



ANÁLISIS DE COSTO
DIRECTO DE CONSTRUCCIÓN
EN LA REHABILITACIÓN
SUSTENTABLE DE UN
EDIFICIO SITUADO EN LA
CIUDAD DE TALCA

Profesor: Armando Durán Bustamante

Alumno: Mario Rojas González

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su encargado Biblioteca Campus Curicó certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



UNIVERSIDAD DE TALCA
DIRECCIÓN
SISTEMA DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD DE TALCA
SISTEMA DE BIBLIOTECAS
CAMPUS CURICO

Curicó, 2022

Resumen ejecutivo

Los problemas ambientales con los que tiene que lidiar el planeta son cada vez más destructivos y nocivos tanto para el mismo como para los seres vivos que habitamos en él. Esto se debe a que la forma que tenemos de relacionarnos con el medio ha surgido por la demanda de las personas y lo que están dispuestas o son capaces de pagar pero sin mirar la otra cara de la moneda de cuáles son los costos que estamos pagando día a día por mantener este estilo de vida.

El área de la construcción es una de las áreas de trabajo con mayor demanda en todos los países, considerada incluso como un impulsador de la economía nacional y como una práctica que a medida que las ciudades van creciendo se hace más necesaria. A la vez es una de las actividades que más problemas trae para el planeta ya que los procesos utilizados, las técnicas para extraer materiales, los derrames de elementos nocivos para el planeta y los consumos de recursos en etapa de operación de lo construido constituyen gran parte de la contaminación.

Es por esto que con el tiempo se han ido creando nuevas alternativas para la construcción, haciendo de esta una técnica cada vez más sustentable. Estas técnicas van enfocadas a nuevas construcciones en las que la sustentabilidad esta aplicada en todas sus etapas, desde el diseño a la operación. Pero uno de los problemas es que los edificios que fueron construidos en el pasado, no cuentan con consideraciones de sustentabilidad, lo que los hace ser contaminantes y de bajo rendimiento, generando consumos altos para mantener un grado de confort agradable para sus ocupantes y perdiendo grandes cantidades de energía que no es bien aprovechada por quienes la pagan. Con esto nace la idea de realizar una rehabilitación sustentable que ayude a que los edificios que fueron construidos sin consideraciones de sustentabilidad, puedan incorporarlas por medio de obras de construcción anexas que vayan de acuerdo con la materialidad y los problemas observados por expertos y por sus mismos ocupantes.

Con el fin de realizar una buena rehabilitación se realizara un análisis exhaustivo de la funcionalidad de un edificio situado en la ciudad de Talca, las patologías presentes que representen problemas para sus ocupantes y la utilización y elección de los sistemas para mantener espacios confortables para sus ocupantes pero que no derrochen la energía para lograr este objetivo. Basándose en las estrategias de construcción sustentable, los estándares de construcción sustentable y diferentes sistemas de aprovechamiento de la energía se propondrán mejoras para el edificio con el fin de establecer cuales son más factibles técnica y económicamente y de qué forma esto repercutirá en la calidad de vida de las personas, en los pagos mensuales por cada recurso y en los estilos de vida de las personas.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	4
1.1 Introducción	4
1.2 Objetivos	5
1.2.1 Objetivo General	5
1.2.2 Objetivos específicos.....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1 Sustentabilidad y su relación con la construcción	6
2.1.1 Definición de sustentabilidad y sostenibilidad.....	6
2.1.2 Desarrollo sustentable	7
2.1.3 La construcción y el impacto ambiental.....	7
2.1.4 Construcción sustentable	8
2.2 Rehabilitación sustentable de un edificio ya construido	10
2.2.1 Edificios verdes.....	11
2.2.2 Certificación LEED para edificios verdes	11
2.2.3 Estándares de construcción sustentable para viviendas de Chile.....	15
2.2.4 Estrategia nacional de construcción sustentable.....	16
2.2.5 Manual de procedimientos calificación energética de viviendas en Chile	17
2.2.6 Reglamentación térmica Chile	17
2.3 Conceptos y definiciones	18
2.3.1 Reacondicionamiento térmico	18
2.3.2 Confort térmico	18
2.3.3 Conductividad y resistividad térmica	19
2.3.4 Resistencia y transmitancia térmica.....	20
2.3.5 Envoltente.....	21
2.3.6 Puentes térmicos.....	22
2.3.7 Sistema PassiveHouse.....	23
2.3.8 Patologías de la construcción.....	25
CAPITULO III: METODOLOGÍA Y DESARROLLO	26
3.1 Metodología	26
3.1.1 Interacción con los residentes.....	26
3.1.2 Análisis del edificio	27

3.1.3 Modelos 3D edificio.....	29
3.1.4 Desarrollo de propuestas de mejora.....	29
3.1.5 Resultados obtenidos.....	29
3.2 Desarrollo.....	30
3.2.1 Ejecución encuesta.....	30
3.2.2 Resultados de la encuesta.....	37
3.2.2 Análisis general edificio en estudio.....	42
3.2.3 Análisis de materialidad y patologías.....	48
3.2.4 Análisis de consumo agua potable.....	52
3.2.4.1 Minimización de consumo.....	53
3.2.4.2 Análisis de consumo.....	53
3.2.4.3 Cálculo de usos diarios según artefacto.....	56
3.2.5.4 Demanda diaria de referencia por artefacto.....	59
3.2.6 Propuesta de solución para minimización de consumo de agua en la vivienda.....	61
3.2.7 Propuesta de solución energética.....	66
3.2.8 Análisis gestión de residuos domiciliarios.....	79
3.2.9 Propuesta solución para la gestión de residuos domiciliarios.....	82
<i>(Fuente: Elaboración propia)</i>	84
<i>(Fuente: Elaboración propia)</i>	85
CAPITULO IV: RESULTADOS OBTENIDOS.....	86
5.1 Reducción tramitancia de la envolvente.....	86
5.2 Mejoramiento del sistema de residuos.....	86
5.3 Mejor calidad del aire interior.....	87
5.4 Reparación de las patologías existentes y condiciones térmicas.....	87
5.5 Comportamiento ante la humedad según norma.....	88
5.6 Reducción de los consumos de agua.....	88
CAPITULO V: COSTO DIRECTO REHABILITACION SUSTENTABLE.....	89
CAPITULO VI: CONCLUSIONES.....	90
Bibliografía.....	92

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Introducción

Analizado desde el punto de vista de la construcción, la cual es una actividad de alta demanda en Chile y que se mantiene en constante desarrollo, la sustentabilidad se plantea como un reto y a la vez como una oportunidad, ya que progresivamente se exigen mejores soluciones tanto en diseño, eficiencia energética y calidad de las edificaciones lo que hace surgir nuevas alternativas que acogen los parámetros de sustentabilidad con vistas hacia lograr un desarrollo sustentable para el país y una mejora a la calidad de vida de las personas.

Un proyecto que es sustentable debe serlo de principio a fin, es decir, en sus etapas iniciales donde se establece el diseño, luego en la etapa de ejecución y para finalizar en la etapa operacional, en esta última fase, se da uso al edificio para la función que fue diseñado y construido, es la etapa más extensa y se relaciona directamente con la calidad de vida de las personas, residentes u ocupantes, manteniendo en su interior condiciones agradables y/o necesarias para la vida como lo son la temperatura, calidad del aire, acceso a actividades al aire libre entre otras.

Esta memoria se enfoca específicamente en realizar una rehabilitación sustentable a edificios que se encuentren en su fase operacional, es decir, que ya lleven tiempo construidos y que tengan residentes, observar necesidades o dificultades existentes en estos edificios con el fin de mejorar las condiciones de vida que este entrega, analizar diferentes propuestas de mejoras para la envolvente del edificio o sistemas utilizados en climatización o ventilación de interiores, evaluar costos de implementación evaluando así factibilidad económica de la solución, todo con el fin de reacondicionar espacios construidos, aportar con ideas para la rehabilitación sustentable como práctica y mejor aprovechamiento de los recursos, con esto fomentar el concepto de sustentabilidad para todas las personas, llevándolo tanto a proyectos que están por comenzar como a la rehabilitación de espacios ya construidos, mejorando así la calidad de vida de los ciudadanos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Realizar una propuesta de rehabilitación sustentable de un edificio situado en la ciudad de Talca, con el fin de establecer una metodología a seguir para la rehabilitación sustentable de otros edificios ya construidos para que se adhieran a los parámetros de sustentabilidad establecidos en Chile, mejorando el uso de recursos energéticos y mejorando la calidad de vida de sus residentes.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analizar un edificio y todas las partes que lo componen basándose en criterios de sustentabilidad con el fin de elaborar una propuesta de mejoras que acerquen a este edificio a ser un edificio sustentable.
- Desarrollar una encuesta con el fin de obtener información acerca del nivel de confort de los habitantes del edificio para priorizar mejoras a realizar.
- Realizar un modelo 3D del edificio en estudio en el cual se pueda apreciar el edificio antes de su rehabilitación y mostrar en el las instalaciones adicionales necesarias para que sea un edificio sustentable.
- Desarrollar propuestas de rehabilitación sustentable considerando la información obtenida, los Estándares de Construcción Sustentable en Chile y otras metodologías de sustentabilidad existentes.
- Comparar el confort alcanzado con la rehabilitación sustentable con el apreciado en las encuestas y análisis previos para demostrar beneficios alcanzables para el planeta y los habitantes del mismo.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Sustentabilidad y su relación con la construcción

2.1.1 Definición de sustentabilidad y sostenibilidad

El concepto de sustentabilidad se refiere al estado de condición del sistema ambiental en el momento de producción, renovación, movilización de sustancias o elementos de la naturaleza, minimizando la generación de procesos de degradación del sistema, ya sea el presente o el futuro. (Achkar, Marcel. Indicadores de sustentabilidad, 2005).

Por otro lado el concepto de sostenibilidad consiste en *“la adaptación del entorno de los seres humanos a un factor limitante: la capacidad del entorno de asumir la presión humana de manera que sus recursos naturales no se degraden irreversiblemente”* [Cáceres, 1996].

Una sociedad humana para subsistir va a requerir interactuar con el medio en el que se encuentra inmersa, con el fin de extraer de este medio los recursos suficientes para satisfacer sus necesidades y con esto buscar su desarrollo a lo largo del tiempo. Para esto es muy necesario que exista una claridad y un acuerdo de cuáles son las principales necesidades y además establecer políticas sobre el uso de los recursos con el fin de preservar su existencia para las generaciones futuras. De aquí nace el concepto de sustentabilidad, la cual es la búsqueda de satisfacer las necesidades de la humanidad aprovechando de forma óptima los recursos con el fin de no comprometer las expectativas de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

La sustentabilidad como tal tiene cuatro dimensiones que interactúan entre sí, una de estas es la dimensión física-biológica, la cual considera la preservación de los ecosistemas potenciando su diversidad y complejidad, la producción de ciclos naturales y biodiversidad. La dimensión social considera el acceso equitativo a los bienes de la naturaleza por todos los integrantes de la sociedad sin diferenciar géneros, culturas, grupos y clases sociales. La dimensión económica incluye todo el conjunto de acciones humanas que tengan relación con la producción, distribución y consumo de bienes y servicios y por último la dimensión

política, la cual corresponde a la participación directa de las personas en la toma de decisiones en la definición de los futuros colectivos y posibles.

2.1.2 Desarrollo sustentable

Si hablamos de desarrollo de un país, nos referimos al desarrollo de humano que este tenga, a cómo avanza su economía y los ingresos per cápita de sus habitantes, también está relacionado con la calidad de vida de las personas pero esta última variable no cuenta con indicadores exactos para su medición. El desarrollo sustentable busca que se puedan alcanzar los objetivos planteados por un país pero a la vez no dañar el medio de forma irreversible, es decir lograr que nuestra relación con el medio sea de menos impacto posible.

El desarrollo sustentable está definido en la Ley N° 19.300 de Bases del Medio Ambiente 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”*. Es así como lo establece la ley en la cual se basa la estrategia nacional de construcción sustentable en Chile.

El principal problema que existe, es la poca importancia que se le dio al concepto de sustentabilidad en la época que se definieron los principales lineamientos y estructura de la sociedad y empezaron a desarrollarse las ciudades y la cultura, el desarrollo se enfocaba en la producción sin tener un mínimo cuidado con la degradación del medio, eliminando desechos y produciendo contaminación, utilizando energía de forma desmedida y mal aprovechando recursos sin considerar las consecuencias que esto traería para las generaciones futuras. Es por esta razón que se debe tomar decisiones como país, establecer objetivos para solventar este problema y concientizar a la población con el fin de que toda la sociedad sepa optar por alternativas amigables con el medio ambiente y favorecer el desarrollo sustentable del país en todas las actividades que impulsan su crecimiento.

2.1.3 La construcción y el impacto ambiental

La construcción es el arte y la técnica que nos permite fabricar edificios, viviendas, e infraestructura generando así espacios que cuenten con las condiciones adecuadas para atender las necesidades básicas de las personas. Es la articulación de diferentes fases las

cuales, por medio de una planificación se realizan en pos de cubrir una necesidad habitacional en un sector determinado. La puesta en marcha de un proyecto de construcción requiere de la utilización de muchos recursos, por lo tanto interfiere con el medio ambiente al extraer y trasladar dichos recursos al lugar de su implementación, produciendo en sus diferentes etapas de su ciclo de vida efectos nocivos para el planeta tales como contaminantes del aire, erosión de la tierra, alteración de ecosistemas y agotamiento de recursos, manifestándose por consecuencia como deterioro de la calidad de vida de las personas.

El sector de la construcción (comercial, público y residencial) se erige como un emisor importante al contribuir con un 33 % de las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel país. Asimismo, es intenso en términos de energía al ser responsable, solamente en su etapa de operación, del 26 % del total de energía consumida por el país donde 21 % corresponde al sector residencial. (MINVU.2018. Estándares de construcción sustentable para viviendas de Chile tomo V – impacto ambiental)

De acuerdo a estimaciones realizadas por el Minvu, las emisiones generadas por una vivienda en Chile, construida bajo los estándares de la reglamentación térmica del año 2007, son en promedio de 6 toneladas de Co₂ equivalente por año (valor obtenido a partir de la demanda de energía teórica de una vivienda por concepto de calefacción). Considerando según el Instituto Nacional de Estadísticas que en el país se construye un promedio de 120.000 viviendas por año, la industria de la construcción sería responsable de adicionar cada año casi un millón de toneladas de Co₂ a la atmósfera, esto repercute directamente en la salud humana y en los cuidados con el recurso hídrico vital para las personas.

2.1.4 Construcción sustentable

Según el convenio de Construcción Sustentable, esta se define como: *“Un modo de concebir el diseño arquitectónico y urbanístico, que se refiere a la incorporación del concepto de sustentabilidad en el proceso de planificación, diseño, construcción y operación de las edificaciones y su entorno, y que busca optimizar los recursos naturales y los sistemas de edificación de tal modo, que minimicen el impacto sobre el medioambiente y la salud de las*

personas”. (MOP, MINVU, MINENERGIA Y MMA (2014). Estrategia Nacional de Construcción Sustentable. Chile).

Las últimas décadas han sido de grandes avances en cuanto al tema de la construcción sustentable, aplicándolo en diferentes tipos de obras de todo tipo. Esta memoria se enfoca en el estudio de los edificios sustentables o también conocidos como edificios verdes.

La construcción sustentable nace como la solución a los problemas medioambientales que provoca la construcción en todas sus etapas y posteriormente los generados en la fase de operación del edificio, con el objetivo en diseñar edificios que utilicen recursos renovables, disminuyan el consumo de energía no renovable, reduzcan los niveles de generación de gases de efecto invernadero, proporcionen un alto nivel de confort para los habitantes y con esto mejorar la calidad de vida de las personas.

Se considera los edificios verdes como una alternativa de edificación que incorpora todos los avances alcanzados en términos de construcción sustentable y ya se han realizado innumerables proyectos a lo largo de todo el mundo con esta categorización. Estos edificios para ser considerados como tales, deben ser certificados por alguna de las compañías encargadas de la evaluación de sus propiedades constructivas, tipologías de construcción, forma de operación e interacción amigable con el medio ambiente.

La Construcción Sostenible deberá entenderse como el desarrollo de la Construcción tradicional pero con una responsabilidad considerable con el Medio Ambiente por todas las partes y participantes. Lo que implica un interés creciente en todas las etapas de la construcción, considerando las diferentes alternativas en el proceso de construcción, en favor de la minimización del agotamiento de los recursos, previniendo la degradación ambiental o los prejuicios, y proporcionar un ambiente saludable, tanto en el interior de los edificios como en su entorno [Kibert, 1994].

2.2 Rehabilitación sustentable de un edificio ya construido

Una rehabilitación sustentable consiste en la modificación tanto de un sistema pasivo de aprovechamiento de la energía como la envolvente del edificio o por medio de la implementación de nuevos sistemas tanto para la climatización de los espacios interiores, manejo de residuos producidos por los habitantes, utilización y reutilización del agua y mejoramiento de la calidad de vida de los residentes o habitantes de un edificio.

Una rehabilitación sustentable busca hacer que un edificio que no tuvo consideraciones acerca de sustentabilidad en su diseño pueda incorporar en él, parámetros de sustentabilidad rehabilitando el edificio, sus sistemas y la calidad de vida de sus residentes.

Al ser un edificio ya construido sin consideraciones de sustentabilidad, es necesario realizar un análisis minucioso de su materialidad, consumos de energía, manejo de residuos, calidad de vida de sus residentes, nivel de confort de los espacios interiores y relación con el entorno inmediato para buscar de qué forma y aplicando conocimientos de construcción y sustentabilidad podemos acercarnos lo más posible a un edificio verde.

La rehabilitación sustentable a realizarse en los edificios considerará los 6 tomos que conforman el documento denominado Estándares de construcción sustentable para viviendas, editado por el ministerio de vivienda y urbanismo y que es una nueva versión del código de construcción sustentable para viviendas publicado el año 2014.

2.2.1 Edificios verdes

“Un edificio verde es, a grandes rasgos, aquello que cumple con ciertas especificaciones y reúne una serie de características que la hacen amigable con el medio ambiente desde su concepción hasta su construcción, operación y mantenimiento. Esta tipología de edificios implica un enfoque en la responsabilidad ambiental y eficiencia energética de la edificación a lo largo de su ciclo de vida, el cual exige la colaboración del cliente, arquitectos, ingenieros y demás especialistas responsables por el proyecto. Generalmente, la naturaleza verde de un edificio se puede constatar recurriendo a sistemas de medición y certificación de responsabilidad ambiental, entre los cuales destaca LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), el cual certifica que un desarrollo se ha concebido y se mantiene en armonía con el medio ambiente”.

Fuente: Revista de la construcción Elementa Urban Youniverse. 2015)

2.2.2 Certificación LEED para edificios verdes

La certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design o Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental), es un método de evaluación de edificios verdes, a través de la implementación de mejores prácticas y estrategias de diseño, construcción y operación, cuyos beneficios son cuantificables. Es un sistema voluntario y consensuado, elaborado en Estados Unidos en el año 2000 por el U.S. Green Building Council o USGBC, que mide entre otras cosas, el uso eficiente de la energía y el agua, la correcta utilización de materiales, el manejo de desechos en la construcción y la calidad del ambiente interior en las edificaciones. (Fuente: Guía Desarrollo Sustentable inmobiliario, Corporación de Desarrollo Tecnológico, Cámara Chilena de la Construcción.)

