea de Dowth, tumba corredor ubicada en el Valle del Río Boyne, Irlanda.

Otro antecedente de este tipo de implementación corresponde a los Jardines Colgantes de Babilonia, los cuales fueron construidos en el siglo VI a.C., siendo una especie de terrazas, en las cuales se plantaron palmeras y árboles frutales, como dátiles y cocos.



Fuente: Arquitecturaince (www.arquitecturaince.weebly.com)

Figura 1-8: Dibujo teórico de Jardines de Babilonia.

Descritos por el geógrafo griego Estrabón, en el siglo I a.C., el cual escribió:

> Éste consta de terrazas abovedadas alzadas unas sobre otras, que descansan sobre cúbicos, Éstas son ahuecadas y rellenas con tierra para permitir la plantación de árboles de gran tamaño. Los pilares, las bóvedas, y las terrazas están construidos con ladrillo cocido y asfalto.

Se cuenta que el Rey de los Caldeos, Nabucodonosor II, hizo como regalo a su esposa Amytis, como muestra de su amor, esta intervención de manera de recordarle las montañas de su tierra dentro de una árida Babilonia.

Como se puede ver ha sido un sistema utilizado hace siglos, de manera casi intuitiva, ya que según estudios en países nórdicos como Islandia, Escandinavia y Canadá, se utilizaban las fachadas vegetales como método de aislación del frío a las casas, pero también en países tropicales como Tanzania eran utilizados para generar el efecto contrario impidiendo el ingreso de excesivo calor a las viviendas, todo esto debido a sus propiedades aislantes descubiertas.

En el año 1938, Stanley White Hart hace en Estados Unidos una peculiar solicitud de patente en la cual se describe un nuevo método constructivo el cual consistía en la “producción de una estructura arquitectónica de cualquier tamaño edificable, forma, o altura; cuya zona visible o superficies expuestas puedan presentar una cubierta permanente de crecimiento de la vegetación”, lo que sería la primera conocida

formalmente de este tipo, creando el concepto de “Jardines Verticales”, teniendo así la patente n° 2,113.523, la cual describe con diversas ilustraciones distintos tipos de estructuras metálicas que permiten el crecimiento de algunas especies vegetales.

Luego de esto, en los años 60, en Alemania comienzan trabajos de investigación para desarrollar la tecnología necesaria para lograr un óptimo sistema de cubiertas verdes. Actualmente se mantiene Alemania como líder en este tipo de implementación, teniendo aproximadamente un 15% de techos con cubiertas vegetales, lo que equivale a 13.5 millones de m2 aproximadamente.

E1 año 1919, en Europa, específicamente en la planta de purificación de agua del Lago Moos en Wallishofen, Zurich, Suiza, se hace uno de los techos verdes más antiguos de este continente.

Fuente: Tecpa (www.tecpa.es)

Figura 1-9: Planta de purificación de agua del Lago Moos.

El año 1923, en los ensayos escritos por Le Corbusier, Arquitecto, Diseñador y Urbanista Suizo, llamados Towards a New Architecture, este hace referencia al concepto de la Arquitectura Moderna, en donde considera la aplicación de azoteas verdes y jardines verticales, como manera de restituir el uso de áreas verdes para la edificación.
La Ville Savoye, en un inicio consideraba dentro del proyecto la utilización de la “Quinta Fachada” y a su vez vegetación en sus fachadas, de lo cual sólo se concretó lo primero.

Fuente: Core (www.core.ac.uk)

Figura 1-10: Imagen Villa Ecológica Savoye, Poissy. Le Corbusier, 1929.

En 1988, el Botánico Francés, Patrick Blanc, especializado en plantas tropicales, realizó su primer muro vegetal, en la Ciudad de las Ciencias y de la Industria de París, siendo el inventor de un patentado sistema de jardines verticales o muros vegetales, el cual se puede desarrollar sobre la estructura del edificio sin dañarla. Para esto Patrick pensó el muro vegetal como una segunda piel que permitiera la convivencia de plantas sin que sus raíces dañen los muros.

Fuente: Paisajismo Digital (www.paisajismodigital.com)

Figura 1-11: Muro Vegetal, Ciudad de las Ciencias y de la Industria de París.

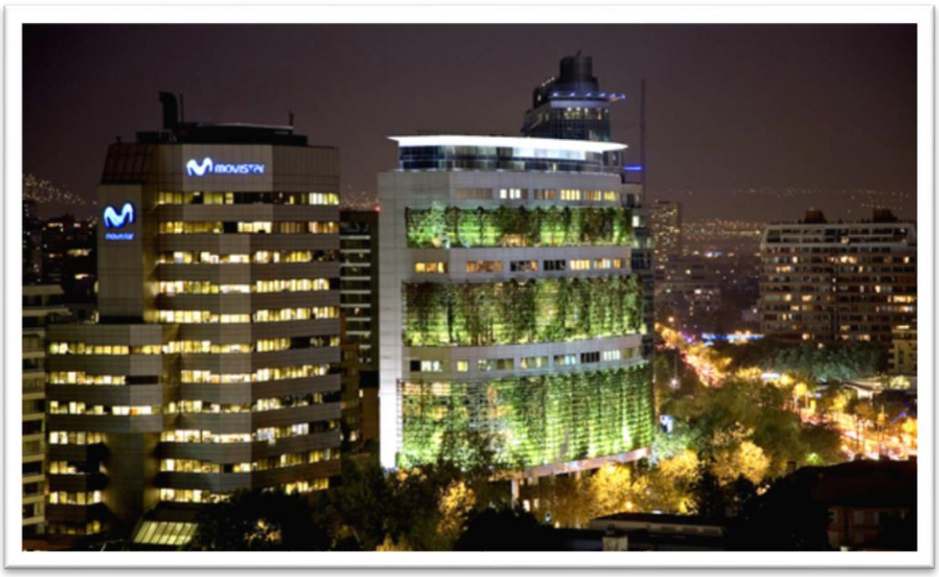
El sistema de muros vegetales de Patrick Blanc cosiste en colocar una estructura metálica auxiliar, la cual es portante de la piel vegetal, que genera una separación física entre raíces y muro. Esta estructura se caracteriza principalmente en su ligereza, ya que Patrick y sus estudios de botánica le permitieron observar la existencia de plantas que no necesitaban de sustratos provenientes de la tierra vegetal para poder sobrevivir, si no que existían especies que solo necesitan agua, minerales esenciales para crecer, luz solar y dióxido de carbono, para poder realizar la fotosíntesis, por lo que sólo necesita soportar el peso de las plantas. El sistema portante se completa con una lámina de PVC de 1cm de espesor, para aportar rigidez a la estructura, sobre esta capa se adhiere un fieltro especial de poliamida, de alta permeabilidad e imputrescible, el que sirve de soporte para las raíces de las plantas y la correcta distribución del agua, la cual es distribuida desde la parte superior y se desplaza por gravedad de manera homogénea por toda la extensión del muro. Esta estructura en su total desarrollo tiene un peso de 30 kg/m2, lo que permite que sea utilizado en cualquier tipo de sistema constructivo existente, sin riesgo de daños estructurales. A su vez, la separación entre muro y estructura permiten una buena ventilación de dicho sistema y generan una capa aislante térmica y acústica en el interior de la edificación.

Blanc, cuenta con proyectos en los cinco continentes, principalmente en Europa, pero sus estructuras icónicas son en el Hotel Perthsing Hall, París en 2001, el Museo de Arte, Delhi, 2004 y el más reciente Muro Vegetal del Oasis de Aboukir en 2013.

El año 1990, en Chile, es diseñado el Edificio Consorcio Santiago de los Arquitectos Enrique Browne y Borja Huidobro, ubicado en Las Condes, e inaugurado en el año 1993, cuenta con una doble piel vegetal, compuesta por vegetación trepadora, de tipo enredaderas y árboles de mediana altura de hoja caduca, la cual cuenta con un sistema de sujeción compuesta por una estructura vertical, la cual cuenta con quiebrasoles de aluminio, la cual mantiene una distancia de 1.4mt entre la fachada de vidrio o primera piel y la fachada vegetal o segunda piel, para poder mantener un espacio de limpieza de la primera piel y a la vez un pasillo que permita la mantención adecuada de estos jardines verticales. El diseño contempla la separación de la segunda piel en tres franjas horizontales en el desarrollo de la fachada, de estos jardines se encargó el paisajista Juan Grimm.

Actualmente, según un estudio comparativo realizado el 2002 y finalizado el año 2007, por el Ingeniero Joaquín Reyes, se pudo visualizar un ahorro energético de un

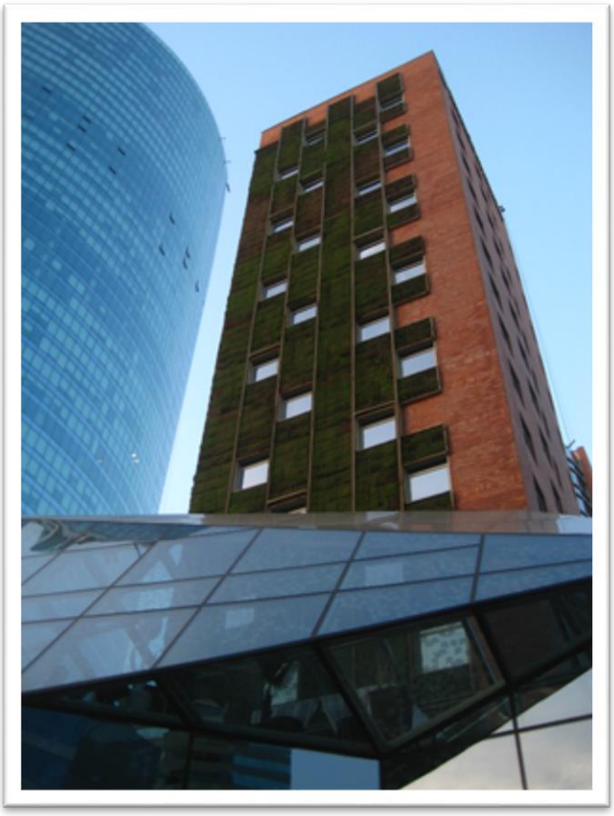
20% de los gastos en comparación con edificios energéticos sustentables en Santiago, lo que lleva a un 28% de ahorro monetario. En comparación un piso de este edificio con doble piel implica un 35% menos de energía, con un costo 25% menor que un piso sin cubierta vegetal.



Fuente: Diseño y Arquitectura (www.disenoarquitectura.cl)

Figura 1-12: Vista facha Edificio Consorcio Santiago

Enrique Browne, Premio Nacional de Arquitectura, publica el año 2016 el libro "Bringing nature back to Architecture – Devolviendo la naturaleza a la Arquitectura" en donde, expone su idea por la cual ha luchado durante toda su carrera: Conciliar Arquitectura y Naturaleza. Donde el Autor dice: *"Tiendo a considerar los elementos naturales (vegetación, tierra, agua, luz, corrientes de aire y otros) como 'materiales de construcción', al igual que los más tradicionales y contemporáneos."* Browne, es pionero en aplicar el sistema de doble fachada vegetal, incorporada en el Edificio Consorcio.



Fuente: Diseño y Arquitectura (www.disenoarquitectura.cl)

Figura 1-13: Fachada vegetal Hotel Intercontinental Tower.

En la actualidad, el Hotel Intercontinental Tower, de Alemparte Barreda Wedeles Besaçon Arquitectos y Asociados (ABWB), ubicado en Av. Vitacura, Las Condes, Santiago, fue construido el año 2010, es considerado uno de los jardines vegetales más altos del mundo, que cubren 16 pisos por el lado sur y poniente, con 2200 ms2 de fachada verde, compuesta por plantas suculentas y otras variedades de perennes, las cuales generan aislación térmica y acústica, provocando una sensación de mayor confort y una disminución en la utilización de recursos y energía dentro del edificio, esto sin considerar el aporte que significa para su entorno, por ser un descontaminante ambiental. El costo de este sistema es de entre 6 y 8 UF por metro cuadrado.

En resumen, los registros más antiguos que se tienen respecto a la utilización de sistemas vegetales en alguna de las 5 fachadas de una edificación corresponden al uso de estos en principalmente en cubiertas, dando origen a una posterior utilización de estos en fachadas.

Stanley White fue uno de los primeros y principales impulsores de la utilización de la fachada vegetal, ya que es el poseedor de la patente propiamente tal, seguido a

nivel mundial por Patrick Blanc con su sistema de fachada vegetal y Le Corbusier, quién promueve la idea de la utilización de todas las fachadas de una edificación como una devuelta de mano a la naturaleza y sus áreas verdes. A nivel nacional, el mayor precursor es Enrique Browne, encargado de hacer sus realizaciones arquitectónicas de forma conciliadora con la naturaleza.

1.4. CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE EN CHILE

La construcción sustentable se define como una manera de integrar el concepto de sustentabilidad dentro del proceso de la planificación, diseño, construcción y operación de las edificaciones y su entorno, a modo de optimizar sus recursos naturales y sistemas de edificación, para minimizar o mitigar el impacto sobre el medio ambiente y la salud de las personas en conjunto de su calidad de vida.

Según el Ministerio de Vivienda y Urbanismo "las edificaciones y las ciudades solo podrán ser de calidad si es que incorporan criterios de sustentabilidad. De lo contrario no son viables".

Esto hace referencia a la necesidad de implementar sistemas sustentables en la construcción, para otorgar una buena calidad en sus infraestructuras y en la calidad de vida de las personas, como ya fue explicado anteriormente.

Actualmente, Chile consta de entidades, estrategias y proyectos encargados de promover, incentivar, fomentar y sustentar a la construcción sustentable en el país. Siendo este uno de los primeros países latinoamericanos en unirse al Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Creando una mentalidad integral respecto a la sustentabilidad se crea el Convenio Interministerial, reuniendo al Ministerio de Obras Públicas (MOP), el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) y al Ministerio de Medioambiente y Energía. Este convenio se centra en promover, difundir y fomentar la construcción sustentable en el país. Su meta es contar con criterios de sustentabilidad en todas las áreas de impacto de la construcción, lo que mejorara la calidad de vida en la ciudad. Luego se crea la Secretaria Ejecutiva de Construcción Sustentable a cargo del MINVU, para generar un plan de trabajo y cumplir con los objetivos y obligaciones del convenio interministerial. Dando paso a la Estrategia de Construcción Sustentable (ENCS) para generar un modelo que mejore los estándares de la edificación en conceptos de sustentabilidad. Considera la aplicación de sustentabilidad en todas las etapas del proceso constructivo. Todo esto tiene como meta que para el año 2025 el 100% de las edificaciones e infraestructuras nuevas tengan condiciones de sustentabilidad.

Para ello se han unificado distintas entidades para poder lograr el objetivo de la estrategia, liderando el programa la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), la Cámara Chilena de la Construcción (CChC) y el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), con el apoyo de la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) y apoyado por el consejo directivo del Colegio de Arquitectos, Chile GBC, Instituto de la Construcción, Ministerio de Obras Públicas (MOP), Ministerio del Medio Ambiente (MMA), Ministerio de Energía (Minenergia) y Portal Inmobiliario.

Dentro de este, se desarrolló un "Diagnóstico del Estado del Arte del Sector Construcción para el Desarrollo de una Industria Asociada a la Construcción Sustentable" a modo de identificar las brechas que impiden el desarrollo de esta, construyendo el modelo a nivel conceptual de gestión publico privada para su desarrollo.

Otro programa que se reúne en el ámbito de la sustentabilidad en Chile, es la Estrategia Nacional en Productividad y Construcción Sustentable, llamado Construye2025 de la CORFO, complementando la ENCS.

Además de los proyectos que promueven la sustentabilidad en el país, se encuentran las certificaciones que son las encargadas de generar estándares de sustentabilidad basados en los métodos utilizados y su efectividad en este marco. Green Building Council Chile (GBC) pertenecientes a World Green Building Coincil es la entidad que se encarga de promover la construcción sustentable, la innovación tecnológica, el uso eficiente de los recursos, el desarrollo y uso de los distintos sistemas de certificación disponibles en Chile para fomentar el uso eficiente de estos recursos, tales como Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), Excellent in Desing for Greater Efficiencies* (EDGE), WELL Building Standard* y Certificación Edificio Sustentable (CES).

A través de GBC Chile, se crea la entidad nacional con un sistema propio con definiciones adecuadas a la realidad nacional. Se trata de la Certificación Edificio Sustentable (CES), con el apoyo de CChC, Colegio de Arquitectos de Chile, el centro técnologico de Investigación, Desarrollo e Innovación de Estructuras y Materiales (IDIEM) de la Universidad de Chile y cofinanciamiento de InnovaChile de CORFO. En términos concretos, esta certificación se basa en el cumplimiento de 15 requerimientos obligatorios y 33 requerimientos voluntarios que entregan puntaje, asociados al diseño y construcción del edificio. Para certificarse los edificios deben cumplir con los requerimientos obligatorios y tener al menos 30 puntos, con un máximo de 100 puntos.

Esto demuestra que el país si intenta promover y fomentar la sustentabilidad en sus construcciones y proyectos, abriendo paso a distintas soluciones y sistemas orientados al cuidado del medioambiente.

Las fachadas vegetales por su parte, no se rigen bajo ninguna normativa actualmente, sin embargo, se catalogan como una opción sustentable bajo términos de ahorro energético como en la aislación (térmica y acústica), aumentando la puntuación como solución sustentable en las certificaciones ya anteriormente mencionadas, formando parte en la edificación como un aporte medioambiental y con factores que favorecen al confort y a la calidad de vida de los habitantes de ese entorno.

Por otro lado, se pueden comparar con la normativa de áreas verdes en espacios públicos, que se determina a nivel comunal en el plan regulador. Pero esto tendrá valor solo en las áreas verdes habitables en horizontal, lo cual se establece por metros cuadrados de área verde por habitante. Esto deja fuera las fachadas vegetales, ya que son áreas no habitables y en vertical.

Sin embargo, si se llegase a incluir en la normativa la implementación de áreas verdes para poder cumplir con la cantidad de metros cuadrados de áreas verdes por habitante, lograría aumentar la cifra actual en Chile, siendo aproximadamente de 4.2 metros cuadrados por habitante, y la recomendación de la Organización Mundial de la Salud (OMS) al menos de 9 metros cuadrados por habitante.

Esto vislumbra la falta de avances en la Construcción Sustentable en el país, donde, aun siendo promovido nacionalmente, aún se encuentra en una etapa temprana de ver grandes cambios tanto a nivel social y cultural como en legislaciones y normativas dentro del alcance de la construcción y sus derivados.

