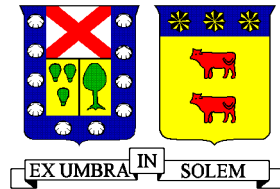


UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES
VALPARAISO - CHILE



“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CUBIERTAS VEGETALES Y SU EJECUCIÓN
ESPECIALIZADA EN RECINTOS HOSPITALARIOS”.

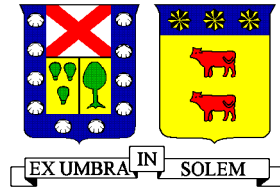
JAVIER IGNACIO CABRERA TRONCOSO

Memoria para optar al Título de
CONSTRUCTOR CIVIL

Profesor Guía
FRANCISCO LAGOS PERALTA

Agosto 2017

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES
VALPARAISO – CHILE



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CUBIERTAS VEGETALES Y SU EJECUCIÓN
ESPECIALIZADA EN RECINTOS HOSPITALARIOS.

Memoria de titulación presentada por
JAVIER IGNACIO CABRERA TRONCOSO

Como requisito parcial para optar al título de
CONSTRUCTOR CIVIL

Profesor Guía
FRANCISCO LAGOS PERALTA

Agosto 2017

Resumen.

Con el fin de coordinar, promover, difundir y fomentar la construcción sustentable los Ministerios de Obras Públicas, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ministerio de Energía y Ministerio del Medio Ambiente han propuesto en conjunto el desafío de reducir en un 20% las emanaciones proyectadas desde el 2012 al 2020 y una reducción de un 12% de demanda energética proyectada en el mismo periodo de tiempo.

La implementación de nuevos sistemas constructivos que permitan reducir los altos índices de contaminación medio ambiental, disminuir el consumo energético, así como mitigar los factores de riesgo que afectan a la población son de principal urgencia país y construcciones públicas como hospitales, colegios, centros culturales, entre otros, son foco de nuevos sistemas de construcción sustentable siendo alternativas complementarias o sustitutas a los sistemas tradicionales de edificación.

Es por esto que en conjunto se ha innovado en la implementación de sistemas de construcción capaces de solucionar problemas asociados a calidad del aire y promover el ahorro energético, con el fin de reducir los contaminantes producidos por emanación de CO₂ asociados a conceptos de calefacción y climatización de instituciones públicas de alto consumo, permitiendo ser una solución viable al mediano y largo plazo para los objetivos propuestos.

Según lo descrito es que diversas organizaciones, instituciones, empresas y profesionales han propulsado diversos sistemas de construcción sustentable como la implementación de cubiertas vegetales en edificaciones y la incorporación de este sistema como una alternativa viable, eficiente y eficaz para las problemáticas descritas. Es así que se desarrolla un grupo técnico y especializado para su correcta ejecución e implementación en construcciones existentes como obras nuevas.

La presente memoria se enfoca en el sistema constructivo de cubiertas vegetales y sus beneficios asociados, abarcando sus limitantes al momento de su ejecución en recintos hospitalarios, los cuales se caracterizan por ser de alta complejidad dado su alto consumo energético y las condiciones en las cuales se deben enfrentar debido a la importancia nacional que estas presentan, es más, se estima que el consumo promedio en conceptos energéticos de recintos hospitalarios pueden superar hasta en un 150% a edificios tradicionales lo que se refleja en un gasto anual de mil millones de pesos en promedio solo en conceptos de servicios y consumos asociados en un hospital de alta complejidad.

Abstract

In order to coordinate, promote, disseminate and foment sustainable construction, the Ministries of Public Works, the Ministry of Housing and Urban Development, the Ministry of Energy and the Ministry of the Environment have jointly proposed the challenge of reducing contaminants by 20% 2012 to 2020 and a 12% reduction in projected energy demand over the same period of time.

The implementation of new construction systems that allow to reduce the high rates of environmental pollution, reduce energy consumption and mitigate the risk factors that affect the population are of primary urgency country and public buildings such as hospitals, schools, culturales centers, Among others, are focus of new systems of sustainable construction being complementary or substitute alternatives to the traditional systems of construction.

It is for this reason that the system has been innovated in the implementation of construction systems able to solve problems associated with air quality and to promote energy saving, in order to reduce the pollutants produced by emanation of CO₂ associated with concepts of heating and air conditioning Of public institutions of high consumption, allowing a viable solution in the medium and long term for the proposed objectives.

As described, various organizations, institutions, companies and professionals have propelled various sustainable construction systems such as the implementation of vegetation cover in buildings and the incorporation of this system as a viable, efficient and effective alternative to the problems described. This is how a technical and specialized group is developed for its correct execution and implementation in existing constructions as new Works.

The present report focuses on the constructive system of vegetation cover and its associated benefits, including its limitations at the time of its execution in hospital rooms, which are characterized by being highly complex given their high energy consumption and the conditions in which they are Must face due to the national importance that these present, is more, it is estimated that the average consumption in energy concepts of hospital rooms can exceed up to 150% to traditional buildings which is reflected in an annual expenditure of 1 billion pesos in Average only in concepts of services and associated consumption in a hospital of high complexity.

Tabla de Contenidos

Resumen	ii
Abstract	iii
Tabla de Contenidos	iv
Índice de Figuras	vi
Índice de Gráficos	vii
Índice de Tablas	viii
Capítulo 1 : Introducción	9
1.1 Antecedentes Generales	9
1.2 Objetivos General.....	13
1.3 Objetivo Secundarios:	13
1.4 Alcance del Estudio	13
1.5 Metodología.....	14
1.6 Estructura de la memoria	15
Capítulo 2 : DESCRIPCIÓN DEL SECTOR PUBLICO DE SALUD, GASTOS Y COMPLEJIDADES INFRAESTRUCTURALES ASOCIADAS	16
2.1 Reseña histórica	16
2.2 Descripción del ministerio	17
2.3 Infraestructura hospitalaria	19
2.4 Gastos y proyección de infraestructura.....	21
2.5 Construcción de infraestructura hospitalaria, proceso de licitación y adjudicación.	23
2.6 Sistema de gestión de compra	24
2.7 COMPORTAMIENTO ENERGETICO DE HOSPITALES.....	25
2.8 COMPLEJIDAD DE RECINTOS HOSPITALARIOS.	27
Capítulo 3 Cubiertas Vegetales, Sistema Constructivo.	30
3.1 CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE.	30

3.2 COMPONENTES.....	33
3.3 IMPERMEABILIZACIÓN.....	34
3.4 PROTECCION ANTI-RAIZ.....	36
3.5 DRENAJE.....	37
3.6 SUSTRATO Y MEDIO DE CRECIMIENTO.....	38
3.7 VEGETACIÓN	40
3.8 Consideraciones y limitantes en recintos hospitalarios	43
Capítulo 4 : Beneficios del sistema de cubiertas vegetales asociados a recintos hospitalarios.....	48
4.1 Beneficios medioambientales.....	49
4.2 Medidas internacionales respecto a cubiertas vegetales.....	60
4.3 Beneficios hidráulicos.....	66
4.4 Beneficios térmicos en edificación.....	71
4.5 Beneficios en la calidad de vida	73
Capítulo 5 : Conclusiones.....	75
Referencias	78
Anexos	83
Anexo A: Especificaciones Técnicas cubierta vegetal hospital Félix Bulnes, Santiago	83
Anexo B: Boletín comisión vivienda y urbanismo, modificación de ley.....	94

Índice de Figuras

Figura 1: Sistema Público de Salud, Situación Actual y Proyecciones Fiscales, Dirección de Presupuesto, Gobierno de Chile, Diciembre 2013.....	18
Figura 2: Plan de Inversiones, Ministerio de Salud, 2017	20
Figura 3: Tipos de Cubiertas Vegetales, La Tercera (Cofre, 2013)	32
Figura 4: Techo Caliente, Composición (Minke, 2004).....	34
Figura 5: : Sistema de Drenaje Simple, (Grupo Tecnico de Techos Verdes, 2010).....	38
Figura 6: Componentes Cubierta Vegetal, (Maldonado, 2008)	43
Figura 7: Distancias mínimas patios interiores, Elaboración Pablo Canales.....	47
Figura 8 Microclima Urbano, La Ciudad una Isla de calor, (Oña, 2016)	50
Figura 9: Comparación Cubierta Vegetal vs cubierta con acabado asfaltico, fuente: (Urbana Arbolismo, 2017)	51
Figura 10: Concentración recintos hospitalarios. Fuente: www.saludonline.cl	53
Figura 11 Concentración recintos hospitalarios. Fuente: www.saludonline.cl	56

Índice de Gráficos

Grafico 1: Informativo Estadístico de Construcción, Minvu, 2016	9
Grafico 2: Periodo Construcción centros hospitalarios, Infraestructura critica para el desarrollo, CChC, 2012	17
Grafico 3: Gasto Público, (Asociación de Concesionarios de Obras de Infraestructura Publica, 2016)	21
Grafico 4: Evolución de Número de Camas Hospitalarias; Infraestructura Critica para el Desarrollo, 2012.....	22
Grafico 5: Tamaño demográfico tipo/categoría, ciudades, (Comisión de Estudios Habitacionales y Urbanos, Gobierno de Chile, 2011).....	49
Grafico 6 Consumo eléctrico 2015, Comisión Nacional de Energía.....	58
Grafico 7:Emisión y Absorciones de GgCo2 serie 1990-2013, (Ministerio del Medio Ambiente, Gobierno de Chile, 2016).....	59
Grafico 8: Comportamiento, Sustrato Las Brujas (a): Contenido de Humedad; (b): Flujo acumulado fondo columna sustrato.....	70
Grafico 9: Comportamiento, Sustrato Verde Activo (e): Contenido de Humedad; (f): Flujo acumulado fondo columna sustrato.....	70
Grafico 10 Comportamiento, Sustrato Jardinsen (c): Contenido de Humedad; (d): Flujo acumulado fondo columna sustrato.....	71

Índice de Tablas

Tabla 1: Requerimientos de inversión 2012-2016, Cámara Chilena de la Construcción, 2012.....	12
Tabla 2: Pesos Composición de Sustratos (Promix, 2016).....	39
Tabla 3: Tipos de plantas según sustrato, Elaboración propia, Fuente: (Minke, 2004).....	42
Tabla 4: Condiciones de diseño según fachada y ancho de patio, Elaboración Pablo Canales.	46
Tabla 5 Hospitales Santiago y Superficie Construida, Fuente: Minsal, Elaboración propia.	54
Tabla 6: Superficies totales Santiago, superficies construidas vs vegetales, Elaboración propia.....	55
Tabla 7: Recintos Hospitalarios Santiago Centro, Fuente: Minsal, Elaboración: Propia.....	57
Tabla 8 Superficies totales Santiago Centro, superficies construidas vs vegetales, Elaboración propia.....	57
Tabla 9: Factor determinación parámetros de reducción, Porcentaje cubiertas vegetales, (Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2012).....	64

Capítulo 1 : Introducción

1.1 Antecedentes Generales

El sector de la construcción se ha mantenido a lo largo del tiempo como un indicador en la economía, siendo relacionada con el Producto Interno Bruto (PIB) y sinónimo de prosperidad o regresión de la nación según sus cifras, su relevancia ha implicado la normalización de técnicas y la búsqueda de nuevos sistemas que permitan satisfacer las necesidades específicas de cada nación. En Chile podemos observar tendencias como al aumento urbano desde un 83,5% a un 86,6% y el incremento de edificación como vivienda del 12,62% a un 15,35% en todo el país y solo en Santiago representa un cambio del 14% a un 33%, según cifras del último censo valido realizado, (INE, 2003)

Como se observa en el gráfico n° 1 en Chile la superficie promedio construida en el periodo 2006-2010 en el sector vivienda supera los 9.000 m² y el sector industrial y servicios se mantiene en el orden de 5.000 m², es decir hablamos de más de 90.000 m² y 50.000 m² construidos en 10 años en las áreas mencionadas, (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2016)

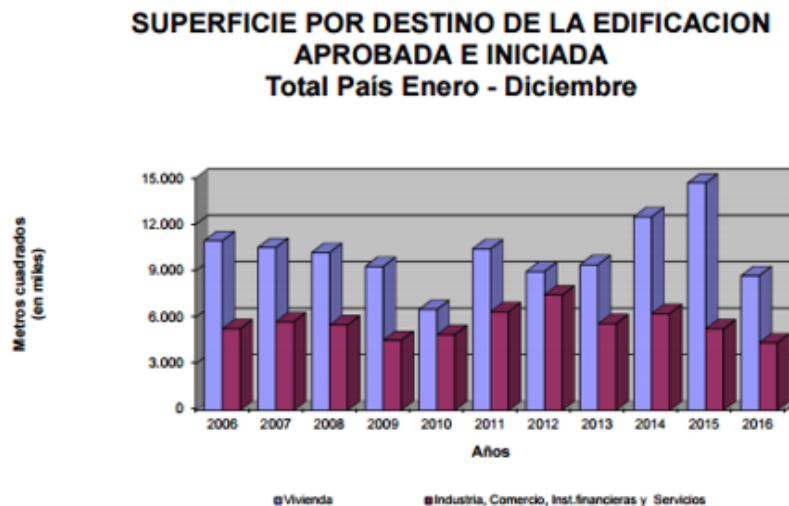


Gráfico 1: Informativo Estadístico de Construcción, Minvu, 2016

Al representar un sector de gran impacto, las consecuencias de su incremento ha sido asociado a uno de los mayores problemas globales a los que nos vemos enfrentados como civilización, la contaminación asociada al rubro y en particular la polución atmosférica se ha transformado en una problemática mundial, siendo foco de diversos estudios respecto a lo nocivo de sus altas concentraciones afectando la calidad del aire y su repercusión en la salud de la población, es más, la Organización Mundial de la Salud, afirma que la contaminación atmosférica solo el 2012 causó la muerte de siete millones de personas en todo el mundo. Siendo la calidad del aire, por si sola, el riesgo ambiental para la salud más importante del mundo, (Organización Mundial de la Salud, 2014).

El problema medio ambiental y la contaminación atmosférica involucran a todos los agentes, públicos como privados, por lo que la generación de acuerdos internacionales para reducir la cantidad de contaminantes atmosféricos y promover el ahorro energético son requerimientos básicos para ingresar a organizaciones como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), siendo Chile el primer miembro sudamericano desde el 2010 (Firma del convenio de adhesión, Palacio de la Moneda 11 de Enero 2010). El compromiso nacional promueve un acuerdo entre ministerios generando el documento Estrategia Nacional de Construcción Sustentable en el año 2012 con metas ambiciosas para su desarrollo en el periodo 2013-2020 como la reducción en un 20% de las emanaciones emitidas y la disminución de demanda energética en un 12%. Sin embargo, los antecedentes expuestos por la OCDE sitúan a Chile como el segundo país con peor calidad atmosférica siendo superado solo por Corea. (Organización para la Cooperación y Desarrollo Economico, 2016).

Es por todo lo mencionado que internacionalmente se han implementado y masificado los conceptos de construcción sustentable, promoviendo sistemas amigables con el entorno que permitan reducir y satisfacer las necesidades de los sectores públicos y privados.

La construcción sustentable se ha instalado como una tendencia en Chile, donde sistemas como cubiertas y fachadas vegetales han tomado fuerza en los últimos años logrando instalar a las construcciones verdes en el debate arquitectónico con obras emblemáticas en Santiago como el edificio Consorcio el cual posee una fachada vegetal o la azotea del edificio Moneda Bicentenario con 332m² de cubierta vegetal

Enrique Browne Arquitecto pionero y distinguido por la Unión de Escuelas y Facultades de Arquitectura de Latinoamérica (UDEFAL), como el principal referente de la Arquitectura sustentable en Latinoamérica afirma:

“ La arquitectura del siglo XXI combina el ahorro energético con el medio ambiente”.

La existencia de construcciones con este enfoque, específicamente cubiertas vegetales se reportan desde hace más de 40 años en países desarrollados, siendo Alemania uno de los pioneros en la normalización de su uso, incentivo, investigación y ejecución bajo la Sociedad de Investigación Paisaje y Desarrollo de Alemania, (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau, FLL) siendo su primera edición en 1982 con ampliación y normativas para cubiertas vegetales extensivas en 1990.

Respecto al plano nacional es posible encontrar el proyecto de ley que plantea la modificación a la Ley General de Urbanismo y Construcciones, en materia de cubiertas ecológicas, específicamente en el Boletín 4682-14 que será anexado en la presente memoria.

“Las solicitudes de permisos de construcción de edificios en áreas declaradas como zona saturada o latente por concentración de contaminantes en el aire conforme lo dispuesto por la ley 19.300, deberán contemplar la construcción de cubiertas ecológicas. Lo anterior se deberá contemplar en una proporción de, a lo menos, 50 m² de cubierta ecológica por cada 1.000 m² construidos.”

Dentro de las prioridades nacionales en términos de infraestructura se encuentran los servicios públicos y sociales destacando el sector hospitalario como foco de políticas de mantenimiento, reparación y construcción. Siendo el terremoto ocurrido el 27 de febrero del 2010 determinante en la asignación de recursos, ya que destruyó 17 hospitales y dejó a otros 8 con daños estructurales (Camara Chilena de la Construcción , 2012).

Es por esto que la necesidad de renovar, mantener y recuperar recintos existentes, así como edificar obras nuevas en el sector público de salud trasciende a cualquier gobierno y se mantiene como principal inversión desde el año 2010 como se muestra en la tabla n°1.

Requerimientos de Inversión	Inversión total MMUS\$
Inversiones Ministerio de Salud	3.000
2° Programa Concesiones Hospitalarias	2.031
Total	5.031

Tabla 1: Requerimientos de inversión 2012-2016, Cámara Chilena de la Construcción, 2012.

El estudio mencionado establece que la atención pública atiende al 70% de la población nacional, existiendo más de 2 millones m² construidos y el 60% de ellos se encuentra en regulares y malas condiciones, según palabras de Jorge Mas ex -presidente de la cámara chilena 2015-2016, en el Seminario Infraestructura Hospitalaria, (Camara Chilena de la Construcción, 2016) por lo que implementar sistemas sustentables como cubiertas vegetales al sector público, específicamente a recintos hospitalarios, son una alternativa a considerar como soluciones complementarias o definitivas que ayuden a cumplir los estándares medioambientales y metas propuestas como país contribuyendo a un sector con altos índices de inversión y urgencia.

Reflexión:

“ Se ha reconocido que el ambiente construido es el principal afluente del cambio climático. Se calcula que, a nivel mundial, la creación, operación y mantenimiento de las edificaciones da cuenta de un 50% de todo el consumo de energía y de más de un 50% de las emisiones” (Wood, 2006).

1.2 Objetivos General

Demostrar mediante el sistema constructivo de cubiertas vegetales incorporado en recintos hospitalarios, la disminución de contaminantes atmosféricos y reducción de demanda energética asociada a climatización en complejos de alto consumo como hospitales, aportando un valor agregado al entorno, clientes y usuarios.

1.3 Objetivo Secundarios:

- Promover el uso de construcción sustentable en recintos de gran inversión en el área pública.
- Demostrar la necesidad de construcciones sustentables como sistema y su aporte en problemáticas nacionales, como solución para políticas de Estado.
- Determinar las limitantes del sistema de cubiertas vegetales en el sector público de salud.
- Determinar los conceptos constructivos que el profesional de obra (Constructor Civil) debe manejar para la implementación de cubiertas vegetales en hospitales asociando sus componentes a otras especialidades.

1.4 Alcance del Estudio

Esta memoria de título estudia las cubiertas vegetales como alternativa sustentable para el desarrollo país, con la finalidad de caracterizar sus componentes fundamentales y beneficios asociados a la salud. Siendo un complemento a problemáticas de carácter urgente como lo son el déficit de recintos hospitalarios y contaminación nacional.

Promover soluciones para las problemáticas medio ambientales que presenta Chile e incentivar la construcción sustentable como políticas de Estado en recintos públicos.

1.5 Metodología

Para el desarrollo de esta investigación, se realiza una recopilación bibliográfica, obteniendo artículos y publicaciones relacionados con el sistema de cubiertas vegetales como sistema constructivo y beneficios asociados en los cuales se muestran conclusiones de la aplicación de esta técnica en recintos existentes como método de aislante térmico y su implementación como sistema de ahorro energético. De estas publicaciones y recopilación se obtienen comparaciones de la utilización del método en otros países y comparación del sistema tradicional con técnicas sustentables.

Posteriormente se realizan entrevistas personales al departamento de arquitectura del ministerio de salud con el fin de plasmar la realidad nacional en recintos hospitalarios y determinar el contexto de políticas de gobierno frente aspectos medioambientales, se realizan entrevistas al Ingeniero Cesar Manquel Carrasco, Ingeniero en Eficiencia Energética y ERNC, del Departamento de Arquitectura del Minsal, área de inversiones y subsecretaria de redes asistenciales, experto en soluciones activas y al Arquitecto Pablo Canales, estudiante de post grado de Magister en Construcción Sustentable de la Pontífice Universidad Católica, del mismo departamento encargado de soluciones pasivas en edificación del ministerio de salud.

Se complementa con reuniones realizadas a un miembro del equipo de profesionales del grupo técnico de Techos Verdes, Co-autora del libro Recomendaciones Técnicas de Cubiertas Vegetales, Vicky Rojas, directora del Estudio de Arquitectura VR+ARQ, Santiago. A la profesional Ingrid Rehren Schleef Ingeniera Civil Industrial de la Universidad de las Américas y Constructor Civil de la Universidad de la Frontera, con experiencia en la implementación de cubiertas vegetales en Temuco, Pucón, Valdivia y Villarrica. Específicamente en el sistema de impermeabilización.

1.6 Estructura de la memoria

La presente memoria de título consta de 5 capítulos, los cuales se expondrán a continuación.

- **Capítulo 1:** Se presentan los antecedentes generales del estudio, los objetivos generales y específicos, los alcances considerados, la metodología de trabajo y una reseña de los capítulos que contempla.

- **Capítulo 2:** Se detalla el funcionamiento del sector de salud público en Chile como su sistema de adjudicación y construcción de recintos hospitalarios, abarcando su clasificación y gastos asociados debido a la complejidad de sus recintos, se presentan las políticas de inversión propuestas en los periodos 2010-2016 contemplando la situación actual y futuro en programas de salud.

- **Capítulo 3:** Mediante una revisión bibliográfica sobre las técnicas y sistema constructivo de cubiertas vegetales, específicamente de Alemania se entrega una visión general sobre el sistema constructivo y sus limitantes como consideraciones fundamentales, referentes a tipos de cubierta y estructuras necesarias para su realización

- **Capítulo 4:** Se presentan los beneficios medioambientales del sistema constructivo, hallazgos de la investigación y ahorros energéticos asociados a climatización de edificaciones, asociando el sistema de cubiertas vegetales a recintos hospitalarios. Se detallan nuevas obras con el sistema de investigación.

- **Capítulo 5:** Se presentan discusión y respectivas conclusiones finales de la memoria de título. Además de algunas sugerencias para el desarrollo de futuros trabajos.

- **Referencias.**

- **Anexos.**

Capítulo 2 : DESCRIPCIÓN DEL SECTOR PUBLICO DE SALUD, GASTOS Y COMPLEJIDADES INFRAESTRUCTURALES ASOCIADAS

2.1 Reseña histórica

El Ministerio de Salud, mejor conocido como Minsal, es creado como institución el año 1959 en virtud del decreto con fuerza de ley N° 25 de 1959, (Ministerio de Salud, 2016). Con el fin específico de realizar actividades de programa, control y coordinación de salud pública. Los cambios políticos históricos del país reestructuran los principales ministerios nacionales y el Minsal comienza a sufrir reformas estructurales importantes destacando la reforma de 1979 bajo dictadura militar la cual por el decreto de ley 2.763 genera la fusión de los recursos del Servicio Nacional de Salud (SNS) y del Servicio Médico Nacional de Empleados (SERMENA) generando la Sistema Nacional de Servicio de Salud (SNSS), se redefinen las funciones del ministerio como sus responsabilidades de diseño de políticas y programas, se crea el Fondo Nacional de Salud (FONASA), la creación del Instituto Público de Salud (ISP) y Central de Abastecimientos del SNS (CENEBAST).

En la misma línea de reformas se destacan las ocurridas en 1981, basada en la aplicación del Decreto con Fuerza de Ley 1-3.063, comenzando una descentralización de la atención primaria, presentando una estructura donde sectores públicos como privados desempeñan funciones en materia de financiamiento por lo que su comportamiento es dual en áreas de financiamiento.

A través del Decreto de Ley 3.626 y con el Decreto con Fuerza de Ley n°3 que lo reglamenta se establece la creación de las Instituciones de Salud Previsional (ISAPRE) permitiendo la libertad de elección del sistema público FONASA o del sistema privado ISAPRE. En 1985, se instituye el nuevo régimen de prestaciones de salud, derogando el sistema de medicina preventiva.

En 1990 periodo de transición y vuelta a la democracia existe un intenso programa de reconstrucción infraestructural del sistema público de salud, ya que a pesar de todos los cambios estructurales en el sistema de organización desde 1973 no existen nuevas construcciones

hospitalarias, por lo que los esfuerzos se centran en la construcción de nuevos establecimientos, como se aprecia en el gráfico n°2. (Ministerio de Salud, 2016).