Beneficios de la certificación LEED

- Contribuir para mitigar los efectos del cambio climático global.
- Mejorar la salud y el bienestar de las personas.
- Proteger y restaurar los recursos hídricos.
- Proteger, mejorar y restaurar la biodiversidad y los servicios de ecosistemas.
- Promover la sustentabilidad y ciclos de recursos de materiales regenerativos.
- Construir una economía más verde.
- Mejorar la equidad social, justicia ambiental, salud comunitaria y calidad de vida

(Fuente: Guía Desarrollo Sustentable inmobiliario, Corporación de Desarrollo Tecnológico, Cámara Chilena de la Construcción.)

Actores que intervienen en el proceso de certificación

- Dentro del proceso de certificación se encuentran los siguientes actores:
- Organismo certificador: Organismo facultado para otorgar la certificación LEED®. En este caso USGBC (U.S. Green Building Council).
- Organismo revisor: Realiza la evaluación y la verificación del cumplimiento los requerimientos de LEED®. En este caso el Green Business Certification Institute (GBCI).
- Consultor: Actúan asesorando los proyectos. Normalmente se encarga de definir las estrategias de sustentabilidad junto al equipo de proyecto, recopilar la documentación de respaldo de cada estrategia y el envío al GBCI para su revisión y posterior obtención de la certificación

(Fuente: Guía Desarrollo Sustentable inmobiliario, Corporación de Desarrollo Tecnológico, Cámara Chilena de la Construcción.)

Nivel de certificación del edificio

Dependiendo del total de puntos asignados en el total de categorías los edificios verdes reciben un nivel de certificación diferente, la siguiente imagen muestra los nombres de las categorías y el mínimo puntaje para optar a cada una de ellas. La siguiente imagen (Imagen 1) muestra los logotipos utilizados para calificar cada una de los niveles de certificación obtenibles en LEED.

Imagen N° 1: Niveles de certificación LEED



(Fuente: Guía Desarrollo Sustentable inmobiliario, Corporación de Desarrollo Tecnológico, Cámara Chilena de la Construcción.)

En el día de hoy 1.85 millones de pies cuadrados son certificados diariamente en el mundo, lo que ubica al sistema LEED como la verificación de terceros más utilizada para edificios verdes o sustentables a nivel mundial. (Fuente: The U.S. Green Building Council (USGBC/Consejo de Edificación Verde de Estados Unidos))

El objetivo de comprender en que consiste la certificación LEED no es lograr algún nivel de certificación, ya que hay muchos atributos que se miden desde etapas de diseño que en nuestro edificio en estudio nunca fueron considerados, pero nos entrega información valiosa de cómo funciona un edificio verde y que variables son importantes para su certificación y con esto podemos aproximar aún más nuestra rehabilitación sustentable a parámetros de sustentabilidad reales y con resultados positivos ya comprobados.

La siguiente tabla muestra los países con mayor cantidad de edificios verdes y los metros cuadrados brutos construidos con dos países representando Latinoamérica como lo son Brasil y México.

Tabla N°1: Países con mayor número de edificios certificados LEED

N°	País	Número de proyectos	Metros cuadrados brutos en millones
1	China Continental	1.494	68.83
2	Canadá	3.254	46.81
3	India	899	24.81
4	Brasil	531	16.74
5	República de Corea	143	12.15
6	Turquía	337	10.90
7	Alemania	327	8.47
8	México	370	8.41
9	China, Taiwán	144	7.30
10	España	299	5.81
**	Estados Unidos	33.632	441.60

(Fuente: U.S. Green Building Council Announce, Diciembre 2018)

Chile se ha quedado un poco atrás con la certificación de edificios verdes, de todos modos cuenta con edificios certificados en categorías de Gold y Silver en ciudades como Santiago, Antofagasta, Iquique, Puerto Montt y en Isla de Pascua. La siguiente tabla muestra los nombres de los principales edificios verdes del país, el nivel de certificación LEED y la ciudad en la que se encuentran ubicados cada uno de ellos.

Tabla N° 2: Edificios verdes certificados por LEED en Chile

Edificio	Categoría	Ciudad
Transoceánica Business Park	Gold	Santiago
Titanium La Portada	Gold	Santiago
Edificio Costanera Cosas	Gold	Santiago
Banco Bci	Gold	Santiago
Banco Itaú	Gold	Santiago
Edificio Fundación Minera Escondida	Gold	Antofagasta
Edificio Esmeralda de BHP Billiton	Gold	Iquique
Homecenter Sodimac	Silver	Copiapó
Edificio de la Construcción	Silver	Puerto Montt
Hotel Posada de Mike Rapu	Silver	Isla de Pascua

(Fuente: Hernán Etchebarne, Revista EMB Construcción, Agosto 2012)

2.2.3 Estándares de construcción sustentable para viviendas de Chile

Estos 6 tomos fijan los estándares de construcción sustentables que se ha planteado el país para lograr los objetivos planteados en la Estrategia Nacional de Construcción Sustentable, se dividen en 6 temáticas principales, estas son las siguientes:

Tomo I -Salud y bienestar

Tomo II – Energía

Tomo III – Agua

Tomo IV – Materiales y residuos

Tomo V – Impacto ambiental

Tomo VI – Entorno inmediato

“Su objetivo es establecer estándares y buenas prácticas de diseño, construcción y operación de las viviendas, nuevas o usadas, con el fin de mejorar su desempeño ambiental,

económico y social, mediante la definición e incorporación de criterios de sustentabilidad, basándose en parámetros objetivos y verificables.”

2.2.4 Estrategia nacional de construcción sustentable

La estrategia nacional de construcción sustentable tiene por objeto ser una herramienta orientadora que establezca los principales lineamientos para impulsar la integración de criterios de sustentabilidad en el área de la construcción en Chile. Los criterios de sustentabilidad comprenden una serie de variables que pueden presentar las edificaciones e infraestructuras cuya implementación conjunta permite erigir una construcción sustentable. Dichas variables deben ser consideradas, cuando corresponda, durante todo el ciclo de vida de lo que se construye. Las variables son las siguientes:

1. Energía: El conjunto de acciones o consideraciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos o servicios finales obtenidos.
2. Agua: Implementación de medidas que se pueden adoptar para reducir el consumo de agua en las construcciones y prevenir la contaminación del recurso.
3. Residuos: Utilización de medios de recolección, transporte, tratamiento o disposición de material de desecho, destinadas a mejorar su minimización, reutilización o reciclaje.
4. Salud y bienestar: Incorporación de soluciones de tecnología y diseño que, en su conjunto, permiten desarrollar ambientes saludables al interior de las construcciones, propendiendo al confort ambiental y reduciendo los riesgos para la salud.
5. Manejo/operación: Se refiere a los modos en que los usuarios pueden operar las construcciones de forma eficiente, dándoles el mejor uso a las instalaciones y administrándolas de manera considerada con el medio ambiente y la sociedad.

2.2.5 Manual de procedimientos calificación energética de viviendas en Chile

“La Calificación Energética de Viviendas en Chile (CEV) es un instrumento diseñado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, en conjunto con el Ministerio Energía, que inició su funcionamiento en el año 2012 y que hoy presenta características mejoradas y actualizadas. Desde entonces se aplica voluntariamente para calificar y evaluar objetiva y estandarizadamente proyectos de vivienda, respecto de sus requerimientos de energía para calefacción, agua caliente sanitaria e iluminación y, a partir de la presente versión, también el requerimiento de energía para enfriamiento; esto, con el fin de entregar información objetiva tanto a usuarios que proyectan la compra de una vivienda, como a los mandantes de los proyectos.

Para realizar la evaluación se consideran aspectos como transmitancia térmica de la envolvente (es decir, techo, muros exteriores, pisos, ventanas y puertas), inercia térmica, orientación de la vivienda, puentes térmicos de la envolvente, nivel de infiltraciones y tipo de ventilación. Todos estos elementos son evaluados y comparados con una vivienda de referencia que cumple con el estándar mínimo establecido en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción mediante las pautas contenidas en el presente Manual de Procedimientos de la Calificación Energética de Viviendas en Chile (CEV).

2.2.6 Reglamentación térmica Chile

La Reglamentación Térmica (RT) establece las condiciones mínimas de aislación térmica para las viviendas nuevas. En su versión vigente forma parte de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), Las normas que regulan la aislación térmica aplicable y admisible en una vivienda son las siguientes:

- a) NCh850. 2008. Aislación térmica - Determinación de resistencia térmica en estado estacionario y propiedades relacionadas - Aparato de placa caliente de guarda
- b) NCh851. 2008. Aislación térmica - Determinación de propiedades de transmisión térmica en estado estacionario y propiedades relacionadas - Cámara térmica calibrada y de guarda.

2.3 Conceptos y definiciones

2.3.1 Reacondicionamiento térmico

Se entiende como reacondicionamiento térmico todas aquellas soluciones, métodos y/o materiales que permiten disminuir el consumo energético, y en consecuencia, aumentar el confort térmico de los integrantes de una vivienda.

Al pensar en el concepto de reacondicionamiento térmico, es recurrente que sólo lo asociemos a un aumento o disminución de la temperatura (dependiendo de la época del año) en el interior de un recinto. Pero reacondicionar térmicamente una vivienda conlleva muchos otros beneficios.

Para realizar un reacondicionamiento térmico en una edificación es necesario conocer diferentes conceptos relacionados con la conducción de calor entre diferentes materiales y cómo podemos aprovechar estas propiedades para entregar al residente un mayor grado de confort en su vivienda.

2.3.2 Confort térmico

Según la Real Academia Española, el confort térmico corresponde a aquello que produce bienestar y comodidad. Como se puede observar esta definición es bastante amplia, al no especificar cuál es la comodidad que se está buscando. En el caso del reacondicionamiento térmico, éste busca la comodidad térmica. La elección de las características térmicas de los materiales y/o soluciones constructivas tiene como objetivo conseguir condiciones de confort térmico en períodos fríos, sin descuidar los períodos calurosos para los usuarios de las viviendas.

El confort térmico es la condición que busca alcanzar cierta sensación de comodidad o satisfacción por parte de los usuarios de una vivienda. Este depende de la temperatura del aire, de la temperatura de radiación de los elementos interiores, de la humedad del aire y la velocidad del mismo. Pero a la vez, en el confort térmico influyen las condiciones ambientales existentes y del metabolismo de las personas.

2.3.3 Conductividad y resistividad térmica

La conductividad térmica es una propiedad física de los materiales, la cual caracteriza la transferencia de calor de una partícula a la otra a través del contacto entre ambas. De lo anterior se puede deducir que los materiales que presenten una mayor conductividad térmica serán aquellos que generarán mayores pérdidas de calor.

La conductividad térmica de los materiales de caras planas y paralelas coplanares se puede determinar mediante la siguiente fórmula:

$$\lambda = \frac{\theta * e}{2A * (T2 - T1)} \left\{ \frac{W}{mK} \right\}$$

Donde

- θ = potencia (W)
- e = espesor promedio de las placas (m)
- A = área de la zona de calentamiento (m²)
- $T1, T2$ = temperaturas de las caras caliente y fría (K)

La Tabla 3 muestra los coeficientes por los cuales se debe multiplicar la conductividad térmica de cada material según el ambiente húmedo en que se encuentre, como ya hemos indicado con anterioridad, la ciudad de Talca tiene un clima templado.

Tabla N°3: Coeficientes multiplicadores de la conductividad

Material del muro	Clima seco	Clima templado	Clima húmedo
Hormigón	1,40	1,70	2,00
Yeso	1,30	1,60	2,15
Mortero	1,30	1,60	1,90
Ladrillo	1,20	1,45	1,65
Madera	1,16	1,19	1,25

(Fuente: Gabriel Rodríguez, *Temperatura de confort*, revista BIT n°57, Noviembre 2007)

Como nuestro edificio está situado en la ciudad de Talca que tiene un clima templado, la conductividad térmica del hormigón debe ser multiplicada por 1.7, aumentando su valor.

El inverso de la conductividad es la resistividad térmica, la cual se determina de la siguiente manera:

$$\rho = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{mK}{W} \right)$$

Donde:

λ = Conductividad térmica (W/mK)

2.3.4 Resistencia y transmitancia térmica

“La capacidad para transmitir calor por conducción de un material está inversamente relacionada con la resistencia que éste ofrece al paso del calor. Esta resistencia térmica depende de la conductividad térmica del material y su espesor” (MINVU, Reacondicionamiento térmico de viviendas en uso, 2010), lo que se ve expresado en la siguiente fórmula:

$$R = \frac{e}{\lambda} \left(\frac{m^2 * K}{W} \right)$$

En caso de un elemento compuesto se calcula de la misma forma pero con la sumatoria de todos los espesores divididos en la conductividad térmica de cada uno:

$$R = \sum \frac{e}{\lambda} \left(\frac{m^2 * K}{W} \right)$$

Donde:

- e = espesor del material (m)
- λ = conductividad térmica del material (W/mK)

Transmitancia térmica

La transmitancia térmica es el flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperatura entre los dos ambientes separados por dicho elemento.

Se expresa en W/m^2K

2.3.5 Envolverte

La envolvente térmica de un edificio, casa o vivienda es la piel que lo protege de la temperatura, aire y humedad exteriores para mejorar la calidad de vida de sus ocupantes, mientras optimiza el ahorro de energía y así reduce la factura energética y las emisiones contaminantes.

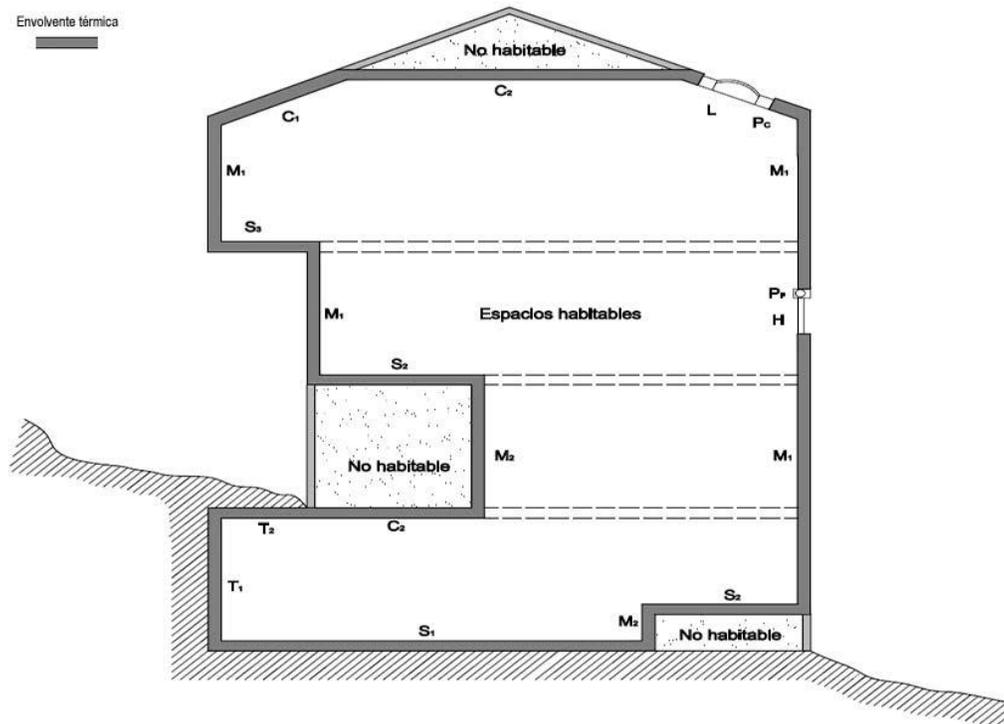
“El CTE dice que la envolvente térmica del edificio se compone de todos los cerramientos que limitan espacios habitables y el ambiente exterior, ya sea aire, terreno u otro edificio, y por las particiones interiores que separan espacios habitables de los no habitables que también limiten con el exterior.

La envolvente térmica de un edificio, casa o vivienda sirve de aislamiento térmico y escudo contra las inclemencias climatológicas para mejorar el bienestar de sus ocupantes la vez que reduce el consumo de energía y es respetuosa con el medio ambiente.”

(Fuente; Código técnico de la construcción, Marzo 2012)

La siguiente imagen (Imagen 2) marca con un color gris oscuro los límites de la envolvente, estos no siempre son los límites de construcción ya que existen espacios no habitables en la vivienda que no deben estar necesariamente considerados dentro de ella.

Imagen N° 2: Envoltura de una vivienda



Fuente: Código técnico de la construcción, Marzo 2012

2.3.6 Puentes térmicos

“Un puente térmico es una zona en la envolvente de un edificio o vivienda en las cuales se interrumpe su configuración habitual, esto puede darse por variaciones de espesor o diferentes materiales empleados. Por lo general en estas zonas representan una disminución total de la resistencia térmica, actuando como un puente para el traspaso de calor entre ambos lados de la envolvente, aumentando así el riesgo de perder calor.” (MINVU, Reacondicionamiento térmico de viviendas en uso, 2010)

Esto suele suceder en elementos constructivos estructurales y de terminaciones, los más recurrentes son los siguientes:

- Vigas y pilares
- Cadenas de amarre
- Dinteles

- Pies derechos
- Cadenetas
- Soleras
- Losas
- Marcos de puertas y ventanas
- Ventanas con vidrio simple (monolítico)

Un puente térmico afecta a la envolvente facilitando el intercambio de calor por medio de la conducción, la superficie total del puente térmico tendrá una temperatura superficial inferior aumentando así las posibilidades de condensación y favoreciendo el intercambio de temperatura entre el interior y el exterior de la estructura.

2.3.7 Sistema PassiveHouse

PassivHaus es un estándar referido a viviendas con consumo energético casi nulo basado en un procedimiento exhaustivo en el desarrollo del proyecto y la ejecución.