1.5. FACHADAS VEGETALES COMO SOLUCION SUSTENTABLE EN LA CUIDAD

Este revestimiento ecológico es poco difundido y utilizado en Chile, siendo utilizado principalmente en edificios corporativos o habitacionales de alto estándar, no obstante, es una solución muy beneficiosa, tanto como para la edificación interior y el ambiente exterior de esta.

La contaminación es un factor que incide en la salud y calidad de vida del humano de manera directa y debido al acelerado declive en la calidad del aire y capacidad de sostener ecosistemas en las ciudades, urge la necesidad de incorporar áreas verdes en su interior.

Las áreas verdes al interior de las ciudades pueden jugar un rol importante en la descontaminación de las mismas. Esta actúa como filtro que absorbe y retiene la contaminación particulada que flota en el aire. De este modo, se visualiza la sustentabilidad no sólo en evitar contaminar, sino en descontaminar las ciudades por medio de una nueva visión e interacción con la vegetación en ellas.

Además de mitigar el efecto de isla de calor ya que la vegetación produce un enfriamiento evaporativo que ayuda a bajar la temperatura y de absorber, almacenar y omitir la energía proveniente del sol, proceso contrario al hormigón o asfalto en las ciudades, generando climas tórridos inclusive en épocas que no corresponden a verano. Esto también genera un confort en el clima interior de la edificación ya que contribuye como aislante térmico tanto como para el frío y calor, además de ser un buen aislante acústico.

Es por esto que se espera que este tipo de fachadas se incorporen en mayor medida en las ciudades, beneficiando a la edificación y al medio ambiente, generando ambientes más confortables y limpios tanto al interior como al exterior de las edificaciones.

CAPITULO SEGUNDO: SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE FACHADAS VEGETALES

A nivel general, las fachadas vegetales constan de un sistema de capas que generan un soporte en la incorporación de plantas como recubrimiento exterior de un edificio. Estas capas variarán según el tipo sistema, los cuales se dividen en dos grandes grupos: Fachadas vegetales de sustrato y fachadas vegetales hidropónicas.

Este tipo de fachadas, utilizan sustrato vegetal, definiéndose como un sistema de enraizado en un medio granular con porcentaje orgánico, utilizando distintos sustratos para ayudar a la capacidad de retención de agua, aireación y drenaje.

Por otro lado, las fachadas hidropónicas son sistemas con enraizado en medio inerte, para ello se utilizan fieltro no tejido, lana de roca o espumas técnicas, como sostenimiento de las plantas. Estos reciben los nutrientes que necesitan a través del riego. También hay otros sistemas constructivos que pueden combinar los anteriormente mencionados, con otras técnicas o materiales a utilizar según las necesidades de su implementación, además de avances con tecnologías nuevas para incorporar la vegetación a la edificación.

En resumen, los distintos tipos de fachadas vegetales se dividen en los siguientes sistemas:

- **Fachadas en Sustrato Vegetal.**
- **Fachadas en Sustrato Hidropónico.**
- **Fachadas de Sistemas No Convencionales.**

Fuente: Certificados Energéticos (www.certificadosenergeticos.com)

Figura 2-1: Ejemplo de Fachada Vegetal en la Edificación.

2.1. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN SUSTRATO VEGETAL

La característica principal de este sistema se basa en el sustrato vegetal, o en palabras más simples; el uso de tierra, como medio de crecimiento para las raíces de la vegetación a incorporar. Este medio es granular o de fibras, con alto porcentaje orgánico los cuales suelen ser más ligeros de los que se utilizan en los jardines convencionales, en horizontal.

A modo de aportar un ambiente optimo y favorecedor para el crecimiento de la vegetación se suelen agregar distintos minerales, como arlita o perlita, o el uso de sphagnum, para así añadir distintas propiedades al medio, entre ellas la capacidad de retención de agua, aireación, drenaje y propiedades nutritivas. A su vez, también es posible incorporar por medio del riego otros nutrientes en mayor o menor porcentaje, sin ser prescindibles para el funcionamiento debido del sustrato. Los componentes del sustrato suelen tener una elevada capacidad de intercambio catiónico por lo que resulta necesario reducir la aportación de nutrientes al máximo para evitar una acumulación excesiva de sales en el sustrato para lograr mantener sus propiedades a largo plazo.

Sin embargo, el sustrato se considera como un material pesado y carga extra para la fachada, sumándose a este peso la masa de vegetación que se incorporará. Es por esto que el sistema estructural deben ser de menor espesor y utilizando materiales altamente ligeros y resistentes para balancear cargas y obtener una fachada lo más ligera posible.

El objetivo es crear una segunda piel o pantalla entre el paramento del edificio y el ambiente exterior, habiendo distintos tipos de sistemas que cumplirán con esto. En ellos se encuentran las fachadas tradicionales, en celdas o en paneles modulares.

El principal reto de los sistemas de jardinería vertical de sustrato es lograr una estabilidad química y estructural a largo plazo parecida a la de los sistemas de sustrato inerte, el sistema de riego necesario para su mantenimiento es más económico que el de los sistemas hidropónicos pero la durabilidad del sistema puede llegar a ser menor.

2.1.1. Sistema Tradicional

Esta modalidad de fachada vegetal es una de las más comunes, sin embargo, no se cataloga de por sí como un sistema ya que carece de soporte estructural hacía la edificación. Se caracteriza por utilizarse vegetación con sus raíces en el terreno horizontal, desde donde crecen y van envolviendo el edificio dejándolos cubiertos con hiedra. Este tipo de plantas se apoyan en los paramentos mediante raíces aéreas que pueden penetrar en grietas o juntas, o con la textura el exterior de la edificación.

Fuente: Inarquía (https://inarquia.es/)

Figura 2-2: Fachada Vegetal Tradicional

La vegetación que se utilizan son diferentes especies de hiedras, conocidas como plantas trepadoras, especialmente del género Parthenocissus, las cuales tienen crecimiento vertical, donde van incorporándose solas a la superficie más cercana. Inclusive se catalogan como invasivas, ya que crecen de manera muy rápida y buscan en todas direcciones expandirse. Es por esto que el mantenimiento se basa en una poda regular donde se quitan las hojas de los lugares no deseados y se guían para completar la superficie que se quiere poblar.

Sin embargo, este tipo de recubrimiento como fachada puede provocar graves daños en el paramento exterior de la edificación, pudiendo generar grietas o fisuras, o inclusive amplificar ya existentes provocando un rápido deterioro de esta, contribuyendo al malogramiento de la edificación o el desprendimiento de la vegetación.

En factores de aislamiento, se considera de baja inercia térmica, es por esto que no responde como beneficio al aislamiento térmico para el interior de la edificación. Además de destacar que en este tipo de fachadas vegetal hay una importante limitación en lo que respecta a la libertad artística del proyectista por la limitación en el uso de diferentes especies de plantas para crear patrones y diseños.

Debido a que este estudio se basa en edificaciones de mayor altura, este tipo de fachadas no sería óptimo, ya que al no contar con un sistema estructural que soporte la vegetación; más allá del paramento exterior, hormigón o yeso con granito; no lograría aguantar el peso de la vegetación con una altura mayor a un piso, de dos a tres metros de altura.

2.1.2. Sistema Clásico

El sistema denominado Clásico o “cables trenzados”, se distingue por utilizar enrejados o mallas las cuales pueden o no estar ancladas sobre estructuras de metal a la fachada que sirvan para que la planta. Puede también estar tensada desde un extremo inferior al superior. Se utilizan cables, varillas de acero inoxidable y accesorios que sirven de apoyo para las plantas trepadoras. Los cables se disponen de maneras distintas, ortogonal o formando rombos.

La carga total de la estructura es absorbida por las fijaciones superiores e inferiores (perfil angular de 40x40x40 milímetros), que están sujetas a la fachada del edificio por medio de soportes piramidales de alta resistencia. Cada cable está separado del próximo a 25 centímetros y cada barra horizontal está separada de la próxima, hacia arriba y/o abajo en 35 centímetros. Estas medidas permitirán mantener la misma densidad de la vegetación en cada fachada del proyecto.

Sus elementos se conforman de:

- Estructura metálica soportante
- Placa de plástico hidrófuga Fieltro de plástico reciclado
- Trama de reo según diseño
- Fieltro de plástico con componentes UV
- Plantas según diseño en base a la exposición.

Su estructura total contiene un espesor de 15 cm aproximadamente (4 cm de subestructura, 2,6 cm de soporte y 7 cm de follaje) y tiene un peso de 21 kg/m2. Además posee un sistema de riego cerrado que requiere de un estanque registrable para el almacenamiento del agua con nutrientes que se recirculan, y una mantención periódica.

Es un método comúnmente utilizado y uno de más sencillo, ya que se emplean plantas trepadoras. La planta nace desde una superficie horizontal, desde la tierra, donde va creciendo en vertical sobre esta hasta cubrir la superficie deseada.

Esta modalidad es mucho más conveniente en comparación con el sistema tradicional, debido a que posee un sistema estructural que permite guiar a la planta sobre los cables dentro de la fachada, permitiendo que no existan perimetrales de la jardinera, teniendo las plantas la oportunidad de desarrollarse de mejor manera, ganando con ello la posibilidad de que las plantas puedan cubrir mayores distancias en la vertical.

Por tanto, su sistema estructural se puede adaptar en forma y dimensión a las características requeridas por el proyecto, además del sistema de riego común de una planta en un sustrato vegetal (tierra) de forma horizontal.

Fuente: Urbanarbolismo (www.urbanarbolismo.es)

Figura 2-3: Sistema de Fachada Vegetal Clásico, con cables trenzados.

En el mercado existen diferentes soluciones en función del peso que deberá soportar la estructura y dispone de diferentes tipos de anclajes en función del material de fachada, para garantizar la estabilidad y durabilidad del sistema. También diferencia dos disposiciones, la ortogonal, o bien formando rombos. Entre estas se separan los sistemas Greenscreen, Decorcable y Biowall.

En cuanto a mantenimiento se deben realizar podas periódicas para mantener la fachada estéticamente limpia y organizada, sin embargo, se evalúa como de bajo costo, ya que el sistema posee una auto-guía para la planta y crece dentro de límites demarcados.

Su sistema de riego se incorpora por goteo vertical, la cual puede ser monitorizada por sensores que permiten el riego automático cuando es necesario. Además de al estar realizado con acero inoxidable, es altamente resistente a la corrosión,

requiere poco mantenimiento y posee un largo ciclo de uso, lo cual no involucra posibles cambios en su estructura en razón del tiempo.

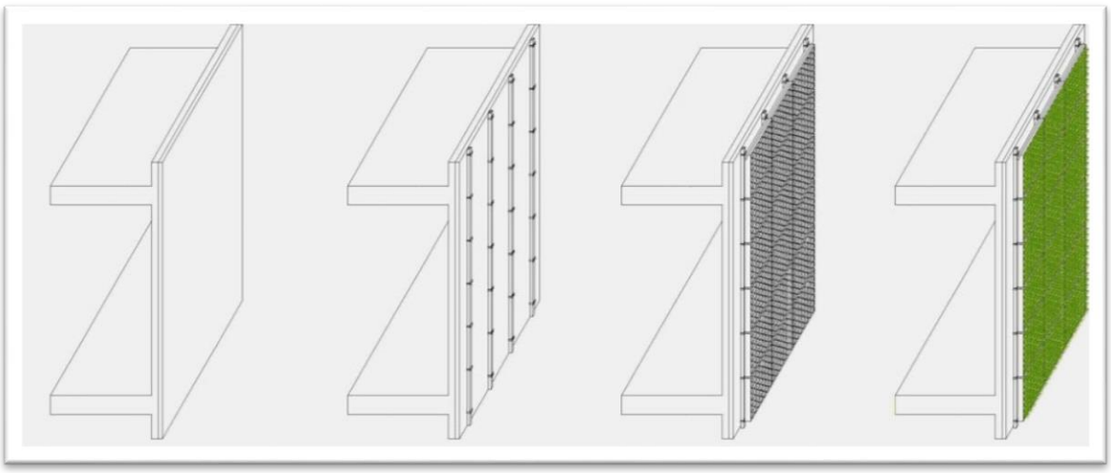
Los beneficios ecológicos son tales como reducción de temperatura ambiente gracias a la sombra que provoca y de evapotranspiración, la captura de contaminantes atmosféricos y gestión de aguas pluviales. En el caso que se utilice plantas de hoja caduca, permite la entrada de luz diurna en invierno. Sin embargo, su aislamiento no es tan bueno y el incremento de inercia térmica es muy pequeño, debido a su escasa densidad y puentes térmicos amplios.

Cabe destacar que esta modalidad de fachada vegetal puede hacerse a nivel modular para otorgarle una mayor versatilidad en el diseño del proyecto, siendo de fácil instalación y de bajo peso como propio del sistema.

2.1.3. Sistema Panel Modular (SV)

Esta modalidad se denomina Paneles Modulares, debido a que se compone de distintos paneles que conforman la fachada vegetal. Este sistema es uno de los más versátiles y mayormente utilizados en la construcción de fachadas de este tipo.

Estos constan de una estructura metálica donde las especies vegetales, en conjunto con un sustrato base, se desarrollan y estos a su vez se anclan o cuelgan a una base de perfilería metálica a la edificación, pudiendo acoplarse tanto en altura como en anchura, fijándose con dichos elementos a la fachada en cuestión. Explicado de otro modo, este sistema está conformado de cuatro capas:



Fuente: Inarquia (https://inarquia.es)

Figura 2-4: Sistema de Panel Modular en Sustrato Vegetal

La primera, es la fijación a la edificación, la cual es una base de perfileria metálica, la cual se fija y ayuda a acoplar tanto en altura como en anchura, creando la base para los paneles.

La segunda consta de una estructura metálica (pudiendo ser también de aluminio, acero inoxidable o materiales plásticos) que contendrá el sustrato y las especies vegetales para conformar la fachada.

Las cajas metálicas presentan un tratamiento anticorrosivo por su exposición a la humedad generada por la evaporación del agua por parte de las plantas y del propio.

El vínculo entre los paneles vegetales y el edificio se realiza mediante una estructura portante de montantes y travesaños. En la parte posterior del panel vegetal se colocan unos anclajes que se enganchan a una estructura horizontal secundaria dispuesta sobre la perfilería vertical. Las uniones tienen capacidad suficiente como para soportar los efectos del viento u otros posibles impactos. Esta estructura portante permite despegar los paneles vegetados del cerramiento interior creando de esta manera una cámara de aire.

El Sistema más común de paneles modulares es el de 60x60cm, una variante de fachadas vegetales que se caracteriza por ser modular, la cual consta de paneles de 60x60 centímetros en cajas de chapa perforada con base de poliestireno expandido. Estos módulos componen la fachada de modo que fácilmente pueda ser desmontable a través de una sencilla estructura metálica de anclaje, complementada por un soporte vertical alojado en el paramento. A fin de optimizar energéticamente la fachada, una cámara de aire de 80 mm se incluye entre los paneles vegetales y la capa de aislante fijada en la superficie más exterior del muro.

Más variantes de las fachadas en paneles pueden ser de aluminio o acero inoxidable, de distintos tamaños según requiera el proyecto. El módulo estándar es de 24″x24″x3″ (61×61×7,6cm) que se complementa con módulos de otros tamaños 12″x12″x3″ (30,5×30,5×7,6cm), 12″x24″x3″ (30,5×61×7,6cm) y piezas de esquina. Este tipo de sistemas permite la ejecución de formas complejas y facilita el proceso de plantación, ya que el sustrato se compacta en las celdas de los paneles y la vegetación crece en posición horizontal en invernaderos.

La Tercera capa viene a ser el sustrato vegetal, la tierra donde crecerá y enraizará la vegetación. Los sustratos utilizados están formados por materiales retenedores de agua como perlita, espumas técnicas, fibra de coco, sphagnum, y otros. Su calidad está relacionada con la composición del sustrato y la planta que se desarrollará en él.

En su mayoría estos paneles suelen ser cultivados previamente en invernaderos para instalarse completamente tapizados, estos se denominan pre-plantados. Sin embargo, pueden también ser plantados in-situ, pero esto conllevará más tiempo para poder visualizar el resultado final del crecimiento vegetal. Este sistema al tener una mayor cantidad de capas consta de mucho peso, lo cual debe ser bien verificado en

temas estructurales y de soporte para ser anclados de una correcta manera para evitar su desprendimiento.

La cuarta capa corresponde a las especies vegetales incorporadas que requieren de un elemento de soporte que tenga en su interior los nutrientes y elementos necesarios que propicien su crecimiento. Es por esta razón que se emplea una caja metálica, cuyo interior alberga el sustrato envuelto en un geotextil que permita el paso del agua y, al mismo tiempo, evite la pérdida del mismo.

Cabe señalar que este sistema de paneles modulares al ser muy adaptable, puede ser utilizado ya sea en sistemas en sustrato y en hidropónicos, lo cual generará una variación en su detalle constructivo y sus capas. (En el sistema hidropónico de panel modular será definido más adelante con mayor detalle).

El sistema de riego es a través de goteo entre los paneles y se drena el agua hasta la parte inferior de la fachada.

A nivel de ventajas y desventajas de este sistema van distintos aspectos como: Durante los meses fríos, se produce una menor dispersión del calor; mientras que, en verano, la corriente que se produce en la cámara evitando que se genere un recalentamiento del cerramiento y, por consiguiente, un aumento de la temperatura interior. Además, se dispone un aislamiento por detrás de los paneles que optimiza el aprovechamiento de la masa portante, evitando humedad y reduce las condensaciones intersticiales previniendo la aparición de puentes térmicos.

A fin de evitar un exceso de consumo de agua en el mantenimiento de la vegetación, las especies vegetales que se aplican son principalmente autóctonas. Se ha estudiado, en este prototipo de fachada, plantas de tipo Sedum, se trata de una especie que sobrevive con poca agua. El riego es por goteo y está constituido por tuberías de 16 mm ubicadas en la parte superior de cada panel vegetal.

Sin embargo, las desventajas de este sistema son tanto de nivel estructural como económicos. La inversión inicial es alta, en cuanto a diseño y montaje de la misma. Cabe destacar el elevado peso de 150 kg/m2, por lo que hay que tener en cuenta a la hora de integrar este sistema en la fachada a tratar.

Además de que la diversidad de vegetación se ve limitada por el poco espacio dentro del panel, por lo que se pueden utilizar plantas de pequeño tamaño. El mantenimiento es mayor, debido a que es un sistema complejo. Los paneles deben ser reemplazados con frecuencia, ya que algunos no prosperan en ciertas condiciones.

Las variantes de paneles modulares son el sistema “Leaf box” de la empresa SingularGreen y el “Sistema Sphagnum” MSP90 de la empresa Vertical. Se detallará el sistema Sphagnum ya que este se puede utilizar tanto como sustrato o como vegetación propia del sistema.