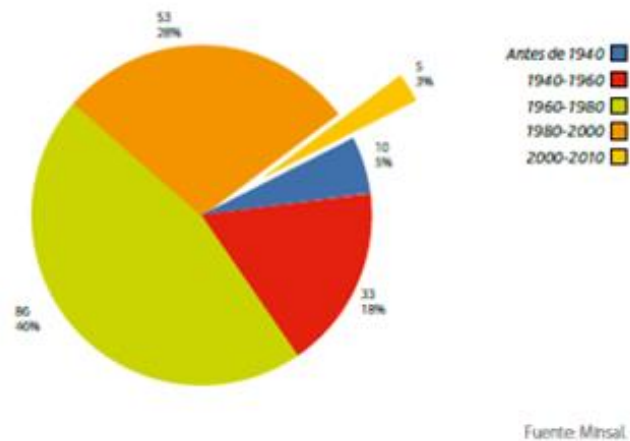


Gráfico 2: Período Construcción centros hospitalarios, Infraestructura crítica para el desarrollo, CChC, 2012

Durante los próximos periodos los enfoques apuntan al sistema de salud, específicamente a programas de salud pública y sistemas de financiamientos como gastos fiscales para su mejora infraestructural.

En los últimos 20 años se han construido más del 50% de los recintos hospitalarios existentes por lo que su ejecución y proyección como gasto fiscal nos obliga a encontrar soluciones para su eficiencia en el sistema de construcción permitiendo así generar una mejora en el desarrollo infraestructural público tanto para obras existentes como nuevas

2.2 Descripción del ministerio

El Ministerio de salud se caracteriza por ser un sistema mixto, es decir, existe un sub sistema público como un sub sistema privado. En términos de la organización, el sistema público opera a través del Sistema Nacional de Servicios de Salud (SNSS) conformado por el Ministerio de Salud (MINSAL) y sus Servicios Regionales Ministeriales de Salud (SEREMI de Salud), 29 Servicios de Salud Regionales (SS), el Sistema Municipal de Atención Primaria, el Fondo Nacional de Salud (FONASA), el Instituto de Salud Pública (ISP), la Central de Abastecimiento del Sistema Nacional

de Servicios de Salud (CENABAST) y la Superintendencia de Salud. (Bustamante, Rojas, & Buris, 2014).

La figura n°1 representa al organigrama institucional del ministerio donde destaca el despacho ministerial compuesto por el consejo nacional de salud, procuraduría pública y el órgano de control institucional. Seguido por la Secretaria General con sus departamentos correspondientes, los despachos viceministeriales de salud pública y despacho viceministerial de prestaciones y aseguramiento en salud. (Ministerio de Salud, 2017)

En términos generales el ministerio posee niveles de organización comenzando por el nivel normativo encabezado por el Ministro de Salud vigente, el médico cirujano con especialidad en epidemiología, Carmen Castillo Taucher. Seguida en cadena de mando por las subsecretarías de atención pública y redes asistenciales. El nivel fiscalizador presenta a las superintendencias de salud, secretaria regional e instituto de salud pública para finalizar en la etapa de ejecución con los proveedores y redes asistenciales, (Dirección de Propuestas; Gobierno de Chile, 2013).

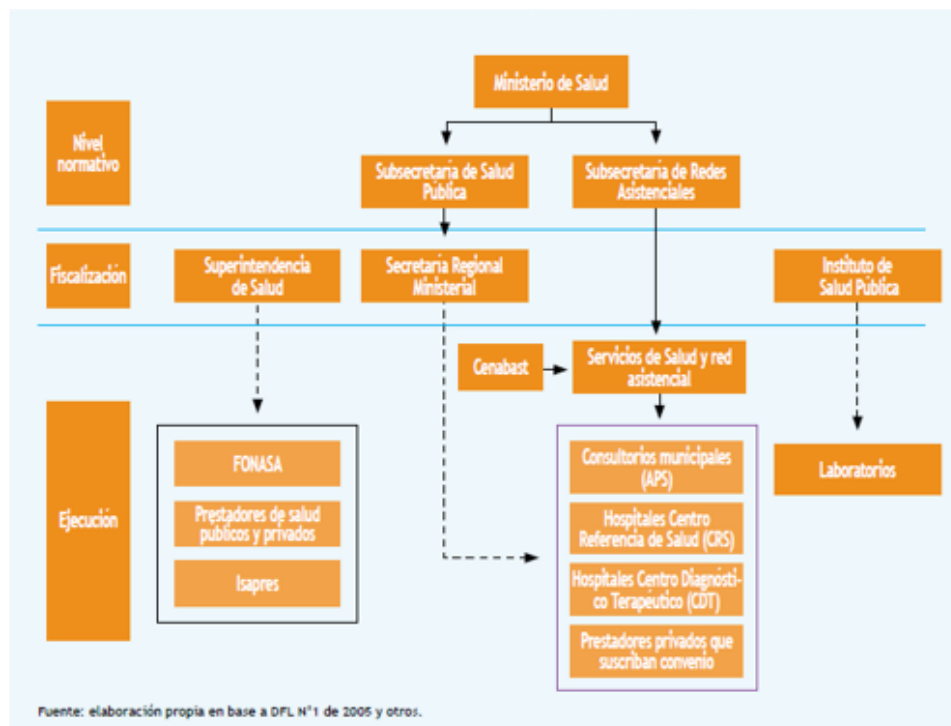


Figura 1: Sistema Público de Salud, Situación Actual y Proyecciones Fiscales, Dirección de Presupuesto, Gobierno de Chile, Diciembre 2013

En proyectos y planes de gobiernos, encontramos 4 formas de financiamiento para el sistema público, (Bustamante, Rojas, & Buris, 2014)

1. Aporte mensual obligatorio, correspondiente al 7% bruto del ingreso y cotización adicional voluntario (ISAPRE).
2. Subvención del Estado, ministerio de hacienda y proyectos infraestructurales como programas de gobierno
3. Copagos dependiendo el tramo de FONASA o especificaciones del plan de ISAPRE, en caso de no estar afiliados se realiza como particular.
4. Aportes obligatorios realizado por las empresas por accidentes laborales.

2.3 Infraestructura hospitalaria

Al momento de observar las cifras de infraestructura hospitalaria nos encontramos con informaciones que resultan complejas de analizar, en primer lugar los datos duros oficiales del Instituto Nacional de Estadística se remontan al 2002 donde se realiza el último censo válido, por lo que información de la evolución en términos de infraestructura en el periodo 2002-2016 se ve mermado por discrepancias entre cifras del 2014 del Instituto Nacional de Estadísticas, Gobierno de Sebastián Piñera Echeñique periodo 2010-2014 y el actual gobierno de Michelle Bachellet Jeria 2014- a la fecha.

Cifras concretas en términos de infraestructura hospitalaria tenemos como principal fuente el análisis del último censo reportando que en Chile existen 2.357 establecimientos de salud, (INE, 2003) y según cifras de la Cámara Chilena de la Construcción en su completo informe de Infraestructura Critica Para el Desarrollo 2012-2016 los establecimientos relacionados al sector público abarcan más del 70% es decir 1650 establecimientos.

Según el Informe Técnico de Concesiones el número de establecimientos hospitalarios aumenta a un 2.460 establecimiento entre el sistema público y privado, un total de 379 hospitales, el 53,6% corresponden al sistema público, es decir 203 hospitales. (Asociación de Concesionarios de Obras de Infraestructura Publica, 2016)

En el informe explicativo, Avances del Plan de Inversión Hospitalaria 2014-2018, (Gobierno de Chile, 2016) afirma que al 2014 existen 193 hospitales públicos y 2.600 establecimientos de atención primaria donde el 80% de la población es atendida en el sector público, a los 193 hospitales públicos se le incorporan 2 hospitales en operación, 24 en ejecución

2.4 Gastos y proyección de infraestructura.

“En las últimas décadas el gasto público en salud ha crecido a una tasa anual promedio de 9%. En términos del PIB; el gasto se ha más que duplicado entre los años 1990-2012 y comprende los principales instrumentos de materialización de gasto” (Asociación de Concesionarios de Obras de Infraestructura Publica, 2016)

En el grafico n° 3 podemos observar como en el periodo 2005 al 2012 se han duplicado las inversiones asignadas al sector público y en el periodo 1990-2005 los recursos destinados a este gasto promediaron US\$110 millones anuales. Los recursos acumulados durante el periodo 2006-2011 alcanzan los US\$2.100 millones y solo en los años 2010-2012 se destinaron \$US1.500 millones, (Camara Chilena de la Construcción , 2012).

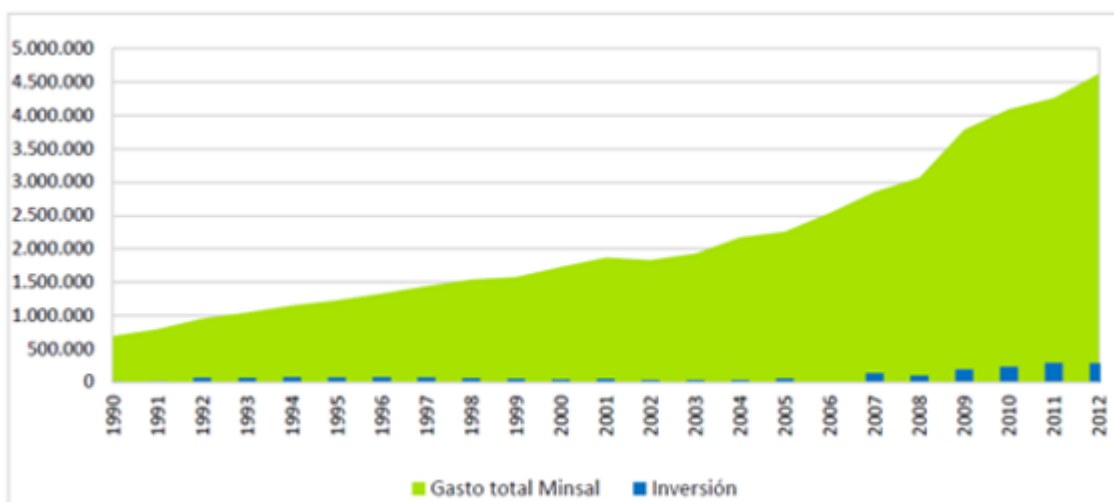


Grafico 3: Gasto Público, (Asociación de Concesionarios de Obras de Infraestructura Publica, 2016)

El gasto realizado durante el periodo 2010-2012 se justifica por el terremoto ocurrido el 27 de febrero del 2010 que no solo destruyó 17 hospitales y dejó con daños estructurales a otros 8, sino que mostró una realidad preocupante respecto a la infraestructura hospitalaria nacional, es correcto afirmar que después de un terremoto con las características de la catástrofe no existan consecuencias sin embargo evidencio una de las principales falencias en nuestra infraestructura, los hospitales y establecimientos de salud, se encontraban en malas condiciones, obsoletas y sin mantenimiento, situación que afirma Don Jorge Mas, ex - presidente de la Cámara Chilena de la

Construcción, en el Seminario Infraestructura Hospitalaria: Desafíos y Alternativas de Desarrollo, 26 de mayo 2016.

“Existen 2 millones de m² construidos en hospitales y el 60% se encuentra en regulares y malas condiciones”

Otra cifra preocupante es la relación número de camas según miles de habitantes expresada en el grafico n°4, lo que nos demuestra que existe una deficiencia en términos infraestructurales para brindar las necesidades hospitalarias que necesitamos como país, si analizamos la evolución de este indicador nos remontamos a 1985 donde el sistema contaba con 3 camas cada mil habitantes, en el año 2009 se reduce a un 2,3 por mil habitantes y solo en el 2010 consecuencias de los hechos ya mencionados llegamos a una cifra de 2,03 camas cada mil habitantes. (Camara Chilena de la Construcción , 2012)

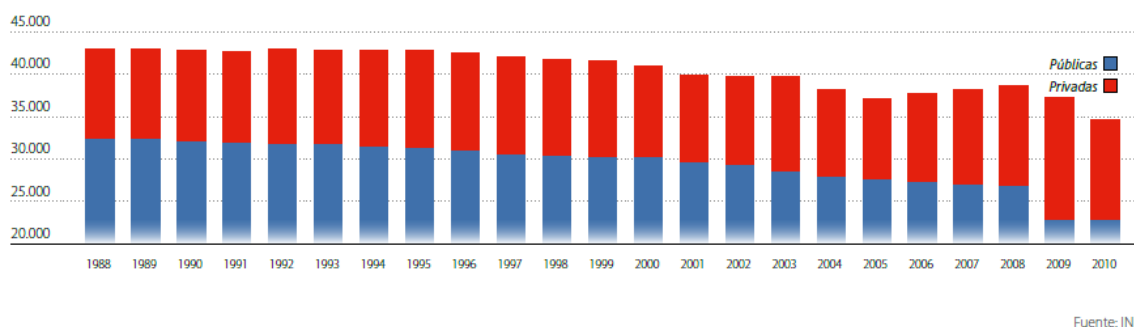


Grafico 4: Evolución de Número de Camas Hospitalarias; Infraestructura Critica para el Desarrollo, 2012

En esta misma línea resulta preocupante el análisis otorgado por la OCDE el 2015 en el periodo 2009-2015 donde sitúa a Chile con una carencia del 145% de camas con un gasto per cápita de US\$1.606 muy por debajo del promedio de los países miembros el cual asciende a US\$3.453, liderado por Estados Unidos con una cifra de \$US 8.713, (Informe Técnico de Concesiones, Julio 2016, Asociación de concesionarios de obras de infraestructura pública).

Es por todo esto que la inversión pública en recintos hospitalarios ha sido foco de grandes proyecto e inversiones, propulsando el mayor gasto fiscal en materias infraestructurales con fondos de 1,6 billones de pesos, es decir, más de 2.300 millones de dólares en proyectos tanto en ejecución como en proceso de licitación (Gobierno de Chile, 2016).

2.5 Construcción de infraestructura hospitalaria, proceso de licitación y adjudicación.

En ámbitos de construcción hospitalaria, en Chile han existidos variados métodos para proveer infraestructura, destacando el sistema tradicional y el sistema de concesiones, (Goyononechea, 2016).

SISTEMA TRADICIONAL.

El sistema tradicional o sectorial es básicamente una licitación con carácter competitivo en cual el actor privado ejecuta, es decir, su participación se limita a la construcción de la obra. La inversión sectorial se implementó durante la dictadura militar y se basa en el sector público como el principal gestor de proyectos dentro de sus equipos técnicos en los 29 servicios de salud nacionales. Los equipos deben velar por el diseño, postular una evaluación social por el Ministerio de Desarrollo Social y finalmente postular el proyecto a una modalidad de financiamiento. La modalidad puede ser vía presupuesto sectorial de salud o vía recursos del Fondo Nacional de Desarrollo Regional, para posteriormente pasar a licitación, (Goyononechea, 2016).

La principal fuente de financiamiento de los recursos sectoriales corresponde al Ministerio de Salud, siendo delegado parcialmente a decisión a las SEREMIS y Direcciones de Salud, los cuales financian proyectos de altos montos como hospitales, reposición de equipos industriales y médicos y la FNDR financia en su mayoría proyectos de baja complejidad, (MIDEPLAN; Departamento de Planificación y Estudios, 2002).

SISTEMA DE CONCESIONES

El sistema de concesiones implica que el actor privado diseña, construye y opera los establecimientos sin embargo la gestión clínica de los establecimientos es provista por el Estado, (Goyononechea, 2016)

En Chile por medio de la Ley de Concesiones vigente, el Ministerio de Obras Públicas (MOP), tiene la facultad de desarrollar una Asociación Pública Privado (APP) sobre toda obra pública y aquellas que están bajo tutela de otro ministerio como el caso de obras hospitalarias se puede delegar al MOP el desarrollo de la concesión de obras, mediante un convenio-mandato. En el caso de hospitales públicos es necesario un convenio-mandato entre el Ministerio de Salud (MINSAL) y el Ministerio de Obras Públicas (MOP). La ley de concesiones genera un régimen

normativo de derecho público entre el Estado y el privado para cualquier tipo de obra pública sumado a las condiciones y requerimientos específicos de cada contrato., (Asociación de Concesionarios de Obras de Infraestructura Publica, 2016)

Una vez se ha definido el sistema de ejecución de la obra a realizar, sea esta sectorial o por concesión se procede al Sistema de Gestión de Obra públicas definido por el Ministerio de Hacienda y la Dirección Chile Compra, el cual se explicará brevemente a continuación.

2.6 Sistema de gestión de compra

El Ministerio de Hacienda en conjunto con Dirección Chile Compra han definido en su informe explicativo: “Como contratar una obra pública, gobierno de Chile” (Gobierno de Chile, 2013)

Al Sistema de Gestión de Compra de Obra, como un modelo de representación de los diferentes procesos en la cadena de ejecución de una obra pública, desde el inicio de la necesidad hasta la ejecución y finalización de la obra, siendo el mandante El Estado.

1.- Decisión de realizar la obra: que sistema de ejecución se ocupara, sectorial o concesionado.

2.- Preparación de las Bases de Licitación: Según el art 2 Decreto 250/2004 Ministerio de Hacienda, se incluyen las bases administrativas y técnicas del proyecto, sumado a los documentos aprobados por la autoridad competente que contengan requisitos, condiciones y especificaciones establecidos por la Entidad Licitante, describiendo los bienes y servicios a contratar y regular el proceso de compras y contrato definitivo, especificando Criterios de Evaluación, Garantías, Multas y Sanciones

3.- Licitación y Adjudicación: Las bases de licitación se suben al portal oficial, el cual corresponde a Mercado Publico, definiendo tiempos de los procesos, se reciben las preguntas y respuestas, se realizan visitas técnicas según corresponda, se reciben, evalúan y adjudican las propuestas y en caso de no encontrar algún contratista que satisfaga las condiciones se declara desierta. Finalmente se realiza el contrato.

4.-Inicio de Obra: Se designa un Administrador, Inspector Técnico de Obra y/o Inspector Fiscal de Obra, entrega del local, inicio del Libro de Obra, Contratista designa equipo de trabajo oficial, inicios de faena.

5.- Ejecución: Inspección Técnica de Obra por ITO y/o Inspector Fiscal de Obra IFO, se realizan recepciones parciales, solución de problemas y controles de avance.

6.- Cierre: Contratista finaliza la obra, se realizan inspecciones correspondientes, corrección de observaciones, se levanta el acta de recepción provisoria, se espera el tiempo definido en las Bases y se procede a la recepción definitiva.

7.- Entrega de Obra a los Usuarios: se realizan la apertura oficial a la comunidad por medio de la autoridad competente.

2.7 COMPORTAMIENTO ENERGETICO DE HOSPITALES.

El consumo energético de recintos hospitalarios ha sido foco de estudio de diversas instituciones y organizaciones debido a su alto consumo por la necesidad de mantener operativo el establecimientos 24hrs de forma continua durante todo el año, sin embargo las diferencias sustanciales entre un recinto hospitalario y otro obligan que la implementación de programas para la reducción y eficiencia energética sean de forma general logrando así tener un efecto transversal en el recinto, cabe recordar que la inversión pública en este tipo de infraestructura es de gran envergadura por lo que el cambio en la utilización o funcionamiento debe ser correctamente ejecutado para tener las repercusiones de ahorro estimadas, lo que se ha transformado en críticas o aciertos de planes de Gobiernos, existen estudios específicos que han determinado el comportamiento en este tipo de recintos, diferenciándose así de construcciones particulares o tradicionales. El consumo energético en edificios tradicionales se tiende a asociar a las condiciones térmicas siendo la necesidad de climatización tanto para calefacción (invierno) o refrigerar (verano) uno de los principales factores de alza energética en un hogar, en construcciones tradicionales se tiende a asociar un mayor consumo eléctrico en invierno, causa de la necesidad de calefacción y confort, sin embargo el comportamiento de infraestructura hospitalaria resulta particular como se demuestra en la tesis de Rodrigo Vera Sepúlveda, “aplicación metodológica para la determinación del desempeño energético en hospitales de la región metropolitana” en la cual se especifica que el consumo energético de un recinto de atención hospitalaria con aire

acondicionado, como una clínica privada, tiende a ser mayor en verano dada la necesidad en el uso de equipos refrigerantes y de ventilación, siendo los equipos chillers (refrigeración) los que aportan mayor porcentaje de consumo de energía eléctrica variando entre 30 y 66% del consumo eléctrico total, (Vera, 2008). En el caso de hospitales se visualiza un consumo energético que se mantiene en un rango estable en el tiempo, es decir, no presenta grandes cambios de consumo durante los años, esto se puede explicar a que su principal función no es el confort del usuario.

El confort para trabajadores y usuarios se ha vuelto una necesidad en este tipo de edificaciones tanta para la realización de las labores cotidianas como atención de público y recuperación de pacientes, el 8 de Febrero del 2017 un grupo de funcionarios públicos del Hospital Eloisa Díaz de la Florida y representantes de la Federación Nacional de Trabajadores de Salud (Fenats) realizaron una protesta por falta de aire acondicionado de los recintos ya que su no implementación ha provocado daños en la salud de pacientes como de trabajadores por las altas temperaturas generadas en verano, en la ciudad de Santiago, según Justo Aguilar director de la Fenats detalla:

“ Se ha visto en perjuicio las condiciones laborales de los funcionarios que ya en otras ocasiones han lamentado problemas en la infraestructura, mientras desde la dirección del hospital tampoco se han hecho cargo de la situación. Este hospital no tiene aire acondicionado porque según la concesionaria, en el contrato el Gobierno lo rechazó y solo aceptó ventilación normal a través de ventiladores y enfriadores de aire” (Diario U. de Chile, 2017)

Estudios y planes para la reducción de consumo energético en hospitales han sido implementados en Chile por el Programa de Eficiencia Energética en Edificios Públicos (PEEEP) y La Agenda de Energía del Ministerio.

La implementación de distintos planes, campañas y programas como el ya mencionado PEEEP proponen una proyección de ahorro total de 20.000 GWh/año. Lo que equivale a una capacidad instalada a carbón de 2.000[MW], (Gobierno de Chile, 2017)

Los hospitales representan una edificación de alto consumo y el Programa de Eficiencia Energética en Edificios Públicos impulsado el 2015 por el Ministerio de Energía ha puesto en marcha distintas iniciativas, las cuales tienen ambiciosas metas de ahorro, sin embargo, en términos concretos abarcan el cambio de combustibles y distintas fuentes de energía como sistemas alternativos. La inversión total de este programa para el año 2015 es de 3 mil millones de pesos para proyectos cuyos montos referenciales sean desde 120 millones a 720 millones de

peso, dentro de su implementación destaca el cambio de combustibles como carbón petróleo y leña (contaminantes) a combustibles más limpios (gas natural y gas licuado) disminuyendo las emisiones de contaminante, el 2015 se implementaron recursos de eficiencia energética en 14 recintos, (Agencia Chilena de Eficiencia energética, 2015). Dentro de los recintos que consideran el uso de cubiertas vegetales destacan el hospital Félix Bulnes y nuevo Hospital de Maipú, los que se encuentran en proceso de construcción. (Electricidad, La revista energética de Chile, 2017), también se destaca el nuevo Hospital de Rancagua el cual es el primer hospital en complementar soluciones pasivas como activas en su diseño.

2.8 COMPLEJIDAD DE RECINTOS HOSPITALARIOS.

Según lo expresado por Cesar Manquel , experto en soluciones activas y parte del equipo del Departamento de Arquitectura del Minsal en la entrevista realizada en marzo 2017 con fin de investigación de la presente memoria, las construcciones hospitalarias se caracterizan por ser obras de gran complejidad no solo en el área infraestructural sino por la cantidad de factores que se hacen presentes en su planificación, por lo que todos los recintos tienen diferencias sustanciales entre ellos, capacidad hospitalaria, confort del usuario, climatización, luminosidad, gastos en equipos médicos e industriales, gastos operacionales, áreas de influencia, tipo de actividades, remodelación u obra nueva, a la vez se deben considerar riesgos asociados a la ejecución, en ningún caso podría existir problemas de humedad, filtraciones o cualquier condicionante que pueda afectar tanto a usuarios como personal, en caso de existir algún problema podría producirse una infección intra-hospitalaria condición de extremo riesgo, por el servicio que realizan los establecimientos de salud. (Manquel, 2017).

En la tesis “ Aplicación Metodológica para la determinación del desempeño energético en hospitales de la región metropolitana” (Vera, 2008). Señala que en Chile podemos clasificar a los hospitales en cuatro tipos:

Tipo I: Hospitales en ciudades con más de 500.000 habitantes y un mínimo de 500 camas, siendo el hospital base de cada unidad del sistema cuando el tamaño del Servicio de Salud y geografía se justifique. Es el establecimiento con mayor complejidad, adosado a un centro de diagnóstico terapéutico. Posee servicio de urgencia organizado, residencia interna, diferenciado

por servicio clínico y unidades de tratamiento y su recurso humano comprende la mayoría de las especialidades y subespecialidades

Tipo II: Hospitales en ciudades con más de 100.000 habitantes, establecimiento con la capacidad de tener un centro de referencia adosado y cuenta con máximo 400 camas. Se pueden ubicar en grandes urbes como soporte complementario a hospitales tipo I y en caso de ser el establecimiento hospitalario de mayor complejidad podría aumentar sus prestaciones y tendrá adosado un centro de diagnóstico. En términos de recursos humanos presenta especialidades más simples que un hospital tipo I.