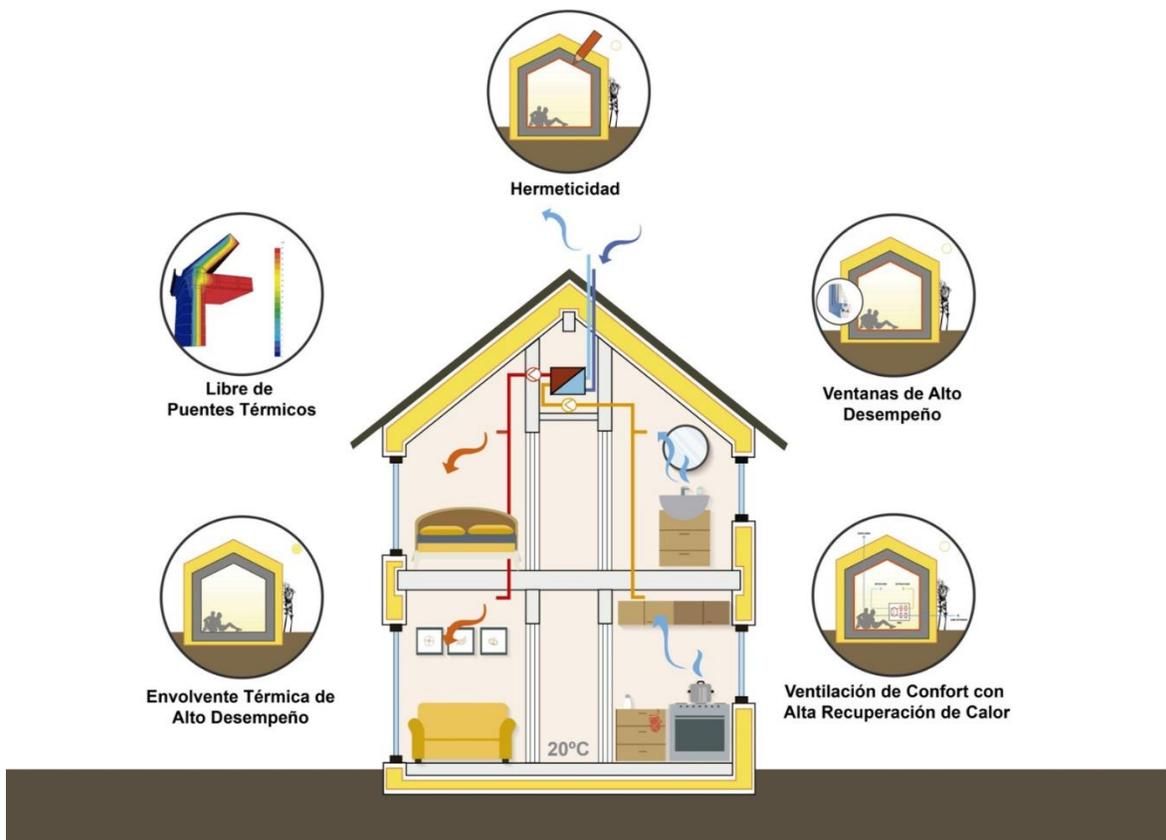
Para lograr este consumo casi nulo, PassivHaus exige diseñar y construir viviendas con un alto grado de aislamiento térmico, una envolvente hermética, un control riguroso de los puentes térmicos y de las infiltraciones de aire indeseadas, marcos de ventanas bien aisladas con triple vidrio, y aprovechamiento de la energía del sol de forma tal que mediante un sistema de ventilación mecánica, a través de un recuperador de calor, se consigue el aporte necesario para su climatización, sin tener la necesidad de contar con ningún otro sistema adicional.

De esta manera, una buena planificación y cuidadosa implementación de detalles son esenciales para conseguir este objetivo.

(Fuente: Eficiencia Energetica Chile, www.eechile.cl)

La siguiente imagen (Imagen 3) muestra las cinco aristas en las que se basa el sistema Passive House en un esquema de fácil entendimiento. Estos marcan los principales puntos a evaluar en una vivienda al momento de querer implementar dicho sistema, su funcionamiento depende de la correcta articulación de estas 5 aristas ya que cada una por si sola, podría traer otro tipo de problemas al edificio.

Imagen N°3: Cinco variables para el funcionamiento del sistema Passive House



(Fuente: Pagina web de eficiencia energética Chile, www.eechile.cl)

2.3.8 Patologías de la construcción

Se consideran Patologías Constructivas las diferentes lesiones patológicas habituales en la construcción, que se clasifican según su causa o agente causante y nos permiten identificar problemas vinculados a la funcionalidad de los componentes de un edificio y poder subsanarlos lo antes posible.

Estas lesiones pueden ser, según su origen:

- **Lesiones Físicas:** causadas por la humedad, la suciedad, la erosión.
- **Lesiones Mecánicas:** sus causas se deben a un factor mecánico: grietas, fisuras, deformaciones, desprendimientos y erosión debida a esfuerzos mecánicos.
- **Lesiones Químicas:** previamente a su aparición interviene un proceso químico (oxidación, corrosión, eflorescencias, organismos vivos, etc.)

Las patologías presentes en el edificio que podamos identificar por medio de la observación y a través de un registro fotográfico, nos ayudaran a elegir las propuestas de solución y priorizar así la rehabilitación en estos puntos según la gravedad de cada una al identificar su origen y poder subsanar desde el punto en el que ocurre la disfunción del elemento constructivo.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y DESARROLLO

3.1 Metodología

Esta memoria busca como objetivo principal realizar un sistema de evaluación sustentable de edificaciones y que entregue como resultado posibles mejoras aplicables en ellas con el fin de hacer más sustentable su fase operacional. Esto con el fin de aportar desde el sector de la Construcción a la calidad de vida de las personas y al cuidado con el medioambiente y de aportar una solución factible para que construcciones antiguas puedan lograr acomodarse a los parámetros de sustentabilidad actuales y seguir siendo espacios confortables para las personas.

Una rehabilitación sustentable debe poder acomodarse a las particularidades de cada edificio, es decir a sus diferentes tipologías de construcción, a las observaciones de sus habitantes y su organización social, a subsanar principales deficiencias de la envolvente y sus sistemas energéticos. Por otro lado también debe acomodarse a la Normativa nacional, los Estándares de construcción sustentable en Chile y acercarse con esta mejora a los objetivos planteados por la Estrategia nacional de construcción sustentable. Además se consideraran criterios de la Certificación LEED para edificios verdes, sistema PassiveHouse para viviendas y otros parámetros estudiados para medir sustentabilidad.

3.1.1 Interacción con los residentes

I) Desarrollar encuesta para residentes del edificio

Realizar una encuesta que sea capaz de recaudar la mayor cantidad de información de los habitantes del edificio, el objetivo de esta encuesta es entender desde el punto de vista de los residentes como se sienten respecto al confort de su vivienda. Con ella podremos identificar sistemas de calefacción, enfriamiento, ventilación, consumo de agua, manejo de residuos domiciliarios, calidad de vida, relación con el entorno inmediato y otros aspectos que serán la prioridad para considerar dentro de la rehabilitación a plantear

II) Ejecución de la encuesta

Esta encuesta será desarrollada por medio de un programa de encuestas virtuales. En primer lugar se les notificará la realización de esta encuesta indicando fechas de su realización, en este informe además tendrá información para el residente sobre la construcción sustentable y como puede mejorar su calidad de vida. Luego se ejecutara esta encuesta enviándola a los residentes para ser contestada en un plazo determinado. Los habitantes del edificio se comunican a través de la aplicación WhatsApp por medio de un grupo de vecinos en el cual será enviada la encuesta, solicitando su participación voluntaria y esperando contar con una cantidad representativa del total.

III) Tabulación y gráfica de información y obtenida

La información obtenida será almacenada en un Excel con el fin de poder interpretar cuales son las principales aspectos donde sienten que su vivienda está fallando y no les entrega el confort suficiente para su bienestar. Esta información será expresada en gráficos para mostrar de forma más clara cuáles serán las prioridades establecidas para realizar esta rehabilitación sustentable.

3.1.2 Análisis del edificio

Se realizará un análisis del edificio considerando las particularidades de la tipología de construcción, el estado del edificio en cuanto a la funcionalidad de sus partes y los Estándares de Construcción sustentable del país.

I) Análisis General

Primero se realizará un análisis general del edificio que considerara su ubicación, elementos que lo componen a simple vista, cantidad de departamentos y disposición de ellos, entre otros.

II) Análisis materialidad y detección patologías

Luego se analizará la materialidad con la que está construido y el estado en el que se encuentra este edificio, por medio de registros fotográficos se comprobará la materialidad, la cual será observada para detectar principales patologías que representen problemas con la estructura, su envolvente o sus sistemas internos, ayudándonos a obtener así propuestas de mejoras más necesarias y que incrementaran en mayor nivel el confort de los habitantes.

III) Análisis energético y sistema PassiveHouse

Para analizar el edificio energéticamente, se tomará en consideración los sistemas utilizados para calefacción, enfriamiento, ventilación de los departamentos, y se buscará reemplazarlos por otros sistemas más eficientes. La propuesta principal se basará en el sistema PassiveHouse con recuperación de calor, con el fin de establecer solo un método que cumpla con todas las funciones al mismo tiempo del edificio. Esto acompañado de los demás principios que propone PassiveHouse de hermeticidad, envolvente, puentes térmicos y carpinterías aislantes.

IV) Análisis de consumo de agua

Se realizará un análisis los artefactos de consumo primario de agua en la vivienda, realizando un cálculo de consumos establecido en los Estándares de Construcción Sustentable para viviendas en Chile – Tomo III, Agua. Este cálculo nos indicará si es necesario o no reemplazar los artefactos. De ser así se propondrán reemplazos de estos elementos por otros de menor consumo adjuntando su ficha técnica e indicando en porcentajes el ahorro de agua logrado.

V) Análisis de gestión de residuos domiciliarios

Por medio de la comunicación con los habitantes se estudiará el funcionamiento de la gestión de residuos domiciliarios y se comprobará si el edificio cumple o no con elementos en su infraestructura que ayuden a facilitar la eliminación sustentable de los desechos emitidos. Obteniendo esta información se trabajará en mejorar la gestión de estos residuos, buscar alternativas de reciclaje y de elementos que puedan acoplarse a la infraestructura para facilitar la gestión.

3.1.3 Modelos 3D edificio

Se realizará un modelo 3D del edificio en el programa Revit, llamado “Edificio estado inicial”, con el fin de establecer un punto de inicio del edificio y generar un registro de su estado antes de ser rehabilitado. En él se incluirá información obtenida de los análisis realizados representada en el modelo.

Luego se realizara otro modelo 3D, este será luego de tener listas las propuestas a realizar y será denominado “edificio rehabilitado. En él se incorporaran las mejoras propuestas y se observara de forma ficticia como se vería el edificio al ser rehabilitado. Todo esto respetando el diseño de este, procurando realizar la menor intervención en su estructura y adaptando la propuesta las condiciones del edificio.

El objetivo de este modelado en 3D es contrastar el edificio en estado inicial con el edificio rehabilitado, ya que al ser una modificación que busca no alterar la parte estructural del edificio es probable que estas modificaciones alteren la armonía arquitectónica del edificio, al incluir sistemas que no estaban incorporados en el diseño. Con esto poder también obtener conclusiones en esta área.

3.1.4 Desarrollo de propuestas de mejora

Se propondrán diferentes alternativas de mejoras sustentables consecutivas a cada análisis con el fin de subsanar las principales necesidades expuestas en la encuesta y acercarse lo más posible al funcionamiento como un edificio verde que cumpla con los estándares de construcción sustentable en el país y acogiendo los sistemas de eficiencia consultados en esta memoria. Cada propuesta de solución estará incorporada en la memoria después de cada análisis efectuado.

3.1.5 Resultados obtenidos

Se realizara una comparación de lo analizado con los resultados obtenidos tras aplicar las mejoras para justificar la rehabilitación y se mostraran en tablas o de forma gráfica.

3.2 Desarrollo

3.2.1 Ejecución encuesta

Se realizó la encuesta a la totalidad de los departamentos del edificio en estudio, esta pudo ser enviada a todos los locatarios. Afortunadamente tuvo una buena recepción saludo inicial enviado donde se explicaba a los residentes el motivo de esta encuesta, esto genero expectativa y compromiso para responderla. De los 16 departamentos 12 encuestas fueron respondidas lo que nos entrega una cantidad representativa del total de habitantes. La encuesta fue realizada de forma virtual por medio de la aplicación de Formularios Google y fue enviada por la aplicación WhatsApp, en la que los residentes tienen un grupo conformado por todos los habitantes del edificio. Se adjunta en las siguientes páginas una réplica de esta en formato para ser impreso.



ENCUESTA DE CONSTRUCCION SUSTENTABLE PARA SU VIVIENDA

Parte 1 – evaluación de la percepción de confort dentro del departamento

- 1. ¿Desde hace cuánto tiempo reside en el departamento y en que nivel se encuentra su departamento?**

Escriba número en año o meses _____

1° nivel_____

2° nivel_____

3° nivel_____

4° nivel_____

- 2. ¿Encuentra que la casa es?**

Muy confortable___ Confortable___ Algo confortable___ Inconfortable___ Muy
inconfortable___

- 3. ¿Cuántas personas viven en la casa?**

Número de habitantes del departamento_____

Hombres_____ Mujeres_____

- 4. ¿En qué lugar del departamento pasa usted y su familia la mayor parte del tiempo?**

R: _____

5. Tienen calefacción

Sí___ No___

6. ¿Con que frecuencia usan la calefacción en invierno?

Siempre_____ Algunas veces _____ Nunca_____

7. ¿Cómo considera su departamento en invierno?

Muy frío___ Frio___ Neutro___ Caliente___ Muy caliente___

8. ¿Qué tan oscuro es su departamento en invierno?

Muy oscuro___ Oscuro___ Neutro___ Iluminado___ Muy iluminado___

9. ¿Con que frecuencia enciende las lámparas en invierno?

Siempre_____ Algunas veces _____ Nunca_____

10. ¿Como considera la iluminación natural en invierno?

Muy iluminado___ Iluminado___ Normal___ Oscuro___ Muy oscuro

11. ¿Cuántas horas al día abren las ventanas en invierno?

Ninguna___ Menos de 2 horas___ 2 a 6 horas___ Más de 6 horas___ Todo el día___

12. Marque con una X las patologías presentes en su departamento o problemas principales que afecten a su calidad de vida

___Hongos producto de la humedad

___Infiltraciones de agua

___Aislación acústica deficiente

___Plantas o musgos producto de la humedad

___Grietas en paredes

___ Corrosión en elementos metálicos
___ Plagas de Termitas
___ Plagas de roedores
___ Deterioro de superficies
___ Otro tipo de plagas _____

13. ¿Tienen aire acondicionado o ventiladores?

Aire acondicionado___ Ventilador___

14. ¿Con que frecuencia usan el aire acondicionado en verano?

Siempre___ Algunas veces ___ Nunca___

15. ¿Cómo considera su departamento en verano?

Muy fría___ Fría___ Neutra___ Caliente___ Muy caliente___

16. ¿Qué tan oscuro es su departamento en verano?

Muy oscuro___ Oscuro___ Neutro___ Iluminado___ Muy iluminado___

17. ¿Con que frecuencia enciende las lámparas en verano?

Siempre___ Algunas veces ___ Nunca___

18. ¿Cómo considera la iluminación natural en verano?

Muy iluminado___ Iluminado___ Normal___ Oscuro___ Muy oscuro___

19. Cuantas horas al día abren las ventanas en verano

Ninguna___ Menos de 2 horas___ 2 a 6 horas___ Más de 6 horas___ Todo el día___

20. ¿Tienen problemas de ruido desde el exterior o proveniente de los departamentos colindantes?

Siempre_____ Algunas veces _____ Nunca_____

21. ¿Tiene problemas de ruido generados en su propio departamento?

Siempre_____ Algunas veces _____ Nunca_____

22. ¿Tiene sistemas de seguridad en su casa?

Si___ No___ Marque con una X cuales

- ___Detector de humo
- ___Alarma contra incendios
- ___Cierre automático de válvulas de agua, etc.
- ___Detector de presencia
- ___Otros _____ (indique _____ cuales)

23. ¿Tiene calentador de agua?

Eléctrico___ Ducha eléctrica___ De gas natural___ De gas por bombona___
Otro_____

24. ¿Cuál es el consumo mensual promedio de?:

- Agua_____
- Electricidad_____
- Gas Licuado_____

25. Considera la calidad de la construcción como

Muy Buena___ Buena___ Regular___ Mala___ Muy mala___

26. Las habitaciones de su departamento son:

Muy grandes___ Grandes___ Medianas___ Pequeñas___ Muy pequeñas___

27. Considera que su departamento es:

Muy grande___ Grande___ Mediano___ Pequeño___ Muy pequeño___

28. Considera la ventilación de su casa como:

Muy Buena___ Buena___ Regular___ Mala___ Muy mala___

29. Considera que la iluminación natural es:

Muy Buena___ Buena___ Regular___ Mala___ Muy mala___

30. Las habitaciones de su departamento son:

Muy húmedas___ Húmedas___ Neutras___ Secas___ Muy secas___

Parte 2 - Preguntas sobre la construcción sustentable

Las siguientes preguntas buscan obtener información para determinar si los usuarios conocen que es la construcción sustentable, si les interesaría o no modificar algunos patrones de conducta y que tan dispuestos estaría de mejorar su departamento en busca de alcanzar estándares de sustentabilidad aceptables.

1. Sabe lo que significa el concepto de sustentabilidad

Sí ___ No___

2. Sabe cómo funciona la construcción sustentable o los edificios verdes

Sí ___ No___

3. ¿Cuenta en su hogar con algún sistema de reducción de consumo de agua?

___ Ninguno

___ Aireadores/Perlizadores

___ Reductor de caudal de ducha

___ Cabezal de ducha con reductor de caudal

___ Inodoro de bajo consumo

- Inodoros de descarga interrumpida
- Inodoros de doble mecanismo de descarga
- Llaves de agua automáticas
- Llaves de agua, temporizadas o de cierre automático
- Llaves de agua monomando de dos posiciones
- Válvula reductora de presión

4. ¿Cuenta en su hogar con algún sistema de reutilización de agua?

- Sí
- No

5. Cuenta su edificio con una gestión de basura adecuada

- Sí No

6. En su hogar clasifican la basura según el material con el fin de reciclarla

- Sí No

7. Si la respuesta anterior es no, esto sucede porque a usted no le interesa reciclar o porque su edificio no presenta las facilidades para hacerlo.

- No me interesa reciclar
- El edificio no presenta facilidad para reciclar

Muchas gracias por su tiempo

3.2.2 Resultados de la encuesta

Los resultados de la encuesta fueron tabulados con el fin de facilitar la lectura de la información y con ella luego realizar gráficos que nos muestren cuales son las alternativas de rehabilitación prioritarias a intervenir.

La siguiente tabla (Tabla 4) muestra preguntas generales en cuanto a la cantidad de habitantes por departamento, el tiempo desde el que residen en ellos, el nivel en el que esta su departamento y su diferenciación entre hombres y mujeres que nos servirá para el cálculo de la dotación diaria por persona de agua. Estos fueron ordenados según el nivel en que viven con el fin de establecer diferencias entre la apreciación de los departamentos más bajos y los más altos al momento del análisis.