2.1.4. Sistema Sphagnum

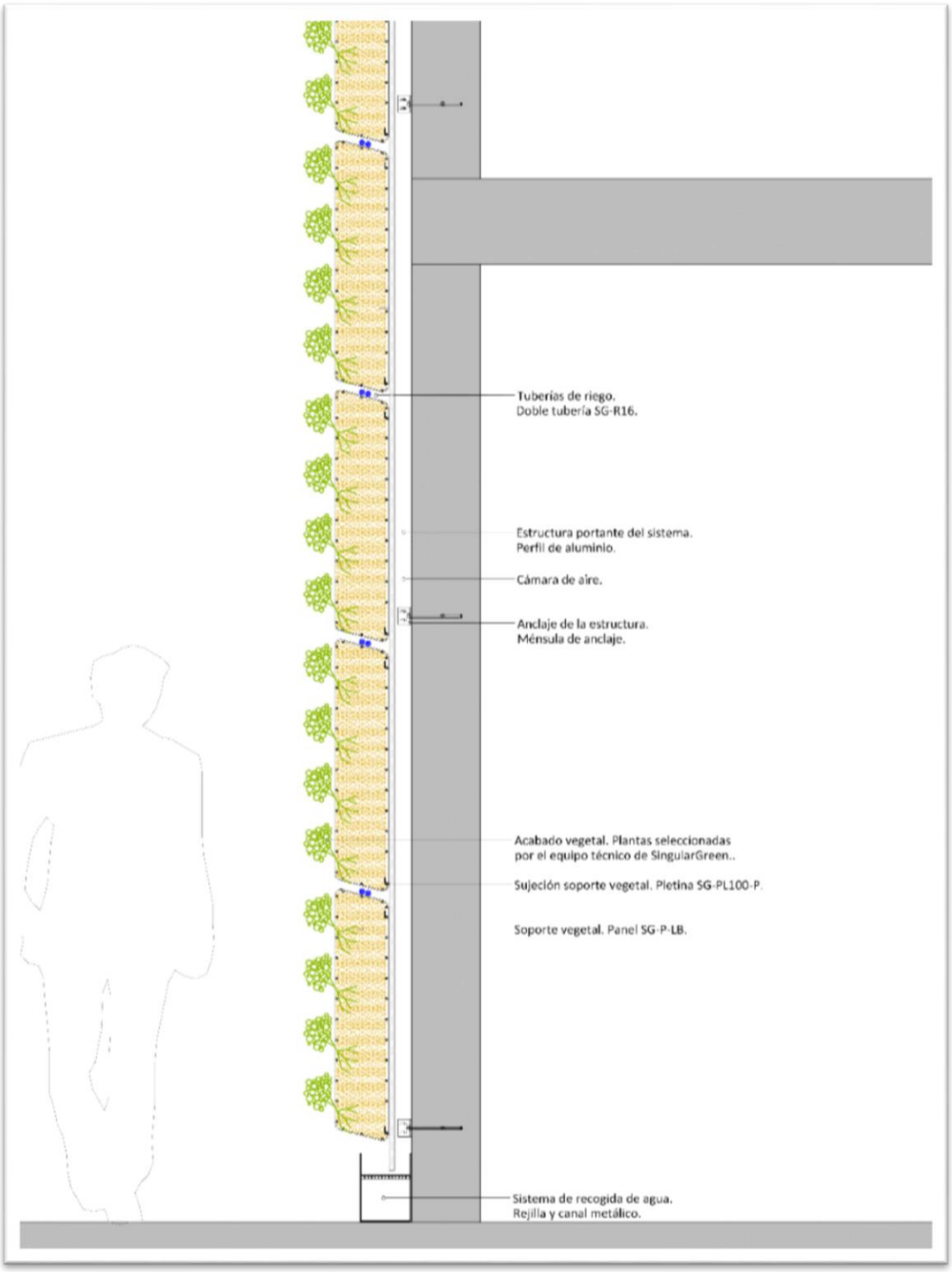
Este sistema se compone de la aplicación de una capa vegetal. El Sphagnum Megellanicum pertenece a la familia de las turberas, es un tipo de musgo de crecimiento lento y con una alta capacidad de absorción de agua, pudiendo retener hasta veinte veces su peso en agua. Esto lo convierte en un buen administrador y distribuidor de humedad. Es de textura ligera, permitiendo una buena oxigenación de las raíces de las plantas, además de ser antibacteriano, con propiedades contra la putrefacción, enfermedades y plagas en su vegetación por tener un conservante polisacárido. Tiene un pH bajo de 4,8 lo cual evita el uso de reguladores químicos, haciendo a la planta resistente a enfermedades y parásitos en sus raíces.

Fuente: Verdtical Magazine (https://verdticalmagazine.com)

Figura 2-5: Musgo Sphagnum

Gracias a sus propiedades este método no necesita de fertilización, aminorando costos y mantenimiento, sin embargo, esto limita al crecimiento de la planta, provocando su crecimiento lento, lo que supone un inconveniente si se persigue tapizar rápidamente el jardín, además de alargar el periodo de adaptación necesario para enraizar las plantas adultas debido a su acidez, limitando también a la variedad de plantas a utilizar, en caso de utilizarse como complemento de sustrato.

Este sistema se instala por paneles formados con alambre galvanizado, electro-soldado plastificado, generalmente. El Sphagnum se puede utilizar como vegetación dentro de los paneles o como complemento de otro sustrato en otro método para fachada. Es un sistema versátil debido a que puede manipularse según la forma a adaptarse y realizar fachadas en cualquier tipo de diseño o proyecto.



Fuente: Singular Green (https://www.singulargreen.com/)

Figura 2-6: Sistema Constructivo Sphagnum

En el uso de Sphagnum como vegetación, se utilizan paneles con un espesor de 5 a 15 centímetros, lo cual variará dependiendo del sistema y las solicitaciones climáticas, si se pueden utilizar otro tipo de sustratos complementarios.

Esta técnica tiene buena adaptabilidad, bajo peso y bajo mantenimiento, ya sea en grandes o pequeñas superficies, además de una buena durabilidad en comparación a otros sistemas de sustrato vegetal sin llegar a ser tan larga como en los sustratos hidropónicos. Debido a sus propiedades es de bajo costo de colocación y enraizamiento si se utiliza por sí solo.

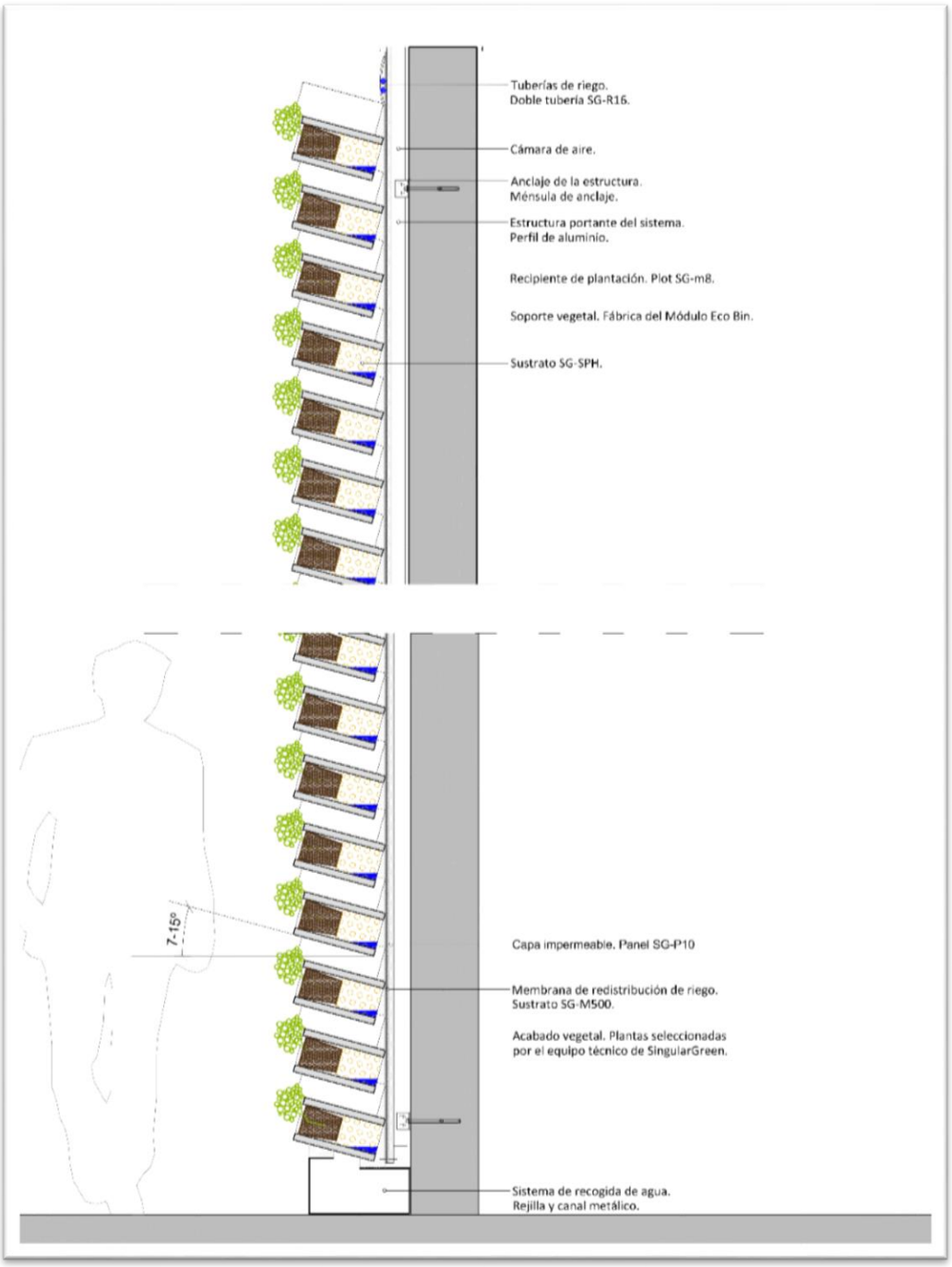
2.1.5. Sistema Celda Modular

Las características de los sistemas de celda de sustrato son muy parecidas a las de contenedores (panel) de sustrato, la única diferencia reside en que la apertura de este al exterior brinda una mejor ventilación y aumenta las posibilidades del sistema riego. En otras palabras, se compone de un sistema de macetero “flotante” (contenedor para plantas) que ancla con seguridad las plantas una fachada del edificio.

Es un sistema modular que consta de un panel de 12x12” de polipropileno montado sobre soportes de acero. Este viene con celdas que contienen la planta y su sustrato alcanzando hasta 13 plantas por panel y una malla filtro. Los paneles vegetados en celdas drenantes están formados por celdas Atlantis de polipropileno, con una porosidad del 90%. Las celdas se rellenan con un sustrato previamente estudiado. El conjunto se envuelve con fieltro de lana de 2 mm de espesor y 0,55 g/cm3 de densidad, obteniendo un paquete compacto colocado en paralelo a la fachada, de forma que la cara amplia del mismo quede vista. Sobre esta cara se practican incisiones en el fieltro para introducir las especies vegetales, posteriormente irrigadas por goteo, siendo su sistema de riego automático. El riego por goteo consiste en aplicar pequeñas cantidades de agua en zonas localizadas, en este caso, sobre cada panel. Se compone de tuberías de distribución de polipropileno (tubos gotero 16 mm de diámetro); de las que, mediante conexiones tipo injerto, se obtienen salidas de micro tubo de 4 mm, ubicados en la parte superior de cada panel vegetal. En estos micro tubos se instalan goteros montados sobre estaca de 12 cm que funcionan de manera óptima a una presión de 1,5 bar. El agua sobrante se recoge en la parte inferior, gracias a un canalón de chapa dispuesto de forma que se pueda recircular el agua para riego.

Este sistema presenta buenos beneficios ecológicos como son el aislamiento acústico y térmico, protección de edificios y gestión de aguas, son muy pronunciados. Es más, los hongos y bacterias incluidas en el sustrato actúan sobre la contaminación, ya en estos se depositan las partículas y los metales pesados aprovechándolos o metabolizándolos. Además, este tipo de sistemas funcionan de forma análoga a una fachada ventilada, obteniendo el aislamiento de las edificaciones eliminando puentes térmicos, así como, problemas de condensaciones, obteniendo de esta manera un magnifico comportamiento térmico.

Dentro de sus desventajas está el peso, ya que puede llegar a pesar 160 kg/m2, por tanto, se debe tener en cuenta a la hora de decidir la vegetación que se incorporará en el sistema.



Fuente: Singular Green (https://www.singulargreen.com)

Figura 2-7: Detalle constructivo Sistema de Celda drenante.

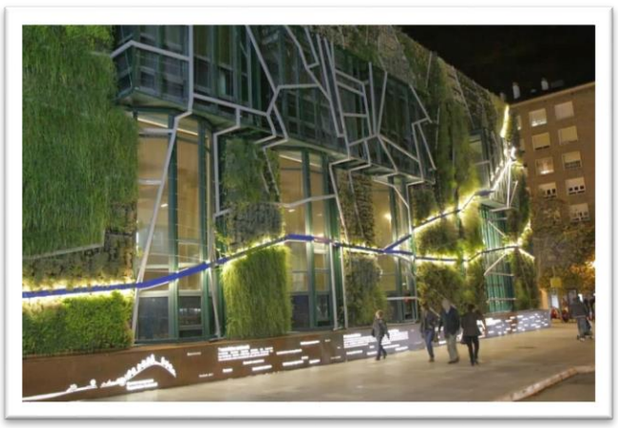
El mantenimiento es alto tanto por la vegetación y a nivel estructural, ya que, al dañarse un panel, se debe cambiar y arreglar el sistema completo. (Las ventajas y los inconvenientes son idénticos a los del punto anterior, proporcionando una cobertura vegetal en las fachadas mucho más rápido que en las fachadas vegetales tradicionales como enredaderas con crecimiento más lento.

Este sistema de celdas drentantes puede variar en materialidad manteniendo sus características principales, pueden ser plásticas o cerámicas, lo cual determinará su peso o sus características físicas dentro del sistema completo. Entre ellos destacan los sistemas de “Fachada natura” creado por la empresa Paisaje Vertical, constituido por celdas plásticas. Y el sistema “Eco bin” de la empresa SingularGreen fabricado con celdas cerámicas.

2.2. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN SUSTRATO HIDROPÓNICO

Las fachadas hidropónicas son sistemas donde no se utilizan sustratos vegetales sino membranas donde logren fijarse las raíces de las plantas y puedan desarrollarse. Para esto, se utilizan sustratos de espesor reducido, como fieltros no tejidos (poliamida, polietileno, poliéster, entre otras), lana de roca, o espumas técnicas (poliuretano, poliuria, otros) para otorgar una superficie donde puedan generar un soporte para la vegetación. En todos estos métodos los nutrientes son aportados vía riego, generando un ambiente óptimo para su desarrollo y sostenimiento.

La estrategia de estas fachadas consiste en utilizar sustratos con una baja capacidad de intercambio catiónico con gran estabilidad química y durabilidad, además de utilizar los nutrientes y los parámetros de la solución hidropónica para modificar las condiciones de crecimiento de las plantas.



Fuente: Inarquim (https://inarquim.com)

Figura 2-8: Fachada Vegetal del Palacio de Europa de Vitoria-Gasteiz

Entre estos sistemas destaca el uso de fieltros no tejidos, impulsado por Patrick Blanc: Sistema de sustrato hidropónico se basa, primordialmente, en utilización de fieltros no textiles que otorgan una sujeción de las raíces en torno a la estructura soportante que va a la fachada de la edificación. La técnica que dio pie a este sistema fue la impulsada y creada por Patrick Blanc, catalogado como uno de los máximos referentes en fachadas vegetales.

2.2.1. Sistema Fieltro (Patrick Blanc)

La patente Patrick Blanc utiliza la superposición de diversos elementos que favorecen el proceso de crecimiento y fijación de las raíces sobre una superficie. Se utilizan dos capas de fieltro de poliamida sobre estructuras de PVC expandido de 10mm de grosor (soporte estanco) y se fijan sobre una estructura metálica que asegura el aislamiento del muro adosado. Sobre el fieltro utilizado, con gran capilaridad y retención de agua, las plantas logran enraizarse. Su técnica elimina los problemas de peso del sustrato. El peso total del sistema ronda en los 30 kg/m^2 lo cual lo hace apto para cualquier tipo de proyecto, independiendo de su altura.

Este tipo de sistemas consiste la instalación de unas láminas donde se propicia el crecimiento vegetal y un sistema de riego con agua totalmente automatizado y con capacidad de recirculación de agua. Para la colocación de las láminas será necesaria la instalación de un enrastrelado de aluminio de 40x20x2 mm sobre la fachada previamente impermeabilizada. Dicho enrastrelado estará sujetado mediante tornillería galvanizada de 5 mm y taco posteriormente se colocará una capa de panel aminoplástico P-URB 750 de 10 mm de espesor sujetada mediante remaches de aluminio de alta tracción cada 40 cm y capa superior de polifieltro fitogenerante ph P-URB 700 de 3 mm de espesor. Sobre todo, este conjunto se realizará la plantación de especies acorde al lugar y climatología local.

Estos sistemas se sectorizan para el riego con un sistema completamente automatizado donde el agua se dejará caer en la parte superior del jardín e irá humedeciendo el soporte, escurriendo a una canaleta lineal de recogida.

Al final de la canaleta se colocará una cesta para recogida de impurezas y desde la canaleta conducirá el agua sobrante a un depósito enterrado desde donde un equipo de bombas (ubicados en un cuarto de instalaciones) recirculará el agua de riego a la plantación vertical. Funcionando todo el sistema mediante una recirculación no siendo necesario el aporte de agua

Durante el proceso de recirculación las bombas peristálticas introducirán abono y fertilizante al agua de riego. La reposición de agua en el sistema queda garantizada con el almacenamiento en otro depósito enterrado alimentado por un equipo de osmosis inversa conectado mediante acometida a la red pública de agua.

Las ventajas de este sistema son inmensas, debido a su capacidad modular y bajo peso. Estos sistemas aproximadamente llegan a los 30-35 kilogramos por metro cuadrado. La sustitución de la vegetación es simple, debido a que las plantas son independientes cada una ubicadas en bolsitas de fieltro permitiendo la sustitución individual de cada una.

La innovación principal de este sistema consiste en usar el sistema de cultivo hidropónico el cual se elimina la tierra de las plantas ya que estas son alimentadas mediante fertilizantes incluidos dentro del riego. Así mismo se evitan la aparición de insectos mediante la inclusión en el goteo de productos naturales que evitan la aparición de los mismos

Permite crear un entorno con gran similitud a entornos naturales. Gran efecto de aislamiento térmico en invierno. En verano reducen la temperatura ambiente a través de procesos de sombra y de evapotranspiración. Las hojas, las raíces y los microorganismos asociados a ellas limpiar el aire al capturar de contaminantes atmosféricos. Ayudan a la gestión de las aguas pluviales al transformar superficies impermeables creadas por el hombre. Requieren menos agua que las plantas regadas por métodos tradicionales, ya que el riego se dirige directamente a las raíces de las plantas.