Tipo III: Hospitales ubicados en localidades hasta 50.000 habitantes y cuentan con máximo de 200 camas, el área de influencia corresponde a poblaciones asignadas a consultorios rurales y urbanos. Se pueden ubicar en grandes ciudades como complemento a tipo II, pero con hospitalizaciones de menor complejidad.

Tipo IV: Hospitales ubicados en ciudades con más de 10.000 habitantes y tienen un número máximo de 100 camas, el área de influencia comprende a poblaciones asignadas a consultorios rurales y generales del sector, no siendo superior a 30.000 habitantes. Cuenta con atención de urgencias las 24 horas y puede tener consultorio general urbano adosado.

Poder realizar una estimación comparativa en términos de consumo operacionales entre recintos hospitalarios, por todo lo mencionado, no resulta factible (Manquel, 2017), sin embargo, al ser recintos con grandes inversiones y políticas constantes de gobiernos deben tener un funcionamiento continuo y con condiciones óptimas a la exigencia de recintos de salud, según el Decreto Supremo, D. S. N° 58/09 Normas Técnicas Básicas para obtener Autorización Sanitaria. Anexo 1, Las entidades o Establecimientos de Salud de Atención Cerrada, son instituciones asistenciales que otorgan prestaciones de salud en régimen continuado de atención, es decir 24 horas. Los cuales deben contar con recursos organizados de infraestructura, equipamiento y personal necesario para su funcionamiento.

El funcionamiento continuo y obligatorio genera que los gastos operacionales sean sustanciales en comparación a cualquier obra tradicional, por consiguiente los hospitales son foco de análisis y estudios para mitigar los gastos asociados a calefacción, acondicionamiento, demanda energética y mejoras en confort, a la vez cualquier sistema de implementación debe ser general y estudiado según el recinto al que se apunta siendo una alternativa real en el tiempo, considerando la vida útil que deben tener la infraestructura hospitalaria y la importancia de su correcta

ejecución y funcionamiento, dado que todo gasto energético se asocia a la emanación de contaminantes a la atmosfera, así lo afirma el Gerente Edificio Verde, ASHRAE Lifemember y conferencista Hospitalaria, Renato Miranda.

“ Los hospitales consumen en promedio dos veces y media la cantidad de energía que consume un edificio comercial en las emisiones de CO₂ sobre el cambio climático, lo que hace necesario adoptar cualquier sistema de certificación sustentable para aminorarlo”. (Miranda, 2016)

Según Cesar Manquel, programas como PEEEP,(Programa de Eficiencia Energética en Edificios Públicos) apuntan a una mejora continua y búsqueda de soluciones en conceptos de construcción en recintos de gran complejidad como los hospitales nacionales, sin embargo, este tipo de iniciativas corresponden a programas de Gobierno y no de Estado, lo que dificulta su continuidad y son analizados por el Gobierno de turno, lo que genera incertidumbre en su continuidad y dificulta la opción de mantener estudios o programas que apunten a mejoras en las obras mencionas.

Capítulo 3 Cubiertas Vegetales, Sistema Constructivo.

3.1 CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE.

La constante búsqueda de sistemas de construcción que permitan satisfacer las necesidades de crecimiento y confort, manteniendo un equilibrio con el entorno y el medio ambiente han exigido desarrollar sistemas sustentables que no solo han presentado alternativas para la reducción de demanda energética y emanación de contaminantes a la atmosfera, sino que han logrado contribuir directamente a la reducción de estos, lo que ha permitido instalar a la construcción sustentable como una tendencia mundial, la cual muchas veces es vista como una solución exclusiva y propia de países desarrollados, sin embargo sus múltiples beneficios y estudios realizados por países pioneros en este tipo de sistema como Alemania, Dinamarca, España, Holanda, Canadá entre otros han propulsado el desarrollo sustentable instalándolo en el debate arquitectónico y político mundial, incentivando a organizaciones internacionales a incluir estándares medioambientales mínimos para el ingreso de las naciones, lo que ha influido directamente en políticas de construcción y la implementación de sistemas acordes en la ejecución de proyectos. Específicamente en Chile en el año 2010 fecha de ingreso a la OCDE, grupo selecto de países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico se crea el Ministerio del Medio Ambiente definiendo políticas y metas claras para reducción de contaminantes y demanda energética durante el periodo 2013 - 2020, a la vez incluye fiscalización y estudios medioambientales como exigencias mínimas para proyectos de construcción de alto impacto, el Ministerio del Medio Ambiente logra definir bajo la ley N° 19.300 de Bases del Medio Ambiente al Desarrollo Sustentable como:

“ El proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección del medio ambiente, de manera de no comprometer las expectativas de las generaciones futuras”

Dentro de los múltiples sistemas constructivos se puede destacar el uso de cubiertas vegetales como uno de los que ha logrado proporcionar soluciones pasivas por sus múltiples beneficios a las problemáticas mencionadas en los capítulos anteriores, siendo Alemania el primer

país en normalizar su uso y estudio a través del FLL , propuestas que desde ya se pueden visualizar en construcciones en América en países como Estados Unidos, México, Colombia, Salvador, Argentina y Chile por mencionar algunos, es más, han sido consideradas en leyes como soluciones constructivas en México y Argentina en los años 2010 y 2012 respectivamente. Nuestro país cuenta con el proyecto de ley descrito en el Boletín oficial 4682-14 el cual plantea modificar la Ley de general de Urbanismo y Contracciones, en materias de cubiertas ecológicas, impulsando este sistema con la construcción de 50m² cada 1000m² construidos en zonas saturadas por concentración de contaminantes, el boletín oficial se encuentra anexado en la presente memoria y su carácter no urgente no ha permitido su aprobación en el congreso permaneciendo sin avances desde su ingreso el 7 de Diciembre del 2006.

La estructura de una cubierta vegetal estará directamente relacionada a la finalidad y especificaciones de cada proyecto, sin embargo se pueden englobar en dos grandes componentes, los obligatorios y fundamentales que deben estar presente en toda cubierta vegetal y los opcionales o alternativos que dependerán netamente del diseño, propósito y presupuesto del proyecto, cabe mencionar que para finalidades de la presente memoria se ha tomado como base dos importantes libros en materias de techumbres ecológicas y las especificaciones técnicas del nuevo hospital Félix Bulnes de Santiago el cual presenta 8134m² de cubierta vegetal en su diseño, las cuales estarán anexadas en la presente memoria.

En primer lugar, el libro del reconocido arquitecto alemán, Gernot Minke, destacado investigador de construcciones ecológicas, profesor de la Universidad de Kassel y autor de Techos Verdes, Planificación, Ejecución, Consejos Prácticos, 2004 y El Grupo Técnico de Techos Verdes conformado por las empresas: Habitación Sustentable, Productos Cave, Nochemicals Chile, Tecpro, Asfaltos Chilenos, Bioarq, Solarq, Desarrollo Constructivos Axis, Vicky Rojas Arquitectura, Proyecto INNOVA de CORFO. Autores del completo libro Recomendaciones Técnicas para Proyectos de Cubiertas Vegetales, 2010. Cuyas especificaciones serán base del presente capítulo.

Existen diversas denominaciones para el sistema constructivo descrito, desde cubiertas o mantas ecológicas a techumbres verdes, sin embargo, para el caso de la investigación mantendremos la definición otorgada por el grupo técnico definiendo una cubierta vegetal como:

“Manta de vegetación que se puede instalar sobre los techos de edificaciones nuevas o existentes, para impermeabilizar, aislar térmicamente, manejar las aguas lluvias y aumentar las áreas verdes, contribuyendo así a la disminuir el fenómeno de isla de calor y cambio climático de los centros urbanos ” (Grupo Técnico de Techos Verdes, 2010)

En términos constructivos las cubiertas vegetales presentan similitudes en sus componentes generales y presentan variaciones según el tipo de proyecto destacando la finalidad, el presupuesto, el paisajismo y el tipo de edificación. Es posible encontrar 3 tipos de cubiertas vegetales según su finalidad, Extensivos, Intensivos y Semi-Intensivos, los cuales están representados en la figura n°3

Intensivos: Se caracteriza por ser una cubierta transitable con la opción de tener arboles incorporados en su paisaje, con un sustrato mayor a 15 cm de espesor. Su mantención debe ser periódica y soportan hasta 250 kg completamente saturados de agua. Necesitan una estructura soportante acorde a sus necesidades.

Extensivos: No son transitables y tienen una diversidad vegetal reducida a especies pequeñas, por lo general sedum, no necesitan una mantención rigurosa y se caracterizan por tener un sustrato menos a 15 cm de espesor, soportan una carga menor a 150kg saturados.

Semi- Intensivos: Corresponde a cubiertas que dependerán específicamente del diseño, se encuentra en un punto medio entre las ya mencionadas, tiene restricciones de vegetación y requiere mantenciones variables, todo según diseño paisajístico.

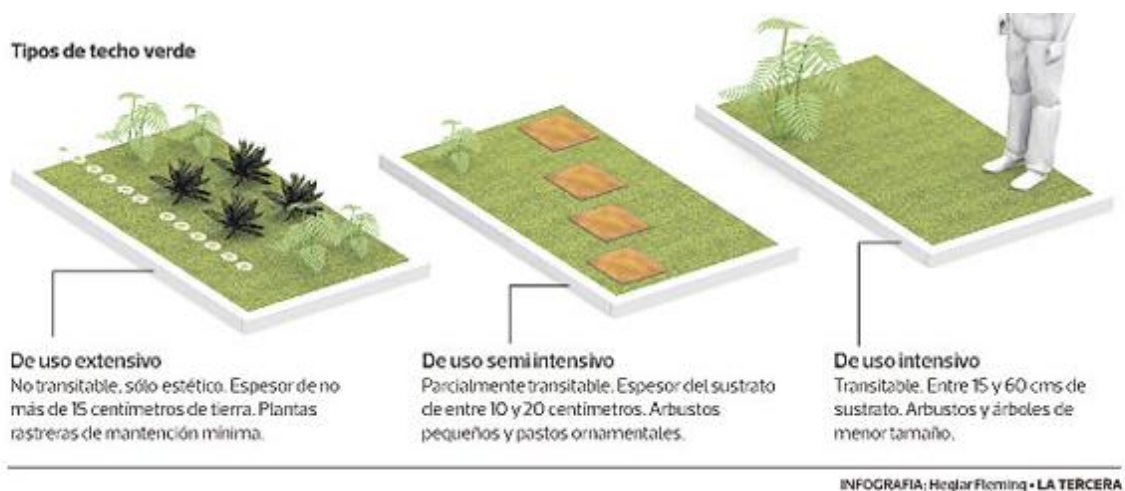


Figura 3: Tipos de Cubiertas Vegetales, La Tercera (Cofre, 2013)

3.2 COMPONENTES.

El análisis de los componentes de una cubierta vegetal estará centrado en los elementos fundamentales de ésta, dando una explicación de su funcionalidad como indicaciones y/o factores a considerar para su correcta ejecución, el orden de los elementos será descrito desde la base de la cubierta hasta llegar la parte superior, seleccionando el tipo de sustrato a utilizar y características de la vegetación, según el tipo de cubierta.

En primer lugar se considerará la base estructural de la edificación como un elemento no propiamente tal de la cubierta vegetal, ya que la base soportante deberá tener estudios estructurales mínimos para analizar el tipo de carga que esta pueda soportar, en caso de ser una estructura existente se debe obligatoriamente realizar estudios para definir la carga que esta pueda soportar adicional y a la vez analizar si se necesitan tipos de refuerzos y poder determinar qué tipo de cubierta será utilizada, intensiva, semi-intensiva o extensiva. En caso de ser una edificación nueva, la base estructural estará definida en el diseño del proyecto que ya contempla claramente qué tipo de cubierta se debe ejecutar ya que será un factor a considerar según el propósito de la cubierta vegetal. En ambos casos se debe tener en consideración la utilización de un imprimante para la posterior colocación de los elementos de la cubierta vegetal y las recomendaciones técnicas del proveedor para su correcta ejecución.

Las cubiertas vegetales se pueden clasificar como techos fríos o calientes dependiendo la ubicación en la cual se ordene la aislación térmica adicional, en techos fríos se dispone de una capa de aire entre la aislación térmica y el techo verde, en cambio en los techos calientes esta capa de aire no se aprecia como se demuestra en la figura n°4. En la presente memoria el tipo de cubierta analizada corresponde a un techo caliente, el cual posee la característica de aprovechar los efectos físicos-constructivos de la cubierta para fines habitacionales y se compone con una barrera de vapor que evita el ingreso de vapor de agua en la capa aislante de la techumbre, siendo la más utilizada.

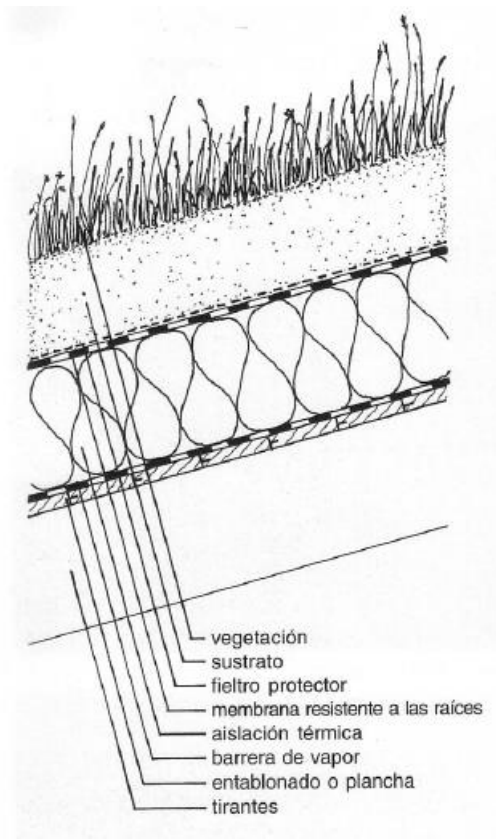


Figura 4: Techo Caliente, Composición (Minke, 2004)

3.3 IMPERMEABILIZACIÓN

La correcta selección de una capa/membrana impermeable será la primera etapa para la construcción de una cubierta vegetal, la cual puede ser de distintos materiales y deberán seguir las especificaciones técnicas del proveedor siendo correctamente colocados para así no tener posibles inconvenientes como por ejemplo daños por raíces vegetales o punzamientos de la estructura existente como suciedad, fierros o irregularidades que puedan dañar la impermeabilización, además la membrana impermeable pasa a cumplir una doble función en el sistema, siendo la principal la hermeticidad del techo, otorgando una barrera entre la estructura soportante y el agua, este punto es de sumo cuidado ya que el enfoque de la presente memoria es promover este sistema en el área hospitalaria, la membrana impermeable es la responsable de mantener el recinto libre de humedad, situación crítica al tratarse de infraestructura hospitalaria, pues como menciona Don Cesar Manquel en la reunión realizada en el Departamento de Arquitectura del Minsal del presente año, presenta problemas de humedad es uno de los principales factores de riesgos para una infección intra-hospitalaria lo que no solo causaría repercusiones estructurales en la edificación

sino que llevaría a problemas de salubridad para el recinto, comprometiendo al personal y usuarios los cuales pueden ser de alta complejidad.

La segunda función de la membrana impermeable es cumplir como barrera por posibles crecidas de raíces, las cuales en ciertos casos si no se mantiene un control del tipo de vegetación pueden dañar el sistema ya que ciertas raíces se pueden ver atraídas por el tipo de material que se utiliza.

En el caso de cubiertas vegetales no se recomienda el uso de membranas bituminosas ya que se ha demostrado que diversas raíces de plantas de pruebas han sido capaces de realizar perforaciones y atravesar las membranas, es más existen ciertos microorganismos en las puntas de las raíces que pueden disolver el material bituminoso generando daños en la membrana siendo atraídos por el material bituminoso.

Para la impermeabilización se pueden utilizar diversos materiales los cuales para su correcta ejecución deben tener una superficie limpia y sin elementos externos que puedan dañar su colocación y se sugiere recurrir a los siguientes materiales como membrana impermeabilizante:

- Membrana de EPDM, (Etileno propileno dieno termopolimero)
- Membrana de TPO, (Poliolefena termoplástica combinada con caucho de propileno y etil-propileno)
- Membrana Liquida de Poliuretano
- Lamina de PVC
- Poliuretano líquido en frío.

En el caso del poliuretano líquido, se deja una capa de 3mm y es altamente recomendado ya que no deja uniones ni traslajos siendo en si una unidad monolítica, (Maldonado, 2008)

Cabe señalar que, al ser el primer elemento de la cubierta, debe ser colocado con todas las precauciones pertinentes ya que cualquier problema en esta etapa repercutirá directamente en las posteriores generando la necesidad de reparación siendo esta la más difícil de tratar pues una vez instalada es la de menor acceso para su posterior reparación, por ende, es la que mayor gasto asociado tiene.

Una de las principales recomendaciones es analizar si una vez colocada la membrana impermeable la superficie se encuentra estable o rugosa, en el caso de encontrarse de manera

inestable se debe colocar un sistema de protección contra daños mecánicos, el cual puede consistir en la colocación de un fieltro o una leve capa de arena, para evitar así el deterioro de la membrana.

3.4 PROTECCION ANTI-RAIZ.

Como ya se ha mencionado la capa impermeable cumple una doble función sin embargo es necesario tener en consideración un elemento barrera entre las raíces de la cubierta vegetal y la aislación. Esta barrera puede ser tanto física como química y su función es la de mantener controlado el crecimiento de la raíz las cuales pueden generar daños de alto impacto.

Las principales barreras anti-raíz son las de HPDE o polietileno de alta densidad. El PVC es un elemento que logra cumplir la finalidad de protección, sin embargo, al tratarse de construcción sustentable es un elemento que posee diversas críticas en su composición por utilización de cloro y aditivos. En Europa existen más alternativas para el uso de protección anti raíz sin embargo para poder incluirlas en nuestro país se deben importar lo que aumenta el costo del proyecto.

En todos los casos se debe tener principal cuidado con el solape, el que generalmente corresponde a unos 25cm debido a que en la parte inferior de la protección se mantiene agua capilar lo que podría producir el crecimiento de las raíces por debajo de éste, por lo que se utiliza un fieltro protector como medida de protección. Dentro de los sistemas propuestos en Europa se destacan:

- Membrana Polímero-elastómero-bituminosas
- Membranas de PVC según normas alemana DIN 16938,16730,16735
- Membranas de polietileno según norma alemana DIN 16737
- Membrana de tela con revestimiento polyolefino
- Membranas de etileno copolimerizado bituminoso (ECB)
- Membranas EPDM, compuesta de etileno,propileno,terpolímero y cuacho
- Sellados fluidos con poliuretano o resinas de plyester

3.5 DRENAJE

El sistema de drenaje cumple un rol fundamental en la cubierta vegetal, permite distribuir el agua para no comprometer a los otros componentes de la cubierta, evitando así la saturación del sustrato o medio de crecimiento, lo que permite reducir la carga y sobre peso de la estructura, a la vez permite tener un control de la cantidad de agua que puede permanecer almacenada para sustentar la vegetación. El drenaje puede estar compuesto por un sistema de tuberías, tableros de desagüe o materiales acordes que cumplan con la finalidad de distribución, los drenajes permiten aumentar la compresión y la capacidad térmica de la capa de aislación y existen diversos sistemas los cuales dependerán del tipo de proyecto y cubierta a la que nos enfrentamos, en caso de encontrar pendientes pronunciadas se utiliza un sistema básico de canal, canaletas de drenaje en base a la inclinación y gravedad propia de la techumbre, en cambio en sistemas de techos planos o de baja pendiente se necesitan elementos adicionales que deben estar definidos en el proyecto ya que depende del diseño del edificio y deben estar comprometidos en el sistema de aguas lluvias implementados.

Los principales materiales en la utilización de drenajes son los minerales porosos o de poros abiertos, como granos gruesos, arcillas expandidas, pizarra expandida, piedra pómez y materiales reciclados como escoria y ladrillos. Existe también la opción de la utilización de esterillas porosas de plásticos, tableros rígidos de drenaje, canaletas, tuberías de drenajes y tableros de retención de humedad.

Una de las principales consideraciones en la selección de los materiales es considerar elementos que no se degraden, ya que con el tiempo van perdiendo su capacidad de drenaje y van obstaculizando el sistema.

En el sistema de drenajes se debe considerar la utilización de un filtro el cual puede estar incluido en la capa de drenaje o sobre esta como se demuestra en la figura n°5, la cual permite mantener en su posición el componente superior que corresponde al medio de crecimiento o sustrato, evitando así la contaminación del sistema con partículas finas o que el sustrato se haga lodo y comprometa a los elementos inferiores. Generalmente se utilizan alfombras de fibra de poliéster resistentes al agua y alfombras de polietileno-polipropileno, según el diseño de la cubierta y su caída de aguas se debe considerar la opción de utilizar filtros múltiples.

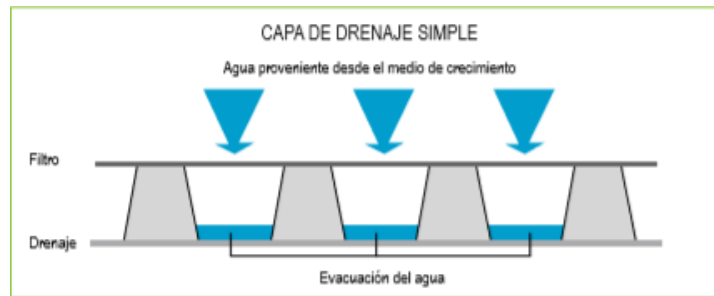


Figura 5: : Sistema de Drenaje Simple, (Grupo Tecnico de Techos Verdes, 2010)

3.6 SUSTRATO Y MEDIO DE CRECIMIENTO

El medio de crecimiento es uno de los componentes más complejos de ejecutar, su correcta selección y composición puede determinar el éxito o fracaso de la cubierta vegetal, se debe tener definido el tipo de cubierta que se utilizará y que tipo de vegetación predominará para así aumentar o disminuir los nutrientes logrando controlar la capacidad de crecimiento de la capa vegetal, ya que el crecimiento positivo o negativo, estará directamente relacionada con el tipo de sustrato a seleccionar, a la vez se debe tener en consideración factores como el clima y la capacidad de absorción dado que el sustrato no solo actuará como nutriente y medio de crecimiento sino también será un elemento de almacenamiento de agua y debe presentar volumen de aire suficiente para ofrecer soporte a las raíces, y garantizar estabilidad al sistema.

Una de las empresas especializadas en cultivos sustentables Promix, de amplia experiencia en distribución de sustratos en Canadá, México y América latina (Ecuador, Colombia, y Perú) señala que para la correcta selección del sustrato se debe tener en consideración factores como el promedio de temperaturas altas y bajas en época de cultivos, lluvias promedio y necesidades de cuidado. Según el sector dependiendo si predomina un clima húmedo se necesita sustrato de rápido secado y en zonas secas sustratos con una mayor retención de aguas, minimizando así el estrés por sequía en la vegetación.

Según estudios realizados en Alemania descritos en la FLL, la principal propiedad física es la capacidad de drenaje, un buen drenaje y retención de agua en forma simultánea permiten desarrollar las principales características de un medio de crecimiento como intercambio catiónico (intercambio de nutrientes con la vegetación), resistencia a la biodegradación, estabilidad y peso.

Al momento de seleccionar el sustrato se debe tener en consideración que debe ser en su preferencia sin tierra, ya que la tierra o tierra vegetal es uno de los principales errores de selección del medio de crecimiento, la tierra vegetal tiende a ser voluminosa y pesada aumentando así la sobrecarga de la techumbre llegando al peso de 1.922 kg/m³ completamente saturada en agua, sobrepasando considerablemente lo establecido por cubiertas vegetales con un rango de los 770 y 1040 kg/m³. Según Promix se sugieren 2 tipos de sustratos aptos para la selección en cubiertas vegetales.

El sustrato que logra cumplir los requisitos base como medio de crecimiento y abarcar las principales propiedades requeridas para las cubiertas vegetales son en base de turba, mejor conocidos como sustratos de invernaderos o viveros, los cuales no incluyen tierra y poseen un alto nivel de porosidad y una saturación dentro del parámetro esperable de este tipo de cubiertas, con un nivel de hasta 881 kg/m³, dentro de sus limitaciones este tipo de medio tiende a secarse rápidamente por lo que se recomienda incluir compuestos minerales como arcilla calcinada o expandida, logrando limitar la compactación y mejorar la estabilidad del medio. El agregado mineral no debe sobrepasar el 30% del volumen total del sustrato ya que generaría peso adicional el cual pudiera comprometer a la cubierta, los pesos adicionales de cada sustrato han sido cuantificados en sus estados seco y saturado, como se aprecia en la tabla n°2.