Tabla N° 4: Preguntas generales de los residentes

Encuestados	Tiempo como residentes (años)	Nivel en que se encuentra su departamento	Número de residentes	Hombres	Mujeres
Encuestado 1	10	1	4	2	2
Encuestado 2	15	1	2	1	1
Encuestado 3	2.5	1	2	1	1
Encuestado 4	3	2	3	1	2
Encuestado 5	8	2	2	1	1
Encuestado 6	7.5	2	3	2	1
Encuestado 7	5	3	3	1	2
Encuestado 8	3	3	3	1	2
Encuestado 9	1	3	2	0	2
Encuestado 10	0.5	4	1	1	0
Encuestado 11	4	4	2	1	1
Encuestado 12	8	4	3	2	1

(Fuente: Elaboración propia)

La siguiente tabla (Tabla 5) nos muestra un listado de patologías que pueden ser detectadas por medio de la observación dentro de los departamentos, la cantidad de encuestados que afirman haber encontrado esa patología en su departamento y que se vean afectados por ellas y el porcentaje con respecto al total de encuestados

Tabla N° 5: Patologías observadas por cada encuestado

Patologías observadas por los residentes	Encuestados	Cantidad	Porcentaje (%)
Hongos producto de la humedad	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	12/12	100
Infiltraciones de agua	4,5,8,10,11,12	6/12	50
Aislación acústica deficiente	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	12/12	100
Plantas o musgos producto de la humedad	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	12/12	100
Grietas en paredes	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	12/12	100
Corrosión en elementos metálicos	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	12/12	100
Plagas de Termitas	-	0/12	0
Plagas de roedores	-	0/12	0
Deterioro de superficies	1,2,4,6,7,8,10,12	8/12	75
Otro tipo de plagas: Palomas	7,8,9,10,11,12	5/12	50

(Fuente: Elaboración propia)

La siguiente tabla nos muestra los consumos de agua, luz y gas indicados en la boleta de cada mes cabe mencionar que esta encuesta se hizo de forma voluntaria donde los encuestados tenían la opción de no responder preguntas que se les hiciera incomodo responder, es por esto que algunas casillas de la tabla 6 se encuentran sin datos. La pregunta 23 hacía alusión al tipo de gas utilizado para calentar el agua, donde la totalidad de los encuestados respondió que utilizaba gas licuado por bombona. Los valores totales fueron divididos por la cantidad de personas que habitan cada departamento por lo tanto los valores están expresados en cl/persona.

Tabla N° 6: Consumos básicos de agua, gas licuado y luz eléctrica (valores aproximados)

Consumos básicos	Agua	Gas licuado	Luz eléctrica
Encuestado 1	-	-	-
Encuestado 2	8500	10000	12000
Encuestado 3	-	-	-
Encuestado 4	9000	10000	15000
Encuestado 5	-	-	-
Encuestado 6	7000	7000	11000
Encuestado 7	-	-	-
Encuestado 8	-	-	-
Encuestado 9	7000	7000	10000
Encuestado 10	7500	10000	9000
Encuestado 11	-	-	-
Encuestado 12	8000	7000	8000

(Fuente: Elaboración propia)

Las siguientes tablas muestran la en la primera columna, el número de la pregunta realizada al residente del departamento, y las columnas siguientes muestran la cantidad de usuarios que eligieron cada una de las opciones. Nos encontramos con tres casos de acuerdo a la cantidad de opciones que tenían para responder, encontrándose preguntas de dos opciones, preguntas de 3 opciones y preguntas de 5 opciones. Fueron separadas así con el fin de agrupar preguntas con la misma cantidad de respuestas para obtener gráficos que sean representativos al mismo 100 por ciento.

En la tabla numero 7 tenemos 3 preguntas con respuestas posibles SI o NO referentes a la existencia de sistemas de calefacción, ventilación y enfriamiento y sistemas de seguridad que podrían repercutir en mayores gastos en electricidad.

Tabla N° 7: Preguntas de 2 opciones

Preguntas	Si	No
Tienen calefacción en su departamento	12	0
Tienen aire acondicionado o ventiladores	5	7
Tiene sistemas de seguridad en su departamento	0	12

(Fuente: Elaboración propia)

En la tabla número 8 están agrupadas las preguntas de 3 opciones en las que cada opción representa la frecuencia en la que usan cada sistema ya sea de calefacción, enfriamiento e iluminación y además preguntas referentes a la capacidad de aislación acústica.

Tabla N° 8: Preguntas de 3 opciones

Preguntas	Opción A	Opción B	Opción C
Con que frecuencia usan la calefacción en invierno	10	2	0
Con que frecuencia enciende las lámparas en invierno	10	2	0
Con que frecuencia usan el aire acondicionado en verano	7	5	0
Con que frecuencia enciende las lámparas en verano	9	3	0
Tienen problemas de ruido desde el exterior o proveniente de los departamentos colindantes	9	3	0
Tiene problemas de ruido generados en su propio departamento	4	8	0

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla N° 9: Preguntas de 5 opciones

Preguntas	Opción A	Opción B	Opción C	Opción D	Opción E
Confortabilidad	0	1	3	5	3
Frio en invierno	5	4	3	0	0
Oscuridad en invierno	2	5	5	0	0
Iluminación natural en invierno	0	0	6	4	2
Ventilación en invierno	0	9	3	0	0
Calor en verano	0	0	3	6	3
Oscuridad en verano	1	4	5	2	0
Iluminación natural en verano	0	2	5	4	1
Ventilación en verano	0	0	2	2	8
Calidad construcción	0	0	2	6	4
Espacio habitaciones	0	0	0	4	8
Espacio departamento	0	0	1	5	6
Calidad de la ventilación	0	4	5	3	0
Calidad iluminación natural	2	5	5	0	0
Humedad habitaciones	7	5	0	0	0

(Fuente: Elaboración propia)

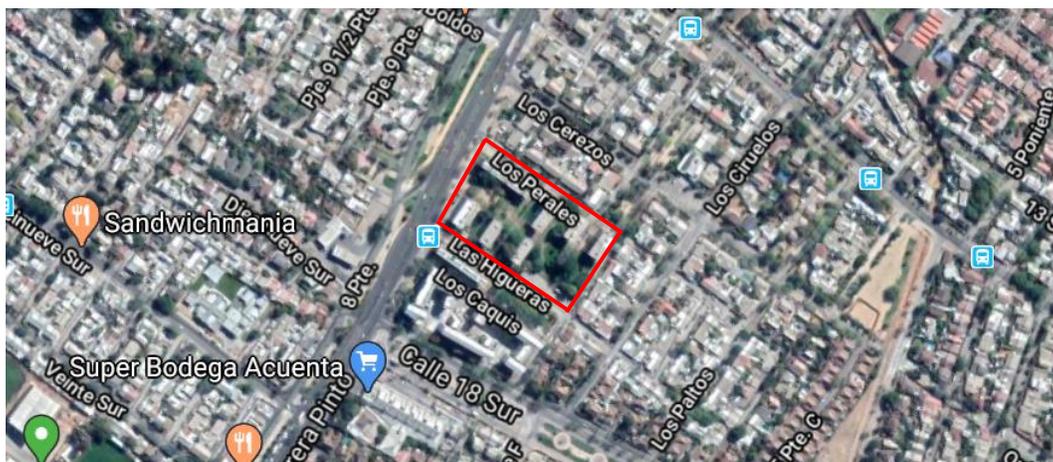
3.2.3 Análisis general edificio en estudio

El edificio en estudio es un edificio residencial que cuenta con 4 pisos de altura, en cada uno de los cuales cuenta con 4 departamentos, separados de 2 en 2 por un pasillo que atraviesa de un lado a otro de la estructura de forma transversal a este, por el cual se da acceso a cada uno de los departamentos de cada nivel y es donde se encuentra la escalera para así dirigirse a los pisos superiores.

Está ubicado en el sector la Florida de la ciudad de Talca en la VII Región del Maule, emplazado dentro de un conjunto habitacional compuesto de 7 edificios, de los cuales 6 son del mismo diseño siendo el séptimo distinto por contar con diferentes dimensiones e instalaciones, por lo tanto no puede ser analizado con las mismas consideraciones. Cuentan también a su alrededor con áreas verdes destinadas a la recreación e integración social de sus locatarios. Este conjunto se encuentra ubicado a un costado de la Avenida Ignacio Carrera Pinto entre los Pasajes Los Perales y las Higueras del sector La Florida de Talca.

En la siguiente imagen se puede ver la ubicación del conjunto de edificios con referencia a la Avenida principal más cercana. Se aprecia además la ubicación del paradero más cercano para el transporte público y las áreas verdes que rodean que se encuentran entre los edificios

Imagen N° 4: Ubicación edificio en estudio



(Fuente: captura satelital Google Earth)

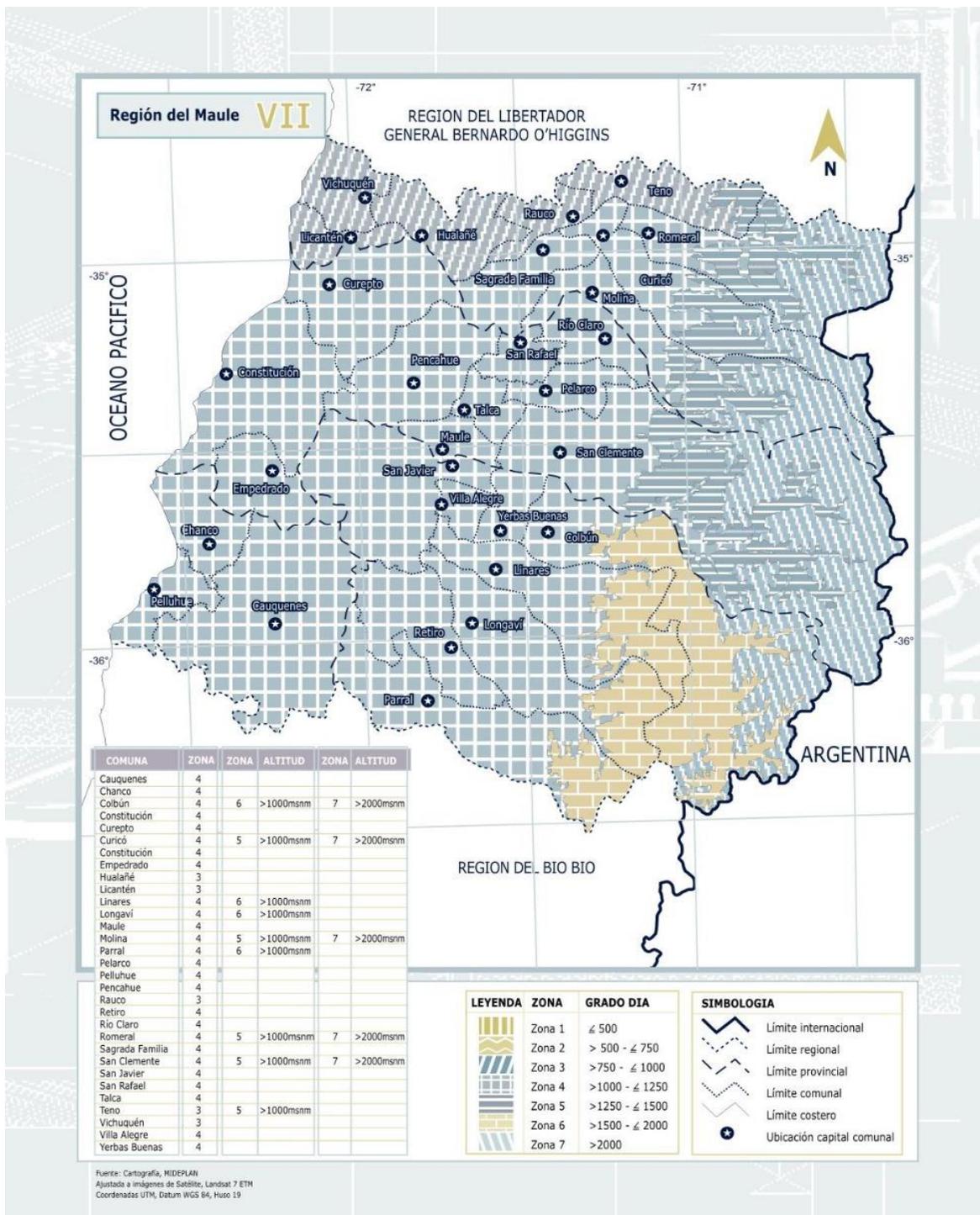
La ubicación de nuestro edificio nos será útil para determinar la irradiación solar existente, lo que nos ayudara más adelante a determinar el número de receptores solares necesarios para producir energía para cada departamento. Según la carta de irradiación solar en Chile que se muestra en la siguiente imagen, podemos determinar que esta irradiación va desde los 2200 a los 2600 KWh/m².

Imagen N° 5: Mapa de irradiación solar en Chile



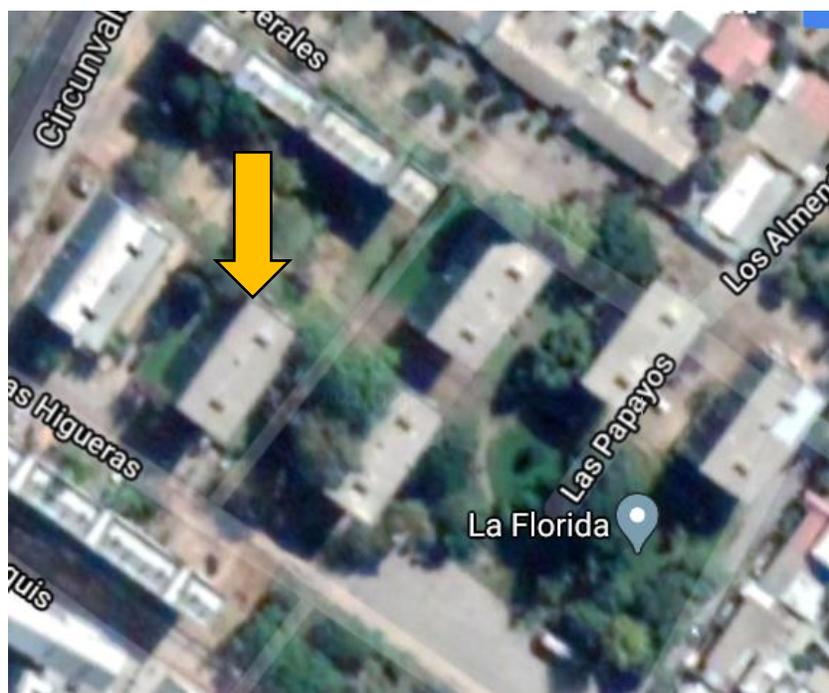
Imagen 6: Mapa de zonificación

En este caso para la región del Maule, en la ciudad de Talca la Zona correspondiente es la número 4.



En la siguiente imagen (Imagen 7) podemos observar con mayor claridad los 6 edificios similares al del caso en estudio y además un séptimo edificio colindante el cual es muy similar en materialidad pero con diferentes dimensiones. Además está destacado el edificio en estudio, el cual fue seleccionado gracias a que en él podíamos realizar una revisión más completa en su interior al contar con el acceso a uno de los departamentos habitados.

Imagen N° 7: distinción de edificio de los demás del conjunto residencial



(Fuente: Google Earth)

En este edificio, viven en mayor parte familias de pocos integrantes o son utilizados por trabajadores del sector público que son asignados a estos departamentos. El número de habitantes oscila entre los 2 a 3 personas por departamento, la siguiente fotografía muestra capturas del edificio en estudio para mostrar como es el edificio de forma más clara.

Imagen N° 8: fotografía edificio en estudio



(Fuente: Elaboración propia)

En la siguiente fotografía podremos ver el edificio en planta, en esta imagen se aprecia los ingresos al edificio por el pasillo que se encuentra en medio el cual da acceso a cada uno de los departamentos

- Largo departamento: **10.75 m**
- Ancho departamento: **5.75 m**
- Superficie departamento: **61.8125 m²**
- Superficie planta nivel 1 considerando pasillo: **277.575 m²**

Imagen 9: Planta edificio sin acotar



(Fuente: elaboración propia)

3.2.4 Análisis de materialidad y patologías

Una de las principales formas de reconocer el comportamiento de una estructura es por la materialidad que está compuesta, por lo tanto se mencionara los materiales con los que están contruidos los principales elementos estructurales y no estructurales del edificio. Por otro lado también se agregara un análisis de las patologías encontradas en el edificio con el fin establecer el estado de estos materiales y si la solución aislante propuesta está siendo funcional. La siguiente tabla (Tabla 10) representa la materialidad presente en cada elemento constructivo y si es observable alguna patología luego de la visita realizada.

Tabla N° 10: Materialidad obra gruesa

Elemento constructivo	Materialidad	Patologías detectadas
Cimentación	Hormigón armado	No observable
Sobrecimientos	Hormigón armado	Grietas
Muros exterior	Albañilería de ladrillo estucado con mortero	Grietas Moho por humedad Musgo por humedad, manchas de humedad en el estuco
Muro interior	Albañilería de ladrillo con pasta muro y pintura.	Grieta Moho por humedad por condensación
Tabiquería		
Estructura de techumbre	Cerchas de madera	No observable
Cubierta	Planchas de zinc acanaladas	Buen estado

(Fuente: Elaboración propia)

De acuerdo a lo dispuesto en el artículo 5.3.2 de la ordenanza general de urbanismo y construcción, existen distintos tipos y categorías de construcción, las que se clasifican de acuerdo a su material predominante y al tipo de estructuras en 9 clases según como sigue

Tabla N° 11: Clasificación de las edificaciones según su tipología de construcción

Clasificación de edificaciones	Tipología de construcción
Clase A	Son construcciones con estructura soportante de acero. Entrepisos de perfiles de acero o losas de hormigón armado.
Clase B	Son aquellas edificaciones con estructura soportante de hormigón armado o con estructura mixta de acero con hormigón armado. Entrepiso de losas de hormigón armado
Clase C	Construcciones con muros soportantes de albañilería de ladrillo confinado entre pilares y cadenas de hormigón. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera.
Clase D	Construcciones con muros soportantes de albañilería de bloques o de piedra, confinados entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera.
Clase E	Construcciones con estructura soportante de madera, paneles de madera, de fibrocemento, de yeso cartón o similares, incluidas las tabiquerías de maderas. Entrepisos de madera.
Clase F	Construcciones de adobe, tierra cemento y otros materiales livianos aglomerados con cemento. Entrepisos de madera.
Clase G	Construcciones prefabricadas con estructura metálica. Paneles de madera, prefabricados de hormigón, yeso cartón o similares.
Clase H	Construcciones prefabricadas de madera. Paneles de madera, yeso cartón, fibrocemento o similares.
Clase I	Construcciones de placas o paneles de polietileno. Paneles de hormigón liviano, fibrocemento o paneles de poliestireno entre malla de acero para recibir mortero proyectado.

(Fuente: Elaboración propia)

Según esta clasificación, nuestro edificio en estudio pertenece a la categoría o clase C, ya que cuenta con muros soportantes de albañilería de ladrillo confinado entre pilares y cadenas de hormigón y los entrepisos están hechos de losas de hormigón armado.

Esta clasificación nos sirve para definir cuál es la principal materialidad presente en el edificio y que corresponde a la obra gruesa del edificio.

Las siguientes imágenes muestran los problemas que se generan por humedad, la fotografía número muestra la presencia de moho en el interior de la vivienda, producido por la condensación en superficies frías, mientras que la fotografía muestra el crecimiento de musgo en la parte exterior del edificio, lo que representa una humedad constante en ese sector, que se asocia a filtraciones que puede tener la canalización de aguas lluvia, la cual se encuentra además con corrosión la que puede ser el causante de las infiltraciones de agua.