Sin embargo, sus desventajas prevalecen en su factor económico, debido a que este tipo de sistemas tienen un alto coste de implantación al ser sistemas bastantes complejos que necesitan equipos de riego, depósitos, equipos de osmosis bombas de impulsión, etc.

Además de Estos sistemas requieren de mucho mantenimiento. Las plantas al alimentarse mediante cultivo hidropónico necesitan estar monitorizadas contralando los niveles del pH y la conductividad para que permanezca en equilibrio. El problema de estos sistemas es que si se produce un fallo eléctrico el sistema de goteo deja de funcionar siendo la vida útil de las plantas si estar alimentadas mediante el goteo de aproximadamente dos días. Lo que implica el mantenimiento de una empresa especializada que sea capaz de actuar en estos.

2.2.2. Sistema Panel Modular (SH)

Este tipo de sistemas son construidos en base a paneles y que, a diferencia de los que están en sustratos vegetales, se utilizan materiales de cultivo hidropónico como espumas técnicas de poliuretano, poliuria o lana de roca. Las especies vegetales se suelen plantar in situ. Estos paneles se anclan o cuelgan con perfiles metálicos.

Consta de paneles que disponen una serie de perforaciones que permiten la introducción de plantas cultivadas en sustrato inerte o con raíz desnuda. Como todo sistema en base a sustrato hidropónico, los nutrientes se entregan vía riego.

Este sistema se compone de un trasdosado de paneles los cuales se anclan a una estructura de aluminio para luego instalar en la edificación. Se caracteriza por su rapidez de montaje, bajo peso de 35kg/m2 y facilidad de mantenimiento.

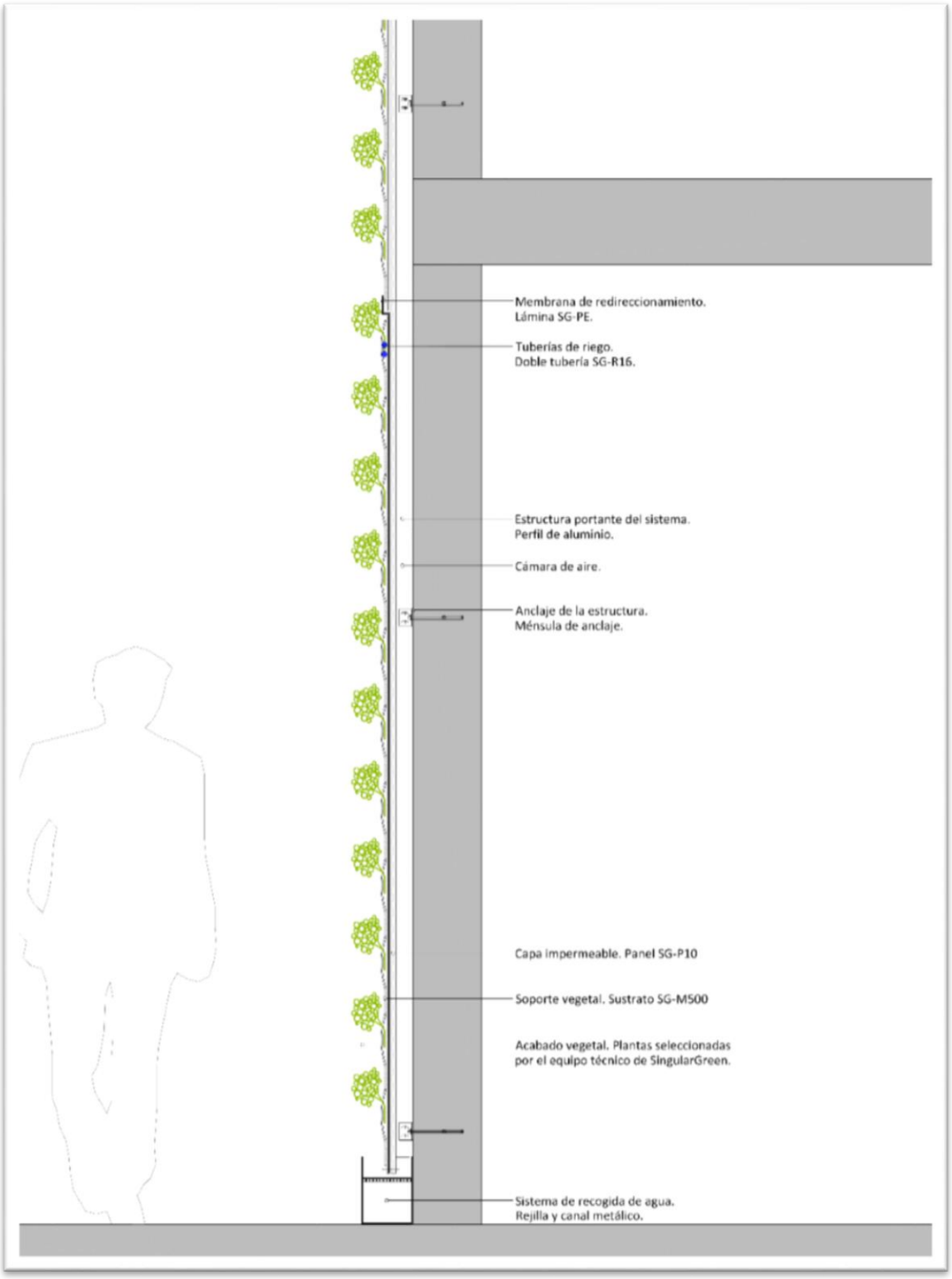
Para su sustrato, se utilizan métodos hidropónicos utilizando fieltros no tejidos formando el sustrato de la vegetación por donde discurre una solución hidropónica (agua y nutrientes). Las instalaciones de riego se sitúan entre las capas del tejido no tejido por lo que su mantenimiento y sustitución son muy sencillos.

Sin embargo, también puede ser mixto, combinando ambos tipos de sustratos, lo cual variara su modalidad según las necesidades climáticas y la vegetación autóctona de la zona.

a) Sistema Panel Clásico
b) Sistema Panel Mixto
c) Sistema Panel Col

a) Sistema Panel Clásico.

Es un sistema netamente hidropónico recomendado para proyectos con superficies de más de 40m2 y un sistema de recirculación de agua.

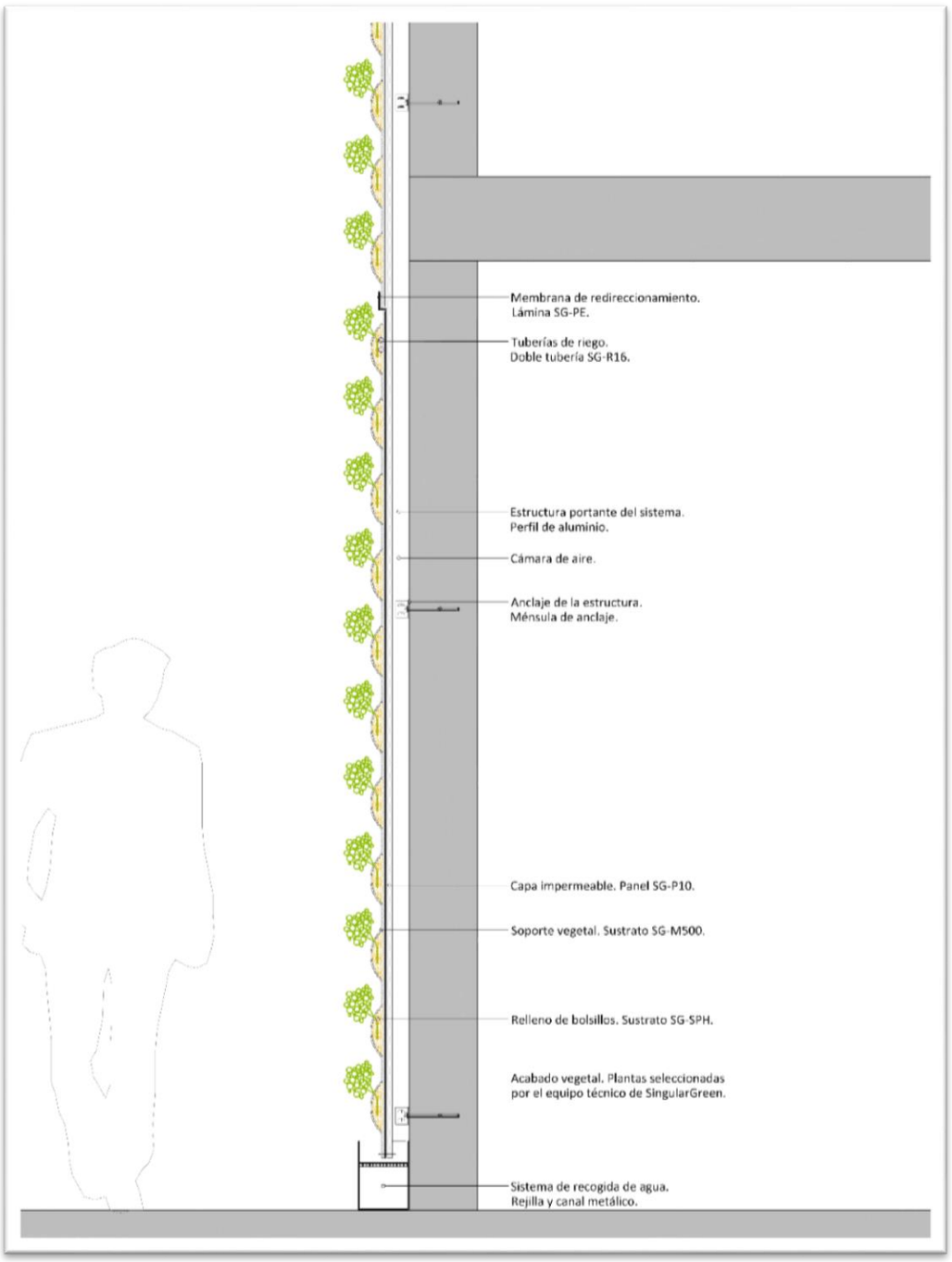


Fuente: Singular Green (www.singulargreen.com)

Figura 2-9: Detalle constructivo Sistema Panel Clásico.

b) Sistema Panel Mixto.

Se utiliza como sustrato el Sphagnum para favorecer el crecimiento de la vegetación. Este sistema se recomienda para proyectos con superficie de 5 m2 hasta 60 m2, independiente en la aplicación de sistema de recirculación de agua.

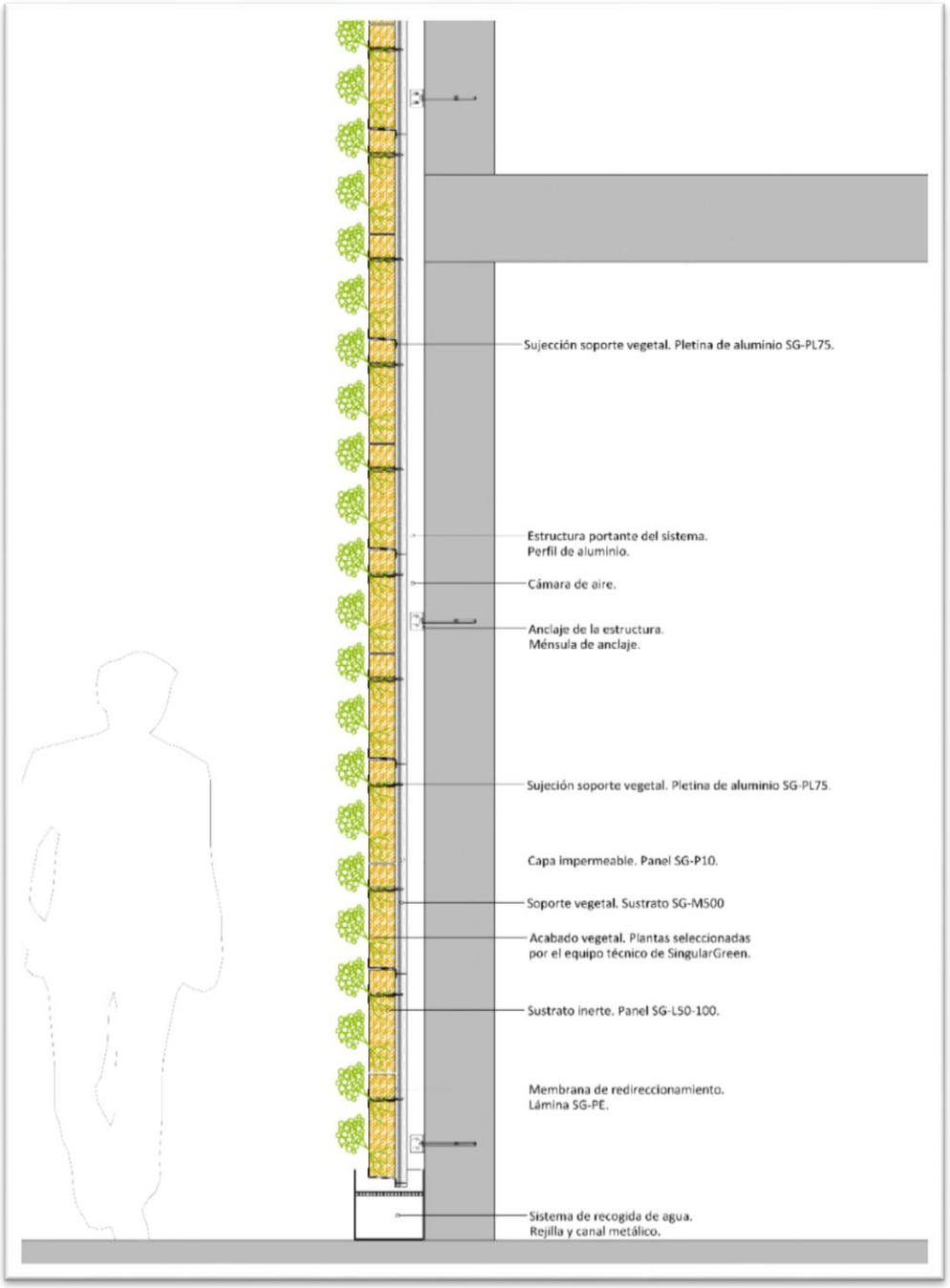


Fuente: Singular Green (www.singulargreen.com)

Figura 2-10: Detalle constructivo Sistema Panel Mixto.

c) Sistema Panel Col.

Se utiliza un tipo de sustrato diferente, la lana de roca, que actúa como aislante y protege las raíces de la vegetación en climas extremos con temperaturas inferiores a -15°C.



Fuente: Singular Green (www.singulargreen.com)

Figura 2-11: Detalle Constructivo Sistema Panel Col.

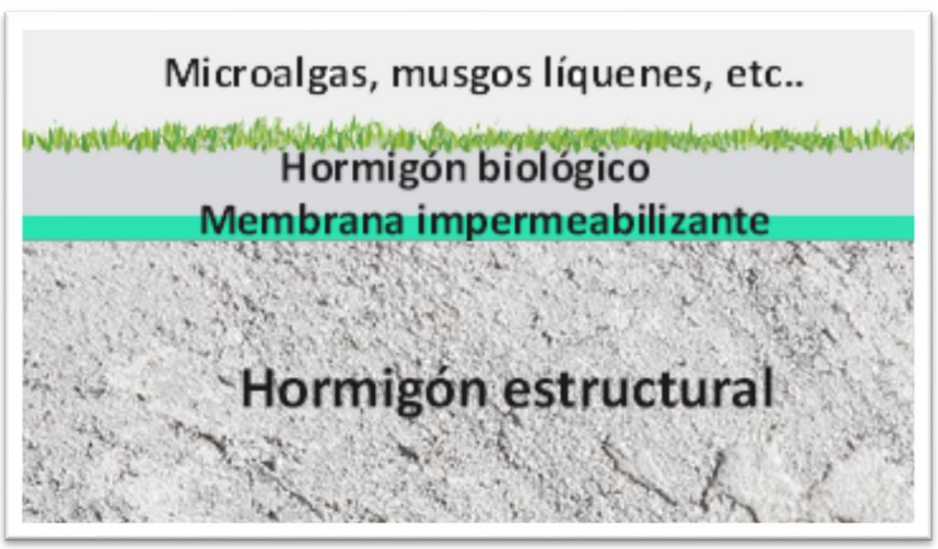
Como fue anteriormente señalado, todos estos sistemas constructivos variarán según la necesidad del proyecto, es por esto que pueden ser utilizados ambos sistemas por separado o en conjunto. Los sistemas mixtos tienen una durabilidad mayor a los de sustrato vegetal ya que al combinar los sistemas de sustrato vegetal e hidropónico entrega un mejor ambiente y sostenibilidad en el tiempo para la vegetación entorno a su medio nutritivo y de riego en la fachada.

2.3. FACHADAS DE SISTEMAS NO CONVENCIONALES

Los dos grandes tipos de sistemas de fachadas vegetales no son los únicos en el mercado. El avance y creación de nuevas tecnologías ha dado pie a otros sistemas que favorecen la creación de fachadas vegetales utilizando medios no-convencionales para su implementación en edificaciones, como lo son el hormigón vegetal y el sistema leaf.skin, como uno de los más relevantes dentro de los avances.

2.3.1. Sistema Hormigón Vegetal

Dentro de los avances tecnológicos, un grupo de investigadores en conjunto de dos universidades han estudiado durante los últimos años el hormigón biológico. Dentro de ellos están Sandra Manso, Ignacio Segura, Antonio Aguado y un grupo de la Universidad Politécnica de Catalunya y colaboraciones de la Universidad de Gante (Bélgica).



Fuente: Construinnova (https://construinnova.net)

Figura 2-12: Detalle Constructivo de Hormigón Vegetal

Frente al concepto de fachadas vegetales buscaron una solución a los problemas de los sistemas tradicionales entorno al peso, soportes y estructuras aun permitiendo el desarrollo vegetal que conforma una fachada. Evitando los métodos con montajes, recipientes o contenedores, sustratos de distintos orígenes. Así llegaron al hormigón biológico.

El hormigón biológico es un tipo de hormigón que permite el desarrollo de vegetación directamente en su superficie, sin necesidad de sustratos y prácticamente sin mantenimiento, a través de su método y materiales constructivos.