Material	kg/m³ seco (lb/ft³ seco)	kg/m³ saturado (lb/ft³ saturado)
Aqua	-	999,6 (62.4)
Vermiculita	92,1 (5.75)	392,5 (24.5)
Perlita	104,1 (6.5)	519 (32.4)
Turba de Sphagnum	153,8 (9.6)	1.121 (70)
Corteza	272,3 (17)	881 (55)
Composta	512,6 (32)	1.314 (82)
Arcilla expandida	640,7 (40)	865 (54)
Limo	1.281 (80)	1.922 (120)
Arena	800,9 (50)	1.153 (72)

Tabla 2: Pesos Composición de Sustratos (Promix, 2016)

Otra Alternativa es complementar el sustrato en base de turba con trozos de coco o fibras de coco, los cuales brindan estabilidad para las raíces y se compactan en menor medida con el paso del tiempo, es de secado lento, fácil de manipular, se encuentran en centros de cultivo sin problemas y vienen en formato estándar, una de las ventajas es poder combinarlo con agregados

arcillosos mejorando así la durabilidad y capacidad de absorción, la fibra de coco mantiene el agua permitiendo así un almacenamiento prolongado nutriendo a la vegetación en forma controlada.

Existe otra forma de complementar el sustrato por medio de una compostera sin embargo se deben tener precauciones ya que este tipo de agregado genera un cambio de pH en el medio de crecimiento, el compost tiende a tener un pH neutro de 7, y los cultivos deben permanecer en el orden de un pH 6 para su correcto crecimiento, a la vez el compost no debe superar el 10% del volumen del sustrato ya que aumenta su peso.

3.7 VEGETACIÓN

La elección de la vegetación es el último componente para alcanzar un sistema íntegro y correctamente seleccionado de la cubierta vegetal, al ser el elemento visible de ésta, tiende a ser un elemento de criterio estético - de éxito o fracaso- del proyecto y se deben considerar factores decisivos para su ejecución, priorizando sus funciones físico-constructivas sin descuidar el factor estético y de mantención, es por esto que desde el diseño se debe tener claridad sobre a cuales de sus funciones se les dará prioridad.

Propiedades físico-constructivas:

- Aislación térmica
- Protección del calor en verano
- Aislación acústica
- Almacenamientos de aguas lluvias
- Limpieza del aire

Existen factores propios del diseño arquitectónico de la edificación que tendrán relevancia en el proceso de selección y en conjuntos serán determinantes para la selección de la vegetación.

- Tipo de Sustrato
- Factor estético
- Inclinación del techo, fundamental para criterio de almacenamiento de aguas.

- Exposición al viento
- Orientación
- Sombra
- Precipitaciones y geometría de diseño, esquinas y sectores donde se concentren las precipitaciones o que se encuentren protegidas de estas.

Teniendo definida la finalidad y la combinación de las propiedades a priorizar, se selecciona según criterios que permitan cumplir la mayor cantidad de necesidades o la totalidad de ellas (Gómez 2012). Los principales criterios de selección son:

- Resistencia a las Sequias
- Resistencia a las Heladas, Temperaturas Extremas.
- Altura Crecimiento, según tipo de Cubierta.
- Puntos de Floración
- Formación densa de colchón, desarrollo en altura y escaso crecimiento a lo ancho.
- Comportamiento según la calidad de suelo.

Ya seleccionado y considerados los factores y criterios descritos se comienza la selección de la vegetación, los cuales pueden ser distribuidas por cantidad de sustrato y crecimiento esperado. Existen diversos tipos de vegetaciones que pueden llegar a cumplir las necesidades expuestas, en la presente memoria se anexa una tabla comparativa con propiedades y especificaciones de las principales vegetaciones a utilizar en Chile, tabla elaborada por el Grupo Técnico de Cubiertas Vegetales.

A continuación, se mencionan las principales alternativas que se poseen para la colocación de vegetación en el medio de crecimiento.

Semillas y esquejes: la utilización de semillas para el verdeado es una de las principales alternativas ya que se utilizan semillas de pastos y hierbas, las que presentan una capacidad de germinación baja por lo que su control es de fácil manejo, las cantidades van en el orden de 2 g/m² para sembrados húmedos y de 4 a 8 g/m² para sembrados secos. Se recomienda utilizar medios de control para el esparcimiento.

Bandejas: corresponde a la utilización de plantas cortadas y colocadas de modo que permita su crecimiento y mantención.

Alfombras: corresponden a la colocación de alfombras con vegetación previamente tratada y con un crecimiento hasta un 95% de lo diseñado.

Cabe mencionar que las principales especies a utilizar para cubiertas vegetales son las Sedum y Sempervivium. Debido a que su estructura permite el almacenamiento de agua en brotes y hojas, logrando adaptarse de mejor manera a lugares soleados, sin embargo, existe una diversidad en la selección de la capa vegetal según el espesor de sustrato a utilizar destacando las especies descritas en la tabla n°3.

TIPOS DE PLANTA		
SUTRATO 3 A 5 [CM]	SUTRATO 5 A 10 [CM]	SUTRATO 10 A 18 [CM]
Ceratodon purpurelis	Sedum variedades	Festuca variedades
Campothcium sericeum	Sempervivella variedadesees	Poa pratensis variedades
Synthrichia ruralis	Lilláceas	Agrostis tenuis
Schistidium apocarpum	Allium variedades	Carex digitata
Barbula convulta	Gramineas	Bromus erecturs
Brachyhecium rutabuum	Bromus tectorum	Carex flacca
Bryum argenteum	Carex variedades	Carex humilis
Hypnum cypressi forme	Festuca punctoria	Stipa variedades

Tabla 3: Tipos de plantas según sustrato, Elaboración propia, Fuente: (Minke, 2004)

En la propuesta de Adaptación de Distintas Asociaciones de Especies Nativas a Condiciones de Cubiertas Vegetales en la Zona Mediterránea Semiárida de Chile, presentada por María Fernanda Gomez,2012. Se recomiendan los siguientes tipos de plantas debido a que son las que presentan mejores características ambientales para perdurar según las condiciones climáticas de nuestro país.

- Eryngium paniculatum
- Nassella laevissima
- Libertia chilensis
- Glandularia berterii
- Cotula scariosa.

Para finalizar se puede ilustrar cada componente de una cubierta vegetal en la figura n°6, destacando un sistema integral y el uso de techos calientes.



Figura 6: Componentes Cubierta Vegetal, (Maldonado, 2008)

3.8 Consideraciones y limitantes en recintos hospitalarios

En el presente año se puede visualizar como distintos proyectos del área de salud han incluido en su diseño nuevas tecnologías asociadas a construcción sustentable destacando la incorporación de cubiertas vegetales en los nuevos hospitales Gustavo Fricke de Viña del Mar, Hospital de la Florida y Hospital Félix Bulnes de Santiago que se encuentran en remodelación y construcción.

Al momento de analizar la infraestructura hospitalaria debemos considerar no solo los factores propios de una obra de gran magnitud, como lo son plazos, costos y calidad, demos ser conscientes de las responsabilidades a las que se enfrenta por la importancia del área y en el caso de la incorporación de cubiertas vegetales debemos procurar que el diseño y su objetivo sea efectivo manteniendo vital el sistema ya que la vegetación será en gran parte responsable de los beneficios asociados a este tipo de solución.

Pablo Canales, Arquitecto candidato Magister en Construcción Sustentable, miembro del Departamento de Arquitectura del Ministerio de Salud y encargado de soluciones pasivas del Departamento de Inversiones, en conversaciones realizadas en abril del presente año menciona el trabajo en el que se encuentran como equipo del área de inversión del Minsal respecto al uso de cubiertas vegetales, destacando el proceso de normalización y regularización con el fin de estandarizar su uso para así incentivar y fomentar este tipo de soluciones manteniendo un control en su ejecución.

Según Canales, las principales limitantes para la implementación completa e íntegra del sistema, radica en la escasa especialización de empresas y personal tanto del área privada como pública en los nuevos sistemas constructivos. En Chile existe una variedad de empresas destinada a la ejecución de este tipo de soluciones, sin embargo, se basa en subcontratos y no existe alguna que cumpla la totalidad de los componentes requeridos, a la vez incluir materiales que puedan ser importados o de difícil acceso trae consigo dificultades en la elaboración del sistema, aumentando el costo y los tiempos de la estructura. Otra de las principales dificultades a las que se ven expuestas las cubiertas vegetales según el experto son las condiciones climáticas a las que estas se someten, por lo que la escasa mantención o el uso de elementos no acordes a las condiciones que se enfrenta la cubierta, impiden su real propósito, mantener viva la capa vegetal y beneficiar a la edificación como a sus usuarios.

Como se ha mencionado en el presente capítulo se debe tener en consideración el tipo de estructura y el propósito principal de su incorporación. En el caso de los hospitales se debe considerar el aspecto estético, la capacidad de retención de aguas y su componente aislante como fundamentales en su ejecución.

Respecto a las condiciones de la cubierta en recintos hospitalarios ésta corresponde a una techumbre con baja inclinación, por lo que el sistema constructivo tendrá que ser acorde a una pendiente leve o baja, al contrario de lo que sucede en casas donde podemos encontrar distintas pendientes, facilitando el trabajo de ejecución y caídas de aguas, los recintos hospitalarios de alta complejidad por temas de seguridad y emergencias deben poseer techumbres planas por posible utilización de helicópteros en casos de emergencia y sistemas de extracción por los equipos industriales utilizados en climatización y extracción. Al enfrentar techumbres de pendiente leves las cubiertas vegetales presentan puntos a favor como en contra en el comportamiento estructural del sistema, una de las ventajas según experiencias europeas específicamente en Alemania, es la prolongación de la vida útil de la techumbre en comparación a sistemas sin vegetación donde se

observan daños a los 5 y 7 años en un 80% de las techumbres analizadas, en cambio la cubierta vegetal en el mismo periodo de tiempo no registra mayores inconvenientes teniendo la mantención correspondiente, sin embargo la vegetación se ve afectada y expuesta a condiciones de humedad mayores que en techos empinados, en cubiertas con bajos espesores de sustrato se ve afectada la tierra presentando problemas de estancamiento de aguas, generando acidez en el medio, problemas de desagüe y deterioro en la capa vegetal. A la vez las cubiertas vegetales de techo plano deben tener una estructura eficiente en soporte debido a la retención de agua, por lo que la sobrecarga de la cubierta fluctuará entre los 100 y 300kg/m² lo que encarece y aumenta considerablemente los costos en comparación a cubiertas con pendientes más pronunciadas, como observación se menciona que entre mayor sean las variaciones de humedad menor diversidad tendrá la vegetación.

Otra de las condiciones que surgen en la implementación del sistema es el valor estético que presentan las cubiertas, los efectos positivos para usuarios, pacientes y entorno hacen que sea una de las principales preocupaciones arquitectónicas y mantener una visión que permita apreciar la cubierta es una de las consideraciones en su diseño, ya que se debe implementar de tal forma que las edificaciones generalmente diseñadas en torres, tengan una visión completa y permita a pacientes como personal tener acceso visual al diseño, Canales menciona el valor agregado que una vegetación otorga a los pacientes y a pesar de no ser un elemento cuantitativo tiene un valor asociado en la recuperación y ambiente laboral del recinto, información al respecto se mencionara en el siguiente capítulo.

El equipo del Departamento de Arquitectura del Ministerio de Salud y Departamento de Inversiones han trabajado en ciertas condiciones mínimas para la ejecución de cubiertas vegetales y su visibilidad en este tipo de recintos el cual será explicado a continuación:

“El diseño del edificio debe propiciar el acceso visual hacia el exterior para los usuarios del edificio en los espacios regularmente ocupados, salas de espera como salas de hospitalización, idealmente en un 100% de los espacios.” (Canales, 2017)

En las unidades de hospitalización y en los recintos perimetrales regularmente ocupados, el porcentaje de áreas que deben tener acceso visual al exterior para los usuarios del edificio será mayor al 80% de la superficie en planta de los mismos recintos.

Se considera como vista al exterior aquella que posee al menos dos de las siguientes características.

1. Acceso visual a flora o cielo
2. Acceso visual a actividad humana
3. Objetos distanciados a más de 7 metros desde la cara exterior de la ventana o muro cortina.

En cualquier caso, los patios interiores deberán cumplir con la condición de rasante y ancho mínimo en cada fachada interior, de acuerdo a los criterios expresados en la tabla n°4:

Altura fachada interior del patio	Rasante	Ancho mínimo del patio
Más de 2 pisos y mayor a 10 metros de altura	70°	7 metros
Fachada 2 pisos mayor a 5 metros y menor a 10 metros de altura	-	6 metros
Fachada 1 piso y hasta 5 metros de altura	-	5 metros

Tabla 4: Condiciones de diseño según fachada y ancho de patio, Elaboración Pablo Canales.

Los distanciamientos mínimos no aseguran un adecuado nivel de luz natural a los recintos, por lo tanto, es imprescindible el análisis de aporte de luz natural en los recintos aledaños a dichos patios.

No se considerarán ventanas con vista al exterior las que en su base parten a una altura de 1,5m o superior. Además, sólo se considerará como acceso visual al exterior, las áreas transparentes comprendidas entre una altura de 75cm y 225cm desde el piso.

Las cubiertas del edificio visibles desde pisos superiores se considerarán como vista exterior siempre y cuando se diseñen con cubiertas vegetales, las que aportan ventajas térmicas, transformándose en una capa aislante adicional a través del sustrato y la capa vegetal.

Los distanciamientos mínimos se medirán desde la cara exterior de la ventana. A continuación, se presentan algunos casos para ejemplificar la aplicación de estos requisitos, vistos en corte representados en la figura n°7.

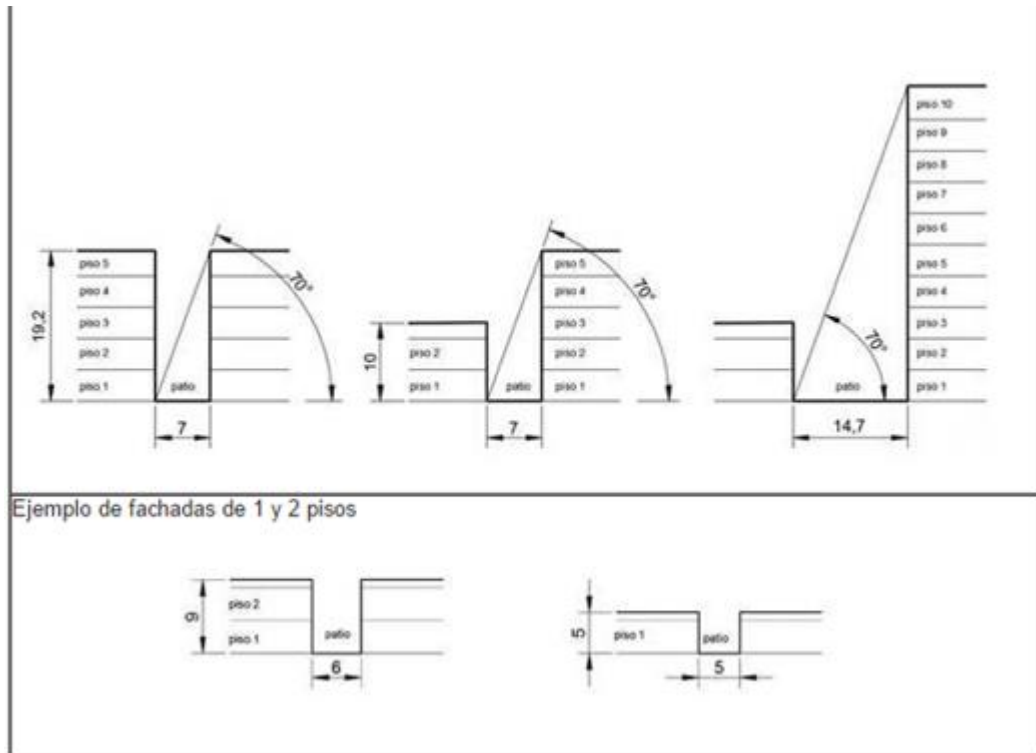


Figura 7: Distancias mínimas patios interiores, Elaboración Pablo Canales.

Cualquier solución de cubierta deberá cumplir las condiciones térmicas del proyecto, además del cálculo estructural que permita garantizar el aumento de kg/m^2 de cubierta, peso que se torna considerable al tener un sustrato vegetal mojado. La dimensión de cubiertas vegetales deberá ser de al menos 20% de la superficie de la cubierta a implementar. Y debe complementarse con el uso de un pavimento liviano y transitable que permita a los usuarios del hospital hacer uso de espacios exteriores. No se deberán implementar cubiertas vegetales sobre áreas críticas del hospital, en donde se podrá diseñar un paisajismo seco, pérgolas y/o especies vegetales en macetas. Se entenderá por área críticas a los recintos de pabellones quirúrgicos, salas UCI y UTI, salas eléctricas, salas de comunicaciones, salas TIC, y salas de control centralizado.

En términos de costos no es posible determinar un valor fijo ya que dependerá del tipo de proyecto y cubierta a utilizar, sin embargo, se tienen valores referenciales del mercado en Chile, otorgando valores en el rango de \$37.060 y \$50.140 por m^2 para cubiertas extensivas. La cotización a cargo de la empresa Sempergreen, con vasta experiencia en hospitales en Colombia y con presencia en Chile por medio de convenios, implica impermeabilización, geotextil, drenante, sustrato y vegetación Sedum.

Capítulo 4 : Beneficios del sistema de cubiertas vegetales asociados a recintos hospitalarios.

El presente capítulo se centrará en los principales beneficios otorgados por los sistemas de cubiertas vegetales en los dos tópicos principales de la presente memoria, en primer lugar se analizan sus beneficios medioambientales como solución pasiva a problemáticas atmosféricas, considerando el aumento de temperaturas producto del fenómeno de isla de calor urbano, se complementará con experiencias internacionales y se señalan las medidas acordadas en diferentes naciones respecto a cubiertas como solución pasiva contra la contaminación atmosférica y reducción de contaminantes. Los beneficios asociados a las cubiertas vegetales dependen de la cantidad de m² instalados, por lo que se estimarán los aportes de cubiertas vegetales si se implementara en los principales recintos hospitalarios de Santiago específicamente en la comuna de Santiago Centro.

En segundo lugar se analizan los beneficios como sistema constructivo, destacando su capacidad de retención de aguas y su función como aislante térmico en edificaciones, influyendo directamente a la reducción de consumo energético por conceptos de climatización, basado en estudios realizados en el IDEM de la Universidad de Chile los cuales serán comparados con los gastos asociados en hospitales debido a su alto consumo energético, haciendo énfasis en la complejidad de los recintos hospitalarios por sus características y funcionalidad ya que deben permanecer operativos en horario continuado y los 365 días del año cumpliendo con las exigencias térmica estipuladas en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, Artículo 4.1.10.

Para finalizar se señalan los beneficios de las cubiertas vegetales asociados a la calidad de vida de los pacientes y funcionarios de recintos hospitalarios, presentando mejorías en los tiempos de recuperación, así como alivios en su permanencia en el recinto, generando un valor agregado que no puede ser interpretado cuantitativamente, pero es considerado un aporte a estándares humanos de entorno, ambiente laboral y calidad de vida.

Se mostrarán los principales establecimientos de salud que ya han incorporado este tipo de sistema en Chile y los principales hospitales del mundo con cubiertas vegetales.

4.1 Beneficios medioambientales

BENEFICIOS TERMICOS Y ATMOSFERICOS EN LA CIUDAD.

Uno de los principales beneficios asociados a las cubiertas vegetales es su capacidad de regular la temperatura ambiente, ya que al mantener una capa vegetal activa esta es capaz de extraer el calor del entorno, debido a la evaporación de agua, el proceso de fotosíntesis y la capacidad de almacenar calor de su propia agua. Uno de los estudios en cubiertas para analizar su comportamiento respecto a la temperatura exterior es el realizado en un techo en Alemania específicamente en Kassel, donde una techumbre de 16cm. de sustrato sometida a una temperatura exterior de 30°C presentaba temperaturas de 23°C en la vegetación y 17,5°C en el sustrato, (Minke, 2004). Lo que demuestra cuantitativamente la capacidad de regularización térmica de las zonas vegetales destacando en promedio 25°C en las zonas verdes.

El aumento de edificación y la concentración urbana expresado en el grafico n°5, sumado a la disminución de áreas verdes ha generado una problemática en las principales ciudades del mundo, el efecto isla de calor urbano ilustrado en la figura n°8, definido como: el calentamiento que experimentan las ciudades producto de superficies urbanizadas, compuestas principalmente por materiales de construcción que poseen propiedades favorables para absorber, almacenar y emitir energía, siendo asociado a las principales ciudades donde se aglomeran grandes edificaciones que favorecen el desarrollo e intensidad de este fenómeno, (Peña, 2007).

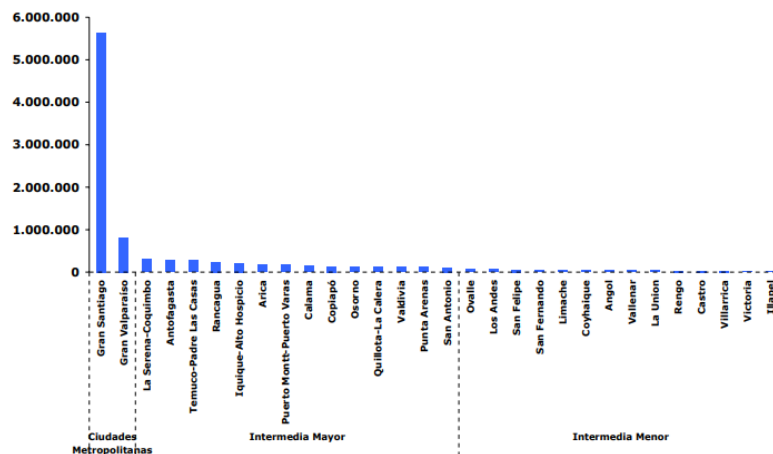


Gráfico 5: Tamaño demográfico tipo/categoría, ciudades, (Comisión de Estudios Habitacionales y Urbanos, Gobierno de Chile, 2011)

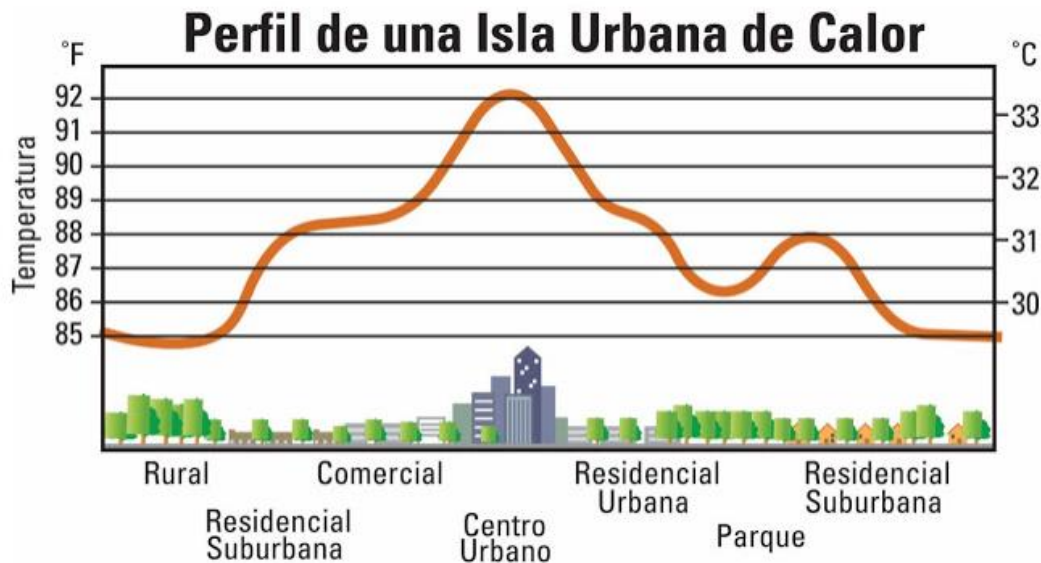


Figura 8 Microclima Urbano, La Ciudad una Isla de calor, (Oña, 2016)

En Chile podemos observar este fenómeno en las principales ciudades y varios puntos de concentración en cada una de estas, destacando Santiago y Chillan con aumentos de hasta 9°C a la misma zona horaria en distintos puntos de la ciudad, (Espinoza, 2017). Según Peña académico en planificación ambiental de la Universidad Católica de Temuco, el incremento del fenómeno de isla de calor urbano ha provocado un aumento considerable en la emanación de CO₂ debido a la necesidad del uso de sistemas de enfriamientos como sistemas de refrigeración de ambientes y regularización de temperatura. El fenómeno de isla de calor puede ser cuantificado por el efecto albedo, el que se define como la cantidad de radiación reflejada en una superficie en relación a la recibida, se puede cuantificar porcentualmente siendo 0 el menor porcentaje de reflexión, asociado a la mayor absorción de calor, característica de los materiales asfálticos comunes en la techumbres tradicionales presentando un albedo de un 8% en comparación a un 25% de las cubiertas vegetales, en relación a las temperaturas descritas podemos encontrar que las techumbres tradicionales pueden alcanzar los 70°C o más en climas cálidos (verano) y las cubiertas vegetales presentan temperaturas del orden de los 26°C en las mismas condiciones. (González, 2017), podemos observar térmicamente esta diferencia en la figura n°9 apreciando el contraste de una techumbre tradicional vs una vegetal. El hecho de ocupar sistemas que posean un porcentaje de reflexión eficiente en Santiago, podría generar un ahorro de energía que fluctuaría entre 400 y 636 kWh. (Peña, 2007).