Imagen N° 10: Muro interior Moho



Imagen N° 11: Muro exterior Musgo



(Fuente: elaboración propia)

En las siguientes imágenes (12 y 13) se puede apreciar muros de dormitorios y living comedor en sus respectivos encuentros entre piso/muro y piso/cielo, se encuentran sin un revestimiento o aislación ante condiciones externas.

Imagen 12: Encuentro muro y piso



Imagen 13: Encuentro muro y cielo



(Fuente: Elaboración propia)

Tabla N° 12: Materialidad elementos no estructurales

Elemento constructivo	Materialidad	Patologías detectadas
Carpintería de ventanas	Metálico	Corrosión Óxido
Marco puerta	Madera y pintura	Buen estado
Puerta	Madera	Buen estado
Canalización aguas lluvia	Aluminio	Corrosión Óxido Perdidas

(Fuente: Elaboración propia)

La siguiente imagen muestra los marcos de las ventanas, estas se encuentran con corrosión y oxidadas, lo que indica no mantención de los marcos y deterioro de su impermeabilizante.

Imagen N° 14: marcos de ventanas corrosión y óxido



(Fuente: Elaboración propia)

3.2.5 Análisis de consumo agua potable

La Categoría Agua establece estándares de eficiencia hídrica para el diseño y construcción de viviendas, junto con requerimientos mínimos para sistemas de monitoreo de cantidad y calidad del suministro utilizado para la operación de las mismas. Fija, además, metas de disminución para el uso interior y exterior, complementándose con la propuesta de distintas tecnologías para su reutilización.

3.2.5.1 Abastecimiento sustentable y calidad del agua

“En etapas de factibilidad técnica del proyecto, el equipo de trabajo deberá utilizar como premisa el abastecimiento de agua a través de una explotación sustentable del recurso acuífero, según lo establecido en los antecedentes hidrogeológicos de la zona publicados por la Dirección General de Aguas (DGA), y lo indicado por la zona de déficit o superávit hídrico, de acuerdo con la capacidad natural de recarga de la cuenca o el acuífero.”

3.2.5.1 Minimización de consumo

Dentro de los estándares de construcción sustentable referentes al agua, existe un apartado que explica como minimizar el consumo de agua potable en el interior y exterior de la vivienda por medio de diferentes alternativas a considerar en la etapa de diseño; es en este apartado en el cual se enfocara la propuesta de solución.

El objetivo ha propuesto en los estándares de construcción sustentable en el tema de minimización de consumo es:

“Promover el diseño y especificación de instalaciones y artefactos de bajo consumo de agua en el interior de las viviendas, junto con el hábito de reducción de consumo de agua potable total día de la vivienda, de acuerdo con la Zona Hídrica, proyectando, de aquí al 2050, un consumo medio por habitante de 75 l/día.”

3.2.5.2 Análisis de consumo

Podemos determinar la demanda diaria del edificio, para esto es necesario seguir un procedimiento de cálculo obteniendo valores de las tablas indicadas en los estándares de construcción sustentable referentes al tema de minimización de consumo de agua potable, con el fin de compararlo con las metas de reducción esperadas para las siguientes décadas (2030, 2040, 2050), para esto se debe verificar en la tabla 1.4 las metas de reducción esperadas según zona hídrica.

La nomenclatura de las zonas hídricas es la siguiente

- EHE: Estrés hídrico extremo
- EH: Estrés hídrico
- DH: Disponibilidad Hídrica
- SH: Superávit Hídrico

Tabla N°13: las metas de reducción esperadas según zona hídrica

REGIÓN	(L/HAB/DÍA)	ZONA HÍDRICA	2020	2030	2040	2050
Arica y Parinacota	118	EH	106	96	86	77
Tarapacá	118	EH	106	96	86	77
Antofagasta	121	EHE	103	87	74	63
Atacama	123	EHE	105	89	76	64
Coquimbo	123	EH	111	100	90	81
Valparaíso	125	EH	113	101	91	82
Metropolitana	264	EH	195	145	107	79
Libertador Gral. Bernardo O'Higgins	117	DH	105	95	85	77
Maule	119	DH	107	96	87	78
Biobío	117	DH	105	95	85	77
La Araucanía	128	DH	115	104	93	84
Los Ríos	114,5	SH	103	93	83	75
Los Lagos	101	SH	91	82	74	66
Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo	95	SH	86	77	69	62
Magallanes y de la Antártica Chilena	131	SH	118	106	95	86
Vivienda Social	70	-	-	-	-	-

(Fuente: Estándares de construcción sustentable para viviendas en Chile - Tomo III, Agua)

Para la región del Maule la zona hídrica es de “disposición hídrica” y la dotación actual es de 119 lts/hab/día y se proyecta que en los años 2020, 2030, 2040, 2050 corresponda a 107, 96, 87, 78 lts/hab/día respectivamente, por lo tanto se realizara el cálculo esperando cumplir con al menos lo que se espera para el año 2020, en caso de no ser así se deberá buscar alternativas para reducir los consumos.

Para realizar el cálculo de la demanda diaria del edificio y compararla con lo esperado para la década del 2020 utilizaremos la metodología expresada en los estándares de construcción sustentable tomo II, Agua. En primer lugar determinaremos el perfil de los usuarios según la tabla 1.5

Tabla N° 14: Perfil de los usuarios

GRUPO		DESCRIPCIÓN	REQUERIMIENTO	DÍAS
1	Permanentes	Habitantes del proyecto	n° de camas (por plaza)	365
2	Permanentes	Profesional de servicio	Cantidad de puestos o consulta al mandante	365
3	Transitorios	Visitantes	10% del total de ocupantes del grupo 1	365

(Fuente: Estándares de construcción sustentable para viviendas en Chile - Tomo III, Agua)

El cálculo será realizado con el primer piso de la edificación, en el cual se pudo realizar la visita y con esto identificar elementos significativos para la propuesta de solución. El número de habitantes por departamento oscila entre 2 a 3 ocupantes, estableciendo 2,5 como promedio de habitantes y multiplicando por los cuatro departamentos que hay en cada nivel, da un total de 10 habitantes por piso. Los departamentos son utilizados únicamente como residencia por lo tanto no cuenta con personal de servicio para el cálculo.

De esta forma los habitantes según su perfil son:

- Permanentes: 10 habitantes
- Transitorios: $10 \times 0,1 = 1$ habitante

“Después de determinados los tipos de usuarios, se deberán dividir por género, en un 50% para hombres y 50% para mujeres.”

De esta forma los habitantes según perfil y género serán:

- Permanentes: 5 mujeres y 5 hombres
- Transitorios: 0,5 mujeres y 0,5 hombres

3.2.5.3 Cálculo de usos diarios según artefacto

Continuando con la metodología de cálculo, corresponde asignar usuarios por grupo de artefactos, para eso analizaremos la tabla 15 en la cual muestra un listado de artefactos, sus respectivos caudales y demandas y la intensidad de uso diario diferenciando género y perfil.

Tabla N° 15: Caudales por artefacto e intensidad de uso diario según perfil y género

CAUDALES Y DEMANDA POR ARTEFACTO					INTENSIDAD DE USO DIARIO SEGÚN PERFIL DE USUARIO			
					PERMANENTES		TRANSITORIOS	
ARTEFACTO	CAUDALES	UNIDAD	DURACION (SEGUNDOS)	DEMANDA POR USO [Du] (litros)	M	F	M	F
Inodoro	6	Litros por descarga	n/a	6	1	3	0,2	0,5
Urinario	3,8	Litros por descarga	n/a	3,8	2	-	0,4	-
Lavamanos	9	Litros por minuto	30	4,5	3	3	0,5	0,5
Ducha	9,5	Litros por minuto	480	76	1	1	-	-

Lavaplatos cocina	9	Litros por minuto	60	9	4	4	-	-
Llave de riego 1/2"	8	Litros por minuto	480	64	1	1	-	-
Llave de riego 3/4"	8	Litros por minuto	480	64	1	1	-	-
Lavadora	60	Litros por ciclo	Un uso diario por unidad de vivienda	60	-	-	-	-
Lavavajilla	11	Litros por ciclo	Un uso diario por unidad de vivienda	11	-	-	-	-

(Fuente: Estándares de construcción sustentable para viviendas en Chile - Tomo III, Agua)

Los artefactos presentes en los departamentos son los siguientes:

- Inodoro
- Lavamanos
- Ducha
- Lavaplatos
- Lavadora

Por lo tanto procederemos a calcular los usos diarios por artefacto según la fórmula expresada en los estándares de construcción sustentable para viviendas en Chile diferenciando usos diarios por género y perfil de habitante. La fórmula es la siguiente:

$$\bullet \quad N = (P \times U) + (T \times U)$$

Donde:

N: Total usos diarios por artefacto

P: Usuarios permanentes

U: Uso diario

T: Usuarios Transitorios

Usos diarios por artefacto usuarios de género masculino, permanentes y transitorios

- $N(\text{inodoro}) = 5 \text{ hombres} * 1 \text{ usos diarios} + 0,5 \text{ hombres} * 0,2 \text{ usos diarios}$
 - $= 5,1 \text{ usos diarios de inodoro}$
- $N(\text{lavamanos}) = 5 \text{ hombres} * 3 \text{ usos diarios} + 0,5 \text{ hombres} * 0,5 \text{ usos diarios}$
 - $= 15,25 \text{ usos diarios de lavamanos}$
- $N(\text{ducha}) = 5 \text{ hombres} * 1 \text{ usos diarios} + 0 \text{ hombres} * 0 \text{ usos diarios}$
 - $= 5 \text{ usos diarios de ducha}$
- $N(\text{lavaplatos}) = 5 \text{ hombres} * 4 \text{ usos diarios} + 0 \text{ hombres} * 0 \text{ usos diarios}$
 - $= 20 \text{ usos diarios de lavaplatos}$
- $N(\text{lavadora}) = 0 \text{ hombres} * 0 \text{ usos diarios} + 0,5 \text{ hombres} * 0,5 \text{ usos diarios}$
 - $= 0 \text{ usos diarios de lavado}$

Usos diarios por artefacto usuarios de género femenino, permanentes y transitorios

- $N(\text{inodoro}) = 5 \text{ mujeres} * 3 \text{ usos diarios} + 0,5 \text{ mujeres} * 0,5 \text{ usos diarios}$
 - $= 15,25 \text{ usos diarios de inodoro}$
- $N(\text{lavamanos}) = 5 \text{ mujeres} * 3 \text{ usos diarios} + 0,5 \text{ mujeres} * 0,5 \text{ usos diarios}$
 - $= 15,25 \text{ usos diarios de lavamanos}$
- $N(\text{ducha}) = 5 \text{ mujeres} * 1 \text{ usos diarios} + 0 \text{ mujeres} * 0 \text{ usos diarios}$
 - $= 5 \text{ usos diarios de ducha}$

- $N(\text{lavaplatos}) = 5 \text{ mujeres} * 4 \text{ usos diarios} + 0 \text{ mujeres} * 0 \text{ usos diarios}$
 $= 20 \text{ usos diarios de lavaplatos}$
- $N(\text{lavadora}) = 0 \text{ mujeres} * 0 \text{ usos diarios} + 0,5 \text{ mujeres} * 0,5 \text{ usos diarios}$
 $= 0 \text{ usos diarios de lavadora}$

Al sumar usos diarios de hombres y mujeres da un total de

- $N(\text{inodoro}) = 20,35 \text{ usos diarios}$
- $N(\text{lavamanos}) = 30,5 \text{ usos diarios}$
- $N(\text{ducha}) = 10 \text{ usos diarios}$
- $N(\text{lavaplatos}) = 40 \text{ usos diarios}$
- $N(\text{lavadora}) = 0 \text{ usos diarios}$

3.2.5.4 Demanda diaria de referencia por artefacto

Para calcular la demanda diaria de referencia por artefacto debemos multiplicar el total de usos diarios de cada artefacto por la demanda por uso que se encuentra en la tabla 1.6

$$DdA = N * Du$$

Donde:

- DdA : Demanda diaria de referencia por artefacto
- N : Total de usos diarios por artefacto
- Du : Demanda por uso

Por lo tanto la demanda diaria de referencia por artefacto es:

- DdA (inodoro) = 20,35 usos diarios * 6litros = 122,1 (lts/días)
- DdA (lavamanos) = 30,5 usos diarios * 4,5 litros = 135,25 (lts/días)
- DdA (ducha) = 10 usos diarios *76 litros = 760 (lts/días)
- DdA (Lavaplatos) = 40 usos diarios * 9 litros = 360 (lts/días)
- DdA (Lavadora) = 0 usos diarios * 60 litros = 0 (lts/días)

Ahora podemos calcular la demanda diaria del proyecto (DPr) la cual es el resultado de la suma de todas las demandas por artefacto

$$DPr = \Sigma DdAr$$

- $DPr = 122,1 + 135,25 + 760 + 360 + 0$
- $DPr = 1377,35 \text{ lts/días}$

Ahora dividimos por el total de habitantes permanentes y transitorios y obtenemos la demanda diaria por habitante DPh, la cual compararemos con las metas esperadas al año 2020

- $DPh = DPr / \text{número de habitantes}$
- $DPh = 1377,35 \text{ lts/días} / 11 \text{ habitantes}$
- **$DPh = 125,21 \text{ lts/días/habitantes}$**

Meta para la región del Maule en la década del 2020 es de 107 lts/días/habitantes, la cual es menor que la demanda diaria por habitante por lo tanto:

- *Se debe considerar alternativas de reducción de consumo de agua potable en la vivienda para ajustarse a los estándares de construcción sustentable*

3.2.6 Propuesta de solución para minimización de consumo de agua en la vivienda

La solución que se propone guarda relación con los artefactos utilizados, ya que la tabla 9 muestra las demandas por artefactos en un sistema tradicional, por lo tanto se deberá buscar un sistema de consumo eficiente, reemplazando artefactos por otros que tengan una demanda menor o buscando alternativas que reduzcan los consumos de los sistemas ya instalados.

(Fuente: Estándares de construcción sustentable para viviendas en Chile - Tomo III, Agua)

Para realizar esta solución se han investigado diferentes sistemas de reducción de consumos de agua. La mayoría de estos que están en el mercado, se acercan a los caudales de consumo que ya se encuentran instalados en el edificio y los sistemas más complejos aún no han llegado a Chile o su obtención es complicada, pensando en el momento de la cotización y obtención para ser ejecutados en obra.

El objetivo es reducir los consumos ya generados, para así reducir el consumo total del edificio, por lo tanto debemos buscar artefactos que consuman menos que los ya instalados.

La solución se basa en la instalación de accesorios eficientes de gasfitería, con el fin de no realizar una intervención tan grande en el edificio, para esto se utilizaran en el caso de lavamanos, lavaplatos y ducha, unos accesorios llamados aireadores eficientes de la marca NIBBSA, los cuales se acoplan al sistema y reducen el consumo de agua al inyectar aire desde el exterior, manteniendo la presión a la que el agua sale para que no aumenten los tiempos de uso.

Para el caso del inodoro, la alternativa que mejor relaciona las variables de baja intervención y reducción de consumo y por otro lado también son fáciles de adquirir en el país son los inodoros con la tecnología Dual Flush de la marca Fonaloza.

La siguiente tabla (Tabla 16) compara los artefactos instalados versus los que se pretenden instalar tras la rehabilitación, luego se volverá a calcular el total según las demandas diarias ya obtenidas para comprobar que se está por debajo de los límites planteados en la meta a 2020 de los estándares de construcción sustentable en el país.

Tabla N° 16: Cuadro comparativo de artefactos a instalar

Artefactos instalados	Consumos (L/min)	Artefactos tras la rehabilitación	Consumos (L/min)
Lavamanos	9	Lavamanos + Aireador	9
Lavaplatos	9	Lavaplatos + Aireador	9
Ducha	9.5	Ducha + Aireador	9.5
Inodoro	6 (L/descarga)	Inodoro Dual Flush	4,1 a 6 (L/descarga)

(Fuente: Elaboración propia)

Calculamos según las demandas diarias ya obtenidas

- DdA (inodoro) = $20,35 \cdot 0,7 * 4,1L + 20,35 \cdot 0,3 * 6L = 94.76$ (lts/días)
- DdA (lavamanos) = $30,5$ usos diarios * 3 litros = 91.5 (lts/días)
- DdA (ducha) = 10 usos diarios * 48 litros = 480 (lts/días)
- DdA (Lavaplatos) = 40 usos diarios * 9 litros = 240 (lts/días)

Ahora podemos calcular la demanda diaria del edificio tras la rehabilitación la cual es el resultado de la suma de todas las demandas por artefacto

$$DPr = \Sigma DdAr$$

- $DPr = 94.76 + 91.5 + 480 + 240$ (lts/día)
- $DPr = 906.53$ (lts/día)

Ahora dividimos por el total de habitantes permanentes y transitorios y obtenemos la demanda diaria por habitante DPh.

- $DPh = DPr / \text{número de habitantes}$
- $DPh = 906.53 \text{ lts/días} / 11 \text{ habitantes}$
- $DPh = 82.41 \text{ lts/días/habitantes}$

Tabla N° 17: comparación meta para la región del Maule con demanda por persona antes y después de la rehabilitación

Meta para la región del Maule en la década del 2020	107 lts/días/habitantes
Demanda por persona edificio en estudio	125.21 lts/días/habitantes
Demanda por persona edificio tras la rehabilitación	82.41 lts/días/habitantes

(Fuente: Elaboración propia)

Por lo tanto podemos concluir que la demanda por persona está por bajo el máximo esperado en los estándares de construcción sustentable para edificios y esto hace que esta alternativa sea factible técnicamente hablando.

Las siguientes imágenes (15 y 16) muestran los aireadores a utilizar de la marca NIBBSA y el inodoro Dual Flush de la marca FONALOZA con sus respectivas fichas técnicas donde se incluye mayor información sobre sus ventajas y posibilidades y asegura que los consumos utilizados en el cálculo corresponden al especificado por el fabricante.