Este sistema consta de tres capas: la capa de soporte, la capa impermeabilizante y la bio-capa o llamado “hormigón biológico”.

a) **Primera capa: Capa de soporte.**

Esta capa se compone principalmente de hormigón convencional de cemento Portland que irá sobre el paramento de la edificación desnuda. Esta soportará a las capas posteriores del sistema.

b) **Segunda capa: Capa Impermeabilizante.**

Esta capa protegerá a la capa de cemento anterior ante la humedad y las posibles filtraciones.

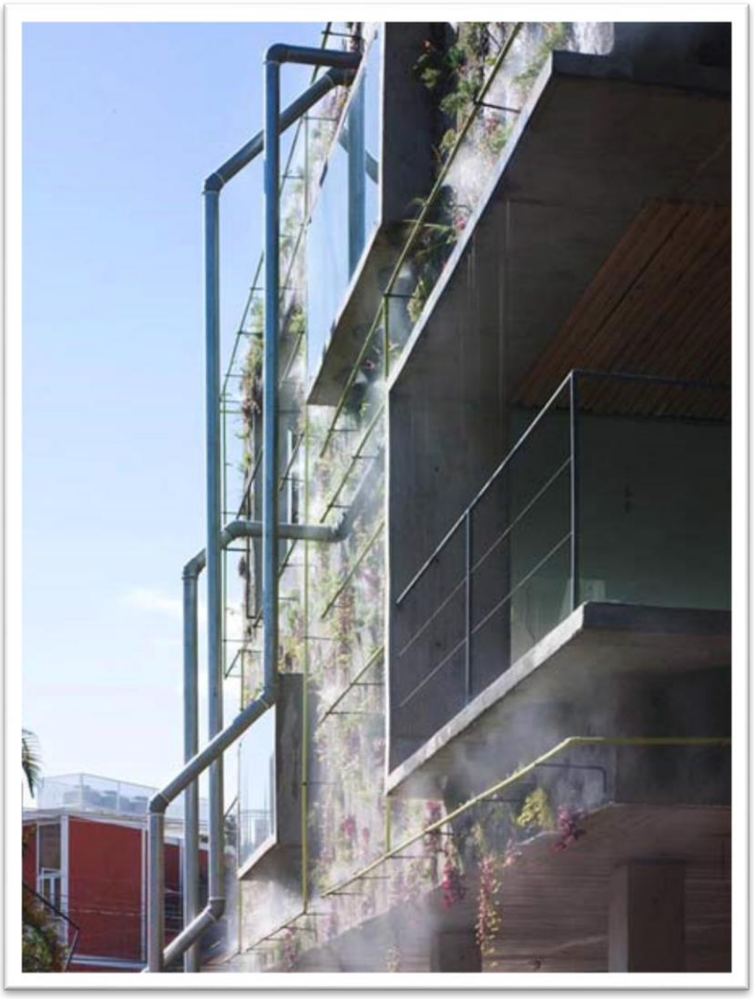
c) **Tercera capa: Capa biológica.**

La última capa contiene un hormigón con sustancias químicas necesarias para el crecimiento de los musgos y líquenes. Está tratada con bio-cemento, que permite la proliferación de microorganismos de forma que queda cubierta con un bio-film cuya misión es controlar la humedad y también actuar como aislante térmico-acústico. También actúa como impermeabilización inversa, permitiendo la entrada de agua externa, como la de lluvia, pero impedirá su salida, manteniendo una condición de humedad adecuada. Y al ser tan versátil, permite jugar con la estética de la fachada.

El bio-hormigón es muy propenso a la carbonatación, siendo mayormente ácido en comparación a al hormigón convencional. La acidez a la que puede llegar sometido a carbonatación ha llegado a un pH entre 6.5 y 7 ayudando a la proliferación de esta vegetación. Esto se logra debido al uso de un cemento rico en fosfato de magnesio como conglomerante, lo cual reduce el pH comparándolo con el cemento común, además de tener propiedades de alta resistencia y de fraguado rápido. Esto, en conjunto al

porcentaje de humedad, permite una condición óptima para el crecimiento de hongos, musgos y líquenes. Además, en la mezcla se utilizan combinaciones de tamaños de áridos, relaciones agua/cemento y cantidad de pasta de cemento para producir hormigón de diferentes porosidades y rugosidades.

Este sistema alberga en su totalidad a diferentes musgos y líquenes que son óptimos para desarrollarse en el bio-hormigón, sin embargo, no todos son capaces de soportar condiciones ambientales tan agresivos como los que hay en las ciudades más pobladas, es por ello que variarán según el clima, su temperatura y su orientación entorno al sol.



Fuente: Urbanarbolismo (www.urbanarbolismo.es)

Figura 2-13: Fachadas con Hormigón Vegetal.

Musgos Sphagnum, son especialmente resistentes en climas agresivos y muy utilizados en algunos tipos de fachadas vegetales, como en el hormigón vegetal. Este

tipo de musgo son capaces de adaptarse a cualquier tipo de clima, por extremo que sea, llegando a contener casi un 95% de agua, haciéndolos óptimos para su utilización en este tipo de sistemas, sin requerir un excesivo mantenimiento.

Este tipo de musgos o líquenes absorben polvo, y dióxido de carbono (CO 2) y lo convierten en oxigeno (O2) y hacen que este sistema sea un buen bio-indicador de calidad ambiental, ya que colabora con la reducción de la polución.

El sistema de hormigón biológico responde con soluciones ante la integración a la estructura, el peso y costos, tanto de mantenimiento como en instalación versus otros sistemas constructivos. Siendo un buen método para incorporar vegetación a fachadas.

2.3.2. Sistema Leaf.skin

Esta técnica constructiva de fachadas vegetales es uno de los únicos que ha logrado minimizar el peso, espesor y complejidad a este tipo de sistemas vegetales en la edificación, aun comparándolo con el sistema de hormigón vegetal, ya que este consta de un sistema con capas que no sobrepasan los tres a seis milímetros de espesor.

Se define como una piel vegetal, puesto a que no contiene un sistema estructural que contenga la vegetación, ya que se compone de un tratamiento que se le hace al paramento vertical que contiene todo lo necesario para la creación de una superficie vegetal.

Fuente: Urbanarbolismo (www.urbanarbolismo.es)

Figura 2-14: Fachada Vertical del Palacio de Congresos de Vitoria-Gasteiz

Capas que lo constituyen:

a) **Capa base:** Se aplica una membrana permeable de PVC FR anti-raíces directamente sobre la fachada de la edificación para crear una barrera que no permita a la humedad sobrepasar a la fachada original.

b) **Sustrato:** Se aplica un sustrato textil SG MS-500, sustrato para jardinería vertical a modo de generar un límite de absorción pre-aplicado el sustrato biológico.

c) **Segunda capa de sustrato:** Se incorpora el sustrato L+S ecoactiv, un sustrato diseñado para proveer a las plantas en un medio de crecimiento óptimo. Este se adhiere al sustrato textil.

d) **Vegetación*.**

*Por parte de la vegetación, no se planta semilla por semilla en el sistema, ya que leaf.skin es un sistema semillado donde al activar el riego y generar un ambiente húmedo, la vegetación (hongos, musgos y líquenes) comienzan a aflorar, generando un ecosistema sobre la capa de sustrato eco.activ.

Estas características hacen que este sistema sea efectivo, ligero y de muy bajo costo económico, además de reducir los tiempos de instalación y garantiza un perfecto desarrollo de la planta adaptada desde su nacimiento a las condiciones del sistema.

El sistema de riego utilizado es compacto, siendo poco importante ya que cualquiera que fuese la dimensión de este, con tan solo generar un ambiente húmedo se permite el desarrollo de una piel vegetal con una gama de especies que se adaptan al clima local. Por parte de la edificación, no corre ningún riesgo entorno a la humedad debido a que sus capas generan una impermeablización resistente a la humedad de la vegetación naciente. Esto lo hace apto para obras de rehabilitación.

Además, debido al íntimo contacto entre la fachada del edificio y el sistema, todo el enfriamiento que se produce en los meses de calor por evaporación y evapotranspiración se transfiere directamente enfriando el edificio.

CAPITULO TERCERO: ANALISIS DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS, Y REQUISITOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN

3.1. BENEFICIOS Y DESVENTAJAS

Este tipo de fachadas de revestimiento vegetal , son una solución clave para construir edificios eficientes y sostenibles en las ciudades, ya que integran de forma sencilla la vegetación y las composiciones verdes de distintas especies de plantas en las grandes urbes, donde no hay más espacio horizontal disponible.

Actualmente, las ciudades son el principal foco de emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, el factor más importante del cambio climático. Con las fachadas vegetales podemos contrarrestar el calentamiento global y el cambio climático: creando edificios capaces de trabajar como pulmones, conseguimos que las ciudades sean parte de la solución y no del problema.

La incorporación de fachadas vegetales en espacios urbanos también es beneficiosa tanto para el medio ambiente como para los propios edificios, pues las plantas que conforman estos sistemas vegetales filtran los contaminantes y el CO2 y, por tanto, mejoran la calidad del aire y el comportamiento energético del edificio.

Dentro de los beneficios que provocan las fachadas vegetales resultantes de la integración de los mismos, se dividen en dos: Efectos a escala urbana y en Efectos a nivel de la edificación.

3.1.1. Efectos a Escala Urbana

Los efectos a escala urbana se determinan por los factores en que incide la vegetación incorporada en las fachadas en la ciudad, tanto en calidad ambiental como en la salud de sus habitantes.

3.1.1.1. Retención de CO_2

Al contener vegetación, esta realiza fotosíntesis mediante su ciclo vital lo que proporciona Oxigeno (O_2) y absorbiendo Dióxido de Carbono (CO_2) derivado de las combustiones urbanas, lo que genera una renovación del aire de su entorno. Esto se considera como una ventaja de ambiental al entorno, ya que reduce la contaminación dentro de las ciudades, a modo de mejorar la calidad de vida dentro de ella. Calculándose que una hectárea de vegetación típica puede absorbiendo 7.500 kilogramos

de CO_2 cada año, o visualizándose también como la producción del Oxigeno (O_2) requerido por una persona en un año.

3.1.1.2. Retención de polvo, material en partículas y sustancias contaminantes

Por otro lado, también actúa sobre la polución capturando en su sustrato partículas y metales pesados, que son aprovechadas o metabolizadas por la micro flora del suelo (hongos y bacterias), absorbiéndolas y fijándolas a sus tejidos, capturando así contaminantes como el plomo, el cadmio u otros materiales pesados, que de otro modo, permanecerían en suspensión en el aire. Las fachadas verdes, pueden actuar como sumideros de polvo procedente del entorno urbano y, sin embargo son una tecnología, que rara vez se utiliza.

La vegetación puede actuar como un eficiente filtro biológico, al eliminar cantidades significativas de contaminación por partículas en la atmósfera y el ambiente urbano. Pero el efecto de la vegetación no se limita solo a la captación de partículas. La vegetación también es eficiente al tomar del aire otras sustancias contaminantes tales como CO2, NOx (óxidos de nitrógeno) y SO2 (dióxido de azufre).

3.1.1.3. Reducción de la escorrentía de aguas pluviales

Al aumentar las lluvias en las ciudades, dejando de lado los sistemas de alcantarillado, ciertos sectores y calles comienzan a inundarse, entorpeciendo a las actividades diarias de sus habitantes. Eso se debe a la poca cantidad de vegetación. A modo de explicar esta situación, se entiende que previo a la urbanización de esa zona, se componía de tierra y vegetación, la cual absorbía la lluvia caída en ese lugar, sin embargo, hoy en día no se prioriza la restauración de zonas verdes en las ciudades, dándole mayor cabida a la construcción de zonas de uso habitable que a parques o inclusive jardines en edificios a modo de mitigar el impacto medioambiental.

Es por esto que, al llover, el agua no tiene donde ir, debido a que se le ha puesto una capa impermeabilizante (hormigón) que no absorbe el agua, generando un estancamiento de esta e inundando calles y comunas en las ciudades.

Al incorporar las fachadas vegetales, se reincorpora vegetación en la zona, y a pesar de estar en vertical, absorben y drenand el agua pluvial que cae en las épocas de invierno.

No existen estudios donde indiquen la capacidad de retención de lluvias de las fachadas vegetales, pero se establece que la vegetación de los mismos podría trabajar de manera análoga a las cubiertas ajardinadas ayudando al drenaje y retención de las lluvias. Además de generar a la edificación una protección de humedad provocada por la lluvia.

3.1.1.4. Conservación de la naturaleza y biodiversidad urbana

Siendo uno de los mayores problemas de hoy en día, donde la construcción llega a tener un impacto tan alto sobre la naturaleza, llegando a arrasarla por completo. La incorporación de las fachadas vegetales en las ciudades genera una forma de restablecer un poco el equilibrio natural entre la urbanización y la forestación local.

Además esto puede generar un habita para especies animales como aves o insectos, tanto de forma permanente como de paso para ellos. Lo que puede mejorar cuantitativa y cualitativamente la biodiversidad urbana.

El aumento de la flora y fauna han sido documentados en estudios de cubiertas vegetales, por lo que es razonable esperar resultados similares en las fachadas y muros vegetales.

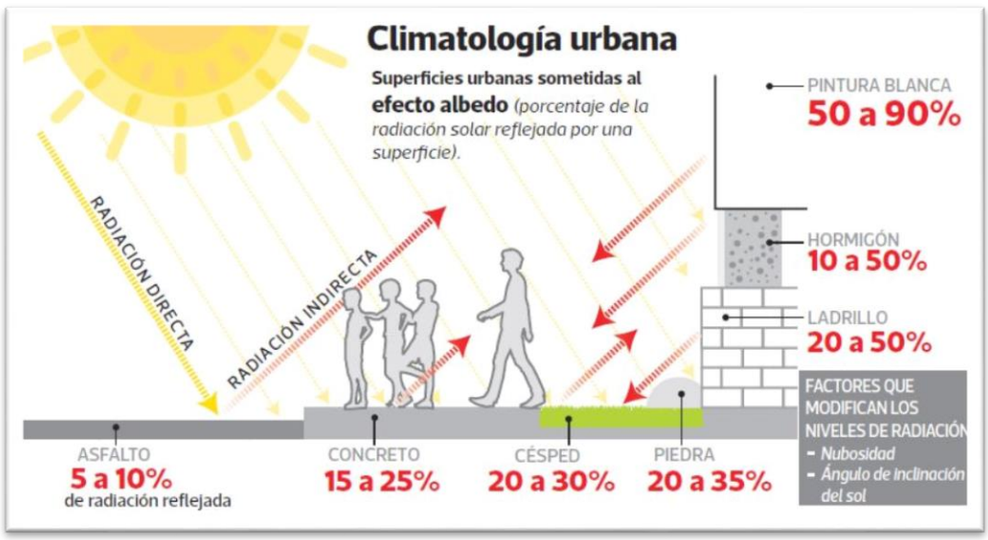
3.1.1.5. Mitigación de efecto isla de calor

Como fue señalado anteriormente, el efecto isla de calor se resume al aumento de la temperatura ambiental, sumada a las derivadas del cambio climático y al aumento de las emisiones de CO_2. Este aumento, mayormente presentado en las ciudades, se ve agravado a causa de la ausencia de zonas verdes, el efecto de los gases invernadero y la retención del calor por las construcciones.

Es decir, en una ciudad, donde más del 60% de las superficies son ocupadas por pavimentos y tejados, los cuales contribuyen significativamente en la absorción de la radiación solar en estos entornos, el efecto isla de calor se ve aumentado.

En ese sentido, las fachadas vegetales toman una crucial importancia para mitigar este efecto, como una mejora para el entorno sombreando zonas de las edificaciones y evitando así que capten la radiación solar.

Los elementos vegetales pueden actuar como protecciones contra las ganancias excesivas de calor provocadas por los rayos solares, ya que la vegetación obstruye, filtra y refleja la radiación solar, en caso contrario de lo que provoca el hormigón. En algunos casos las fachadas vegetales pueden llegar a evitar del 50 al 90 por ciento de la radiación incidente. Esto, incluyendo los otros factores que proporcionan las fachadas vegetales, logran crear un micro clima en la zona, generando mejor calidad de vida y climas más agradables para sus habitantes.



Fuente: Minvu (https://www.minvu.cl/)

Figura 3-1: Climatología Urbana según Reflexión Solar sobre Superficies.

Cabe destacar que un único elemento aislado no constituye un efecto significativo sobre la temperatura ambiental, sin embargo el conjunto de diferentes elementos vegetales supone una reducción de la temperatura ambiental. Es por esto que se incentiva a su uso masivo dentro de la ciudad.

3.1.2. Efectos a Escala de la Edificación

Se determinan por los factores que incidirán dentro de la edificación, favorecidos por la implementación de la fachada vegetal.

3.1.2.1. **A**islante Térmico

De la misma manera que las fachadas favorecen en la mitigación del efecto isla de calor en las ciudades, también genera un beneficio al interior de la edificación ayudando como aislante térmico en esta, debido a que la vegetación actúa como segunda piel, mejorando la estabilidad térmica del edificio y amortiguando equilibradamente los cambios ambientales a los que se expone.

De este modo, la vegetación acumula la temperatura del interior del inmueble, minimizando los posibles escapes. Siendo eficaces tanto en verano, evitando la radiación directa a la fachada reduciendo el sobrecalentamiento interior, provocando un clima más frío, como en invierno, la vegetación provoca un retraso del traspaso del calor desde el interior al exterior, un clima más cálido. Esto ayuda notablemente en la reducción de los gastos de climatización, debido a un clima confortable en su interior y para el usuario. Los beneficios térmicos de la fachada vegetal llegan a reducir hasta cinco veces la temperatura interior de un edificio en verano.

Esto variará en calidad según la inercia térmica de cada uno de los sistemas incorporados a la edificación, dependiendo del grosor de la cubierta. Cuanto mayor sea este, o dependiendo del tipo de sustrato a utilizar, mejor resultará como aislante.

3.1.2.2. **A**islante Acústico

Son altamente eficaces para minimizar el ruido ambiental y la contaminación acústica característica de las ciudades. Esto es debido a la combinación del sustrato, sus plantas y el aire acumulado en la superficie de la fachada, constituyen una barrera sobre la que las ondas sonoras rebotan, sin penetrar al interior del inmueble. La tierra bloquea las ondas de frecuencia más bajas y la vegetación hace lo propio con las de frecuencia más alta. Así, se logra un ambiente de tranquilidad inmune al ruido exterior de elementos como la lluvia, el tráfico o los aviones. Pueden amortizar sonidos de hasta 40 decibelios (dB) con una fachada de 8 centímetros de grosor.

3.1.2.3. **V**entilación Natural y Protección del Viento

La presencia de vegetación genera brisas que refrescan el ambiente alrededor de las viviendas; al refrescar la temperatura se genera un flujo de aire, ya que el desequilibrio entre las pequeñas masas de aire a diferente temperatura, y por tanto, diferente densidad, generando una circulación natural.