Figura 9: Comparación Cubierta Vegetal vs cubierta con acabado asfáltico, fuente: (Urbana Arbolismo, 2017)

El profesor Hugo Romero, líder del equipo de estudio del laboratorio de Medio Ambiente y Territorio del Departamento de Geografía de la Universidad de Chile, destaca que las construcciones son las principales responsables de este fenómeno y ellos deberían ser los responsables de mitigar el calor de la ciudad.

"Debería existir en Chile, lo mismo que en algunas ciudades europeas. Cuando se propone una construcción o una urbanización que va a significar para esa zona un aumento en la temperatura, hay que compensar a la ciudad. Por ejemplo, con jardines en esos bloques de edificios o los llamados 'techos verdes' o las 'paredes verdes' que ya se ven en algunas partes de Santiago". (Romero, 2015).

La profesora Pamela Smith, académica de la Universidad de Chile de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo y parte del proyecto FONDECYT, Estudio y modelación del clima urbano a escala local, coincide con las palabras del profesor Romero, destacando:

"Las construcciones actuarían aumentando la temperatura, mientras la vegetación la disminuye. En esos lugares donde vemos la matriz más abierta, existe más vegetación, no sólo áreas verdes públicas, sino al interior de la vivienda (jardines), habría menor temperatura, hay humedad natural que permite enfriar más rápido el aire y eso favorecería que existieran mejores condiciones en términos climáticos", (Smith, 2017)

Según la Agencia Ambiental de Canadá, plantar un 6% de la superficie de las cubiertas de la ciudad de Toronto, equivalente a 6.5 millones de m² lo que podría reducir 2°C la temperatura del aire de verano de la ciudad. (Urbana Arbolismo, 2017)

Apoyando esta medida el académico Marco Peña, Master en Gestión y Planificación Ambiental y Consultor Ambiental destaca el caso de ciudades superiores a 100 mil habitantes, donde el peak de demanda energética aumenta entre 2 y 4% por cada 1°C de alza en la temperatura máxima diaria de verano, solo en EEUU el 3 a 8% del consumo energético es usada para la mitigación de la Isla de Calor Urbano, (Peña, 2007). Además, se asocia el aumento de CO₂. Estimando que por cada kWh de electricidad consumida se produce alrededor de 1 kg de CO₂.

La implementación del uso de cubiertas vegetales incorporadas a obras hospitalarias cobra relevancia debido al tipo de infraestructura y a su fuerte inversión pública para la construcción y renovación de infraestructura, generando grandes superficies de construcción las cuales pueden ser utilizadas para mitigar y solucionar los problemas descritos siendo una medida correctiva con base en políticas públicas.

Las cubiertas vegetales son una solución pasiva a la problemática descrita ayudando a la reducción de temperaturas de las ciudades, así como a la reducción de consumo energético y de emanación de gases, según Carlos Duran, gerente de ArgGeo empresa especializada en el desarrollo de proyectos de cubiertas vegetales destaca:

“ El uso de cubiertas vegetales significa la captura de 0,89kg de CO₂ por metro cuadrado instalado al mes.”

Rectificando estos comentarios podemos encontrar diversos estudios que afirman los beneficios que otorgarían el uso de cubiertas vegetales, (Construible, Todo sobre Construcción Sostenible, 2014).

- 1 m² de cobertura vegetal genera el oxígeno requerido por una persona en todo el año. (Darlington, 2001)
- 1 m² de cobertura vegetal atrapa 130 gramos de polvo por año. (Darlington, 2001)
- Una cubierta de 60 m² portadora de estos sistemas filtra al año 40 toneladas de gases nocivos. (Wolverton et al. 1989)
- Una cubierta de 60m² es capaz de atrapar y procesar 15 kg de metales pesados al año. (Darlington, 2001)
- 1 m² de cubierta vegetal absorbe 50g/CO₂ al día. (Darlington, 2001)

Según el estudio Tyndall Centre for Climate Change, se necesita como base un 10% de vegetación en las grandes ciudades para la reducción de la Isla de Calor Urbana. (Urbanscape, 2016)

El estudio realizado por National Research Council of Canadá, especifica que 1 m² de cubierta vegetal absorbe 5kg CO₂ al año y por el hecho de reducir el consumo de energía la emanación de CO₂ disminuye, atribuyendo una reducción adicional de 3 kg al año.

United States Environmental Protection afirma que 1m² de cubierta absorbe 0,2 kg de partículas contaminantes suspendidas al año.

Es por todo lo mencionado que la utilización de cubiertas vegetales es una solución que se debe considerar al mediano y largo plazo, considerando la infraestructura hospitalaria como una medida concreta de enfrentar las problemáticas descritas en la presente memoria. En modo de propuesta se presentarán los principales hospitales de Santiago expresados en la figura n°10, considerando sus superficies construidas cuantitativamente, descritos en la tabla n°5 con los cuales representaremos porcentajes de implementación de vegetación en sus cubiertas con el fin de entrelazar las investigaciones descritas, analizando así, su contribución en materias medio ambientales.

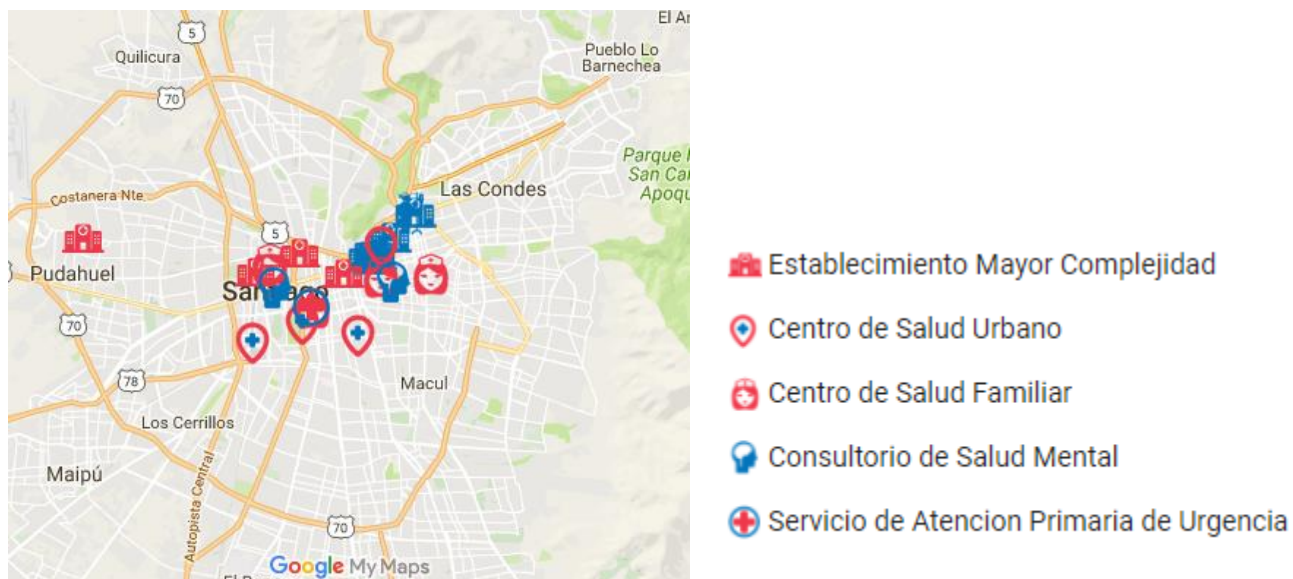


Figura 10: Concentración recintos hospitalarios. Fuente: www.saludonline.cl

Hospital	Superficie m ²
H. Barros Luco-Trudeau	31.440
H. Dirección de Prevención de Carabineros	69.255
H. El Carmen	69.256
H. Psiquiátrico El Peral	-
H. Dr. Exequiel González Cortés	30.000
H. Félix Bulnes*	41.579
H. Dr. Jose Horwits Barak	22.190
H. Calvo Mackenna*	11.200
H. Dr. Luis Tisne Brousse	20.000
H. Militar de Santiago	85.000
H. Padre Hurtado	29.893
H. Roberto del Río	42.120
H. del Salvador, Instituto del Tórax y Geriatriá	94.450
H. Clínico San Borja Arriarán	26.500
H. San Juan de Dios	35.000
H. San Vicente de Paul	-
H. Sotero del Río	160.000
H. Clínico de la Universidad Católica	124.000
H. Clínico de la Universidad de Chile	13.000
H. Urgencia Dr. Alejandro del Río	42.770
H. Dra. Eloísa Díaz	63.000

Tabla 5 Hospitales Santiago y Superficie Construida, Fuente: Minsal, Elaboración propia.

Analizando las superficies de los principales recintos hospitalarios de Santiago, se llega a la suma de 1.010.653 m² construidos sin considerar Centros de Salud Urbano, Salud Familiar, Servicio de Atención Primaria. Además, en la tabla elaborada no se considera el Hospital Psiquiátrico el Peral que se encuentra en un predio con vegetación y no forma parte de la urbanización, Hospital San Vicente de Paul, primer hospital clínico de la Universidad de Chile es actualmente un Museo Nacional y no se podría intervenir. El actual Hospital Clínico de la Universidad de Chile, posee más de 640.000 m² construidos en conjunto con la Universidad de Chile por lo que se estima los m² correspondientes al área clínica de salud según cifras entregadas por centro de alumnos de medicina y se menciona que el Hospital del Salvador incorpora al Instituto Nacional de Geriatría, el Instituto Nacional del Tórax y el Instituto de Neurocirugía.

Suponiendo la incorporación de un 20 y 50% de cubierta vegetal descrita en la tabla n°6, se analizará su aporte a la ciudad como capacidad medioambiental para la reducción de contaminantes como su aporte al ahorro energético, se analiza el 20 y 50% de incorporación vegetal ya que son los principales rangos de implementación de países con leyes de cubiertas vegetales.

Dando como resultado, solo en la ciudad de Santiago más de 500.000 m² de cubiertas vegetales en un 50% de implementación y 200.000 m² en el caso de un 20%, en modo de comparación, Londres en su plan de mitigación contra la contaminación implementa 100.000 m² al 2012, (The Guardian,2008).

SUPERFICIE TOTAL m ²	SUPERFICIE VEGETAL 20%
1.010.653	202.131
SUPERFICIE TOTAL m ²	Superficie Vegetal 50%
1.010.653	505.327

Tabla 6: Superficies totales Santiago, superficies construidas vs vegetales, Elaboración propia.

Producto de análisis la muestra se acotará a la comuna de Santiago Centro por ser una comuna que presenta las mayores diferencias en C° producto de la isla de calor y concentra gran cantidad de infraestructura hospitalaria como se observa en la figura n°11. Se analizarán todas las

infraestructuras hospitalarias abarcando Centros de Alta Complejidad, Centros de Salud Urbano, Salud Familiar, Servicio de Atención Primaria y el Consultorio de Salud Mental. Se cuantifican las superficies totales en la tabla n°7 y se realiza el supuesto de implementación de cubierta vegetal en los porcentajes ya descritos, resumidos en la tabla n°8.



Figura 11 Concentración recintos hospitalarios. Fuente: www.saludonline.cl

ESTABLECIMIENTOS SANTIAGO CENTRO

Recinto Hospitalario Stgo. Centro	Superficie m ²
H. San Juan de Dios	35.000
Instituto Traumatológico Dr. Teodoro Gebauer	1.660
H. Clínico San Borja Arriarán	26.500
H. de Urgencias Dr. Alejandro del Río	42.770
H. Dr. Exequiel González Cortés	30.000
H. Urgencias Asistencia Pública	2.238

CESFAM N° 1 Dr. Ramón Corbalán	15.000
Consultorio Padre Orellana	685
Consultorio San Vicente	360
Consultorio Dr. Benjamín Viel	168
CESFAM Ignacio Domeyko	2.500
Consultorio de Salud Mental de Stgo.	300
Superficie Total.	157.181

Tabla 7: Recintos Hospitalarios Santiago Centro, Fuente: Minsal, Elaboración: Propia

SUPERFICIE TOTAL m ²	SUPERFICIE VEGETAL 20%
157.181	31.436
SUPERFICIE TOTAL m ²	Superficie Vegetal 50%
157.181	78.591

Tabla 8 Superficies totales Santiago Centro, superficies construidas vs vegetales, Elaboración propia.

Podemos afirmar que, si se implementan cubiertas vegetales en recintos hospitalarios en una de las principales comunas de Santiago, se abarca desde 31.436 m² lo que representa un aumento significativo de áreas verdes y beneficios asociados al medio ambiente.

Si representamos linealmente el beneficio otorgado por una cubierta, podemos afirmar que 31.436m² de vegetación adicional otorgaría en promedio un ahorro de 40.710 kWh a la comuna por reducción en equipos de climatización. Como se observa en el grafico n° 6, Santiago consume al año un promedio de 14.180*10⁶kWh equivalente a un 46% del consumo total del país (Comisión Nacional de Energía, 2015) siendo el valor de consumo de 112,36 pesos por kWh,(Enel 2017). Lo que se traduce en un ahorro de \$4.574.133 a la comuna, asociado a climatización y regulación de temperatura con un 20% de implementación, si se incorpora un 50% de cubierta vegetal el ahorro aumentaría a 101.776 kWh. Aumentando a \$11.435.478 el ahorro económico.

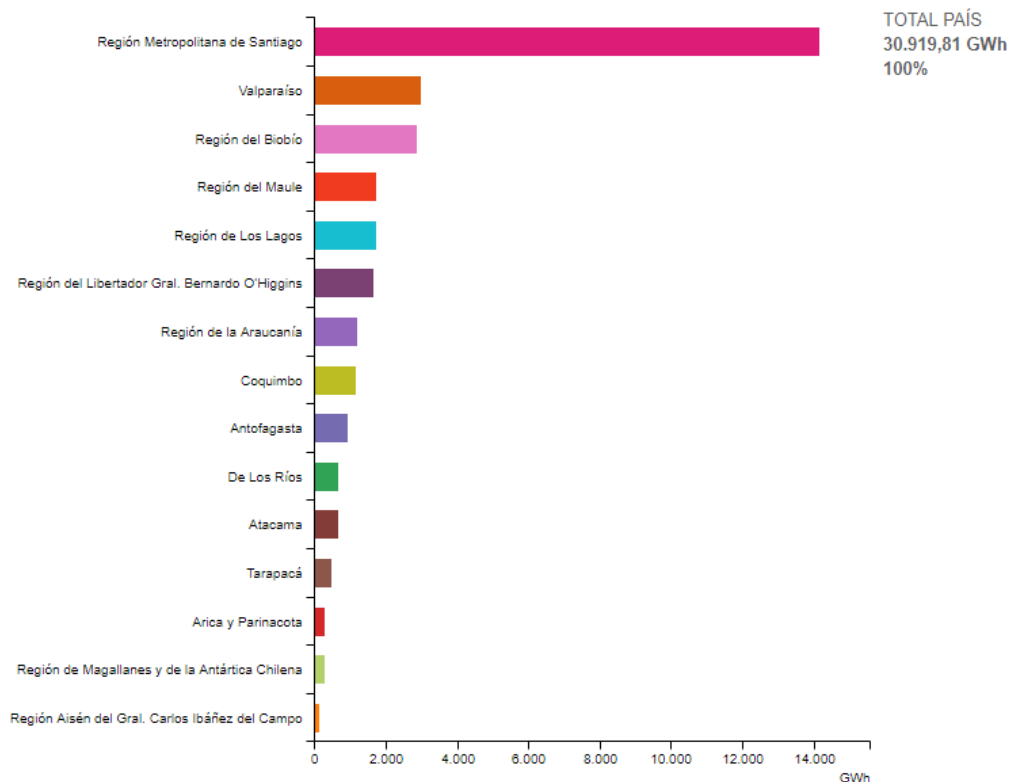


Grafico 6 Consumo eléctrico 2015, Comisión Nacional de Energía.

Según la información recopilada los aportes en materias ambientales son aún más significativos y el logro de reducción de temperatura mitigando el fenómeno de la isla de calor urbano en verano ayudaría aún más a la reducción CO₂ a la atmosfera.

El aporte de 31.436m² equivalen a la absorción de 157.180 kg CO₂ al año y 6.287 partículas contaminantes, si se relaciona la disminución de CO₂ por concepto de reducción de consumo energético, se adiciona una disminución de 94.308 kg de CO₂, otorgando una absorción total de 251.488 kg de CO₂. Si el implemento fuera de un 50% la cifra aumenta a 392.955 kg solo por el hecho de implementar cubiertas vegetales en recintos hospitalarios en la comuna de Santiago Centro y se adicionan 235.773 kg de CO₂ por reducción del fenómeno de isla de calor urbano, dando una disminución total de 628.728 kg de CO₂.

Situación que actuaría fielmente a las políticas tomadas por el Ministerio del Medio Ambiente, cabe recordar que Chile es uno de los países con mayores emisiones per cápita de Latinoamérica con 5,3 Toneladas de gases al año.

Según el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1990-2013, las emisiones y absorciones contabilizadas al 2013 son de 70.054.4 GgCO₂ representada en el grafico n°7, lo que se traduce en un incremento del 774,9% desde 1990 y un 43,8% desde el 2010. En la región metropolitana el sector energético ha aumentado un 104,4 % en el mismo periodo de tiempo, siendo el CO₂ el gas de mayor importancia con 77,6% de concentración (Ministerio del Medio Ambiente, Gobierno de Chile, 2016).

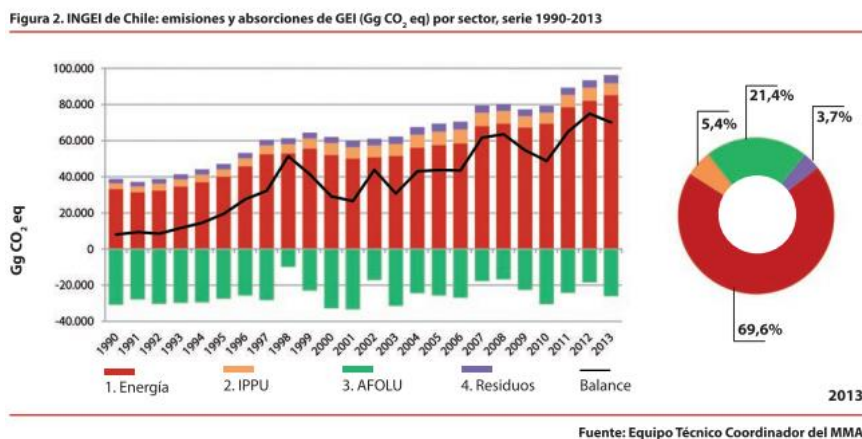


Grafico 7: Emisión y Absorciones de GgCo₂ serie 1990-2013, (Ministerio del Medio Ambiente, Gobierno de Chile, 2016).

El mismo informe detalla que el mayor aporte es el sector energético con un 78,6% debido al crecimiento sostenido del consumo de combustibles fósiles en el transporte de la región. Destacando las fuentes de consumo de combustibles en camiones y autobuses con 18,3%, automóviles con catalizador (13,9%) y residencial con 11,4%, entre otras. (Ministerio del Medio Ambiente, Gobierno de Chile, 2016)

La utilización de cubiertas vegetales es una opción viable como complemento pasivo a la infraestructura de una ciudad con altos índices de contaminación como Santiago y es acorde a los compromisos señalados por la presidenta de la República en la conferencia de la ONU en EEUU del presente año, donde se compromete a la reducción de emanación de gases de efecto invernadero, principalmente CO₂ en un 30% al 2030, siendo la medida principal una contribución significativa al sector forestal (vegetación), que concentra la mayor absorción de gases de efecto invernadero, con la recuperación de 100.000 hectáreas a partir del año 2030, (Michelle Bachellet, 2017)

Reflexión:

“Actuar ahora frente al cambio climático, no es propio de países ricos, es propio de países inteligentes”

Pablo Badenier, Ex Ministro del Medio Ambiente 2017, Chile.

4.2 Medidas internacionales respecto a cubiertas vegetales.

En modo de contraste se mencionan las principales medidas tomadas por diferentes países en relación a la incorporación de cubiertas vegetales como solución a problemáticas atmosféricas y mitigación a la isla de calor urbana, regularizando su uso e incorporándolo a normativas de construcción.

Alemania: Regulariza su estudio y construcción por medio de la FLL, Forschungsgesellschaft Landsentwicklung Landschaftsbau, traducción: Sociedad de Investigación Paisaje y Desarrollo. Planificación y ejecución de cubiertas ajardinadas. Primera edición 1982, ampliación y normativas para cubiertas vegetales extensivas en 1990. Ya en 1996 se poseen más de 10 millones de m² construidos con el apoyo legislativo y financiero del gobierno por medio del estado y municipios. Stuttgart fue una de las primeras ciudades en otorgar beneficios fiscales para la implementación de techos verdes (desde 1980). Berlín adopta medidas similares en 1988, donde toda construcción nueva debe poseer un porcentaje de techo verde para obtener la autorización de la licencia de construcción. Alrededor del 43% de todas las ciudades de Alemania ofrecen algún tipo de incentivo para la instalación de sistemas de vegetación las cuales pueden oscilar entre \$ 5.5 a \$ 67 por m² dependiendo la superficie y el tipo de cubierta y edificación a construir. Al año 2000 se aprecia más de 15 millones de m². En el 2002 uno de cada 10 azoteas horizontales contaba con cubiertas vegetales (Asociación Española de Cubiertas verdes y ajardinamientos verticales, 2012), (Green Roofs, 2017)

Francia: Es el país con mayor construcción de cubiertas vegetales detrás de Alemania con 1,3 millones de m² construidos por año, la primera normativa adoptada es la prohibición hacia las autoridades de oponerse a la vegetalización de fachadas o techos, según su Art L111-6-2 del código de urbanismo. En esta medida se opta por la incorporación de techumbres vegetales o paneles

solares (o ambos) en las nuevas construcciones de uso comercial para su aprobación. (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2015)

Suiza: Se hará énfasis en las medidas tomadas por este país, ya que abarcan un estudio completo desde el costo hasta la retribución económica y el subsidio que el Gobierno realiza para sustentar su uso. Basilea tiene estipulada en la ley de construcción la exigencia de incluir cubiertas vegetales en todas las edificaciones nuevas con techos planos y existen dos tipos de incentivos para techos verdes s con subsidios que abarcan el 20% del costo por m². En 2006 se estima que un 23% de la superficie plana posee cubiertas vegetales con 1711 cubiertas extensivas y 218 cubiertas intensivas solo en la ciudad de Basilea. Según estudios propuestos por la Plataforma Europea de Adaptación Climática/Cambio Climático el ahorro de energía en Basilea se estimó en 4 GWh al año sin embargo no existe información si los ahorros de energía logran un retorno de la inversión inicial considerando instalación y mantenimiento de las cubiertas vegetales las cuales tienen a ser entre un 10-14% más caros que los techos tradicionales. Es por esto que una reducción del 20% en el costo de construcción del techo verde por medio de subsidios del Gobierno compensa el costo de inversión, (European Climate Adaptation Platform, 2015) El precio estimado para la construcción x m² es de 100CHF lo que equivale a unos 69.000 CLP.

Inglaterra: El plan de Londres mejorado al año 2004 contiene una política para promover tejados y muros verdes especificando que toda gran obra incluya un porcentaje de cubierta vegetal que cumpla con los siguientes requisitos:

- Determinación de superficie del techo accesible
- Adaptación y mitigación del cambio climático
- Drenaje urbano sostenible
- Mejorar la biodiversidad
- Apariencia arquitectónica para la calidad de vida.

Londres el año 2010 recibe en el Congreso Mundial de Techos Verdes y a través del Proyecto de la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático del alcalde Boris Johnson electo por el periodo 2008 al 2016 propone que todos los nuevos desarrollos importantes dentro del área de política de la Zona Central de Actividades de Londres posean cubiertas vegetales con una proyección de 100.000 m² al 2012 ya que la ciudad se ha comprometido según las palabras de Johnson a reducir las emisiones de dióxido de carbono de Londres en un 60% para 2025 con el fin

de evitar un cambio climático,(The Guardian, 2008). Se especifican beneficios para la ciudad de Londres y se toman en consideración puntos del proyecto para situaciones de Inundaciones, Sequía y Olas de calor. Especificando un programa urbano ecológico para absorción de agua por precipitaciones, proteger infraestructura crítica, recolección de agua de lluvia y uso de aguas grises, nuevos desarrollos para enfriar la ciudad y capacitación específicas para arquitectos. (The Guardian, 2008)

Dinamarca: Copenhague es bautizada como la capital verde de Europa el año 2014 y desde el 2010 exige a toda construcción nueva la implementación de cubiertas vegetales con el fin de tener nula emisión de gases de efecto invernadero al 2025. Posee más de 70 proyectos en la capital y medio millar en todo el país, con más de 200.000 m² construidos. (Lonely Planet, 2016). La ciudad de Copenhague ha establecido cuatro requisitos para cubiertas verdes, los edificios con techos verdes deben ser capaces de satisfacer por lo menos dos de los siguientes efectos: (Green Roofs, 2017)

- Absorber el 50-80% de la precipitación.
- Proporcionar un efecto de enfriamiento y aislamiento del edificio y reducir la reflexión.
- Ayude a hacer la ciudad más verde, reduciendo el efecto de la isla de calor urbano, contrarrestando el aumento de la temperatura en las ciudades.
- Contribuir a una variación arquitectónica visual y estética que tenga un efecto positivo en la calidad de vida.