Imagen N° 15: Ficha técnica Aireadores eficientes NIBBSA

NIBBSA		FICHA TÉCNICA ACC. EFICIENTES GRIFERIA	
Línea:	Aireadores Eficientes		
Descripción - Código:	22 x 1 HI Lavaplatos	2E1N000-00	
Consumo:	6 L/min. Flujo independiente de la presión.		
Descripción - Código:	22 x 1 HI Lavaplatos	2E1R00S-00	
Consumo:	6 L/min. a 3 bar.		
Descripción - Código:	24 x 1 HE Lavatorio - Tina Ducha	2E2N000-00	
Consumo:	6 L/min. Flujo independiente de la presión.		
Descripción - Código:	24 x 1 HE Lavatorio - Tina Ducha	2E2R00S-00	
Consumo:	6 L/min. a 3 bar.		
Ahorro:	% de Ahorro de agua y energía de acuerdo al sistema de cierre y a su medida		
Uso:	En Termos y Centrales de Agua Caliente		
Peso:	0,016 kg		
Malla:	Silicona		
Terminación:	Cromo		
Características:	Bajo nivel de ruido.		
Chorro:	Espumante, no salpica.		
Certificación:	Cumple Norma Chilena Nch 3203		

(Fuente: página web del fabricante www.nibbsa.com)

Imagen N° 16: Ficha técnica Inodoro Dual Flush FONALOZA



INODORO SEGOVIA

Taza : SS0011391301CF
Tanque : CSA032201301CF

Asiento: SP0095011301BO

Fanaloza
SANITARIOS

Especificaciones:



- Inodoro con tecnología Dual Flush
- Sistema de descarga de bajo consumo (6 L para desechos sólidos y 4,1 L para desechos líquidos)
- Disponible para descarga al piso a 30,5 cm
- Tipo de funcionamiento: acción directa con efecto de sifón, trampa reversa y anillo abierto integrado
- Tipo de aro: redondo
- Peso taza: 16 kg ± 10%
- Peso tanque: 12,5 kg ± 10%

Incluye:

- Tapa asiento
- Fitting

Elementos necesarios (no incluidos)

- Pernos de anclaje al piso
- Llave angular 1/2" x 1/2" HE HE
- Conector flexible 1/2" x 15/16" HI HI x 30 cm
- Sello de cera

Colores disponibles:

- Blanco

(Fuente: página web del fabricante www.fanaloza.cl)

3.2.7 Propuesta de solución energética

La solución a considerar para la rehabilitación energética del edificio en estudio se basa en el sistema PassiveHouse, el cual, como ya fue explicado, funciona con la articulación de cinco principios que en su conjunto logran una minimización de los consumos energéticos.

Estos cinco principios son los siguientes:

1. *Envolverte térmica de alto desempeño.*
2. *Libre de puentes térmicos.*
3. *Hermeticidad.*
4. *Ventanas de alto desempeño.*
5. *Ventilación de confort con alta recuperación de calor.*

Para cumplir con estos cinco principios, se plantean 3 soluciones constructivas. La primera de ellas es la implementación de una envolvente EIFS para el edificio, la cual cumplirá con los principios número 1, 2 y 3 al ser una materialidad utilizada específicamente para aislar viviendas de las condiciones térmicas existentes como también de las infiltraciones de humedad y los sonidos molestos provenientes del exterior, se especificara su colocación con el fin de disponerse sobre el edificio de forma continua evitando puentes térmicos y proporcionará además la hermeticidad necesaria para evitar infiltraciones de aire.

La segunda solución se encargara de mejorar las carpinterías del edificio, para esto se cotizaran ventanas de triple capa ya comercializadas en la región del Maule.

Por último, debemos dar solución al último principio planteado el cual se refiere a la ventilación con alta recuperación de calor. Esta etapa es muy importante, ya que el sistema PassiveHouse busca que la vivienda no tenga que ser ventilada de forma natural por las ventanas y tampoco por las infiltraciones de aire que penetran en la envolvente, sino que por un sistema de ventilación mecánica. Esto con el fin de evitar las variaciones drásticas

3.2.7.1 Mejoramiento de envolvente

Al revisar el análisis del edificio y la encuesta realizada a los residentes de este, podemos comprobar que el edificio carece de un revestimiento y la mayoría de sus deficiencias atribuidas a pérdidas térmicas e infiltraciones de humedad son producto de esta carencia. Es por esto que se buscaron diferentes alternativas de revestir el edificio rehabilitando así las funciones que cumple una envolvente.

La elección a considerar para la solución debe ser un buen aislante térmico, tener una resistencia a la humedad admisible por la norma y además evitar las infiltraciones de aire, dejando así los recintos interiores completamente herméticos a las condiciones externas. Por otra parte, debe ser un tipo de revestimiento que sea compatible con la materialidad del edificio, la cual es albañilería confinada y contar un peso por metro cuadrado reducido, con el fin de no sobrecargar excesivamente la estructura soportante del edificio.

El aislante elegido para esta tarea es el SISTEMA DE AISLACIÓN TÉRMICA EXTERIOR E.I.F.S, el cual es una capa de material aislante en base a poliestireno expandido de espesor $e = 40$ mm y densidad 20 Kg/m^3 , adherida mediante una pasta adhesiva reforzada con una malla de fibra de vidrio embebida en una delgada capa de mortero elastomérico. Para el acabado y remate del sistema se utiliza una pasta texturizada o lisa con incorporación de pintura.

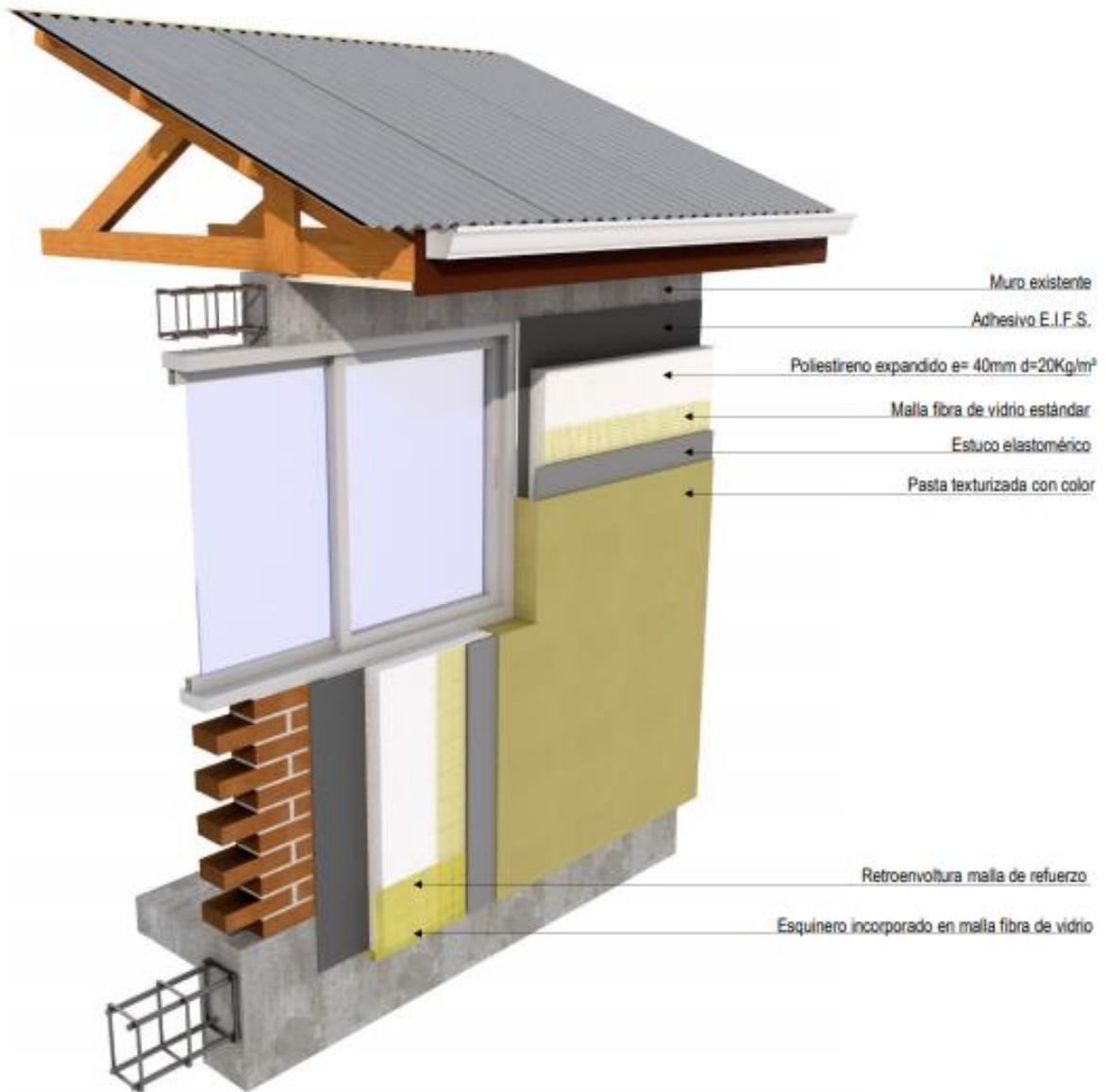
La transmitancia térmica de la solución constructiva de acuerdo a la norma de cálculo INN Nch 853/2007 es de:

- $U = 0.71 \text{ (W/m}^2\text{K)}$
- $RT = 1.41 \text{ (m}^2\text{K/W)}$

Por otro lado y de acuerdo a norma de cálculo INN Nch 1973/2014, la solución constructiva de acondicionamiento térmico exterior no presenta riesgo de condensación superficial ni intersticial.

La siguiente imagen (Imagen 17) muestra la materialidad de las capas que conforman la solución E.I.F.S y la disposición de ellas por sobre el muro.

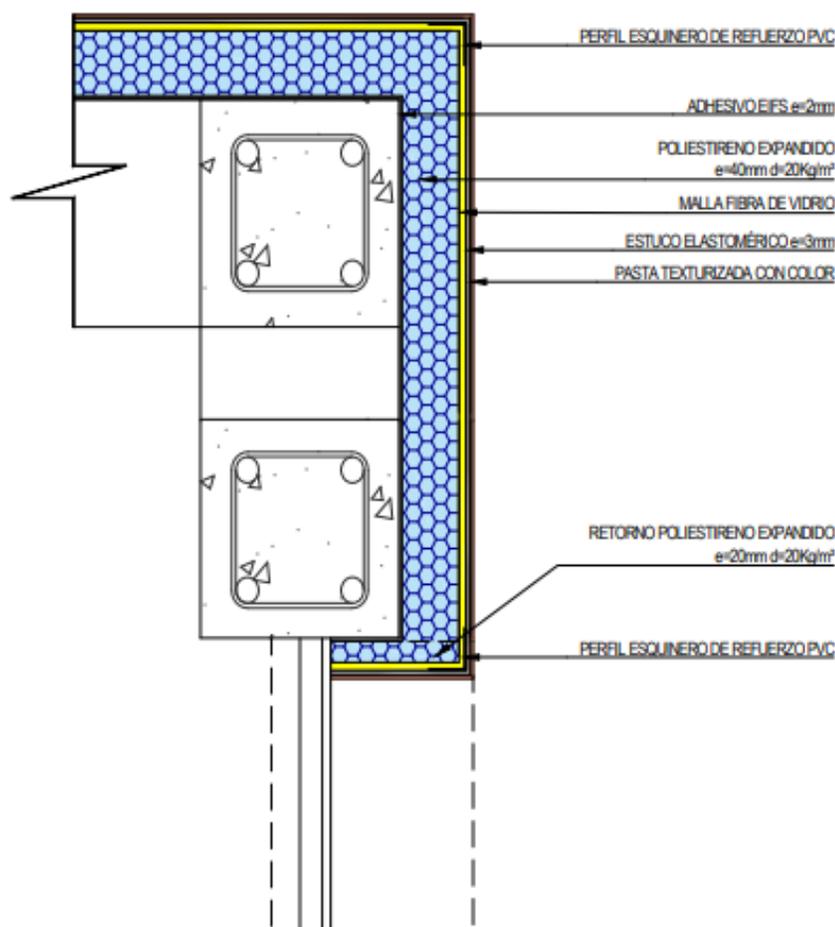
Imagen N° 17: Materialidad y disposición de las capas del sistema E.I.F.S



(Fuente: Solución constructiva de acondicionamiento térmico en muros – Plan de descontaminación atmosférica Talca-Maule, MINVU)

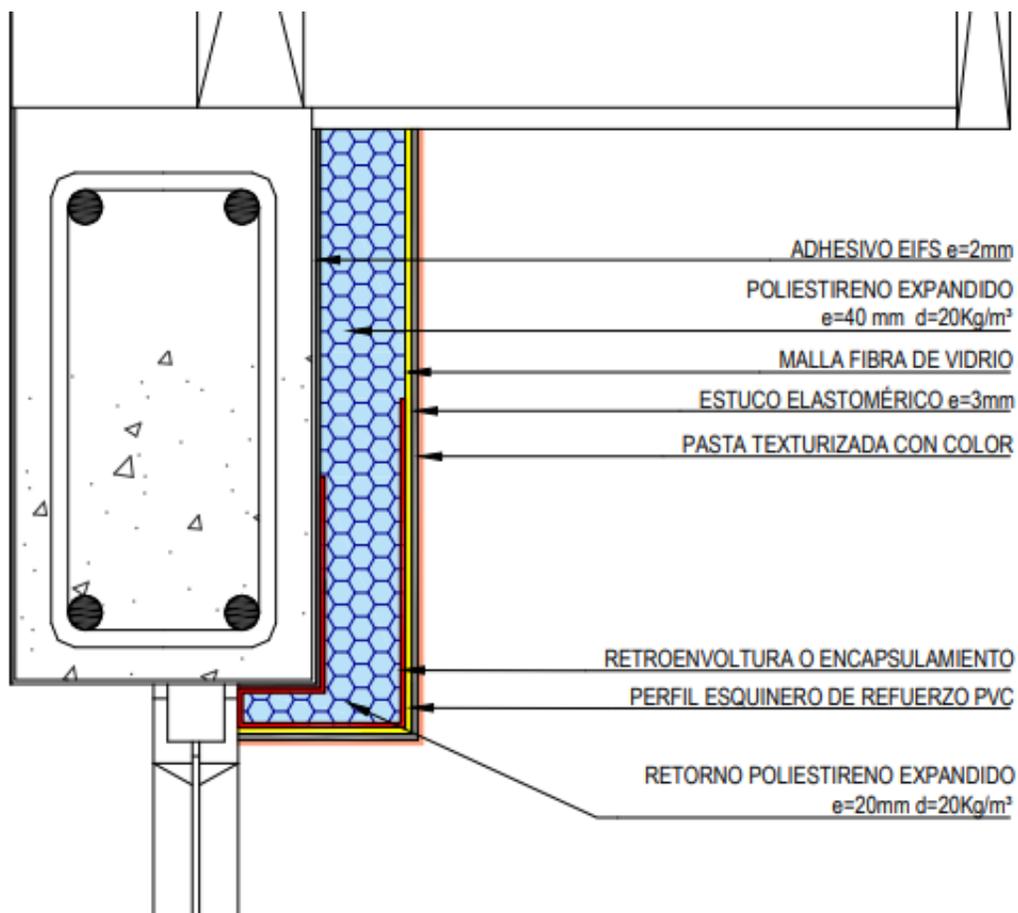
Para que la envolvente sea funcional y continua, evitando la aparición de puentes térmicos, es necesario que la instalación de este revestimiento sea proporcionado por mano de obra calificada y que se sigan todas las recomendaciones proporcionadas por el fabricante en cada una de las capas a instalar. Por otro lado, es muy importante que los puntos críticos de la envolvente, ya sean en las juntas con las carpinterías, en los vértices de la estructura y en los encuentros con techumbre y sobrecimientos. Las siguientes imágenes nos muestran cómo se debe disponer el material en cada uno de estos puntos críticos y cuáles son las especificaciones de retorno de material para cumplir con el objetivo de una envolvente funcional, hermética y libre de puentes térmicos.

Imagen N° 18: Vista en planta de la solución constructiva con retorno de material aislante en vanos.



(Fuente: Solución constructiva de acondicionamiento térmico en muros – Plan de descontaminación atmosférica Talca-Maule, MINVU)

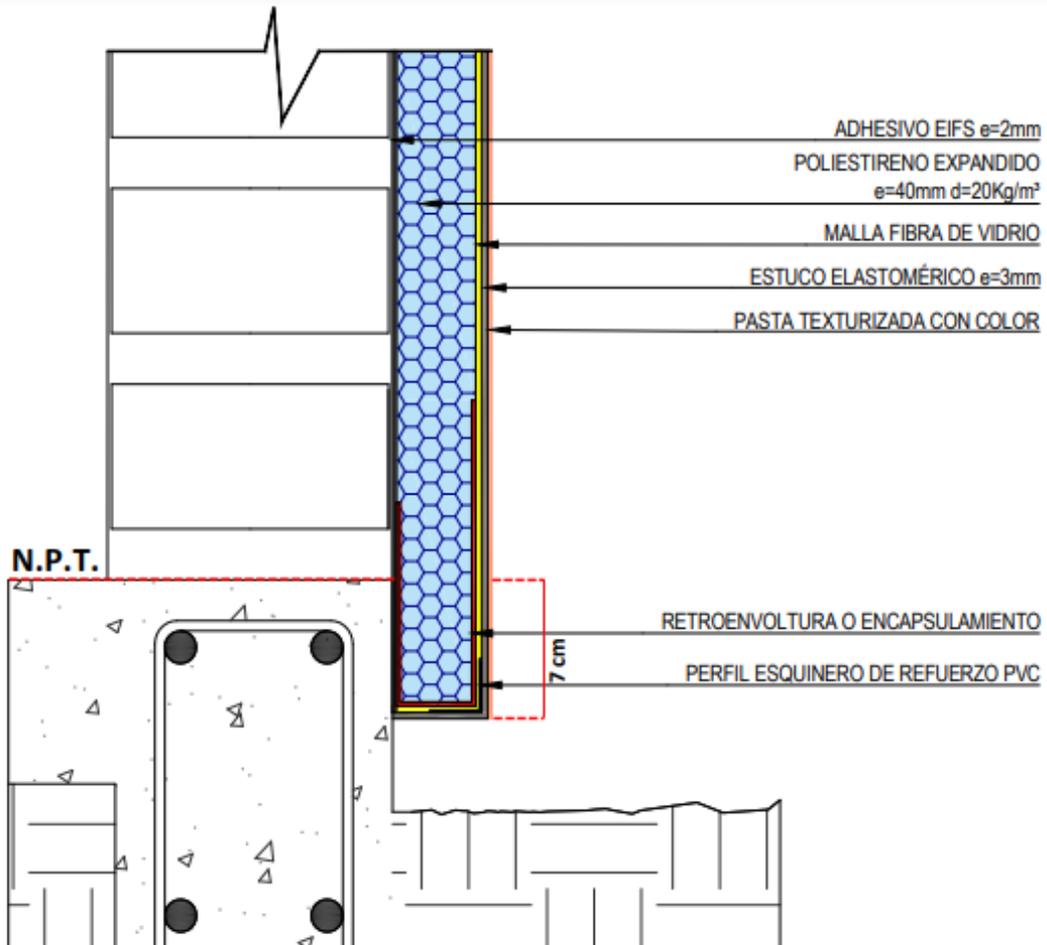
Imagen N° 19: Corte constructivo con retorno de material aislante térmico en vanos y encuentro con alero de techumbre.



(Fuente: Solución constructiva de acondicionamiento térmico en muros – Plan de descontaminación atmosférica Talca-Maule, MINVU)

Imagen N° 20: Corte constructivo con retorno de material aislante térmico en vanos y encuentro con sobrecimiento

Según especificaciones, el sistema de aislación térmica exterior deberá traspasar en 7 cm como mínimo la línea de unión entre el muro y sobrecimiento.