Además de que la vegetación actúa como barrera contra el viento en el caso de orientaciones muy expuestas. Se trata de una barrera porosa, por tanto, reduce la velocidad del viento creando pocas turbulencias. Incluso las enredaderas o vegetación cercana a las paredes reducen la velocidad del viento en la proximidad del muro.

3.1.2.4. **M**ejora de la Calidad del Aire Interior

Debido a que la vegetación logra reducir la contaminación ambiental y el dióxido de carbono de su entorno, proporcionando a demás Oxigeno al ambiente, logra generar una zona más limpia, es por esto que la calidad del aire es mucho mejor al interior, debido a la aparición de nuevos microclimas en la zona a causa de la implementación de las fachadas vegetales. En una fachada de un edificio de cuatro plantas (60 metros cuadrados) puede filtrar al año hasta 40 toneladas de gases nocivos.

3.1.2.5. **A**umento de Valor Estético y Arquitectónico

El incremento en la plusvalía de la edificación aumenta, tanto por ser sostenible y al obtener mayor puntuación en certificaciones como la LEED, y sus razones de aporte medio ambiental, como por su estética, siendo mucho más atractivos que los edificios con fachadas convencionales. Esto se ve reflejado en un incremento del valor del inmueble del 15 hasta un 20 por ciento.

El valor estético de un edificio, aunque esté relacionado con la interacción humana y sus emociones, no tiene que estar enfrentada con el valor cualitativo de los materiales y el rendimiento de un edificio, además de proteger las superficies de los edificios de la lluvia y la radiación ultravioleta, como se menciona anteriormente, y a nivel estructural.

Esto es evidente en el ámbito de la rehabilitación de edificios, como por ejemplo para la mejora visual de antiguas fachadas medianeras generalmente poco agradables estéticamente, y que están al descubierto o para mejorar el aspecto de las fachadas traseras de las edificaciones modernas, a menudo feas y sombrías.

3.2. DETALLES SEGÚN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Se incorporan tablas resumen con los tipos de sistemas constructivos y sus detalles de la capa vegetal, sistema portante y sistema de riego, según sistemas comerciales.

Estos datos fueron recopilados de cada una de las empresas y sus detalles constructivos detallados en sus páginas web.

No se incluirán los detalles de Hormigón Vegetal ni del sistema Leaf skin debido a que al ser tan nuevos, aún no llegan a Chile, por tanto, no podrían incluirse dentro de nuestra propuesta como opción ya que sería altamente costoso lograr aplicarlos acá.

Tabla 3-1: Tabla Resumen de los Sistemas Constructivos de Fachadas Vegetales

Celdas Drenantes	Fachada Natura
	Eco Bin
Paneles Modulares	Leaf Box
	Sphagnum
Fieltro Geotextil	F+P Clásico
Mixtos	F+p Mixto
	Fytotextile
	Hidroponía PRV2
Paneles Modulares	F+P Preplant

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

En la tabla (3-1) se nombran los sistemas comerciales según el tipo de sistema constructivo de fachadas vegetales que se analizarán.

Tabla 3-2: Tabla Comparativa de la Estructura Soportante según Sistemas

TABLA COMPARATIVA ESTRUCTURA PORTANTE						
TIPOLOGÍA		**Nombre Comercial**	**Empresa**	**Perfileria**	**Tornillería**	**Ménsula Anclaje**
SUSTRATO	**Celdas Drenantes**	Fachada Natura	Paisaje Vertical	Rastreles Horizontales Aluminio	No	No
		Eco Bin	Singular Green	Ø 40x40x3 mm (Aluminio)	Auto taladrante zincado y con arandela DIN 7301	Solo si es necesaria estructura auxiliar
	Paneles Modulares	Leaf Box	Singular Green	Ø 40x40x3 mm (Aluminio)	Auto taladrante zincado y con arandela DIN 7301	Acero inoxidable AISI 304 dimensiones según solicitaciones de viento
		Sphagnum	Verdtical	Ø 40x40x3 mm (Acero)	No	Acero inoxidable AISI 304 dimensiones según solicitaciones de viento
HIDROPÓNICO	**Fieltro Geotextil**	F+P Clásico	Singular Green	Ø 40x40x3 mm (Aluminio)	Auto taladrante zincado y con arandela DIN 7301	Acero inoxidable dimensiones según solicitaciones de viento
	Mixtos	F+p Mixto	Singular Green	Ø 40x40x3 mm (Aluminio)	Auto taladrante zincado y con arandela DIN 7301	Acero inoxidable AISI 304 dimensiones según solicitaciones de viento
		Fytotextile	Terapia Urbana	Cuadradillo de 50x50 de acero estructural (montantes y travesaños)	Tornillo 50mm de largo 5mm de diámetro y taco de nylon	No
		Hidroponía PRV2	Verdtical	Ø 40x40x3 mm (Acero)	No	Acero inoxidable dimensiones según solicitaciones de viento
	Paneles Modulares	F+P Preplant	Singular Green	Ø 40x40x3 mm (Aluminio)	Auto taladrante zincado y con arandela DIN 7301	Acero inoxidable AISI 304 dimensiones según solicitaciones de viento

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

En la tabla (3-2) se detallan y comparan las composiciones de las estructuras portantes de la fachada de cada uno de los sistemas según su comercialización.

Tabla 3-3: Tabla Comparativa de la Capa Vegetal según Sistemas

TABLA COMPARATIVA CAPA VEGETAL							
TIPOLOGÍA		**Nombre Comercial**	**Empresa**	**Densidad vegetal (U/m²)**	**Sustrato**	**Observaciones**	**Capa Impermeabilizante**
SUSTRATO	**Celdas Drenantes**	Fachada Natura	Paisaje Vertical	-	-	Sacos de fieltro con sustrato se instalan en el interior de las celdas	No se especifica
		Eco Bin	Singular Green	Aprox. 90	SG-SPH Sphagnum	El sustrato a base de Sphagnum se deposita en recipientes a base de fibras vegetales	Panel SG-P10. PVC espumado de 10 mm con anclajes sellados
	Paneles Modulares	Leaf Box	Singular Green	20-40	Panel SG-P-LB formado por sustrato SG-SPH confinado mediante una rejilla metálica de acero galvanizado plastificado	El panel vegetal va anclado mediante paletinas de acero galvanizado de 100x2 mm de sección con pestañas de anclaje	Panel SG-P10. PVC espumado de 10 mm con anclajes sellados
		Sphagnum	Verdtical	45	Sustrato Sphagnum MSP90. Gavión con rejilla metálica	Panel estándar 800x800mm y despiches a medida	Requerida
HIDROPÓNICO	**Fieltro Geotextil**	F+P Clásico	Singular Green	20-40	Geotextil SG-M500	Sustrato no tejido mineral de doble membrana	Panel SG-P10
	Mixtos	F+p Mixto	Singular Green	20-40	Geotextil SG-M500 y SG-SPH Sphagnum	En el sustrato orgánico se introduce, dentro de unos sacos del mismo fieltro un sustrato a base de Sphagnum	Panel SG-P10
		Fytotextile	Terapia Urbana	42-49	Módulos de fieltro con sacos destinados a recibir el sustrato	Este modelo está compuesto por tres capas (impermeable, drenante y transpirables, ordenadas de interior a exterior)	Incorporada en el modulo
		Hidroponía PRV2	Verdtical	45	Fieltro geotextil y Sphagnum	Fieltro geotextil no tejido con saquitos para depositar sustrato (Sphagnum)	No
	Paneles Modulares	F+P Preplant	Singular Green	20-40	Panel SG-L50-100	Panel de lana de roca de 100 kg/m2 de densidad en paneles de 100x60x4 cm	Panel SG-P10

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

En la tabla (3-3) se detallan los sistemas comerciales según el tipo de vegetación, su densidad y componentes.

Tabla 3-4: Tabla Comparativa de Sistema de Riego según Sistemas

TABLA COMPARATIVA SISTEMA DE RIEGO						
TIPOLOGÍA		**Nombre Comercial**	**Empresa**	**Tubería de riego**	**Lamina de redireccionamiento**	**Sistema de Recogida**
SUSTRATO	**Celdas Drenantes**	Fachada Natura	Paisaje Vertical	Entrada por celda extrema superior del sistema y evacuación por una celda extrema inferior		
		Eco Bin	Singular Green	SG-R16. Dos tuberías Ø16 mm de caudal 0,4 l/h	SI	Canal en forma de U de acero inoxidable con punto de evacuación
	Paneles Modulares	Leaf Box	Singular Green	SG-R16. Dos tuberías Ø16 mm de caudal 0,4 l/h	NO	Canal en forma de U de acero inoxidable con punto de evacuación
		Sphagnum	Verdtical	Riego exhudante y conectores a medida	SI	Canal en forma de U de acero inoxidable con punto de evacuación
HIDROPÓNICO	**Fieltro Geotextil**	F+P Clásico	Singular Green	SG-R16. Dos tuberías Ø16 mm de caudal 0,4 l/h	SI	Canal en forma de U de acero inoxidable con punto de evacuación
	Mixtos	F+p Mixto	Singular Green	SG-R16. Dos tuberías Ø16 mm de caudal 0,4 l/h	SI	Canal en forma de U de acero inoxidable con punto de evacuación
		Fytotextile	Terapia Urbana	Registrable	NO	No se indica
		Hidroponía PRV2	Verdtical	Riego exhudante y conectores a medida	NO	Canal dimensionado a medida
	Paneles Modulares	F+P Preplant	Singular Green	SG-R16. Dos tuberías Ø16 mm de caudal 0,4 l/h	SI	Canal en forma de U de acero inoxidable con punto de evacuación

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

En la tabla (3-4) se detallan los sistemas de riego utilizados según tipo de sistema comercial de fachadas vegetales.

3.3. AMBITO ECÓNOMICO

Dentro de los tipos de fachadas descritos anteriormente, podemos determinar ciertos valores referenciales respecto a su equivalente en lo que considera el suministro de materiales necesarios para su ejecución, los cuales están expuestos dentro de la siguiente tabla:

Tabla 3-5: Tabla de Precios Referenciales.

TABLA DE PRECIOS REFERENCIALES			
TIPOLOGÍA		Nombre Comercial	Precio $/m2
SUSTRATO	Celdas Drenantes	Fachada Natura	401.815
		Eco Bin	421.906
	Paneles Modulares	Leaf Box	361.634
		Sphagnum	257.452
HIDROPONICO	Fieltro Geotextil	F+P Clásico	241.089
	Mixtos	F+p Mixto	261.180
		Fytotextile	229.669
		Hidroponía PRV2	140.635
	Paneles Modulares	F+P Preplant	281.271

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

Según los datos observados en la tabla, se puede concluir que, respecto a la oferta económica actual del mercado, el sistema de fachada vegetal más conveniente respecto a costos de materiales es aquella del tipo Hidroponía PRV2, ya que es la de menor valor,

seguida del sistema Fytotextile, correspondiendo ambas al sistema Hidropónico de carácter mixto.

Los valores referenciados fueron obtenidos por sus páginas únicamente en euro, los cuales fueron convertidos por el valor actual del Euro, según el Banco Central de Chile, a un valor de $805,63 en peso chileno, los cuales consideran mano de obra, materiales, instalación y su debida garantía por un tiempo determinado según se determine con el mandante.

CAPITULO CUARTO: PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE FACHADAS VEGETALES PARA LA CIUDAD SANTIAGO DE CHILE.

4.1. REQUERIMIENTOS PARA LA ELECCIÓN EN LA IMPLEMENTACIÓN DE FACHADA VEGETAL

Una fachada vegetal logra hacer una unión entre la construcción y la vegetación de forma funcional y estética. Esto permite mantener de manera sostenible un paisaje vegetal sobre una superficie vertical mediante una adecuada integración entre la edificación, la vegetación acogida, el medio de crecimiento y los factores climáticos y ambientales.

Para lograr esta integración, el sistema debe desempeñar algunas funciones básicas para su correcto funcionamiento en la edificación.

4.1.1 Capacidad de Soporte.

Uno de los factores más importantes dentro de los requerimientos de una fachada vegetal. La estructura en la cual se pretende realizar la incorporación de algún tipo de fachada, ya sea en una edificación existente u obra nueva, debe tener la capacidad de soportar el peso de la estructura soportante y el sistema soportado, entiéndase por sistema de riego, sustratos, vegetación, etcétera.

Se recomienda que en los muros o fachadas donde se incorporará el elemento contendor de la fachada vegetal deba ser un muro con alta capacidad de soporte y resistencia, sugiriéndose siempre materiales como el hormigón, hormigón armado, u otra superficie sólida.

El elemento contenedor de la fachada vegetal, siendo su función servir de soporte de la vegetación. Para ello albergan el sustrato y las plantas, que se adosan con diferentes métodos al muro soporte. Pueden estar fabricados con materiales plásticos o metálicos, o por módulos que faciliten la adaptación de la fachada, como es mencionado anteriormente en cada tipo de sistema constructivo de fachadas.

Este elemento debe garantizar que el sustrato se mantenga en posición vertical, por lo que es común cubrirlo con fieltros u otros materiales similares, que fijan el sustrato y que después se perfora para plantar las semillas y las plantas crezcan entre ese fieltro, el sustrato y el medio exterior.

4.1.2. Capacidad de distribución y retención del agua.

La capacidad de distribución y retención del agua, hace referencia al sistema de riego, su impermeabilización y barreras anti raíz.

Los sistemas de riego, deben estar acorde al tipo de sustrato y sistema del diseño, debido a que este es de vital importancia para el crecimiento y ciclo de vida de las plantas que se crearán la fachada vegetal. Es por esto que se debe determinar exactamente según su sistema constructivo.

La retención de agua por parte del sustrato es importante para la supervivencia de la capa vegetal de ahí la importancia de este criterio. Determinados sistemas, como los puramente hidropónicos, sin sustratos de origen orgánico, no presentan la capacidad de retener excesivamente la humedad por lo que un fallo del sistema de riego automatizado y continuo pondría en riesgo la vida de la fachada. Del mismo modo, los nutrientes son transportados por el agua y retenidos por los sustratos orgánicos, de manera que si se interrumpe el riego en un sistema hidropónico (puro) no se retendrían estos nutrientes.

Por parte de la estructura de la edificación, se debe tener mayor cuidado en la impermeabilización incluyendo primeramente barreras impermeables y barreras anti raíz sobre la estructura, antes de incluir el sistema portante de la fachada vegetal. Esto también se determinará según el tipo de sustrato y el espesor del sistema a utilizar. Esto es porque se necesitará incorporar un sello para resguardar la vida útil de cada uno de los sistemas, tanto por separado como en conjunto, entregando al paramento del edificio una protección contra la humedad constante que tendrá la nueva fachada.

4.1.3. Drenaje

Los elementos auxiliares y protección de desagües, medios de drenaje y barreras filtrantes del sistema para que el agua que no alcance a ser absorbida por la vegetación, pueda escurrir a otro contenedor y poder ser reutilizada dentro del sistema. Además para evitar escurrimientos a lugares no deseados dentro de la edificación.

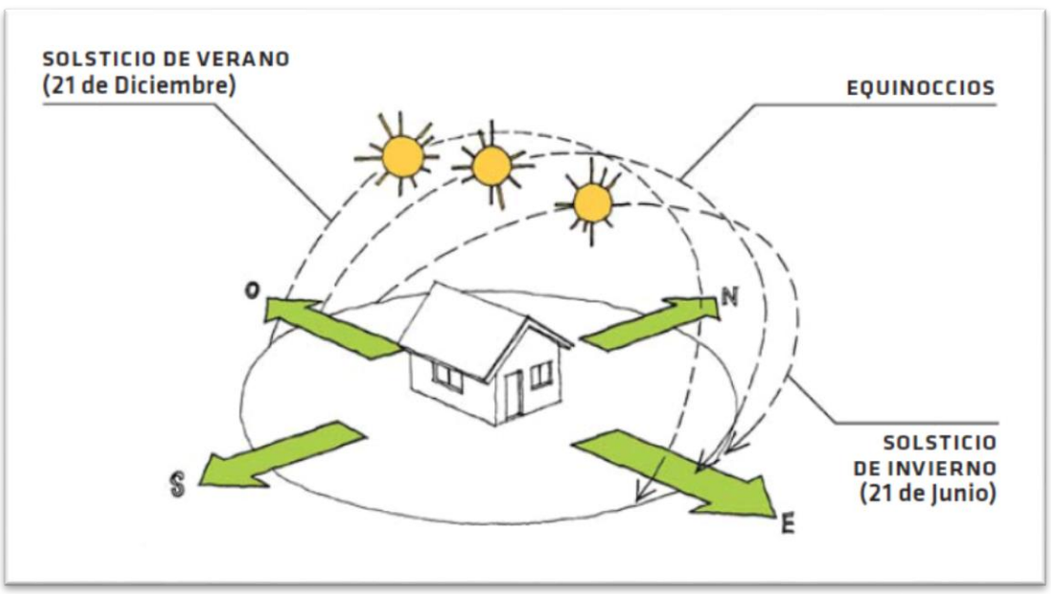
Estos factores se incorporaran en el proyecto de fachada vegetal según tipo de sistema a utilizar, determinándose en cada caso y según proyecto. Sin embargo, hay factores que variarán según el tipo y locación del proyecto que se realizará dependiendo de:

4.1.4. Clima

El clima se verá determinado tanto por la temperatura más alta en verano o más baja en invierno, así como también son las precipitaciones y vientos. Esto variará para cada tipo de vegetación a usar y el tipo de riego, ya que a mayor cantidad de precipitaciones el flujo del sistema de riego será distinto a cuando es menor. Sin embargo, cuando se habla del factor de viento, se debe cuidar que este no llegue de manera directa, ya que puede provocar daños en la vegetación e inclusive en la estructura portante.

4.1.5. Orientación

Este factor a considerar para la elección de implementación de fachadas vegetales entorno a qué tipo de vegetación residirá en está. Se suelen elegir fachadas con exposición directa a los rayos solares o con poco sombreamiento por elementos cercanos o edificaciones futuras.



Fuente: Minvu (https://www.minvu.cl/)

Figura 4-1: Trayectoria solar respecto de la superficie terrestre.

La orientación es determinante en la arquitectura para establecer la orientación de las edificaciones para optimizar la eficiencia energética de estos.

Si se trata de una fachada vegetal como solución para mejorar la eficiencia energética, el interés de la aplicación del sistema reside en aplicarlo en una fachada con exposición solar suficiente en la que su atenuación resulte significativa. Por este motivo, las fachadas que no tengan mayor acceso a luz solar directa, no son convenientes para este tipo de sistemas.