Japón: Producto de las malas condiciones ambientales de la ciudad se implementa el “Plan Tokio 2000” con el objetivo que el 20% de superficie de construcciones públicas posean cubiertas vegetales y un 10% de edificaciones privadas. La proyección es generar una certificación en las edificaciones acordes al plan medio ambiental y en caso de cumplir con la puntuación esperada se incentiva con reducción de impuestos y certificación de las metas propuestas. La política general abarca la construcción de 400 hectáreas de espacios verdes incluyendo cubiertas vegetales, fachadas verdes y espacios de vegetación. (Tokyo (Tokyo Metropolitan Government) Green Building Program, 2011)

Canadá: Toronto, en Base al Consejo sobre requisitos de techos verdes del 2009 se especifica que toda construcción superior a 2.000 m² debe poseer entre un 20-50% de cubiertas vegetales. Para la incorporación de techos verdes se debe poseer una licencia y se potencia su

implementación en base al programa “The Eco-Roof Incentive Program” lo que consiste en un co-pago en base a los m² de la cubierta que abarca hasta \$ 75 dólares por m² con tope de \$100.000 dólares y \$2 dólares por m² dólares para revestimientos sobre estructura existente y \$5 dólares para una membrana en estructuras nuevas con un máximo de \$50.000 dólares. (Eco Roof incentive Program, 2010)

EE. UU: En Estados Unidos podemos encontrar diferentes ciudades que han optado por el sistema de cubiertas vegetales tanto como solución específica contra la isla de calor urbano o como medida complementaria para el sistema recolector de aguas. Entre las principales ciudades podemos mencionar Nueva York, Chicago, Los Ángeles, Portland, Wisconsin entre otras (Green Roofs, 2017). Sin embargo, lo más relevante es como en 2001 la Sociedad Americana para la prueba de materiales establece un grupo de tareas sobre Estándares de Techos Verdes enfocada en mantener estándares nacionales para las tecnologías de “green roof”.

- E2396-05 Método de prueba estándar para la permeabilidad del agua saturada de los medios de drenaje granular [método de caída de la cabeza] para sistemas de techos verdes.
- E2397-05 Práctica estándar para la determinación de cargas muertas y cargas vivas asociadas con sistemas de techos verdes
- E2398-05 Método de prueba estándar para la captación de agua y retención de medios de las capas de drenaje compuesto para sistemas de techos verdes
- E2399-05 Método de prueba estándar para máxima densidad de medios para análisis de carga muerta de sistemas de techos verdes
- E2400-06 Guía estándar para la selección, instalación y mantenimiento de instalaciones para sistemas de techos verdes

En EEUU se desarrolla El Consejo de Construcción Verde, con sede en Washington, el cual se compromete con un futuro próspero y sostenible a través de edificios ecológicos ahorradores de energía. El USGBC es una organización sin fines de lucro y es el desarrollador y administrador del Sistema de Calificación de Edificios Verdes LEED (Liderazgo en Diseño Energético y Ambiental), un sistema de diseño y herramienta de medición para construir y certificar los edificios más verdes del mundo según un conjunto de normas. El USGBC es reconocido por establecer criterios y estándares de la industria documentando prácticas y herramientas de diseño, promoción de políticas de intercambio de información y educación, cuenta con 78 afiliados donde se destaca a más de 18.000 empresas y organizaciones, más de 140.000 profesionales certificados LEED,

proyectando contribuir económicamente al país por medio del ahorro unos \$554 mil millones al PIB bruto de EE.UU.

Se estima que los edificios son responsables del 39% de las emisiones de CO₂, del 40% del consumo de energía, del 13% del consumo de agua y del 15% del PIB anual. Una mayor eficiencia de la construcción puede satisfacer el 85% de la futura demanda de energía de los Estados Unidos y un compromiso nacional con la construcción ecológica tiene el potencial de generar 2,5 millones de empleos en Estados Unidos, (USGBC, 2017). Más de 35.000 proyectos están participando actualmente en el sistema LEED, que comprende más de 6.900 millones de pies en los 50 estados y 114 países asociados.

Argentina: El 10 de diciembre del 2012 se aprueba la ley N° 4428 sobre construcciones de cubiertas vegetales, incorporando al artículo 5.10.4 "Techos verdes. Superficies cubiertas con vegetación" del código de edificación, destacando su aporte a una construcción sustentable, beneficios asociados y mejora del entorno. Dentro de los principales puntos y estipulaciones se destaca su sistema constructivo de forma general, mencionando su espesor máximo de sustrato, impermeabilidad, sistema de desagüe, pendientes, etc.

El hecho de implementar el sistema constructivo de cubiertas vegetales se incentiva por medio de reducción el cual está definido según un coeficiente de ponderación y un máximo estipulado de 20%, (Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2012)

Cálculo del Coeficiente de ponderación- El "coeficiente de ponderación" empleado para calcular la cantidad de reducción de impuestos se calcula con la siguiente fórmula, siendo descritos sus parámetros en la tabla n° 9. Siendo el coeficiente de ponderación $\mu = (\mu_1 + \mu_2) / 2$

Tablas I (Superficie del Techo Verde)		Tabla II (Porcentualidad de Cubierta, medida en proyección horizontal que se ha destinado al Techo Verde)	
m 2	μ 1	%	μ 2
0 - 50	0.2	0 - 20	0.2
51 - 100	0.4	21 - 40	0.4
101 - 150	0.6	41 - 60	0.6
151 - 200	0.8	61 - 80	0.8
Más de 200	1	81 - 100	1

Tabla 9: Factor determinación parámetros de reducción, Porcentaje cubiertas vegetales, (Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2012).

Colombia: La ley 418 decretada el 2009 especifica la inclusión de techos verdes en edificaciones públicas que presten servicios a la comunidad, la ley estipula que gradualmente se debe implementar cubiertas vegetales con el fin de aumentar los m² de áreas verdes por habitante de la ciudad de Bogotá, manteniendo una política de construcción sustentable frente problemáticas ambientales de la ciudad, realizando un convenio con el Jardín Botánico de Bogotá "José Celestino Mutis" y la secretaria distrital de habitad y ambiente para su implementación, soporte técnico y asesoría. Se estipula como fecha límite para la incorporación en todas las edificaciones distritales el año 2020. Dentro de los principales acuerdos se establece la medición de los beneficios obtenidos para su cuantificación económica, social y ambiental con miras a obtener la certificación y venta de certificados de captura de Carbono (CCC). (Régimen Legal de Bogotá D.C., 2009)

Como hecho particular se destaca la unión de la Secretaria Distrital de Salud, Jardín Botánico y empresas asociadas en la ampliación y conformación de áreas verdes que se encuentran en cada uno de los hospitales de la Red Pública Distrital. Incorporando coberturas vegetales en techos y muros, plantación de árboles y jardinería, con la implementación de distintos sistemas vegetales en 25 recintos destacando: Hospital Engativá, La Victoria, Santa Clara, del Sur, Tunjuelito y Suba. Y dos cubiertas vegetales de gran extensión en los hospitales de Meissen y Vista Hermosa, (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Secretaria de Salud., 2015)

Chile: El país se enfrenta dos casos particulares, en primer lugar, desde el 15 de noviembre del 2006 se encuentra en el Senado el Boletín 4682-14, que pretende modificar la Ley General de Urbanismo y Construcción, en materias de cubiertas ecológicas, por medio de la comisión de Vivienda y Urbanismo. Se especifica la exigencia de una capa vegetal como cubierta o fachada para edificios superiores a 1.000 m² con una relación de 50m² de cubierta vegetal cada 1.000m² construidos, para zonas saturadas por concentración de contaminantes, siendo fundamentada por el artículo 19 n°8 de la Constitución de la República de Chile:

“El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza”.

Dicha propuesta aún se encuentra en el Senado con un carácter de no urgencia por lo que fecha definitiva para su rechazo o aprobación no puede ser determinada.

Podemos observar como ya cubiertas vegetales se encuentran en ejecución en nuestro país, dentro de los últimos 5 años podemos encontrar diseños de colegios, oficinas, universidades y

diseño de hospitales con implementación de cubiertas en total se estima que aporten 50.000m² de vegetación. Ejemplos de edificaciones encontramos la ciudad empresarial con terrazas ecológicas con más de 1.000 m² de cubierta vegetal, el complejo de Parque Titanium contara con un techo de 9.000m² aproximadamente y el Costanera Center tiene en su diseño 12.000m². Dentro de los hospitales que incluirán cubiertas vegetales se encuentran el nuevo hospital de Rancagua con jardines caminables y con acceso a pacientes psiquiátricos, (Diseño + Arquitectura, 2009), el hospital de Rancagua es el primer hospital que en su diseño arquitectónico incluye soluciones pasivas para el ahorro energético y pretende complementar un parque/jardín público con el principal hospital de la región de O'Higgins.

Por otra parte, podemos observar en Chile una tendencia a la incorporación de nuevas tecnologías y medidas para el uso de construcciones amigables con el entorno las cuales han implementado nuevos diseños e incluido a las cubiertas vegetales en sus proyectos, la certificación LEED ya definida en el presente capítulo ha sido uno de los principales impulsores de nuevas alternativas junto con programas de gobierno. En Chile la certificación LEED posee un alto impacto siendo el segundo país latinoamericano en el registro de los 10 países con mayor registro de proyectos certificados, con 27 edificios ya construidos al 2013 y 175 proyectos en proceso los cuales podrán optar a dicha certificación. En la actualidad ya son 67 proyectos los certificados, siendo el edificio Moneda Bicentenario la única edificación de carácter público entre los certificados. (Green Building Council Chile, 2017).

4.3 Beneficios hidráulicos.

Uno de los principales beneficios asociados a la implementación de cubiertas vegetales es la capacidad de retención de aguas pluviales, ayudando a la reducción de carga de los sistemas de alcantarillado, dependiendo de la cubierta y sobre todo del sustrato a utilizar puede variar entre un 70-90%, además realizan una depuración por medio de la bio-filtración de la capa vegetal y presentan una solución a la infraestructura arquitectónica de las ciudades.

La utilización de vegetación como sistema complementario a la infraestructura de grandes ciudades es una opción viables pensando que solo en Santiago se puede implementar 189.531 m² de cubiertas vegetales con un 20% de las superficies de los principales hospitales y si se incrementa a un 50% el uso de cubiertas aumentaría las zonas vegetales a 473.827 m² los cuales

podrían aumentar si se abarcaran todos los centros de salud, permitiendo una alternativa complementaria al sistema de drenaje de las ciudades, cabe mencionar que solo en Santiago en un año normal sin eventos de mal tiempo se estiman unos 310mm al año y en condiciones de mal tiempo y frentes climáticos solo en un par de días pueden caer entre 70 y 130 milímetros de agua, la Dirección Meteorológica de Chile estima que una precipitación moderada es cercana a 7,5mm por hr. (Universidad de Chile, 2015).

Según Alexis Vásquez experto en Gestión y Planificación Ambiental, académico de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile:

“ El diseño de nuestras ciudades no ha sido sensible al agua ni a los ciclos del agua, las superficies impermeables (cemento) de nuestras ciudades genera que tengamos problemas en los sistemas de alcantarillado y de aguas. En Santiago se considera tasas de impermeabilización del 80% lo que conlleva a un suelo sellado que pierde la capacidad de infiltración, de actuar como esponja y regular las inundaciones”.

Para el Ministerio de Vivienda y Urbanismo la principal causa de inundaciones y problemas al momento de precipitaciones se deben al desborde de cauces naturales, sin embargo, en el punto e) del informe de Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas lluvias en Sectores Urbanos se menciona:

“ Acumulación de aguas lluvias en zonas bajas con drenaje insuficiente”

Dando a conocer la urbanización y la baja permeabilidad como uno de los principales responsables de la acumulación de aguas.

“Si no se consideran las inundaciones provocadas por aguas que provienen desde el exterior del sector inundado, se puede afirmar que la principal causa de las inundaciones en sectores urbanos en las ciudades de Chile es la destrucción de la red de drenaje natural sin que sea reemplazada por ningún sistema artificial” (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 1996)

Durante la investigación se menciona lo desactualizado que se encuentran los documentos del Minvu en alternativas al sistema de aguas lluvias, siendo el informe mencionado el único relacionado a técnicas alternativas complementarias que ayuden a la infraestructura urbana con fecha de publicación 1996 y como soluciones se encuentra el informe Obras de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias del año 1997 con la aprobación de la Ley N° 19.525 “ Sobre Regulación de los Sistemas de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias” creándose la Dirección de Obras Hidráulicas. La mencionada ley implementa como prioridad al Ministerio de Obras Publicas la

elaboración de los planes maestros de Aguas Lluvias en todas las ciudades superiores a 50.000 habitantes, donde la inversión estimada en planes de red primaria de aguas lluvias es de US\$4.000 millones, a la vez se genera la elaboración del Manual de Aguas Lluvia, en colaboración con el DICTUC-UC. La cual concluye el 2013. Dentro de las principales soluciones se observan las técnicas tradicionales como obras superficiales de canales, cauces naturales mejorados y alternativas subterráneas como colectores de aguas lluvias. Existen técnicas alternativas las cuales corresponden a obras con finalidades de almacenamiento, regular y filtrar aguas lluvias como embalses, lagunas, zanjas de infiltración, etc. Sin embargo, en ningún momento se menciona el recuperar espacios verdes siendo que la eliminación de estos es una de las principales consecuencias de los problemas de impermeabilización que se presentan en las grandes ciudades, para el ex-ministro de Obras Públicas, Carlos Cruz:

“La inversión en evacuación de las aguas lluvia es claramente una tarea pendiente que no se ha resuelto con los grandes colectores que construyeron a principios del 2000 y esa es una tarea que tenemos que enfrentar como ciudad” (CNN Chile, 2017)

Para Alexis Vázquez la solución es mantener espacios que puedan proveer servicios de ecosistemas, el especialista especifica:

“Considerar en el diseño urbano de nuestras ciudades una mayor proporción de espacios verdes que nos ayuden, por ejemplo, a mitigar el problema de las aguas lluvias. En contraposición a la infraestructura gris (colectores de agua lluvia, por ejemplo), la infraestructura verde (ejemplo: canales de drenaje con vegetación a los lados, humedales artificiales, lagunas) cumple varias funciones. No sólo gestiona el agua, sino que también proporciona espacios de recreación, aumenta el valor de las propiedades alrededor, provee de hábitat a ciertas especies, entre otras características”

Es bajo este punto de vista que las cubiertas vegetales resultan relevantes como alternativa viable a un sistema que se ha visto sobrepasado por las condiciones climáticas, aprovechar las capacidades de retención y el porcentaje significativo en el caso de implementarse en recintos hospitalarios hacen que su ejecución y estudio sea un tema a considerar, por lo que estimar sus parámetros de retención es un tema que ha sido investigado por países que ya han implementado su uso en sus ciudades, es así como en Argentina el estudio planteado por la Universidad de Buenos Aires, “ Eficiencia en la Retención de Aguas Lluvias de Cubiertas Vegetales de tipo Extensivo e Intensivo ” muestra resultados relevantes respecto a su comportamiento desde su

implementación, se analiza el comportamiento de absorción y retorno de agua según el tipo de precipitación dando los siguientes resultados:

- 100% a 73% para precipitaciones menores o iguales a los 20 mm
- 60% para precipitaciones de 35 a 40 mm
- 30% para precipitaciones cercanas a los 100 mm

Se puede concluir que la capacidad de retención y retorno de agua dependerá directamente de la cantidad de sustrato y el tipo a utilizar, siendo los espesores mayores los que presentan mejores comportamientos y tiempos de retorno destacando que el mejor comportamiento corresponde a Sedum acre con 30 cm de espesor y el peor comportamiento es el de 6 cm. Permitiendo afirmar que las cubiertas vegetales presentan una alternativa viable para la reducción del escurrimiento superficial y la generación de hidrógramas de escorrentía directa de pico menores y más retardados. (Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería Agrícola, 2013)

El presente año alumnos e investigadores de la Pontificia Universidad Católica realizan una simulación de precipitaciones cuantificando el aporte de las cubiertas vegetales, analizando los principales distribuidores de sustratos y distintas composiciones que se ocupan en Chile para cultivo, el estudio denominado "Determinación de parámetros hidráulicos de cubiertas vegetales a través de experimentos de drenaje y simulación inversa con Hydrus 1D" realizado por alumnos del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción, Escuela de Ingeniería, Escuela de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica y VR+ARQ (Vicky Rojas, entrevistada por motivos de la presente memoria). En el estudio mencionado se hace relevante los sustratos adquiridos en Chile para el uso de cubiertas, dando resultados positivos en ámbitos de absorción y de tiempos de evacuación de aguas con porcentajes en el orden de 70% de retención, siendo representados en los grafico n°8 "Sustrato las Brujas" con contenidos vegetales, grafico n°9 "Verde Activo" con ladrillo molido tipo arcilla y grafico n°10 "Sustrato jardinsen" con tierra de hoja, perlita y mineral volcánico.

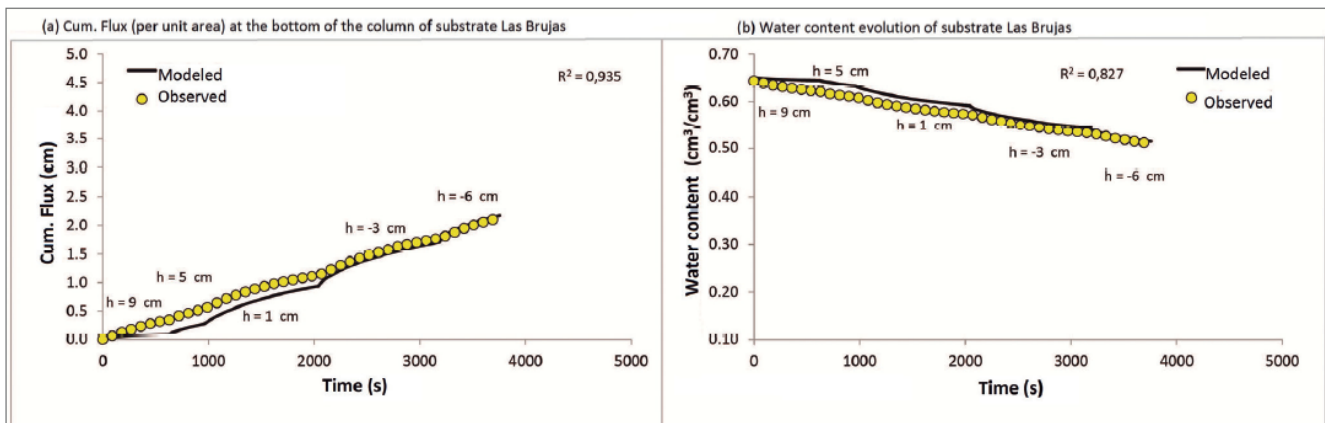


Grafico 8: Comportamiento, Sustrato Las Brujas (a): Contenido de Humedad; (b): Flujo acumulado fondo columna sustrato.

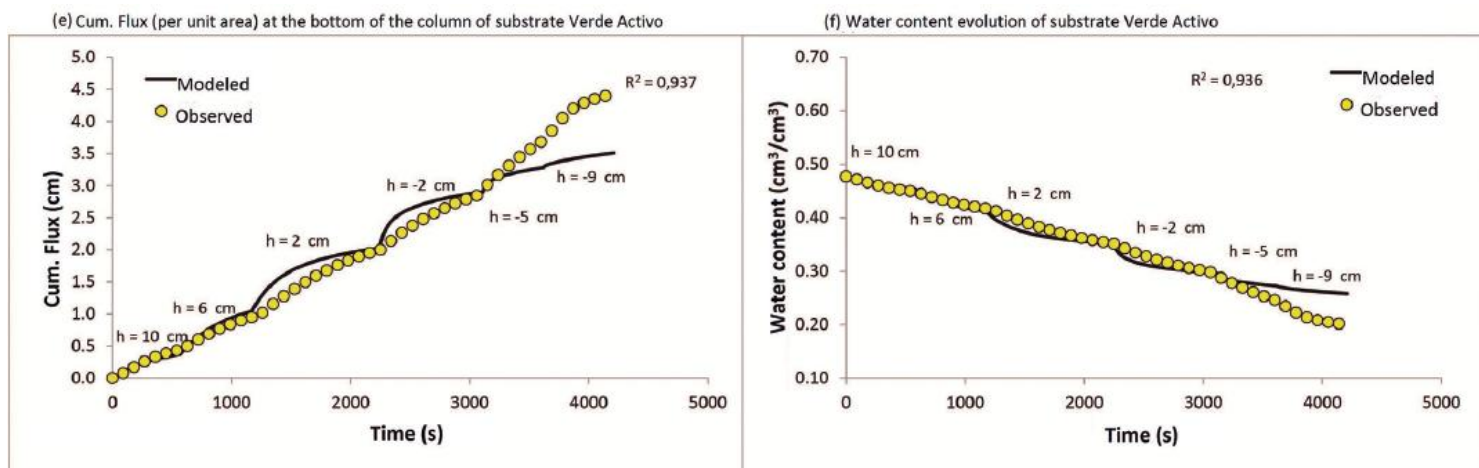


Grafico 9: Comportamiento, Sustrato Verde Activo (e): Contenido de Humedad; (f): Flujo acumulado fondo columna sustrato.

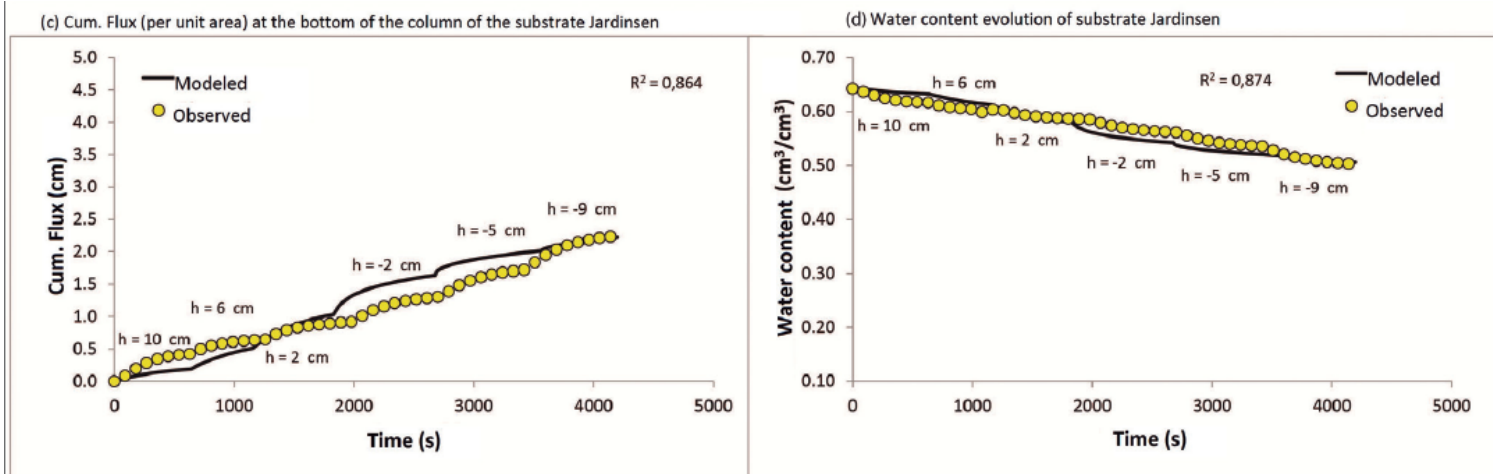


Grafico 10 Comportamiento, Sustrato Jardinsen (c): Contenido de Humedad; (d): Flujo acumulado fondo columna sustrato.

Concluyendo que las propiedades hidráulicas de los sustratos son diferentes, por lo que los beneficio que entregará cada sustrato al funcionamiento de las cubiertas vegetales también lo son. Las propiedades de cada sustrato dependen de su compactación y se sus propiedades físicas como porosidad, por ejemplo, si se desea regular la escorrentía sobre el pavimento en ciudades se buscará un sustrato que sea capaz de retener más agua. Así el sustrato optimo corresponde a Jardinser ya que es el que tarda más en liberar una determinada cantidad de agua, (Pontificia Universidad Católica de Chile, VR+ARQ Chile, 2017).

4.4 Beneficios térmicos en edificación.

La capacidad de regular la temperatura ambiente explicada en detalle en el punto anterior, se logra dimensionar en edificaciones que han implementado el sistema de cubiertas vegetales siendo la reducción de costos energéticos el principal efecto cuantitativo del sistema, todo esto tras asociar una reducción de consumo en equipos y sistemas de climatización tanto en invierno para temperar como verano para refrigerar. Diversos estudios plantean a las cubiertas vegetales como una solución a problemas de contaminación y como opción real a la reducción de consumo energético específico de la edificación, así como apoyo infraestructura a las ciudades.