(Fuente: Solución constructiva de acondicionamiento térmico en muros – Plan de descontaminación atmosférica Talca-Maule, MINVU)

3.2.7.2 Reemplazo de puertas y ventanas

Las ventanas que tenemos en nuestro edificio en la situación inicial son ventanas monolíticas con marcos metálicos. Como ya determinamos en el análisis de patologías, estas ventanas se encuentran con problemas de corrosión por humedad, lo que perjudica su funcionamiento y desgasta la materialidad de estas. En su componente térmica, estas ventanas tienen altos niveles de conductividad, como se muestra en la siguiente tabla (Tabla 18) en la que podemos observar que nuestro valor $U = 5.7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Tabla N° 18: Comparativa de ventanas según materialidad de marcos y acristalamientos.

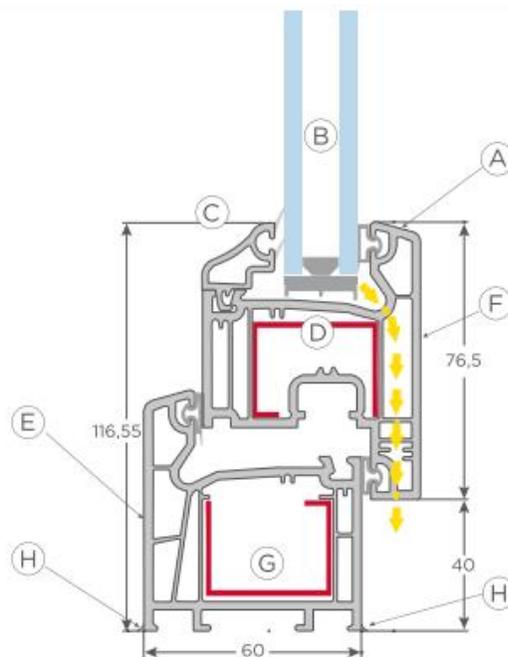
Situación	Posición de Eficiencia	Marco	Acristalamiento	Cámara (mm)	U_H	(*) Pérdidas Energéticas Relativas (%)	(**) Ahorro (%)
1	21	Metálica	Vidrio monolítico	-	5,7	100	0
2	20	Metálica RPT 1	Vidrio monolítico	-	5,2	91	9
3	19	Metálica RPT 2	Vidrio monolítico	-	5	88	12
4	18	Madera	Vidrio monolítico	-	4,7	82	18
5	17	Metálica	SGG CLIMALIT 4/6/4	6	4	70	30
6	16	Metálica	SGG CLIMALIT 4/12/4	12	3,7	65	35
7	15	Metálica RPT 1	SGG CLIMALIT 4/6/4	6	3,5	61	39
8	15	Metálica	SGG CLIMALIT PLANITHERM 4/6/4	6	3,5	61	39
9	14	Metálica RPT 2	SGG CLIMALIT 4/6/4	6	3,3	58	42
10	13	Metálica RPT 1	SGG CLIMALIT 4/12/4	12	3,2	56	44
11	12	Madera	SGG CLIMALIT 4/6/4	6	3,1	54	46
12	11	Metálica RPT 2	SGG CLIMALIT 4/12/4	12	3	53	47
13	11	Metálica RPT 1	SGG CLIMALIT PLANITHERM 4/6/4	6	3	53	47
14	10	Metálica	SGG CLIMALIT PLANISTAR 4/12/4	12	2,9	51	49
15	10	PVC	SGG CLIMALIT 4/6/4	6	2,9	51	49
16	9	Madera	SGG CLIMALIT 4/12/4	12	2,8	49	51
17	8	Metálica RPT 2	SGG CLIMALIT PLANITHERM 4/6/4	6	2,7	47	53
18	7	PVC	SGG CLIMALIT 4/12/4	12	2,6	46	54
19	6	Madera	SGG CLIMALIT PLANITHERM 4/6/4	6	2,5	44	56
20	5	Metálica RPT 1	SGG CLIMALIT PLANISTAR 4/12/4	12	2,4	42	58
21	4	PVC	SGG CLIMALIT PLANITHERM 4/6/4	6	2,3	40	60
22	3	Metálica RPT 2	SGG CLIMALIT PLANISTAR 4/12/4	12	2,2	39	61
23	2	Madera	SGG CLIMALIT PLANISTAR 4/12/4	12	1,9	33	67
24	1	PVC	SGG CLIMALIT PLANISTAR 4/12/4	12	1,7	30	70

(Fuente: Vidrios y marcos energéticamente eficientes Eduardo M^a De Ramos Vilariño.)

Se buscaron alternativas para reemplazar estas ventanas procurando que estas se encontraran ya comercializadas en el país. Aquí encontramos las ventanas WinHouse S60 la cual cuenta con 2 cristales y un termo panel en su interior de 12 mm. Esta alternativa de solución es una buena opción ya que se comporta adecuadamente con la humedad, tiene buena aislación acústica y reduce la **conductividad térmica a 1.2 W/m²k**, lo que representa un ahorro de energía de aproximadamente 80%.

La siguiente imagen (imagen 21) muestra un detalle de las ventanas a utilizar y la distinción de sus partes según su funcionalidad.

Imagen N° 21: Detalle ventana winhouse S60



- A. Hoja ventana exterior
- B. Termopanel
- C. Junquillo sello interior
- D. Refuerzo acero hoja ventana exterior
- E. Marco perimetral
- F. Cámara de desagüe o despiche
- G. Refuerzo marco perimetral
- H. Sello de silicona neutra

Activar¹

(Fuente: Ficha técnica ventana DVH Low-e Winhouse S60)

Para el reemplazo de la puerta, se buscaron proyectos del sistema PassiveHouse ya ejecutados, en los cuales se contaba con puertas con una conductividad térmica no superior a $1,5 \text{ W/m}^2\text{k}$. Considerando que las puertas instaladas son de madera y no cuentan con ningún sistema de reducción de la conductividad térmica y su valor $U = 4.5 \text{ w/m}^2\text{k}$, la instalación de esta puerta seleccionada ayudara a evitar los puentes térmicos en este punto ya que será muy similar al valor U obtenido en los demás componentes de la envolvente.

La puerta seleccionada es de la línea Thermo65 de la empresa Hormann Ltda. Este tipo de puerta se encuentra en 13 modelos distintos, considerando también sistemas de seguridad en caso de robos y una reducción completa de las infiltraciones de aire por medio de los marcos de la puerta haciendo de esta alternativa una muy buena opción para llevar acabo la rehabilitación sustentable. Se optara por la versión más económica ya que el objetivo es netamente reducir la conductividad térmica acercándola a los valores presentes en el resto de los elementos de la envolvente

Las desventajas de este elemento seleccionado es que aún no se encuentra distribuido en el país por lo cual los costos de adquisición serían muy elevados.

Las ventajas tras instalar esta puerta en nuestro edificio son las siguientes:

- Hoja de acero de 65 mm de grosor enrasada en toda la superficie con un perfil de hoja interior y galce grueso para un aspecto elegante
- Perfil de hoja con rotura de puente térmico compuesto por material aglomerado para una elevada estabilidad y aislamiento térmico •
- Cerco de aluminio de 80 mm con rotura de puente térmico y 20 mm de alto, umbral de material sintético de aluminio con rotura de puente térmico para un elevado aislamiento térmico
- El nivel de sellado triple ofrece una protección óptima ante la lluvia, el viento y la suciedad
- Opcional con equipamiento de seguridad RC 2** para mayor seguridad (no considerado para la rehabilitación)
- **Tramitancia térmica de la puerta $U = 0,87 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^*$**

La siguiente imagen (imagen 22) muestra la puerta desde su elevación lateral donde se pueden ver el nivel de sellado triple y los elementos de rotura del puente térmico.

Imagen N° 22: Detalle puerta Thermo65 Modelo 015 color blanco



(Fuente: Ficha técnica puertas de entrada Thermo65 / Thermo46, Hormann 2018)

3.2.7.3 Instalación sistema de ventilación mecánica con recuperación de calor

Para que el sistema de rehabilitación sustentable elegido funcione correctamente, el sistema de ventilación es una de las partes más importantes, ya que al hacer un edificio hermético la ventilación pasa a ser uno de los problemas principales, esto porque al abrir las ventanas tendríamos la pérdida completa de la función de la envolvente. La ventilación en el edificio debe ser entonces por medios mecánicos, específicamente por un sistema de ventilación con recuperador de calor.

Para el correcto funcionamiento de este sistema la casa se divide en una zona de extracción y una zona de ventilación, permitiendo así la extracción de aire en zonas con mayor temperatura como son la cocina y el baño para recuperar parte de este calor transfiriéndoselo al aire fresco obtenido desde el exterior y de esta forma ventilar zonas tales como dormitorios o sala de estar.

Las principales ventajas de este sistema son las siguientes:

- El daño al edificio debido a la humedad se evita mediante el intercambio constante de aire
- Disminuyen los costos de energía, ya que se evitan pérdidas de calor innecesarias a través de ventanas abiertas
- El polvo, polen y otros contaminantes son filtrados del aire
- El aire fresco del exterior se puede canalizar a las habitaciones para refrescarlas en las noches de verano por medio del bypass
- Se cumple con los estándares internacionales para el ahorro energético en edificios

Ahorro de energía

Durante la recuperación de calor, el aire proveniente del interior de la vivienda, que se encuentra a mayor temperatura, se utiliza para calentar el aire fresco que ingresa. De este modo, las pérdidas de calor se reducen al mínimo. En las noches de verano, es posible utilizar un bypass, que permite al aire fresco del exterior fluir directamente hacia los espacios de la vivienda y así refrescar el ambiente.

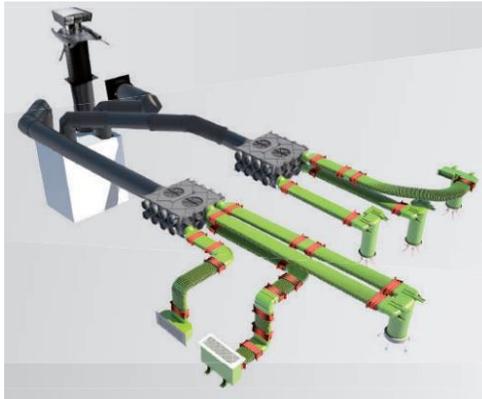
El sistema elegido para utilizar en esta rehabilitación sustentable es de la marca Bosch llamado Vent 5000 C HR 230 W / HR 230 WS. La siguiente tabla (Tabla 19) muestra las características técnicas de este sistema donde el valor más importante es las renovaciones de aire y los consumos eléctricos, además la tabla nos muestra las dimensiones del sistema a instalar.

Tabla 19: Características técnicas Sistema de ventilación con recuperador de calor Bosch.

Vent 5000 C				
Características técnicas	Unid.	HR 140 W / HR 140 WS ¹	HR 230 W / HR 230 WS ¹	HR 350 W / HR 350 WS ¹
Flujo de aire min. - max.	m ³ /h	25-180	30-300	60-450
Flujo de aire nominal máx. (según DIN 1946-6)	m ³ /h	140	230	350
Presión máxima (a flujo de aire nominal máx.)	Pa	100	100	100
Eficiencia en la recuperación de calor	%	84,7	85,4	85,6
Consumo eléctrico específico por flujo de aire	W/(m ³ /h)	0,28	0,21	0,24
Max. rendimiento eléctrico según DIBt		24,6	36,1	36,1
Conexión eléctrica	V/Hz	230/50	230/50	230/50
Diámetro conexión de aire	mm	125	150	180
Peso Neto	kg	36,0	49,5	62,5
Dimensiones				
Ancho	mm	600	700	700
Altura (incl. caja de control)	mm	1045	1095	1095
Profundidad	mm	430	600	750
Certificado DIBt ²		Z-51.3-325	Z-51.3-326	Z-51.3-327
Certificado PHI ⁴		Si	Si	Si

La siguiente imagen muestra la disposición del sistema, con los ductos de extracción y los ductos de inyección de aire, pasando ambos por el recuperador de calor donde el aire caliente que sale sede temperatura al aire exterior que entra, recuperando y ahorrando hasta un 80 % de la energía.

Imagen 23: Ejemplo de instalación de sistema de ventilación con recuperación de calor

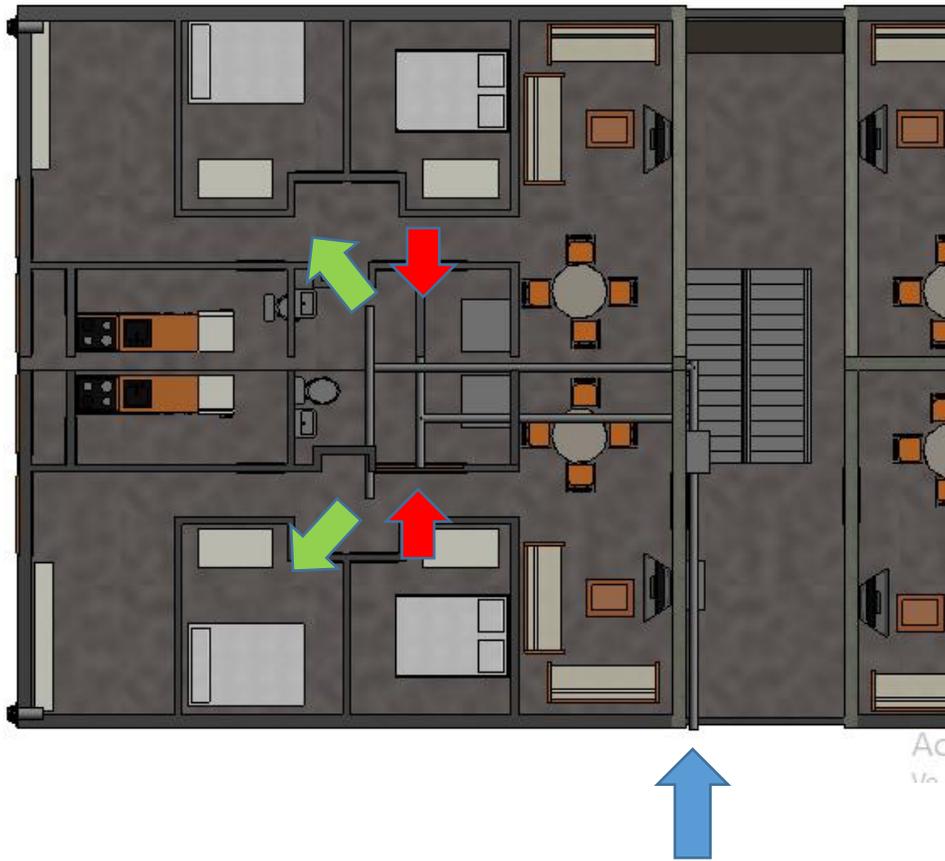


(Fuente: Ficha técnica V5000 C, Bosch)

La instalación en el edificio será uno cada dos departamentos, ya que el espacio interior que es capaz de ventilar manteniendo las renovaciones por hora requeridos para la salud humana. El sistema se encontrara en los pasillos del edificio entre las puertas de acceso a los departamentos, contara con un ducto para captar el aire exterior y una tubería que entra en uno de los departamentos y se divide en su extremo para absorber aire de las cocinas de ambos departamentos. Este aire vuelve al recuperador de calor, sede la energía al aire que entra y este se reparte por nuevos ductos hacia el pasillo de cada departamento justo en el lugar donde se accede a las habitaciones.

La siguiente imagen (imagen 24) muestra el modelo 3D realizado con el sistema de ventilación instalado, muestra la disposición de las tuberías en su interior y la ubicación del recuperador de calor en el pasillo exterior.

ImagenN° 24: Modelo 3d final, sistema de ventilacion con recuperador de calor



(Fuente: Elaboración propia)

3.2.8 Análisis gestión de residuos domiciliarios

Dentro de los estándares de construcción sustentable para viviendas en Chile, el tomo IV se refiere específicamente a los materiales y residuos utilizados en la construcción, esto considerando las etapas de construcción en la cual existen medidas para controlar la eliminación de los materiales sobrantes y por otro lado se enfoca en la gestión de los residuos domiciliarios en etapas de operación del edificio. Es en este último punto donde se enfocará la rehabilitación sustentable, ya que el edificio en estudio no cuenta con un plan de gestión de residuos adecuado.

3.2.8.1 Diseño de infraestructura para gestión de residuos domiciliarios

“Objetivo: Contar con instalaciones adecuadas para la separación y gestión de residuos domésticos en edificios habitacionales, condominios o viviendas unifamiliares, con el fin de facilitar la reducción y el reciclaje de los desechos generados por los ocupantes.”

Como se puede apreciar en el análisis del sistema de gestión de residuos presente en el edificio en estudio, el objetivo planteado no se cumple, ya que la basura no es clasificada ni existen alternativas de reciclaje para los habitantes dentro del recinto habitacional, por lo tanto se deberá diseñar una infraestructura que cumpla con lo establecido en los estándares. Para los residuos reciclables se diseñara un closet ecológico por piso, el cual será ubicado en el pasillo que separa los departamentos y tendrá disponibilidad para las 5 clasificaciones ya nombradas

La metodología para el diseño planteada en los estándares de construcción sustentable para este apartado es la siguiente

- *Diseño de Infraestructura para Gestión de Residuos Domiciliarios*
- *Contar con fácil acceso para el depósito y recolección de residuos, tanto por los usuarios de la edificación, así como por operadores de gestión de residuos.*
- *Desarrollo de planimetría y diagramas con diseño de los recintos considerados para gestión de residuos, incluyendo zonas para reciclaje y clósets ecológicos.*
- *Desarrollo de cálculos de proyección de volúmenes a generar para los distintos tipos de desechos, que respalden el dimensionamiento y ubicación de las instalaciones comunitarias para la apropiada gestión sustentable de estos.*
- *En base a las características del proyecto, se deberán dimensionar los recintos y cuantificar el tipo y cantidad de residuos reciclables, no reciclables y orgánicos que se podrían generar. Si el proyecto considera compostaje, se deberá incluir ubicación, capacidad de composteras y proyecto de señalética.*
- *Etiquetar según NCh 3322 (ver Nota) contenedores para separación de residuos.*

Cada piso deberá contar con al menos un espacio de separación y almacenamiento de residuos, dentro o cercano a la sala de basura o ducto de basura.

Tabla N° 20: Clasificación de residuos según reciclaje

Residuos reciclables	Residuos electrónicos (e-waste)
Papel y cartón	Residuos no reciclables y no peligrosos
Plásticos	Residuos orgánicos
Metales y latas	Desechos peligrosos (pilas, ampolletas)
Vidrios	
Cartón para bebidas	

(Fuente: Elaboración propia)

3.2.8.2 Esquema de closet ecológico

La siguiente imagen (imagen 25) muestra un esquema de closet ecológico el cual nos sirve como base para diseñar uno que cuente con el espacio necesario para cada habitante del edificio y a la vez solucione las principales problemáticas analizadas con el manejo de los residuos domiciliarios

Imagen N° 25: Esquema closet ecológico



(Fuente: Estándares de construcción sustentable para viviendas en Chile - Tomo IV, Materiales y residuos)

Para el correcto funcionamiento del closet ecológico, hace falta agregar personal de mantenimiento, un encargado que realice la labor de recolectar los residuos reciclables y llevarlos al acopio más cercano, este se encuentra en la dirección 19 sur 5 ½ poniente a no más de 2 cuadras del condominio. Es importante considerar que esto puede repercutir en aumento en los gastos comunes por parte de los habitantes.