4.1.6. Tipo de Vegetación

La vegetación variará según el tipo de sistema y su sustrato, principalmente. Según ello, se determinará la vegetación óptima dependiendo de la zona, ubicación respecto al sol, clima y temperatura máxima. Una de las plantas más aptas para estos tipos, siempre serán plantas pequeñas y livianas, para evitar el incremento del peso dentro del sistema.

Siempre se preferirá una rusticidad general que permita a las plantas vivir con escasos cuidados, de acuerdo a la lógica de minimizar los costos de mantenimiento. La vegetación autóctona siempre es la mejor opción ya que es la mejor que se adapta al clima local y menos requisitos de mantenimiento necesitará.

Otra característica que debemos tener en cuenta es el uso de en lo posible de vegetación perenne, para que cubra la superficie durante todo el año. Esto siempre dependerá de las características de cada tipo de planta y sus posibilidades de adaptación climática propias de la región geográfica donde se ubica la fachada vegetal. Si se eligen distintas plantas para el recubrimiento de la fachada, se debe disponer siempre plantas que tengan las mismas necesidades hídricas.

A modo de recomendación según especie de plantas, se adjuntan los siguientes esquemas.

Tabla 4-1: Plantas de Sombra para Fachadas Vegetales

PLANTAS DE SOMBRA	
Arbustivas	Aralia japonica
	Beloperone guttata
	Camelia japonica
	Coprosma repens
	Erica carnea
	Pieris japonica
Perennes	Lamium maculatum
	Tiarella cordifolia
	Saxifraga stolonifera
	Aspidiestra elatior
	Asarina procumbens
	Mscanthus sinensis
Helechos	Polypodium vulgare
	Pteris cretica

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

En la tabla (4-1) se encuentran propuestas para incorporar plantas de sombra en Fachadas Vegetales cuando se utilizan en zonas con poca radiación solar.

Tabla 4-2: Plantas de Sol para Fachadas Vegetales

PLANTAS DE SOL	
Arbustivas	Polygala myrtiflora.
	Phormium tenax (Mini).
	Callistemon laevis.
	Salvia jacobina.
	Rosales miniatura o tapizantes.
	Cotoneaster laevis.
	Cotoneàster horizontalis.
	Teucrium marum.
	Abelia floribunda
Vivaces	Pennisetum aloperucoides.
	Dianthus deltoides.
	Silene colorata.
	Gazania hybrida.
	Gallardina x grandiflora.
	Frankaenia laevis.
	Stipa tenuissima.
	Menthaxpiperita.

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

En la tabla (4-2) se proponen plantas que favorece en su crecimiento la prolongada y directa exposición del sol en ellas.

4.1.7. Sustrato

El sustrato corresponde a la tierra en la que se fijan las raíces y aportan nutrientes a la vegetación que compone la fachada. Lo ideal es que el sustrato tenga el espesor mínimo, no obstante, siendo suficiente para el crecimiento adecuado de la vegetación, determinando su durabilidad. Por esto, dependerá del tipo de planta, determinándose por su raíz y medio de sustrato según sistema, el cual también determinará el peso final de este.

Visualizando la elección de una fachada vegetal, también se deberán analizar aspectos como:

4.1.8. Funcionalidad

Dependerá del tipo de sistema a utilizar, donde se intentará sacar el mayor provecho a sus beneficios tanto para la edificación como para el medio ambiente.

Es por esto que si se quiere otorgar mayor plusvalía en el sector de construcción sustentable, se deben tener en cuenta los aspectos de inercia térmica de cada sistema y el aporte en la aislación acústica. Además de aspectos como la capacidad de absorción solar según la orientación y sitios de sombra en la edificación dentro de la ciudad y su entorno, para ayudar con la mitigación de isla de calor también dentro de esta.

4.1.9. Mantenimiento

El mantenimiento de la fachada vegetal como fachada de un edificio es distinto al de una convencional. Dicho mantenimiento incluye tareas de riego, podado, aplicación de insecticidas, etcétera.

Hay que analizar por lo tanto, la necesidad de riego de la planta y la disponibilidad de agua para su mantenimiento. La elección del tipo de planta correcta puede evitar que el coste de mantenimiento de una fachada vegetal se convierta en algo inasumible por sus propietarios. Existe vegetación con pocas necesidades de riego, y como ya se ha comentado la vegetación autóctona siempre es la mejor opción.

4.1.10. Economía

Dependerá tanto del costo del sistema, como su incorporación, su mantenimiento y reparación en caso de haber algún problema dentro del sistema en el futuro.

4.2. ANALISIS PARA LA PROPUESTA EN LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CHILE

Según los criterios para el diseño de una fachada vegetal, se analizarán dentro de la ciudad de Santiago de Chile, creando una propuesta a modo básico y general de qué tipo de sistemas logran cumplir con los ámbitos técnicos, funcionales, estéticos y económicos más beneficiadores para una edificación ya sea nueva o ya construida en esta ciudad.

4.2.1. Análisis de Santiago

La ciudad de Santiago es la capital de la Región Metropolitana y de Chile. Ubicada en las coordenadas 33°26′16″S 70°39′01″O, tiene una superficie de 837,89 km2, con una población de 6.257.516 habitantes, con una densidad de 7.468,18 hab/km2. Se estima que en Santiago vive el 35,6% de la población total del país.

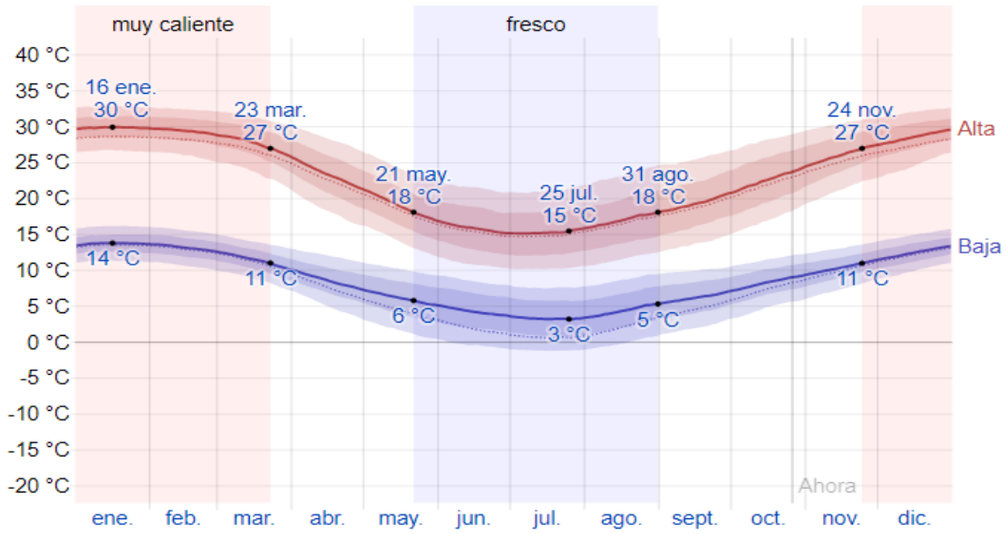
Geográficamente, la ciudad de encuentra emplazada dentro de la depresión intermedia, delimitada en este caso al Norte por el cordón de Chacabuco, al Oriente por la Cordillera de los Andes, por el lado Sur se delimita por la Angostura de Paine y la Cordillera de la Costa por el Poniente, denominada popularmente como la “cuenca de Santiago”.

El principal Río de Santiago es también, afluente del Maipo, el cual se encuentra en la zona Oriente de la ciudad Capital y la cruza en sentido este-oeste.

4.2.2. Clima de Santiago

El clima predominante en la Ciudad de Santiago se denomina tipo Mediterráneo, el cual es caracterizado por tener una estación seca larga y un invierno lluvioso.

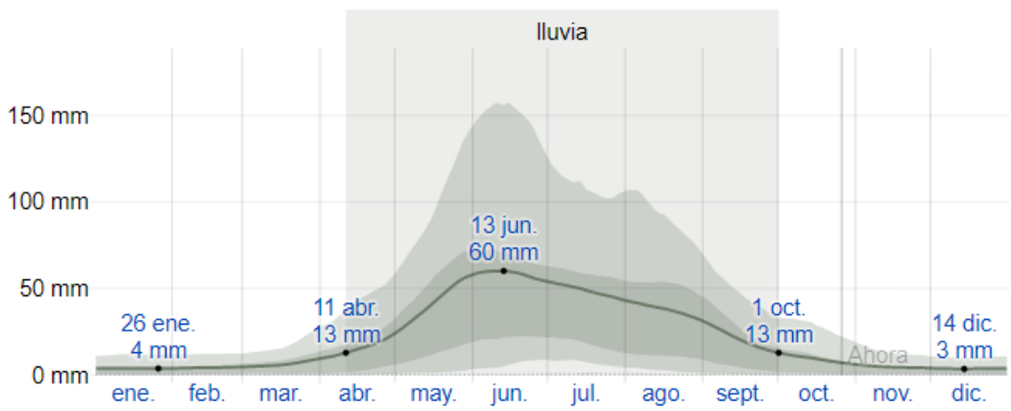
Grafico 4-1: Gráfico de Temperaturas anuales de Santiago



Fuente: Weatrherspark (www.es.weatherspark.com).

En base al gráfico anterior se puede determinar que los días de menor temperatura se encuentran entre los meses de junio y agosto, los cuales a la vez son los de mayores precipitaciones. Se establece como medida promedio que entre los meses más fríos la Temperatura se registra en 7.5°C, en comparación con los meses más cálidos en los cuales la Temperatura es de 20°C, dando como promedio Anual una Temperatura de 13.9°C.

Grafico 4-2: Gráfico de Precipitaciones anuales de Santiago.

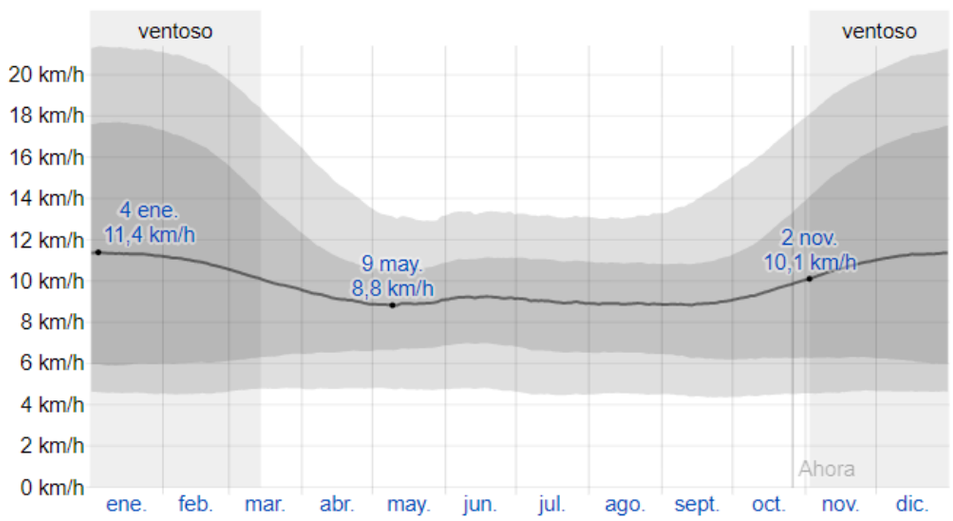


Fuente: Weatrherspark (www.es.weatherspark.com)

Respecto al análisis de precipitaciones en la Región Metropolitana, podemos determinar que en promedio las precipitaciones en los meses más secos llegan a 1.2mm, en períodos más húmedos se registran 78.2mm de agua caída, dando así un promedio anual de 312 mm.

Se debe considerar también, dentro de los factores relevantes en este aspecto, el registro y análisis anual del viento dentro de la Región. Este factor se analiza en base a los datos recaudados a una distancia de 10 m sobre el nivel de suelo, de los cuales se obtiene el siguiente análisis.

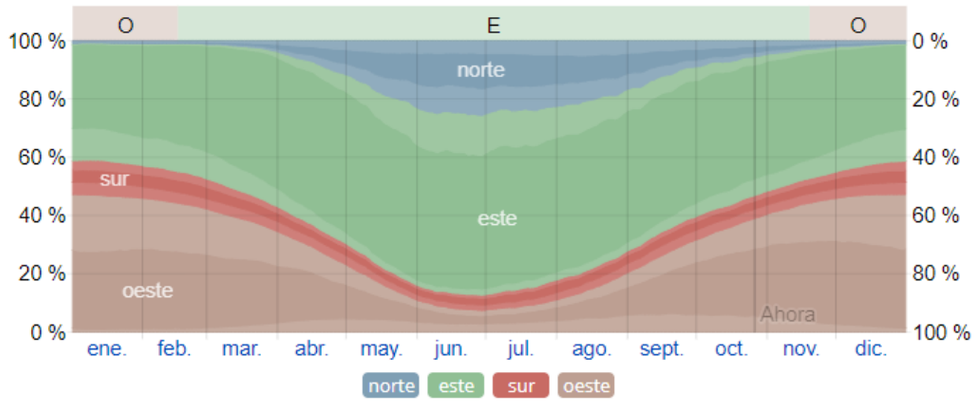
Grafico 4-3: Gráfico de Velocidad del viento anual de Santiago.



Fuente: Weatrherspark (www.es.weatherspark.com)

En los meses de más viento este promedia 10.1 km/hr y en los meses más calmos se registra una velocidad promedio de 8.8 km/hr, siendo este el período predominante dentro de la Ciudad de Santiago, el cual equivale a 7.6 meses del año.

Grafico 4-4: Gráfico de Dirección del viento anual de Santiago.

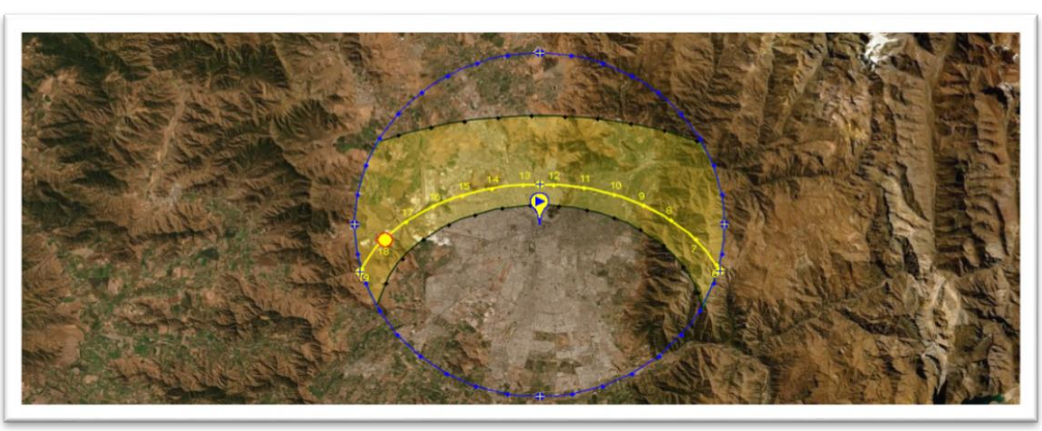


Fuente: Weatrherspark (www.es.weatherspark.com)

El viento proviene mayoritariamente desde el Este, con un porcentaje máximo de 63%, el origen del viento consecutivo proviene mayoritariamente desde el Oeste, con un promedio máximo de 47%.

4.2.3. Carta Solar de Santiago

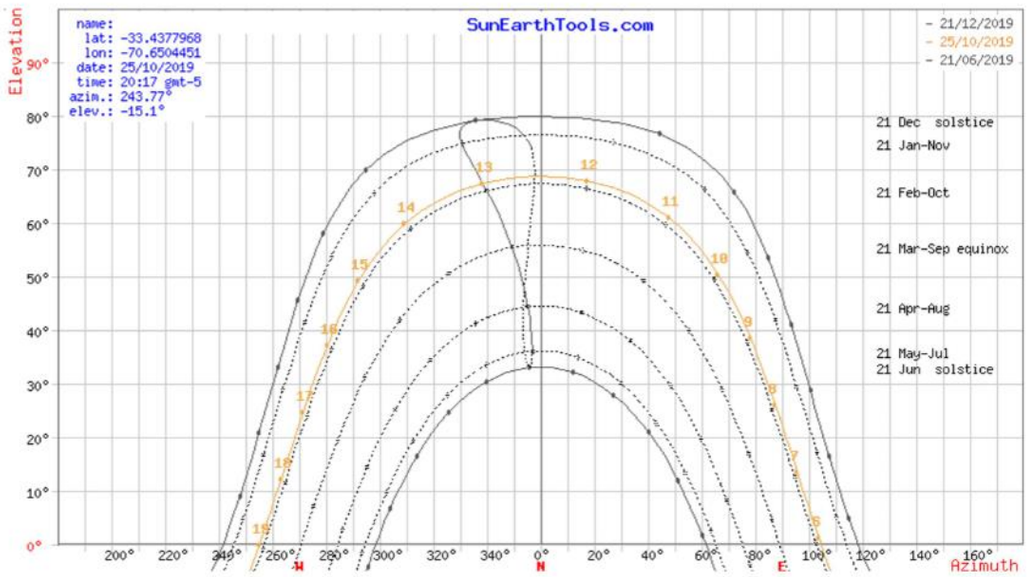
En base a la altitud en la cual se encuentra Santiago, la cual es S33°28'21.68" la trayectoria del sol va de Este a Oeste, pasando la mayor parte del año por el lado Norte de la ciudad.



Fuente: Sunearthtools (www.sunearthtools.com)

Figura 4-2: Trayecto del sol en la ciudad de Santiago

Grafico 4-3: Carta Solar Cilíndrica



Fuente: Sunearthtools (www.sunearthtools.com)

Las figuras anteriores muestran la trayectoria del sol en planta en la primera imagen de carta estereométrica y la segunda corresponde a una vista vertical de esta misma, en la cual se mantiene el horizonte real y es más apropiada para el estudio referente al ángulo y hora de exposición al sol en fachadas, por lo cual es la más útil para los fines de este trabajo.

4.2.4. Análisis de Obras Nuevas en Santiago

Entre los años 2012 y 2016 en la ciudad de Santiago se registró un total de 85.149.857 m2 para permisos de obra nueva, las cuales se dividen en 65.27% en construcciones de viviendas, 24.17% para Industria, Comercio y Establecimientos Financieros, 10.56% en Servicios.

Tabla 4-3: Edificaciones autorizadas de los sectores privado y público, Superficie en m2, Obras Nuevas por destino, según año 2012-201

AÑO Y MES	Edificación Total	Vivienda[1]		Industria, Comercio y Establecimientos Financieros	Servicios
		Número	Superficie (m²)		
2012	16.435.837	117.310	8.978.532	5.068.268	2.389.037
2013	15.014.922	118.796	9.416.413	3.590.995	2.007.514
2014	18.751.847	150.453	12.500.404	4.875.234	1.376.209
2015	19.948.787	179.402	14.678.321	3.807.785	1.462.681
2016	14.998.464	122.967	10.003.975	3.234.861	1.759.628

Fuente: Informe Anual INE 2016 (www.ine.cl)

En el año 2016 se registra un mayor incremento en la solicitud de permisos para obras de vivienda mayores a 9 pisos.