La principal explicación recae en que la radiación solar no alcanza la estructura sólida de la techumbre ya que se encuentra protegida por la vegetación y el sustrato no alcanza a calentarse

ya que la capa de vegetación produce sombra y la energía que llega de forma directa se reduce al realizar la evaporación de agua de la vegetación y en el proceso de fotosíntesis propios de las plantas (Minke, 2004). La sensación térmica de la cubierta se reduce considerablemente respecto a la condición exterior la cual se transmite paulatinamente a los pisos inferiores, diversos estudios demuestran cómo se relaciona el confort térmico con el uso de recursos para climatizar la edificación, al analizar las cubiertas vegetales la comparación con cubiertas tradicionales es una de las principales formas de cuantificar sus beneficios como aislante térmico, es así como la completa tesis de Michel Canales Gálvez, sobre el "Efectos del uso de techos y fachadas vegetales en el comportamiento térmico de edificios" de la Universidad de Chile, nos muestra una relación directa del comportamiento de este sistema según la modelación en clima invierno/verano en Design Bulder para condiciones de confort optimas, 18°C en invierno y 23°C verano. En su investigación destaca que los principales pisos que se ven influenciados por el uso de techumbres en una edificación en altura en Santiago corresponden a los 3 superiores, es decir los más cercanos a la techumbre presentando una reducción en el orden 25% de pérdida de calor en promedio y para una casa en el orden del 21%. (Gálvez, 2014). Respecto a los beneficios económicos asociados a una mejora térmica Carlos Durán Gerente de la empresa ArgGeo señala que la reducción de consumo en calefacción y refrigeración puede alcanzar el 45% (Cofre, 2013). Existen otros estudios que aumentan estas cifras como el National Resarch Council of Canadá del 2003 donde especifica que la reducción en calor transmitido desde el exterior al interior de un edificio en verano puede llegar al orden del 90% y la pérdida de calor del interior al exterior en un 26%, lo que puede llegar a significar un 75% de reducción en gastos energéticos en los periodos de veranos, (Grupo Técnico de Techos Verdes, 2010). En EEUU, Florida se compara el rango de BTU necesaria para tener una condición optima en edificios con cubiertas tradicionales vs cubiertas ecológicas, dando como resultado un flujo térmico estable para cubiertas vegetales en el orden de +0,5 y -0,7 BTU/ pie² hr. En comparación a los +3 y -2 BTU/ pie² hr. Demostrando el aumento de capacidad de energía para lograr la estabilidad térmica necesario en edificaciones con y sin cubiertas vegetales. Según el Informe Técnico de Cubiertas Verdes en Edificios Públicos del Gobierno de la ciudad de Buenos Aires, Argentina 2012. Respecto a la Gerencia Operativa del Cambio Climático y Energías Sustentables establece que la reducción de temperatura al interior de un edificio en condiciones de altas temperaturas fue de 6°C y en verano se aprecia una reducción de transferencia de calor del exterior al interior en un 70-90% y un rango de 10 a 30% en invierno, de reducción de transferencia de calor del interior al exterior, lo que concuerda con el resto de la literatura analizada, la cubiertas presentan un mejor comportamiento como aislante en

verano que en invierno, es decir, reducen significativamente la transmisión de calor del exterior al interior del edificio, lo que se refleja en verano donde altas temperaturas se reducen por la capa vegetal y en invierno ayudan a no perder calor desde el interior pero en menor medida. (Ministerio de Ambiente y Espacios Públicos, Gobierno de la ciudad de Buenos Aires, 2012)

4.5 Beneficios en la calidad de vida

La utilización de vegetación es una herramienta que se ha implementado en recintos hospitalarios llegando a constituir organizaciones no gubernamentales que fomentan la incorporación de jardines o terrazas en los recintos hospitalarios, el efecto que han demostrado a la calidad de vida de los pacientes ha permitido que las fundaciones Inspira y Cosmo recuperen estos espacios, por ejemplo en el hospital del Salvador, Carlos Altamirano director del hospital destaca: El impacto que han generado los patios terapéuticos es muy importante y ha mejorado la calidad de vida de todos quienes visitan los espacios de naturaleza.

Roger Ulrich, psicólogo pionero en terapias naturales afirma que el hecho de visualizar áreas verdes, acelera la recuperación después de una intervención, infecciones o malestares aliviando también la salud mental del enfermo.

Es así como en hospitales de prestigio internacional como el Mercy Medical Center, Baltimore Washington Medical Center, Kennedy Krieger Institute, Hospital Johns Hopkins y UMD rehabilitación de EEUU han incluido jardines curativos en formas de terraza donde los pacientes pueden interactuar con las zonas vegetales, experimentando mayor tranquilidad en la recuperación y mejorando la calidad de vida., en sus principios se destaca:

“ Mirar un paisaje verde en vez de un techo gris, aumenta la potencial de sanación del paciente. El efecto positivo de las cubiertas tiene un efecto en la salud emocional y mental de los que siendo tratados como de los familiares que vienen a visitarlos.”

Jeffrey Walch, de la Universidad de Pittsburgh ha demostrado que los pacientes que están en recuperación de una cirugía en una pieza con luz natural y en vista a un jardín, necesitan un 22% menos de medicamentos en contra de los dolores.

En el caso de demencia senil los estudios avalan lo expuesto por Walch, donde el equipo de la Escuela de Medicina de la Universidad de la Exeter en Reino Unido en conjunto con National

Institute for Health Research Collaboration for Applied Health Research and Care South West Peninsula, afirmando que los jardines ofrecen espacios de bienvenida a la interacción con visitantes, estimulando los recuerdos de pacientes con demencia proporcionando mayor bienestar y calidad de vida.

Rebecca Whear investigadora a cargo del programa asegura que:

“Hay un interés creciente en mejorar los síntomas de la demencia sin el uso de fármacos, pensamos que los jardines podrían beneficiar a los pacientes con demencia proporcionándoles estimulación sensorial y un ambiente que desencadena recuerdos. No solo presentan la oportunidad de relajarse en un ambiente de calma, sino que también recuerdan habilidades y hábitos de los que han disfrutado en el pasado”.

Bajo este concepto las palabras de Felipe Correa director de proyectos de Cosmos ONG resultan convincentes:

“En su diseño (hospitales) es indispensable la incorporación de elementos que garanticen el beneficio síquico, físico y espiritual para sus usuarios, como la floración permanente en las plantas para que durante todo el año haya color y vida naciendo en el jardín. Asimismo, se incorporan plantas con diversos olores y elementos de relajación, como fuentes de aguas, bancos, posaderas y mesas”, Siendo una alternativa viable para esta enfermedad de grandes cifras, se estima que la mitad de la población mayor posee demencia senil, cifra que aumenta a 2/3 en hogares de ancianos.

Capítulo 5 : Conclusiones.

En base a las problemáticas planteadas y estudios recopilados se puede llegar a las siguientes conclusiones respecto a la implementación de cubiertas vegetales en recintos hospitalarios, en primer lugar, se identifica al sector de la salud como cartera pública de fuerte impacto económico, social y político. Las grandes inversiones que se destinan son el reflejo de la situación económica actual y estabilidad de un país, siendo un sector de fuerte inversión para nuevas edificaciones como existentes. Es por esto que es necesario incorporar nuevos sistemas constructivos como cubiertas vegetales a este tipo de infraestructura ya que en su mayoría son de gran superficie y de baja altura, lo que permite aprovechar de mejor manera los beneficios asociados a las cubiertas vegetales, además, el comportamiento de consumo energético particular de hospitales y cubiertas vegetales como aislante térmico hacen aprovechar de mejor manera los beneficios del sistema, ya que, los recintos hospitalarios con enfoque en el confort de usuarios presentan mayores gastos en verano por conceptos de climatización y las cubiertas vegetales tienen resultados altamente favorables como aislante térmico bajo altas temperaturas facilitando así su implementación como solución pasiva al edificio complementando sus beneficios a las ciudades, aumentando significativamente áreas de vegetación contribuyendo al ahorro energético por reducción del fenómeno de isla de calor urbano y disminución de consumo energético por climatización del edificio, además aportaría a la infraestructura de aguas lluvias de la ciudad. La presente investigación demuestra la necesidad de incorporar a la comuna de Santiago el sistema de cubiertas vegetales en hospitales dado que las cifras de vegetación se transformarían cuantitativamente a medidas tomadas internacionalmente siendo un sistema probado y efectivo para las problemáticas descritas siendo un sistema constructivo altamente difundido en otros países.

Es necesario la implementación de políticas de Estado que trasciendan al Gobierno de turno en materias de eficiencia energética y construcción sustentable, al existir cambios en las direcciones de los ministerios programas de eficiencia energética y planes medio ambientales pueden quedar sin financiamientos y retrasan la implementación de nuevas tecnologías a construcciones públicas como privadas, incentivar el uso de sistemas constructivos sustentables por medio de reducción de impuestos y beneficios tributarios es la alternativa a para fomentar este tipo de soluciones además se deben considerar las necesidades básicas como el confort en edificaciones de alto consumo, ya que se ha comprobado que la especialidad de climatización en

edificaciones es responsable de altos consumos energéticos y de emanaciones de CO₂ principal gas de efecto invernadero, es por esto que programas deben apuntar a soluciones pasivas (diseño arquitectónico) como activas (usos de energías) y su uso en conjunto concretar las metas propuestas a 15 años de reducción energética y emanación de contaminantes propuestas por Michelle Bachelet actual presidente de la nación. Los objetivos son ambiciosos por lo que considerar a las cubiertas vegetales como una alternativa complementaria es una medida concreta que contribuiría a los planes nacionales. Los certificados LEED altamente aprobados en Chile han demostrado tener un fin comercial siendo una alternativa complementaria a políticas públicas de eficiencia y medio ambiente, sin embargo, a la actualidad solo se aprecia 1 construcción pública terminada de los 67 proyectos ya realizados siendo el resto con fines particulares y del área comercial.

Estimar un ahorro específico por el uso de cubiertas vegetales en recintos hospitalarios así como determinar un consumo energético no resulta factible según lo expresado por los especialistas y estudios analizados, se llega a la conclusión que cada recinto hospitalario tiene factores que lo hacen únicos y complejos de analizar, poseen características y comportamientos similares entre ellos lo que puede asegurar el tipo de necesidad en los recintos, cualquier medida a implementar debe ser de manera general y completa por lo que cubiertas vegetales cumplen con las principales características necesarias para reducir consumos energéticos en este tipo de edificación. El uso de cubiertas vegetales en infraestructura hospitalaria, resulta relevante debido al valor agregado que puede otorgar a recintos de cuidados, se confirma que componentes naturales se asocian a una mejor recuperación de pacientes, el efecto positivo en las personas de visualizar un ambiente verde, es altamente recomendable y permite mejoras en aspectos ánimos y psicológicos permitiendo una mejor recuperación, ambiente laboral y calidad de vida. El aumento de áreas verdes significaría beneficios sectoriales en los lugares donde se implementan, permitiendo elevar la plusvalía de propiedades privadas alrededor y percepción del entorno.

Recopilada la información de implementación de cubiertas vegetales en otros países, se evidencia que Chile se encuentra con atrasos en materias medio ambientales en la regularización e implementación de cubiertas vegetales, el proyecto de ley se encuentra en el congreso hace más de 11 años siendo un sistema constructivo que ha demostrado tener múltiples beneficios y es una alternativa concreta a problemáticas nacionales. Existe un desconocimiento de sistemas de construcción sustentables en modo técnico a pesar de encontrar una amplia información literaria y de estudios con más de 20 años de implementación, es correcto afirmar que existen nuevas tendencias en distintas instituciones que han intentado fomentar este tipo de sistemas, sin

embargo, se ven limitadas a usos privados y complementadas a un sistema de certificación como el sistema LEED, asociado a tendencias más comerciales que medio ambientales. Las empresas y organizaciones que han promovido el sistema de cubiertas vegetales en Chile son de carácter privado y políticas públicas respecto a este tema no se encuentran en vigencia, el departamento del ministerio de salud por medio de Pablo Canales ha implementado una serie de requerimiento para las especificaciones técnicas de obras a construir que implementen cubiertas vegetales, las cuales abarcan conceptos arquitectónicos por condiciones de vista y entorno.

Chile presenta medios de certificación en materia ambiental, sin embargo se utilizan de forma comercial siendo particulares los principales interesados en su implementación, existen programas de eficiencia energética asociado a hospitales sin embargo estos apuntan al complemento de energías renovables y no al porqué del elevado consumo en estos recintos, como se ha demostrado en la recopilación de estudios de la presente memoria, la necesidad de confort en los recintos mencionados afecta directamente el uso de climatización elevando el consumo, por lo que mejorar las condiciones térmicas de la edificación es una solución real y concreta a la reducción de consumo energético del edificio, es en este punto donde los hospitales presentan un comportamiento distinto a edificaciones tradicionales donde el consumo energético es elevado y en promedio constante en el tiempo, sin embargo en condiciones de clima durante el año varia significativamente en verano e invierno.

En Chile existen múltiples empresas destinadas a la confección de cubiertas vegetales sin embargo faltan profesionales que estén capacitados en los nuevos sistemas constructivos, las organizaciones y profesionales dedicados a estos sistemas son formados de manera privada y la falta de especialistas genera un atraso en la implementación de sistemas sustentables, es aquí donde el rol de las casas de formación de nuevos profesionales Constructores Civiles e Ingenieros es necesaria, el conocimiento de nuevas tecnologías de construcción que permiten brindar soluciones debe ser incorporadas en la formación académica, mantener conocimientos íntegros de sus beneficios como de su ejecución facilitara su implementación la cual se identifica como necesaria en nuestro país, permitiendo así una buena ejecución, manejo de materiales, coordinación con especialidades comprometidas en el proceso, manejo de tiempos y reducción costos. Dentro de este punto se recalca la necesidad de implementar una ley que no solo abarque el sistema constructivo, sino que permita la capacitación de profesionales incentivando el uso de nuevas tecnologías.

Referencias

- Dirección de Propuestas; Gobierno de Chile. (2013). *Sistema Público de Salud, Situación actual y Proyecciones fiscales*.
- Agencia Chilena de Eficiencia energética. (17 de Diciembre de 2015). <http://www.acee.cl>. Obtenido de <http://www.acee.cl>: <http://www.acee.cl/hospitales-publicos-recibiran-10-mil-millones-de-pesos-para-inversion-en-eficiencia-energetica/>
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Secretaria de Salud. (2015). *Hospital Verde Bogotá, por un mundo sano*. Bogotá.
- Asociación de Concesionarios de Obras de Infraestructura Pública. (2016). *Informe Técnico de Concesiones*. Santiago.
- Asociación Española de Cubiertas verdes y ajardinamientos verticales. (Enero de 2012). <http://www.asescuve.org>. Obtenido de <http://www.asescuve.org>: <http://www.asescuve.org/cubiertas-verdes/normativa/>
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (15 de Junio de 2015). <http://www.bcn.cl>. Obtenido de <http://www.bcn.cl>: <http://www.bcn.cl/observatorio/europa/noticias/techos-verdes-en-ciudades-de-europa>
- Bustamante, N., Rojas, J. P., & Buris, P. (2014). *Análisis Crítico del Sistema de Salud Chileno*. Santiago.
- Camara Chilena de la Construcción . (2012). *Infraestructura Crítica para el Desarrollo, Análisis Sectorial 2012-2016*.
- Camara Chilena de la Construcción. (2016). *Seminario Infraestructura Hospitalaria*. Santiago.
- Canales, P. (22 de Abril de 2017). Arquitecto Master Construcción Sustentable. (J. C. Troncoso, Entrevistador)
- CNN Chile. (17 de Mayo de 2017). *Las lluvias y los desafíos en infraestructura en la capital*. Obtenido de <http://www.cnnchile.com>: <http://www.cnnchile.com/noticia/2017/05/17/las-lluvias-y-los-desafios-en-infraestructura-en-la-capital>
- Cofre, P. (29 de Agosto de 2013). La Apuesta de los Edificios Santiaguinos para Ahorrar Energía. *La Tercera*.

- Comisión de Estudios Habitacionales y Urbanos, Gobierno de Chile. (2011). *Sistema de Indicadores de Déficit Urbano-Habitacional y Calidad de Vida*. Santiago.
- Comisión Nacional de Energía . (2015). *Venta de energía eléctrica de distribución 2015*. Santiago.
- Construible, Todo sobre Construcción Sostenible. (18 de Noviembre de 2014). <https://www.construible.es>. Obtenido de <https://www.construible.es>: <https://www.construible.es/2014/11/18/cubiertas-verdes-ligeras-para-edificios>
- Diario U. de Chile. (7 de Febrero de 2017). Falta de infraestructura agudiza demanda de acabar con concesiones hospitalarias.
- Diseño + Arquitectura. (Diciembre de 2009). <http://dma.cl/>. Obtenido de <http://dma.cl/>: <http://www.dma.cl/WP/category/revista-da-n%C2%BA-21/>
- Eco Roof incentive Program. (2010). <http://www1.toronto.ca>. Obtenido de <http://www1.toronto.ca>: <http://www1.toronto.ca/wps/portal/contentonly?vgnextoid=09dd26456ba02410VgnVCM10000071d60f89RCRD>
- Electricidad, La revista energética de Chile. (28 de Junio de 2017). <http://www.revistaei.cl>. Obtenido de <http://www.revistaei.cl>: <http://www.revistaei.cl/2015/04/01/lanzan-programa-de-eficiencia-energetica-para-hospitales/>
- Espinoza, C. (25 de Enero de 2017). Islas de calor elevan hasta en 9° C la temperatura en comunas de la capital. *La tercera*.
- European Climate Adaptation Platform . (2015). <http://climate-adapt.eea.europa.eu>. Obtenido de <http://climate-adapt.eea.europa.eu>: <http://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/green-roofs-in-basel-switzerland-combining-mitigation-and-adaptation-measures-1>
- Gálvez, M. C. (2014). *Efectos del Uso de Techos y Fachadas Vegetales en el Comportamiento Térmico de Edificios*. Santiago.
- Gobierno de Chile. (2013). *Como Contratar una Obra Pública; 10 años Dirección Chile Compra*.
- Gobierno de Chile. (2016). *Avances del Plan de Inversión Hospitalaria 2014-2018*.

- Gobierno de Chile. (2017). <http://www.energia.gob.cl>. Obtenido de <http://www.energia.gob.cl>: <http://www.energia.gob.cl/eficiencia-energetica>
- Goyononechea, M. (2016). *Dificultades de la Inversión en Infraestructura*. Santiago.
- Green Building Council Chile. (2017). *GBC Chile*. Obtenido de GBC Chile : <http://www.chilegbc.cl/index.php>
- Green Roofs. (2017). <http://www.greenroofs.com>. Obtenido de <http://www.greenroofs.com>: http://www.greenroofs.com/Greenroofs101/industry_support.htm
- Grupo Tecnico de Techos Verdes. (2010). *Recomendaciones Tecnicas para Proyectos de Cubiertas Vegetales*. Santiago.
- INE. (2003). *Censo 2002, Sintesis de Resultados*. Santiago.
- Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires . (10 de Diciembre de 2012). <http://www2.cedom.gob.ar>. Obtenido de <http://www2.cedom.gob.ar>: <http://www2.cedom.gob.ar/es/legislacion/normas/leyes/ley4428.html>
- León, E., & Martínez, A. (2011). *Estructura y Comportamiento del Mercado de Salud en Chile*. Santiago.
- Lonely Planet. (21 de Noviembre de 2016). <http://www.lonelyplanet.com>. Obtenido de <http://www.lonelyplanet.com>: <http://www.lonelyplanet.com/news/2016/11/21/rooftop-copenhagens-green-power-plant-ski-slope/>
- Maldonado, D. (2008). Instalación de Cubierta Vegetal, Techos Verdes Esperanza. *BIT*, 50.
- Manquel, C. (Marzo de 2017). Ingeniero Eficiencia Energetica. (J. C. Troncoso, Entrevistador)
- MIDEPLAN; Departamento de Planificación y Estudios. (2002). *Evolución y Estructura de la Inversión Pública en Chile*.
- Ministerio de Ambiente y Espacios Públicos, Gobierno de la ciudad de Buenos Aires. (2012). *Cubiertas verdes en edificios públicos, Informe Técnico*. Buenos Aires.
- Ministerio de Salud. (2016). *Historia del Minsal 1 y 2 parte*. Obtenido de <http://www.minsal.cl/>
- Ministerio de Salud. (2017). *Programa Transparencia; Organigrama Institucional*.

- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (1996). *Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos*. Santiago.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2016). *Informativo Estadístico de Construcción*. Santiago.
- Ministerio del Medio Ambiente, Gobierno de Chile. (2016). *Inventarios Regionales de Gases de Efecto Invernadero, Serie temporal 1990-2013*. Santiago.
- Minke, G. (2004). *Techos Verdes, Planificación, Ejecución, Consejos Prácticos*. Alemania: Fin de Siglo.
- Miranda, R. (2016). Construcción Sustentable para Hospitales. *Certificación Edificio Sustentable*.
- Organización Mundial de la Salud. (2014). Comunicado de prensa. Ginebra.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico. (2016). *Índice de calidad de vida*.
- Peña, M. (2007). *El Efecto de Isla de Calor en Santiago*. Santiago.
- Pontificia Universidad Católica de Chile, VR+ARQ Chile. (2017). *Determinación de parámetros hidráulicos de cubiertas vegetales a través de experimentos de drenaje y simulación inversa con Hydrus 1D*. Santiago.
- Promix. (2016). *Promix, Sustratos de Cultivo*. Recuperado el Mayo de 2016, de <http://www.pthorticulture.com>
- Régimen Legal de Bogotá D.C. (2009). <http://www.alcaldiabogota.gov.co>. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co>: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=37179>
- Romero, H. (30 de Enero de 2015). Islas de Calor: Los lugares de Santiago donde hay 10 grados más que el promedio. *La Segunda*.
- Smith, P. (25 de Enero de 2017). Islas de calor elevan hasta en 9 °C la temperatura en comunas de la capital. *La Tercera*.
- The Guardian. (30 de Agosto de 2008). Environment: Johnson unveils secret weapon in war on climate change - the roof garden. *The Guardian*.
- Tokyo (Tokyo Metropolitan Government) Green Building Program. (7 de Noviembre de 2011). <http://www.c40.org>. Obtenido de <http://www.c40.org>: http://www.c40.org/case_studies/tokyo-tokyo-metropolitan-government-green-building-program

Univeridad de Chile. (5 de Agosto de 2015). <http://www.uchile.cl>. Obtenido de <http://www.uchile.cl>: <http://www.uchile.cl/noticias/113800/por-que-las-lluvias-afectan-tanto-la-infraestructura-en-santiago>

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería Agrícola. (2013). *Eficiencia en la Retención de Aguas Lluvias de Cubiertas Vegetales de tipo Extensivo e Intensivo*. Buenos Aires.

Urbana Arbolismo. (30 de Abril de 2017). <http://www.urbanarbolismo.es>. Obtenido de <http://www.urbanarbolismo.es>: <http://www.urbanarbolismo.es/blog/beneficios-de-las-cubiertas-vegetales/>

Urbanscape. (2016). *Sistema de Cubierta Verde*. Barcelona.

USGBC. (2017). www.usgbc.com. Obtenido de www.usgbc.com: <https://www.usgbc.org/leed>

Vera, R. (2008). *Aplicación Metodológica para la Determinación del Desempeño Energético en Hospitales de la región Metropolitana*. Santiago.

Wood, A. (2006). Teoría del nuevo rascacielos vernáculo .

Anexos

Anexo A: Especificaciones Técnicas cubierta vegetal hospital Félix Bulnes,
Santiago

PROGRAMA CONCESIONES
INFRAESTRUCTURA HOSPITALARIA

02ARQ

Arquitectura

Especificaciones Técnicas

HFB-PD-02ARQ -DE 0003-00i

M.05.04.2016

PROYECTO DEFINITIVO – REV 00i

HOSPITAL FÉLIX BULNES (HFB)



Programa de Concesiones de Infraestructura Hospitalaria



Sociedad Concesionaria METROPOLITANA DE SALUD S.A.

ENVOLVENTE DE ALTA EFICIENCIA

El documento de EE incluye una Memoria Descriptiva que desarrolla la Metodología General según la cual se han analizado todos los aspectos relativos a la Eficiencia Energética incluyendo las consideraciones, análisis y conclusiones del trabajo realizado.

Se analizan tanto las medidas relativas al Diseño Pasivo como las relativas a las Instalaciones relacionadas con el consumo energético, Instalación Termo mecánica, de Ventilación, de Climatización y de Vapor, Instalación de Iluminación e Instalación Eléctrica.

Especialmente se ha estudiado la eficiencia de la optimización de la Envoltente Térmica del Edificio.

CUBIERTAS

En general las cubiertas deberán consistir en sistemas de techos que aseguren la perfecta estanqueidad al agua y nieve y en ningún caso, depender de sellos tipo silicona para tapar fallas de diseño.