3.2.8.3 Ductos para la eliminación de residuos no reciclables

Se deberán considerar ductos para la eliminación de residuos orgánicos u otros que no puedan ser reciclados, la opción de compostaje fue planteada en la encuesta y los residentes respondieron de forma negativa a esta alternativa, por lo tanto, esta clasificación la componen todos los desechos orgánicos y los no reciclables. El edificio no cuenta con ductos de recolección de basura.

Según datos obtenidos en las encuestas, la remoción de estos residuos no se realiza en el tiempo necesario, lo que repercute en una acumulación innecesaria de residuos, atrayendo malos olores, plagas y la posibilidad de aumento de enfermedades, por lo tanto se hace necesario establecer un plan de remoción de residuos del edificio, considerando que el total de basura a eliminar se verá reducido por el reciclaje.

3.2.9 Propuesta solución para la gestión de residuos domiciliarios

Para la solución de la gestión de residuos domiciliarios se construirá un closet ecológico en cada piso del edificio y un ducto de recolección para los desechos orgánicos y no reciclables que llegara a un receptáculo ubicado en la parte trasera del edificio.

Tanto de los ductos, el closet ecológico y los receptáculos se construirán de acuerdo a las **NORMAS SOBRE ELIMINACIÓN DE BASURAS EN EDIFICIOS ELEVADOS RESOLUCIÓN N° 7328 SANTIAGO 19 de Octubre 1976.**

3.2.9.1 Diseño ducto de eliminación de residuos domiciliarios

El ducto será construido en el sector posterior del edificio, este estará construido en material metálico, debe ser perfectamente liso y sin juntas salientes. La sección mínima es de 0.2 m² por lo tanto se realizara una sección cilíndrica de 52 cm de diámetro interior. El número de ductos debe ser uno por cada 30 departamentos, como en el edificio solo hay 16 departamentos, solo se construirá un ducto de eliminación de residuos.

En cada piso habrá una tolva de descarga la cual se podrá mantener cerrada para evitar malos olores, esta tendrá una sección cuadrada de 35 cm, lo que da como resultado 0,1225 m², superior a 0,12 m² que es el mínimo admisible por la norma. Estas tolvas se encontraran embutidas en un closet con puertas provistas de mecanismos de cierre. Estos closets deberán tener una sección suficiente para permitir el ingreso de una persona a ellos y estarán provistos de iluminación eléctrica.

El extremo inferior de los ductos desembocara en una cámara de recolección en el piso bajo, contando con un receptáculo móvil, el cual puede ser un carrito receptor, la distancia mínima de separación entre el receptáculo y el ducto es de 15 cm.

3.2.9.2 Diseño closet ecológico para residuos reciclables

El closet ecológico será construido en material metálico, con diferentes compartimentos para los diferentes clasificaciones de residuos reciclables, por lo tanto deberá tener 6 secciones que le permitan separa el papel y cartón, plásticos, metales y latas, vidrios, cartón para bebidas (tetrapack) y residuos E-waste.

Las dimensiones de este closet serán de 2,1 m de altura, 1,4 m de ancho y una profundidad de 0,8m, dejando 6 compartimentos de 0,7m x 0,7m x 0,8m. Dicho closet se ubicara en cada piso en uno de los extremos del pasillo justo al lado closet de accesibilidad del ducto de residuos no reciclables.

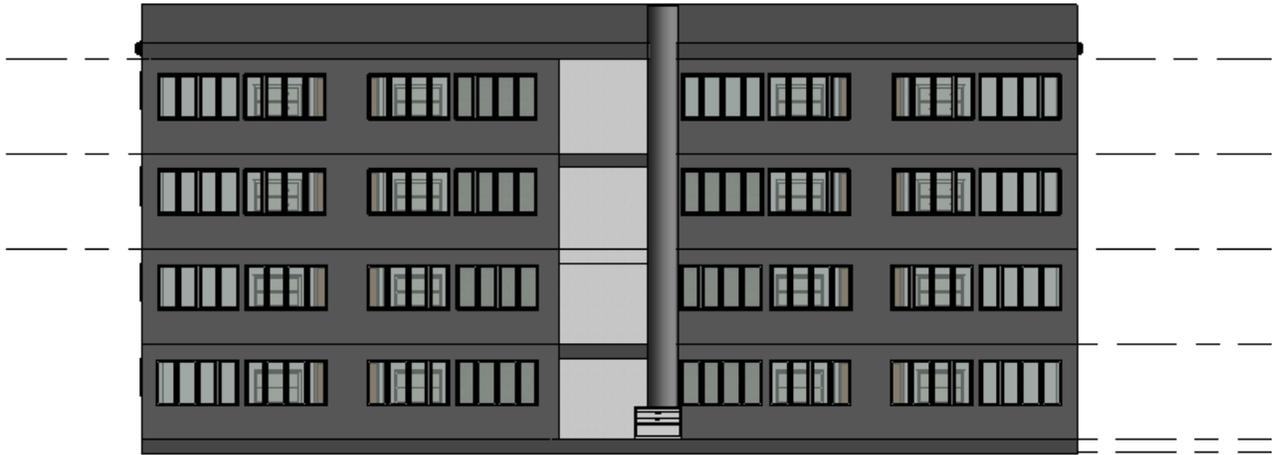
Las siguientes fotografías muestra una captura del modelo 3D donde la primera muestra la ubicación de los closet ecológicos en el pasillo y la siguiente muestra la disposición del ducto de eliminación de residuos no reciclables junto con su receptáculo correspondiente.

Imagen 26: Ubicación closet ecológico para residuos reciclables



(Fuente: Elaboración propia)

Imagen 27: Disposición ducto de eliminación de residuos no reciclables



(Fuente: Elaboración propia)

CAPÍTULO IV: RESULTADOS OBTENIDOS

5.1 Reducción tramitancia de la envolvente

La primera mejora que podemos rescatar de la rehabilitación es la reducción de las pérdidas de energía por medio de los materiales que componen la envolvente del edificio. La siguiente tabla (Tabla) muestran las reducciones de la tramitancia térmica antes y después de la rehabilitación.

Tabla N° 21: Comparativa tramitancia antes y después de la rehabilitación sustentable

Componente de la envolvente	Tramitancia inicial (W/m ² K)	Tramitancia mejorada (W/m ² K)
Muros	1,95	0,52
Losas entrepisos	1,72	1,72
Losa contacto con piso	1,51	1,51
Ventanas	5,7	1,2
Puerta principal	4,5	0,87

(Fuente: Elaboración propia)

5.2 Mejoramiento del sistema de residuos

El sistema de residuos diseñado presenta dos mejoras considerables. La primera esta relacionada con la comodidad que este sistema otorga a sus residentes, al tener al lado de la puerta de cada departamento un lugar para depositar todo tipo de residuos, ya sea reciclables, los que van en el closet ecológico, o no reciclables los que se eliminaran por el ducto.

La otra mejora corresponde a la reducción de los desechos eliminados por el edificio, ya que el edificio tras la rehabilitación contara con elementos que faciliten el reciclaje. Según los Estándares de construcción sustentable Tomo IV – Materiales y residuos la cantidad de desechos que pueden ser reciclados son de un 60 %. Esto acerca a nuestro edificio al comportamiento como edificio verde.

5.3 Mejor calidad del aire interior

La humedad interior se reduce por el sistema de ventilación instalado, dado que la extracción de aire se hace desde la cocina y baños, que son los recintos con mayor presencia de humedad en el aire. Esto es beneficioso para la salud humana y mejora la calidad del aire interior.

El sistema de ventilación instalado cuenta con una alta eficiencia energética gracias a la recuperación de hasta un 90% del calor contenido en el aire de escape, permitiendo así reducir significativamente los costos de calefacción

El sistema de ventilación con recuperador de calor, no tan solo permitirá ventilar la casa y evitar las pérdidas de energía al hacerlo, sino que también mejorara la calidad de aire por su filtro de polen, el cual afecta de mayor forma a personas alérgicas y material particulado que puede ser nocivo para la salud humana. Por lo tanto presenta grandes beneficios para la calidad del aire interior

5.4 Reparación de las patologías existentes y condiciones térmicas

Las principales patologías observadas correspondían a daños de la envolvente y de los recintos interiores por humedad. Este problema quedaría resuelto al contar con una envolvente que evite la existencia de muros fríos y contar con un sistema de ventilación capaz de liberar hacia el exterior la humedad en el aire.

La existencia de plagas, en este caso de palomas en el edificio se verá reducida al eliminar principales fuentes de alimento para estos animales. Estas fuentes de alimentos se encuentran en los sectores donde se encuentra instalado el contenedor de residuos y por su mala gestión de estos permitía la aparición de estas plagas.

La corrosión en marcos de ventanas y puentes térmicos se evitara tras el reemplazo completo de este elemento constructivo, ya que al estar estos marcos de ventana hechos de material de PVC y con una instalación correcta, no permitirá la acumulación de humedad en ellos.

5.5 Comportamiento ante la humedad según norma

La envolvente que se encuentra principalmente constituida por el revestimiento E.I.F.S cumple con la norma Nch 1973/2014 por lo tanto los principales problemas de humedad quedaran solucionados, se cita textual de la Solución constructiva de acondicionamiento térmico en muros – Plan de descontaminación atmosférica Talca.

“Riesgo de condensación

Esta solución constructiva de acondicionamiento térmico exterior no presenta riesgo de condensación superficial ni intersticial.”

5.6 Reducción de los consumos de agua

Los consumos de agua se ven reducidos en 42.8 litros/día/habitantes lo que permite catalogar al edificio según los parámetros fijados en el tomo II de los estándares de construcción sustentable en Chile como un edificio sustentable al estar por sobre la meta esperada para los años 2020 y 2030.

La siguiente tabla (Tabla 22) muestra las demandas antes y después de las mejoras, estos valores fueron calculados en el apartado de análisis de consumos de agua.

Tabla N° 22: Comparativa reducción de los consumos de agua

Demanda por persona edificio en estudio	125.21 lts/días/habitantes
Demanda por persona edificio tras la rehabilitación	82.41 lts/días/habitantes

(Fuente: Elaboración propia)

CAPÍTULO V: COSTO DIRECTO REHABILITACION SUSTENTABLE

Ítem	Unidad	Cant	P.U.	Precio total
Agua potable				\$2.212.640
Aireadores eficientes Nibssa	un	48	\$14.900	\$715.200
Inodoro Dual Flush Fonaloza	un	16	\$93.590	\$1.497.440
Envolvente E.I.F.S				\$9.140.370
Hidrolavado de fachadas	m2	747,5	\$296	\$220.896
RETROENVOLTURA				
Malla de detalle Eifs	ml	837,2	\$665	\$556.352
INSTALACIÓN PLANCHAS POLIESTIRENO EXPANDIDO				
Poliestireno expandido e=40mm d=20Kg/m3	m2	747,5	\$1.097	\$820.349
INSTALACIÓN CAPA BASE ESTUCO ELASTOMÉRICO				
Estuco+base elastomérico (eifs)	m2	822,3	\$1.559	\$1.281.824
INSTALACIÓN MALLA FIBRA DE VIDRIO				
Malla de fibra de vidrio estándar 1200 N (eifs)	m2	837,2	\$1.660	\$1.389.958
Malla de fibra de vidrio intermedia 1900 N (eifs)	m2	837,2	\$2.919	\$2.443.519
INSTALACIÓN MALLAS REFUERZOS DE VANOS				
Malla de detalle Eifs	ml	867,1	\$665	\$576.221
OTROS				
Esquineros cantos vivos PVC con malla (eifs)	ml	102,4	\$973	\$99.676
Pintura texturizada	m2	1121,3	\$1.562	\$1.751.575
Reemplazo carpinterías				\$24.654.560
Ventanas	m2	161,28	\$129.000	\$20.805.120
Puertas	un	16	\$240.590	\$3.849.440
Ventilación mecánica				\$8.016.944
Sistema V5000C Bosch	un	8	\$909.579	\$7.276.632
Válvula de extracción	un	16	\$3.900	\$62.400
Distribuidor de aire	un	16	\$5.390	\$86.240
Silenciador	un	16	\$3.690	\$59.040
Limitador interior	un	8	\$2.189	\$17.512
Limitador de caudal de regulación	un	8	\$9.850	\$78.800
Entrada vía muros	un	8	\$5.390	\$43.120
Elemento combinado aire fresco	un	8	\$26.390	\$211.120
Salida techo	un	32	\$5.690	\$182.080
Manejo de residuos domiciliarios				\$1.557.890
Ducto de eliminación de residuos	gl	1	\$756.930	\$756.930
Contenedor móvil	un	7	\$45.000	\$315.000
Closet ecológico	gl	4	\$39.600	\$158.400
Closet de residuos no reciclables	gl	4	\$75.300	\$301.200
instalación luz eléctrica	gl	4	\$6.590	\$26.360
Total rehabilitación sustentable				\$45.582.404

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

Como consecuencia de lo expuesto en esta memoria, la cual busca realizar una rehabilitación sustentable a un edificio ya construido con el objetivo de brindar alternativas para su remodelación, podemos obtener diferentes conclusiones. Al realizar el análisis del edificio se pudieron explorar técnicas de indagación y de obtención de información por medio de registros fotográficos, reconocimiento de patologías y análisis del funcionamiento de los sistemas en el instalados que nos ayudaron a realizar un levantamiento del estado inicial; a estas técnicas señaladas podrían incorporarse otras, ya sean por medio de equipos de medición profesionales o programas computacionales los cuales podrían acercar este levantamiento a una versión mucho más completa y con esto plantear aún más alternativas de rehabilitación basándose en datos de precisión.

Basándose en la encuesta realizada a los residentes del edificio, pude acercarme y conversar con los residentes, esto me permitió entender a ciencia cierta sus percepciones de lo que significa vivir en un edificio que no cuenta con las condiciones de sustentabilidad que con el tiempo han sido incorporadas en los diseños de nuevos edificios. Esta herramienta permitió una comunicación directa y un ambiente de conversación en el cual algunos lo hicieron en forma de descarga, mencionando en la conversación no solo los datos que yo les pedía, sino más bien sus visiones personales y así logre reconocer cuales eran los principales déficit del edificio en estudio. La segunda parte de la encuesta, la cual se enfocaba en saber cómo ellos entendían las sustentabilidad, pude darme cuenta que no hay un gran nivel de información disponible para todas las personas acerca de sistemas o estilos de vida más amigables con el medio ambiente, en gran parte los residentes y las personas en general aceptan un modelo de vida que les parece cómodo y no todos están dispuestos a cambiar sus acciones diarias; pero también me lleve una grata sorpresa al darme cuenta que muchos de ellos estarían dispuestos a hacerlo si su edificio otorgara estos beneficios y también señalaron su interpretación de la sustentabilidad y prácticas que si realizaban pensando en cuidar el mundo en el que vivimos.

En cuanto al modelado en 3D, pude aprender a dibujar un edificio ya construido, al pasar todas las medidas recolectadas de forma manual a un sistema computacional y con esta herramienta, tener una visión más detallada y precisa, con escalas de diseño, que permitieron ubicar de forma correcta cada elemento a instalar en el edificio en estudio.

Respecto a las propuestas de rehabilitación, pude apreciar que existen muchos manuales, estándares nacionales, estrategias sustentables pero muy pocas normativas que avalen estas prácticas, por lo tanto es una responsabilidad del país seguir avanzando en esta área para que Chile pueda ser un país pionero en Latinoamérica en temas de sustentabilidad, cuidando así tanto nuestro medio ambiente como la calidad de vida de las personas que en él habitan

Para finalizar, los resultados obtenidos fueron muy satisfactorios para mí, ya que pude obtener mejoras alcanzables en una rehabilitación sustentable, generando de este modo menos contaminación, menos pérdidas de energía y otorgando, ficticiamente, una mejor calidad de vida para las personas. Esto demuestra que es posible y factibles estas prácticas, no con el fin de otorgarle al edificio una certificación o títulos por el estilo, pero si concientizar a las personas de que el cambio nos corresponde a todos y que es posible vivir en un mundo sin destruirlo mientras estamos en él y todo esto gracias a la ingeniería, la construcción y la conciencia ambiental.

Bibliografía

- ❖ Achkar Marcel (2005). *Indicadores de sustentabilidad*. Montevideo, Uruguay.
- ❖ Celis, Flavio; García, Rodrigo y Trebilcock, Maureen (2012). *Análisis energético de las viviendas del centro-sur de Chile*, Región del Bio-Bio, Chile.
- ❖ Escorcía, Osvaldo; García, Rodrigo; Trebilcock, Maureen y Celis, Flavio (2012). *Mejoramientos de envolvente para la eficiencia energética de viviendas en el centro-sur de Chile*, Región del Bio-Bio, Chile.
- ❖ García, Justo; González, María José y Valdivieso, Marta (2013). *Costes de construcción y consumos de energía en la rehabilitación energética de un edificio de viviendas situado en Madrid*, Madrid, España.
- ❖ Hatt, Taylor (2012). *Alto confort interior con mínimo consumo energético a partir de la implementación del estándar "Passivhaus" en Chile*. Concepción, Chile.
- ❖ Hernández, Héctor y Meza, Luis (2011). Propuesta de una metodología de certificación de eficiencia energética para viviendas en Chile. *Revista de la construcción volumen 10*, 53-63.
- ❖ MOP, MINVU, MINENERGIA Y MMA (2014). *Estrategia Nacional de Construcción Sustentable*. Chile.
- ❖ MINVU, *Reacondicionamiento térmico de viviendas en uso, 2010*.
- ❖ Muñoz, Carlos; Zaror, Carlos; Saelzer, Gonzalo y Cuchi, Alberto. (2012). *Estudio del flujo energético en el ciclo de vida de una vivienda y su implicancia en las emisiones de gases de efecto invernadero, durante la fase de construcción Caso Estudio: Vivienda Tipología Social*. Región del Biobío, Chile.
- ❖ NCh 853-2007 Acondicionamiento térmico - Envolvente térmica de edificios - Calculo de resistencia y transmitancias térmicas.
- ❖ Solución constructiva de acondicionamiento térmico en muros – Plan descontaminación atmosférica Talca – Maule. (MINVU).

- ❖ Nch Elec 4_2003. Instalaciones de consumo en baja tensión.
- ❖ Guía del estándar PassiveHouse – Edificios de consumo casi nulo Zehender.
- ❖ Irradiación solar en territorios de la república de Chile – Gobierno de Chile 2008
- ❖ Resolución N° 7328/1976 del Ministerio de Salud “Normas sobre eliminación de basuras en edificios elevados” Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Decreto Supremo N°47/92 y sus modificaciones del Ministerio de Vivienda y Urbanismo
- ❖ Rehabilitación Eficiente en Edificios” Vidrios y marcos energéticamente eficientes Eduardo M^a De Ramos Vilariño
- ❖ Enciclopedia Broto de patologías de la construcción 2008.