Tabla 4-4: Sectores privado y público, Obras nuevas por Destino, según número de pisos, año 2016.

REGIÓN METROPOLITANA					
NÚMERO DE PISOS	Edificación Total	Vivienda[1]		Industria, Comercio y Establecimientos Financieros	Servicios
		Número	Superficie (m²)		
TOTAL	6.886.079	59.501	4.935.138	1.288.034	662.907
1 piso	1.047.339	2.640	301.031	531.438	214.870
2 pisos	1.264.228	6.116	684.969	491.050	88.209
3 pisos	439.005	1.474	253.365	78.918	106.722
4 pisos	378.869	1.577	187.950	9.104	181.815
5 pisos	293.814	2.548	226.771	46.068	20.975
6 pisos	84.284	301	62.639	-	21.645
7 pisos	184.080	1.253	153.195	6.220	24.665
8 pisos	110.399	840	100.230	10.169	-
9 pisos o más	3.084.061	42.752	2.964.988	115.067	4.006
Sin antecedentes	-	-	-	-	-

Fuente: Informe Anual INE 2016 (www.ine.cl)

Dentro del período del año 2016 el material predominante a construir es con estructuras de muro de Hormigón, el cual corresponde al 52.30% de la superficie total construida, siendo dentro de este carácter predominante la construcción de viviendas.

Tabla 4-5: Edificación autorizada sectores privado y público, superficie en m2, Obras nuevas por destino, según material predominante en muro, año 2016.

MATERIAL PREDOMINANTE	Edificación Total	Vivienda[1]		Industria, Comercio y Establecimientos Financieros	Servicios
		Número	Superficie (m²)		
Total	**14.998.464**	**122.967**	**10.003.975**	**3.234.861**	**1.759.628**
Metal panel preformado	1.237.920	501	60.554	1.047.768	129.598
Metal panel preformado-hormigón	215.638	111	14.580	184.825	16.233
Metal panel preformado-ladrillo	162.215	252	28.813	104.316	29.086
Metal panel preformado-bloque cemento	15.062	82	5.125	6.025	3.912
Metal panel preformado-madera	56.793	31	5.105	42.367	9.321
Metal panel preformado-otros	-	-	-	-	-
Hormigón	7.844.955	72.363	5.766.932	994.499	1.083.524
Hormigón-ladrillo	30.666	175	12.350	5.460	12.856
Hormigón-bloque cemento	10.101	3	856	782	8.463
Hormigón-madera	52.061	284	34.681	7.030	10.350
Hormigón-otros	-	-	-	-	-
Ladrillo[2]	1.759.623	13.781	1.254.398	328.676	176.549
Ladrillo-panel poliest. Exp.armado estucable	4.812	40	4.214	318	280
Ladrillo-adobe	8.541	25	5.311	2.823	407
Ladrillo-madera	459.526	3.793	370.238	64.960	24.328
Ladrillo-otros	-	-	-	-	-
Bloque cemento	251.552	2.508	194.496	41.811	15.245
Bloque cemento-madera	85.282	1.317	83.363	1.815	104
Bloque cemento-otros	-	-	-	-	-
Piedra	489	4	339	150	-
Metal vidrio	-	-	-	-	-
Placas aluminio, cerámica	-	-	-	-	-
Panel poliest.exp.armado estucable	31.819	146	22.596	2.302	6.921
Panel ferro cemento	283.659	1.602	136.944	64.571	82.144
Adobe	38.025	167	24.655	12.922	448
Madera	1.972.288	21.523	1.636.242	245.560	90.486
Madera-otros	-	-	-	-	-
Otros	-	-	-	-	-
Otras combinaciones[3]	477.437	4.259	342.183	75.881	59.373

Fuente: Informe Anual INE 2016 (www.ine.cl)

Concluyendo, dentro de los registros de permisos de obra nueva en el período 2012-2016, se construyeron más edificios en altura de viviendas, con estructuras de muro predominante de hormigón.

4.3. PROPUESTA PARA LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CHILE.

Para concluir el análisis de una propuesta en la Ciudad de Santiago de Chile, se determinará un sistema constructivo, el cual cumpla con los factores medioambientales, funcionales, de mantenimiento, y económicos para ser incluido en proyectos o edificaciones nuevas. Dentro de estos aspectos, se establece como guía la primera parte de este capítulo para su análisis dentro de la locación anteriormente señalada.

Los sistemas que se analizarán como opción para la propuesta, serán los que se detallaron anteriormente en el segundo capítulo. Cabe destacar que se dejarán fuera de este análisis los sistemas no convencionales ya que son tecnologías nuevas y dentro de algunos aspectos, como el económico, no fue posible hacer referencia a sus valores dentro de un proyecto. Además, al ser tecnologías nuevas, son altamente costosas y tendrían que ser traídas al país, por ende elevaría aún más su costo final.

Según lo expuesto en el punto anterior, se establece que el sector de Santiago de Chile tiene un clima de carácter Mediterráneo, con periodos de altas temperaturas y secos, contrastados de períodos de bajas temperaturas y lluviosos, con una importante fluctuación en la temperatura. Sus precipitaciones son de carácter abundante en cortos períodos de tiempo. El viento predominante en la ciudad proviene desde el Este. Respecto a la orientación del sol, cuenta con una trayectoria de Este a Oeste. En temas referentes al desarrollo urbano, se destaca la proliferación de edificaciones mayores a 9 pisos con fines destinados a viviendas, y con su estructura de fachadas desarrolladas mayormente de hormigón.

Considerando todo lo expuesto en este punto y en el desarrollo del trabajo, se determina que para la ciudad de Santiago respecto a la trayectoria del sol es más conveniente, al momento de elegir la ubicación de un sistema de fachada vegetal ser puesta en el sector Este, para tener una mayor exposición al sol durante la mañana. Por consiguiente, se propone la realización de fachadas vegetales en edificios residenciales, con estructura de hormigón, ya sea como propuesta de diseño en Obra Nueva o en edificaciones ya existentes, la aplicación de fachadas del tipo Paneles modulares, Sphagnum, debido a su capacidad de absorción del agua, la resistencia de los vegetales que lo componen, su fácil sistema de implementación de la estructura soportante, a la vez su estructura es más liviana, lo que a la vez permite el reemplazo de los paneles de

manera rápida, requiere menos mantención haciendo que el ámbito económico a la larga los costos finales son más reducidos.

Según los detalles analizados anteriormente, el Sistema Sphagnum se determina según la siguiente materialidad:

Tabla 4-6: Sistema Propuesto de Sistema Sphagnum

SISTEMA SPHAGNUM	
TIPOLOGÍA	PANEL MODULAR
SUSTRATO	VEGETAL
EMPRESA	VERDTICAL

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

Tabla 4-7: Sistema Sphagnum (Sistema Portante)

SISTEMA PORTANTE	
PERFILERIA	Ø 40x40x3 mm (Acero)
TORNILLERIA	No
MENSULA ANCLAJE	Acero inoxidable AISI 304 dimensiones según solicitaciones de viento

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

Tabla 4-8: Sistema Sphagnum (Capa Vegetal)

CAPA VEGETAL	
Densidad (U/m²)	45
Sustrato	Sustrato Sphagnum MSP90. Gavión con Rejilla Metálica
Observaciones	Panel estándar 800x800mm y despiches a medida
Capa Impermeabilizante	Requerida

Fuente: Elaboración Propia en Microsoft Excel

Referenciando en las tablas se determina su sistema portante, o la estructura que se anclará al paramento de la edificación, el sistema de riego que se incorporará a la estructura y aportará el agua necesaria y la composición de su capa vegetal.

Su capa vegetal se compone de musgo de Sphagnum, el cual tiene capacidad de retener hasta 20 veces su peso en agua y consta de textura ligera, la cual ayuda en el proceso de oxigenación de las raíces. En Chile este musgo, llamado Huapache se puede extraer de manera sustentable en la X Región.

Este sistema resulta ser la propuesta debido a distintas características según los factores determinantes serían:

Funcionalidad: Su sistema estructural es liviano y el Sphagnum en sí tiene lata resistencia de nutrientes y permite la posibilidad de que la planta crezca sin necesidad de utilizar fertilización.

Mantenimiento: Debido a sus propiedades antibacterianas, fungicidas y la opción de no ser necesario utilizar fertilizantes, lo hacen ser un sistema que puede mantenerse con un control de riego convencional, facilitando su mantenimiento. A su vez, el formato en el cual se aplica permite un fácil cambio o reposición en caso de ser necesario de alguno de sus módulos.

Economía: Si bien es cierto no se encuentra entre los sistemas más barato al momento de la instalación, debido a los puntos anteriormente desarrollados generan una inversión conveniente a largo plazo, contrarrestando los gatos iniciales con el bajo costo de mantenimiento.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Es complejo realizar un estudio teórico sobre este tipo de fachadas, ya que hay una falta de información técnica y normativa muy grande, así como la dificultad que se presenta en convertir un elemento vivo, como lo es la vegetación, en un material de construcción para así aprovechar sus ventajas en la edificación, reduciendo mínimamente sus inconvenientes.

A pesar de esto, se han realizado análisis de los principales sistemas, con lo que logró deducir sus inconvenientes principales y sus características, siendo preciso para que se amplié este tipo de soluciones sustentables en las construcciones, sobre todo en las ciudades.

Dentro de las principales ventajas que nos llevan a fomentar la implementación de una fachada vegetal, son los aporte interiores a la edificación, como lo es el aislamiento térmico, cosa que es compleja de lograr debido a la falta de continuidad de los sistemas que se encuentran en el mercado o por pérdidas de calor por cualquier otro puente térmico de la envolvente, sin embargo, resulta útil, aun siendo esto un inconveniente a mejorar. El aislamiento acústico, se somete a los mismos factores de pérdida que el aislamiento térmico. Por otra parte, la absorción de CO_2 y otras partículas contaminantes se logra contrarrestar con la implementación de la vegetación, ya que estudios científicos confirman que las plantas absorben distintos tipos de partículas contaminantes en el ambiente, ayudando en la purificación del oxígeno. Además, la reducción del efecto de isla de calor en las ciudades, ayudando la vegetación a través de un enfriamiento vegetativo a reducir el impacto de las condiciones micro climáticas del sitio de inserción. También la protección del elemento estructural y constructivo de la radiación solar, dado que los rayos de sol no inciden directamente sobre ellos. Para terminar, los aspectos psicológicos que aportan a las personas haciendo las ciudades más confortables y naturales para ellos.

Por lo que todas las ventajas de este tipo de sistemas se enfocan hacia la minimización del gasto de energía y a la reducción de contaminantes cada vez más presentes en nuestros núcleos urbanos, es decir, todas las ventajas nos dirigen a la sostenibilidad y al bajo impacto ambiental, aunque muchas veces el coste medioambiental a pagar es mucho más elevado de lo que es posible amortizar con estas soluciones, además de no conseguir las propiedades adecuadas en cuanto al aislamiento

térmico para el ahorro energético, sin embargo mínimamente existentes. En este estudio se logró determinar los beneficios existentes de la implementación de este tipo de sistemas, sin embargo, al no ser algo tan utilizado, carece de avance tecnológico rápido, por tanto, hay muchas carencias por solventar aún.

En cuanto a los inconvenientes, los principales son: la falta de continuidad de los sistemas, lo que hace que al aislamiento térmico no sea tan relevante; el gasto de agua, ya que si no se hace un estudio detallado de la necesidad de la fachada vegetal, condiciones climatológicas de la zona, tipo de vegetación a plantar, cómo aprovechar el agua de lluvia y otros, puede ser perjudicial para sus beneficios a la edificación; el mantenimiento, dado que hay que hacer podas anuales y en algunos sistemas con bomba de elevación o sistema de riego eléctrico puede suponer un gasto muy elevado; el alto impacto en la construcción de la mayoría de los sistemas y el peso, lo que influye en el tipo de fachada donde se puede implantar este tipo de soluciones vegetales.

Dentro de lo que son los objetivos, se logran cumplir en el transcurso de los capítulos, donde se detalló los antecedentes generales, explicando su definición, historia y razón de implementación dentro de las ciudades, ayudando a la mitigación del efecto isla de calor y reducción de la contaminación atmosférica dentro de una ciudad. Se introdujo lo que es la construcción sustentable en Chile y su carencia de normativa dentro del presente sistema. Además se describió los distintos tipos de sistemas constructivos, sus materiales, composiciones y soportes estructurales de las distintas fachadas existentes, haciendo un punteo según categorías y características principales que los distinguen de los otros. Al continuar, se añadió un capitulo respecto a la existencia de beneficios tanto económicos como técnicos que se obtienen en su implementación. También se generó un punteo con cada factor en contra de los sistemas en general.

Y para concluir, se expone una propuesta de fachada vegetal básica que cumple con condiciones de economía, funcional, mantención y estética dentro de un edificio cualquiera en la ciudad de Santiago de Chile, donde se desarrolló un análisis de clima, orientación y factores determinantes según la lista de requisitos de elección de una fachada vegetal en una edificación.

Se determinó que el Sistema Sphagnum sería uno de los más convenientes para esta propuesta, detallándose aspectos tanto teóricos como técnicos de esta modalidad de implantación de fachadas vegetales. Dentro de sus cualidades benéficas está su sistema modular, su buena respuesta en exposición directa y no directa del sol, gran capacidad de absorción de agua, poco mantenimiento, costo no muy elevado sobre otros sistemas y rápida instalación en edificaciones nuevas o ya existentes.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE LA INFORMACIÓN

ART. 105. Ley General de Urbanismo y Construcción, DFL N° 458. Modifica la ley General de Urbanismo y Construcciones, con el objeto de exigir la incorporación de techos verdes en las obras de edificación y urbanización. Cámara de Diputados, Chile, 28-01-2016.

ARQUITECTURAYEMPRESA. Nuevo concepto de fachada verde: el "hormigón biológico" como el futuro de las fachadas ecológicas [en línea].< https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/nuevo-concepto-de-fachada-verde-el-hormigon-biologico-como-el-futuro-de-las-fachadas>.[consulta: 15 de junio 2019].

AZUREAZURE. Los jardines verticales de Patrick Blanc: arte y ecología en la ciudad [en línea].< https://www.azureazure.com/es/casas/jardines-verticales-patrick-blanc-arte-ecologia>.[consultado: 10 de septiembre 2019].

BELDEN. Leed v4 vs. LEED 2009: The Major Differences [en línea].< https://www.belden.com/blog/smart-building/leed-v4-vs.-leed-2009-the-major-differences>.[consulta: 15 de abril 2019]

CERTIFICACIÓN EDIFICIO SUSTENTABLE. PAULA HIDALGO, DE EDIFICIO VERDE: "CES PERMITE A LOS MANDANTES TENER MÁS ESTRATEGIAS DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE" [en línea].<http://certificacionsustentable.cl/contenidos/noticias/paula-hidalgo-de-edificio-verde-ces-permite-a-los-mandantes-tener-mas-estrategias-de-construccion sustentable>.[consulta: 2 de abril 2019]

CHILECUBICA. Construcción en verde [en línea].< https://www.chilecubica.com/sostenibilidad/construcción-en-verde/>.[consulta: 30 mayo 2019].

CHILECUBICA. Hormigón Biológico [en línea].< https://www.chilecubica.com/materiales/hormigón-biológico/>.[consulta: 6 de junio 2019].

CORFO. Programa transforma de CORFO lanza Construye 2025 [en línea].<https://www.corfo.cl/sites/Satellite?c=C_NoticiaNacional&cid=1476718650641

&d=Touch&pagename=CorfoPortalPublico%2FC_NoticiaNacional%2FcorfoDetalleNoticiaNacionalWeb> .[consulta: 5 de abril 2019].

DPRADO. ¿Qué orientación privilegiar? [en línea].< https://www.dpradoarquitecto.cl/que-orientacion-privilegiar/>.[consulta: 18 de octubre 2019].

GALLEGO, Teresa Martínez Sergio. Estudio y aplicación de las fachadas verdes para mejorar la eficiencia energética en edificación, Caso práctico de estudio de barrio Cremor, Castellón. Memoria (Grado en Arquitectura Técnica) Castellón, España, Universidad Jaume I, 2016-2017. 89p.

GREEN BUILDING COUNCIL. Acerca de Chile GBC [en línea].<http://www.chilegbc.cl/index.php?sec=quienes-somos>.[consulta: 30 de marzo 2019].

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS. Edificación [en línea].< https://www.ine.cl/docs/default-source/publicaciones/2017/informe-anual-de-edificación-2016.pdf?sfvrsn=5>.[consulta: 15 de octubre 2019].

NOGUERA García. El hormigón como soporte Biológico Natural y su aplicación en fachadas. En: Actas del Congreso Internacional de Construcción Sostenible y Soluciones Eco-eficientes (Madrid, España). Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de Madrid. Pp 351-357.

MARTÍNEZ, Katherine. Programa de Innovación en Construcción Sustentable [en línea].<https://csustentable.minvu.gob.cl/item/programa-de-innovacion-en-construccion-sustentable-pics/> .[consulta: 30 de marzo 2019].

MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. Estrategia Nacional de Construcción Sustentable [en línea]. <https://ccps.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2016/01/2_Estrategia-Construccion-Sustentable.pdf>.[consulta: 29 de marzo 2019].

PASSIVHAUS CHILE. ¿Qué es? [en línea].< http://passivhaus-chile.cl/#Que_es>.[consulta: 28 de marzo 2019].

PREZI. Fachadas verdes en Chile [en línea].< https://prezi.com/nyic-yqiyt-0/fachadas-verdes-en-chile/>.[consulta: 18 de abril 2019].

URBANARBOLISMO. Comparativa entre sistemas constructivos de jardines verticales [en línea].< https://www.urbanarbolismo.es/blog/comparativa-entre-sistemas-constructivos-de-jardines-verticales/>.[consulta: 25 de junio 2019].

VERDTICAL. Musgo Sphagnum en Jardines Verticales [en línea].< https://verdticalmagazine.com/musgo-sphagnum/>.[consulta: 25 mayo 2019].

VERDTICAL. Passivhaus: el Estándar de la Bioconstrucción [en línea].< https://verdticalmagazine.com/passivhaus/>.[consulta: 2 de junio 2019].

WEATHER SPARK. El clima promedio en Santiago de Chile [en línea].< https://es.weatherspark.com/y/26525/Clima-promedio-en-Santiago-de-Chile-Chile-durante-todo-el-año>[consulta: 15 de octubre 2019].