Se complementarán con las bajadas de aguas lluvias y gárgolas, todas registrables, con diámetros de caños no inferiores a Ø 150mm. La solución de las cubiertas incluirá aleros, barandas, encuentros con antepechos, pasadas de todo tipo, instalación de equipos, pasarelas y tránsito de personas para mantenimiento y/o uso para expansiones según lo indicado en planos. Adicionalmente, se deberá coordinar con el sistema de lavado y mantenimiento de fachadas.

En general, todos los últimos pavimentos de los edificios que compongan el Hospital se cerrarán en su parte superior mediante losa de hormigón armado; sobre éstas se podrán utilizar cubiertas de diversas calidades. Cualquier opción deberá cumplir con las exigencias de acondicionamiento térmico planteadas en el Art. 4.1.10., de la ordenanza General de Urbanismo y Construcciones y con lo establecido en el Anteproyecto de Eficiencia Energética.

- Techos Exteriores con aislación de 12 cm de espesor

La composición del techo exterior se detalla en las especificaciones del anteproyecto de Eficiencia Energética coordinado con planos de Arquitectura y escantillones.

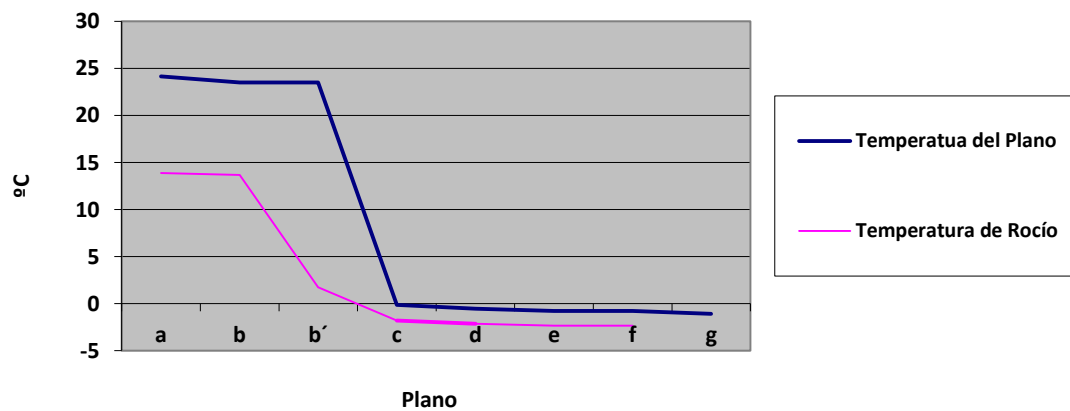
El análisis térmico de la solución constructiva del techo exterior es la siguiente:

$$k = 0,27 \text{ W/m}^2\text{°K}$$

Elemento	Cara	Espesor (m)	Conductibilidad térmica W/m°C	Resistencia térmica m ² °C/W	Permeabilidad g/(m.h.kPa)	Permeancia g/(m ² h.kPa)
Aire interior				0,12		
	A					

Losa de H° A°		0,15	1,63	0,09	0,075	2,00
	B					
Barrera de Vapor					0,012	83,33
	B					
Plancha Aislante		0,12	0,04	3,35	0,0075	16,00
	C					
Contrapiso		0,10	1,63	0,06	0,075	1,33
	D					
Carpeta de Nivelación		0,05	1,63	0,03	0,06	0,83
	E					
Baldosa		0,00	1,10	0,00	0,1	0,03
	F					
Aire Exterior				0,04		

Temperaturas en los Planos del Techo Exterior



CUBIERTA PLANA AJARDINADA

ALCANCE

Cubierta plana a ejecutar en las losas de última planta del basamento, con acabado a base de tierras vegetales y plantas nativas de escasa mantención según indican planos de arquitectura y paisajismo.

MATERIAL

Para ésta partida se contempla la utilización de sistema “Green Roof extensivo”, el cual consta de una solución de impermeabilización de poliuretano más una serie de elementos que aseguran la estanqueidad en el largo plazo y contribuyen a mejorar la vida del jardín y reducir los costos de riego.

La estratigrafía será la siguiente:

- Losa de hormigón armado.
- Impermeabilización principal membrana de poliuretano e=1,5 mm.
- Mortero polimérico de protección e=3,0 mm.
- Aislación térmica, de 12 cm de espesor de Aislapor o similar
- Lamina de polietileno.
- Sobrelosa de hormigón e medio= 10 cms.
- Mortero de regulación e medio= 2,0 cms.
- Impermeabilización secundaria membrana de poliuretano e=1,5 mm.
- Mortero polimérico de protección e=3,0 mm.
- Barrera contra raíces de HDPE.
- Drenaje con Geotextil
- Medio de crecimiento hasta donde indique el proyecto de paisajismo.
- Vegetación según Paisajismo

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

Soporte estructural (losa)

Las superficies a impermeabilizar deberán estar limpias y sin acumulaciones de agua y libres de productos químicos tales como brea, aceite, asfalto, grasa, membranas de curado o pintura. Dejar secar la superficie por lo menos 24 horas después de eliminar el agua de curado o los moldajes de las paredes. Se deberán eliminar fierros o alambres salientes, restos de mortero secu otros materiales sueltos. Se deberán reparar todos los nidos de piedras, zonas con excesiva porosidad, oquedades y otros elementos que pudieran causar un punzonamiento a la membrana o que pudiera interferir con la adecuada adherencia.

Membrana en Losa

La membrana para la losa será a base de poliuretano, de aplicación líquida y en frío, libre de alquitrán y carbono, fabricada bajo norma ISO 9001-2000, en un espesor de 1,5 mm. Deberá tener la propiedad aplicarse en sustrato húmedo y una elongación superior al 750%.

Como primera medida, se deberán sellar todas las grietas ocasionadas por movimientos estructurales, deberán ser tratadas con sello de poliuretano. Se deberá instalar un cuarto de rodón en todas las juntas, grietas ó perforaciones, se deberán ejecutar medias cañas en todos los ángulos o encuentros horizontal/vertical, este tratamiento se dejará curar por un mínimo de 24 horas previo a la aplicación de la membrana. Los restos de producto deben limpiarse con Tolueno de cualquier marca comercial, previo a la aplicación de la membrana. Se deberá aplicar directo sobre la losa estructural la membrana en una capa de 1,5 mm de espesor, mediante rodillo o escurridor de goma, procurando dar una terminación uniforme.

Se deberá aplicaren retornos, paramentos verticales y en superficies horizontales.

No antes de 48 horas de aplicado se deberán realizar diques de contención con el fin de cargar con al menos 1" de agua la totalidad de la superficie, carga que deberá mantenerse por un mínimo de 24 horas.

Los diques podrán efectuarse con arena, yeso o en la mayoría de los casos con membrana asfáltica, la cual deberá ser pegada con calor, cuidando de sobre manera no aplicar fuego directo a la membrana de poliuretano.

Las pruebas de agua se mantendrán hasta que se efectúen las labores de relleno para así evitar tránsito de personas y equipos, previniendo daños o punzonamientos a la impermeabilización.

Las pruebas de agua son una parte fundamental del trabajo de impermeabilización puesto que representan una prueba extrema de eficiencia al sistema instalado, además son la única forma real de revisar que la instalación de los productos utilizados se encuentra libre de defectos.

-PROPIEDADES DE LA MEMBRANA.

La membrana deberá cumplir con las propiedades mínimas indicadas en el siguiente cuadro:

ASTM C 836	REQUERIMIENTO	TREMPROOF
Material	Debe curar y mantener un sellado contra el agua	Deberá Exceder el ensayo correspondiente
Estabilidad (26,7º C)	Tiempo de conservación de 6 meses	Deberá Exceder el ensayo correspondiente
Pérdida de peso	20% Pérdida Máxima, 80% de sólidos como mínimo	8-10% de pérdida 90-92% de sólidos
Baja temperatura	Diez ciclos a -26º C	Deberá Exceder el ensayo correspondiente
Flexibilidad y resistencia al agrietamiento	0 - 3,2 mm ; 3,2 - 0 mm = 1 ciclo. No presenta pérdida de adherencia	Deberá Exceder el ensayo correspondiente
Adherencia luego de inmersión en agua	4.4 N	< 22 N

Extensibilidad luego de envejecimiento con calor	La membrana debe hacer de puente en una grieta de hasta 6.4 mm	Deberá Exceder el ensayo correspondiente
--	--	--

Mortero de protección

Cuando la impermeabilización cumpla el proceso de curado se deberá proteger mediante un mortero polimérico de protección de 3 mm de espesor, en paramentos verticales para luego recibir revestimiento final definido por Arquitectura.

Aislación térmica

De acuerdo al proyecto de Eficiencia energética se deberá instalar una aislación de 12 cm de espesor de espuma rígida de poliestireno sobre la membrana de poliuretano, según norma chilena oficial NCh 1070 of 84, con un coeficiente de conductividad térmica de 0,034 W/mK.

Lamina Polietileno

Lamina de polietileno e: 0,10mm

Sobrelosa

Se deberá ejecutar una sobrelosa con una pendiente mínima de un 2% realizada en Hormigón.

Mortero de Regulación:

Se deberá ejecutar un mortero de regulación con un espesor medio de 2 centímetros, con el fin de tapar las perlas de polietileno que se encuentren en la sobrelosa y generar una superficie uniforme entre la sobrelosa y la segunda capa de impermeabilización.

Segunda capa de impermeabilización:

Se deberá aplicar una segunda capa de impermeabilización con la membrana de poliuretano descrita en el punto 7.2.1.3.2., en una capa de 1,5 mm de espesor, de acuerdo a los mismos procedimientos descritos para la primera capa.

Mortero de protección

Cuando la impermeabilización cumpla el proceso de curado se deberá proteger mediante un mortero polimérico de protección de 3 mm de espesor, en paramentos verticales para luego recibir revestimiento final definido por Arquitectura.

Barrera contra raíces

Una vez que se haya aplicado el mortero de protección, se procederá con la instalación de una *RootBarrier*, (barrera contra raíces de polietileno de alta densidad) (HDPE) con tratamiento químico, espesor 1,0 mm, con traslapes termofusionados. Esta barrera tiene como objetivo prevenir de la intrusión de raíces en la membrana, protegiéndola así de posibles daños mientras se completa la instalación de los componentes del Sistema. Además, conforma una impermeabilización adicional.

Dren para Green Roof:

Posteriormente y sobre la barrera contra raíces se deberá instalar el sistema de drenaje compuesto por una plancha de poliestireno extruido con nódulos, estos nódulos son los que almacenan el agua e impiden que la vegetación se seque, el exceso de agua es eliminado a través de perforaciones especiales para estos efectos.

El sistema deberá incluir manta filtrante de velo de vidrio por ambas caras, una para evitar el paso de sólidos al interior del dren y la otra para proteger la impermeabilización de la carga del jardín. El espesor del dren será de 1/2”.

El dren deberá cumplir la norma ASTM 4491 Water Permeability of Geotextiles by Permittivity, D4751 Determining Apparent Opening Size of a Geotextile, D378 Rubber (Elastomeric) Belting, Flat Type.

PROPIEDADES DEL DREN

El dren deberá cumplir con las propiedades mínimas indicadas en el siguiente cuadro:

PHYSICAL PROPERTIES	1/2" (1.27 cm) CORE	1" (2.54 cm) CORE	TEST METHOD
------------------------	------------------------	----------------------	----------------

plants	Sedum	Perennials, Large Shrubs & Small trees	
Soil *	Mineral soil or Organic	Mineral soil or Organic	
Estándar fabric	Non- Woven Filter Fabric	Non- Woven Filter Fabric	
Grab-Tensile (N)	400	400	ASTM D4632
FlowRate	16 GPM/ft ²	21 GPM/ft ²	ASTM D4491
AOS, 095 (sieve)	80	80	ASTM D4751
Core (Water reservoir)	1600 cm ³ /m ²	3300 cm ³ /m ²	
Fabric (Cushioning)	4.0 oz/yd ²	4.0 oz/yd ²	ASTM D378
Treated Fabric	W/Copper Hydro xide	W/Copper Hydro xide	
Grab-Tensile (N)	335	335	ASTM D4632
Opening Size (Microns)	<80	<80	CGSB 148.1- 10

Retenedor

Se deberá considerar la colocación de un perfil en “L”, de acero inoxidable con ranuras de 3 mm de ancho espaciadas a no más de 1” (para el paso del agua), de 1 mm de espesor y una altura que sobrepase en al menos 2 cm el medio de crecimiento (sustrato), éste retenedor se instalará sobre el drenaje y actuará como contenedor del sustrato de crecimiento. Dicho perfil se debe

instalar a no menos de 30 cm de todo el perímetro del techo, tubos o ductos de ventilación, lucarnas, patas de equipos, o cualquier singularidad, evitando de ésta forma que el jardín quede en contacto directo con los muros perimetrales o con éstos otros elementos descritos. Entre el retenedor y el muro se deberá rellenar con áridos seleccionados por paisajismo.

Cajas de registro para bajadas de agua

Se utilizará un marco cuadrado de acero inoxidable con ranuras de 3 mm de ancho espaciadas a no más de 1" (para el paso del agua), de 1 mm de espesor y una altura que sobrepase en al menos 2 cm el medio de crecimiento (sustrato). La caja deberá contar con una tapa de acero inoxidable la cual permita el registro de las bajadas de agua presentes en el jardín. Los lados de la caja deberán tener un largo mínimo que supere en al menos un 20% al diámetro o lados de los ductos de desagüe. Se instalará apoyada sobre el dren, centradas sobre las bajadas de agua y tendrán también un retenedor a 30 cm de todas las caras de la caja, con un relleno de áridos entre ambos marcos el que evitará que las raíces puedan penetrar en éste registro.

Método de mensura.

- La unidad de medida de la membrana de poliuretano será el m².
- La unidad de medida del mortero de protección será el m².
- La unidad de medida de la barrera antiraíces será el m².
- La unidad de medida del drenaje será el m².
- La unidad de medida del retenedor perimetral será el metro lineal.
- La unidad de medida de las cajas de registro será la unidad.

Se incluye también en esta partida la ejecución de los recorridos de mantención que sean necesarios para acceder a los equipos de instalaciones, ejecutándose los mismos con baldosas filtrantes y aislantes constituidas por una capa de poliestireno extruido y una capa de hormigón poroso de altas prestaciones, de dimensiones aproximadas 600x600 mm y 40 mm de espesor de poliestireno extruido.

Acabado con un sustrato especial de espesor entre 13 y 25 cm., sobre el que se colocarán plantas nativas ecológicas de fácil o escasa mantención con una densidad de 25 ud/m². medidas en el anteproyecto 15 de Paisajismo.

Anexo B: Boletín comisión vivienda y urbanismo, modificación de ley.

BOLETÍN 4682-14

7 de diciembre de 2006 ISSN 0787-0415

I. DESCRIPCIÓN

REFERENCIA : Modifica la Ley General de Urbanismo y Construcciones, en materia de cubiertas ecológicas

INICIATIVA : Moción de los senadores Sres. Espina, Horvath, Navarro, Procuraça y Sabag

COMISIÓN : Comisión de Vivienda y Urbanismo

ORIGEN : Senado

INGRESO : 15 de noviembre de 2006

CALIFICACIÓN: Sin urgencia

ARTICULADO : Artículo único, que agrega un nuevo artículo 1º bis B) a la ley general de Urbanismo y Construcción.

OBJETO DE LA INICIATIVA

Exigir una capa vegetal emplazada en el techo o fachadas laterales¹ de los edificios, a razón de 50 m² por cada 1000 m² de construcción.

Permitir que, si el solicitante del permiso de construcción lo justifica, se pueda omitir esa carpeta ecológica si el edificio está emplazado en zona que no está saturada ni latente, por concentración de contaminantes.

CONTENIDO ESPECÍFICO

Artículo único.-

Agréguese a la Ley General de Urbanismo y Construcciones la siguiente disposición:

“Artículo 116 Bis B).- Las solicitudes de permisos de construcción de edificios en áreas declaradas como zona saturada o latente por concentración de contaminantes en el aire conforme lo dispuesto por la ley 19.300, deberán contemplar la construcción de cubiertas ecológicas. Lo anterior se deberá contemplar en una proporción de, a lo menos, 50 metros cuadrados de cubierta ecológica por cada 1.000 metros cuadrados construidos.

En el caso de áreas urbanas que no estén afectas a alguna de las declaraciones señaladas en el inciso anterior, las solicitudes de permisos de construcción deberán acompañar antecedentes sobre la factibilidad de la construcción de cubiertas ecológicas, y en su caso, las razones que justifiquen la negativa a incorporarlas en el proyecto definitivo.

Se entiende para efectos de esta ley como cubiertas ecológicas a aquella capa vegetal emplazada en el techo o fachadas laterales de una construcción.

¹ Denominada “cubierta ecológica”.

El reglamento establecerá las menciones y antecedentes concretos que deberán acompañar los solicitantes de permisos de construcción en relación a las cubiertas ecológicas, como las características y especificaciones técnicas que se deberán observar en su construcción.”

FUNDAMENTO, SEGÚN LA INICIATIVA

La moción de fundamenta en las siguientes consideraciones:

Lo establecido en el número 8 del artículo 19 de la Constitución de la República, el cual consagra “El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza”.

La experiencia y los antecedentes que existen acerca de los beneficios ambientales que genera la colocación de vegetación apropiada en los sectores desprovistos de ella y donde resulte posible en los centros urbanos. En tal contexto se destacan las denominadas “Cubiertas Ecológicas”, consistentes en capas de vegetación ubicadas en los techos y fachadas laterales de edificios, las que además de mejorar la calidad del proyecto inmobiliario para sus usuarios, embellecen la ciudad y aportan sustantivamente a la descontaminación de zonas que se encuentran afectadas por una alta emisión de sustancias contaminantes del aire.

El trabajo desarrollado por la Arquitecto Karin Soto Cox, a partir del cual se constatan las siguientes ventajas concretas de las referidas cubiertas ecológicas:

Logran filtrar de partículas contaminantes, mejorando la composición del aire.

Moderan el efecto urbano de isla de calor, ya que al retener la humedad y soltarla al ambiente en forma gradual, mantienen una temperatura más uniforme a lo largo del día.

Sedimentan el polvo, al lograr filtrar las partículas en suspensión, principalmente durante las lluvias, dependiendo de la profundidad del suelo.

Reducen el riesgo de inundaciones urbanas. Es así como una cubierta de 8 cms. de espesor, retendría un 50% del agua lluvia, disminuyendo sus efectos sobre los habitantes y de las canalizaciones urbanas.

Crean ecosistemas de especial interés, al permitir la integración del inmueble al entorno natural, lo que aumenta el atractivo del edificio.

Son excelentes aislantes térmicos hacia el interior y hacia el exterior del edificio, manteniendo una baja oscilación térmica, lo que se traduce en sustantivos ahorros en calefacción y aire acondicionado.

Son excelentes aislantes acústicos. Es así como con una capa de tierra de 8 cms. se aíslan 40db.

Permiten rescatar un nuevo espacio de esparcimiento y recreación que también permitiría el cultivo de hortalizas y flores, convirtiéndose en un espacio productivo.

La experiencia internacional, a partir de la cual se han constatado los ventajosos resultados de las referidas cubiertas ecológicas. Es así como ante el grave problema de contaminación en el aire que sufre la ciudad de Chicago, la agencia de protección al medioambiente de Estados Unidos (E.P.A.) junto con autoridades de la ciudad, elaboró un programa de enverdecer las cubiertas de la ciudad con cubiertas ecológicas. Hashem Akbari, científico colaborador de la E.P.A., a partir de un modelo computacional, predijo que como resultado de la aplicación de cubiertas ecológicas en la ciudad de Chicago se podría reducir hasta en 5 grados Celsius la temperatura en las épocas más calurosas, lo que podría significar un ahorro de hasta 100 millones de dólares al año. Lo anterior, debido a que se podría disminuir en un 10% las necesidades de aire acondicionado, como consecuencia de la mayor capacidad aislante de las construcciones que incluyen tales cubiertas, la cual oscila entre 20 a un 30% en comparación a una estructura estándar; todo lo cual además traería como

consecuencia beneficios relevantes en materia de consumo de energía, ya que demanda máxima de electricidad se vería reducida hasta en 720 megavatios, energía equivalente a la generación de varias estaciones de carbón o de una planta de energía atómica pequeña.

Otro ejemplo en el mismo sentido es la ciudad de Tokio, cuyo Gobierno Municipal introdujo a partir de octubre del año 2001, normas que establecen que los nuevos edificios que sobrepasen los 1000 m² en planta, deben desarrollar un 20% de cubierta con vegetación.

También se destaca el caso de Alemania, precursores en esta materia, donde existen importantes incentivos financieros y tributarios para la construcción de cubiertas ecológicas.

Pero más allá de los beneficios señalados, las cubiertas ecológicas abren nuevos espacios de expresión artística. En tal sentido cabe destacar el trabajo del connotado artista austriaco Friedensreich Hundertwasser, quien no solo expresó su arte a través de la pintura, sino que también por medio de la arquitectura. Es así como utilizó las cubiertas ecológicas como medio para expresar su concepción en cuanto a que “los techos deben ser la continuación de la tierra y no aquello que se erige desafiante sobre ella.”

Los mayores costos que podría significar la construcción de cubiertas ecológicas para los particulares, en realidad constituyen una inversión que en definitiva aumentará el valor del inmueble, en atención los beneficios que lleva aparejado para el edificio y sus usuarios.

La necesidad de adoptar medidas eficaces y de fondo a fin de enfrentar la grave situación ambiental que existe en muchas de nuestras ciudades, en las que la contaminación del aire pone en serio riesgo la salud de sus habitantes, afectando gravemente su calidad de vida.

ii. COMENTARIOS de LIBERTAD Y DESARROLLO

IMPLICANCIAS CONSTITUCIONALES

1.- Materia de ley. Conforme a lo dispuesto en el artículo 19, N° 24, de la Constitución Política, se garantiza el derecho de propiedad en sus diversas especies, y se permite que la ley establezca el modo de adquirir la propiedad, usar y gozar de ella, así como las limitaciones y obligaciones que deriven de su función social. Agrega la norma constitucional que ésta comprende cuanto exijan los intereses generales de la Nación, la seguridad nacional, la utilidad y la salubridad públicas y la conservación del patrimonio ambiental.

Diversas normas legales establecen limitaciones a la propiedad y la gravan con ciertas obligaciones, de lo cual sirve de ejemplo la legislación sobre urbanismo y construcciones. En efecto, dicha legislación tiene generalmente por objeto establecer las limitaciones y prohibiciones a que están afectas las propiedades urbanas.

Dichas limitaciones solo pueden ser establecidas por ley, que es precisamente lo que propone el proyecto de ley en examen. Siendo así, versa sobre materia de ley, de rango común u ordinario.

2.- Medio ambiente. Contrariamente a lo que sostiene la moción, en el sentido de que el proyecto se fundamentaría en lo dispuesto en el artículo 19, N° 8, de la Constitución, el proyecto de ley no versa sobre materia ambiental. En efecto, lo que el recién citado precepto autoriza es establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente, pero no faculta al legislador para imponer obligaciones, como la que

se viene proponiendo en el proyecto, consistente el establecimiento de cubiertas ecológicas en los edificios.

La obligación que se impone afecta a quienes construyan edificios y, consecuentemente, a quienes compren departamentos o unidades en ellos.

La circunstancia de que la construcción de una cubierta ecológica sea obligatoria en edificios emplazados en zonas saturadas o latentes, no constituye sino una obligación impuesta al constructor de un edificio; la obligación no se impone del mismo modo si el edificio se encuentra en un área no saturada o de saturación latente.

Lo que sí podría tener sentido, es lo dispuesto en el artículo 19, N° 24, en cuanto autoriza a la ley para establecer limitaciones y obligaciones que deriven de su función social. Dentro de este concepto, se incluye la conservación del patrimonio ambiental, denominado también, por esa razón, función ambiental de la propiedad.

El hecho de que la propia moción consista en modificar la ley general de vivienda y Urbanismo (aunque remitiéndose a la ley de bases del medio ambiente) viene a confirmar que la base constitucional del proyecto de ley es una afectación del uso y goce del derecho de dominio y no una regulación propiamente ambiental.

El hecho de contar con una base constitucional para legislar no valida por ese solo hecho, la presentación del proyecto de ley.

COMENTARIOS DE MÉRITO

El proyecto de ley, se aparta de la estructura legislativa para abordar los problemas de contaminación que tiene el país.

El legislador no puede menos que respetar el derecho de las personas a vivir con o sin enredaderas en sus balcones.

5.-
Conclusión.

El proyecto es constructivista en la medida que impone una conducta, que tiene un costo económico, sobre la base de que el legislador sabe mejor que las personas dónde y cómo es conveniente vivir, dado un determinado presupuesto (que el legislador, por cierto, ignora).

La lógica que representa el proyecto equivale a exigir el consumo de carne solamente de categoría V o de primera, dadas sus supuestas mejores características nutritivas, de sabor, facilidad de cocción, etcétera.

Es necesario, una vez más, repetir que una buena idea, si es tal, y si está al alcance de las personas, se impondrá por sí sola; su imposición por la coacción legal solo produce distorsiones y hace que las personas incurran en costos que probablemente no tengan considerados, o no puedan o no quieran financiar.