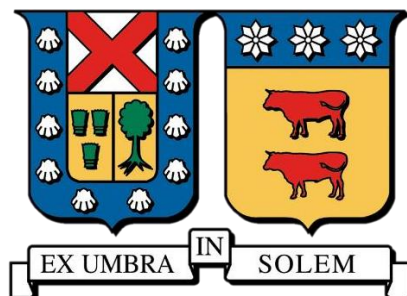


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES
VALPARAÍSO – CHILE



“Evaluación y análisis de la eficiencia energética e
impacto económico respecto a la utilización de
U-STUCCO en obras habitacionales”

Memoria de titulación presentada por
RICARDO SEBASTIÁN TAPIA ROJAS

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE
CONSTRUCTOR CIVIL

PROFESOR GUÍA
FRANCISCO LAGOS

ENERO – 2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Evaluación y análisis de la eficiencia energética e impacto económico respecto a la utilización de U-STUCCO en obras habitacionales

Nombre del candidato(a): Ricardo Sebastián Tapia Rojas

Carrera / Grado: Construcción Civil

Campus: Casa Central **Departamento:** Obras Civiles

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Francisco Lagos Peralta, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

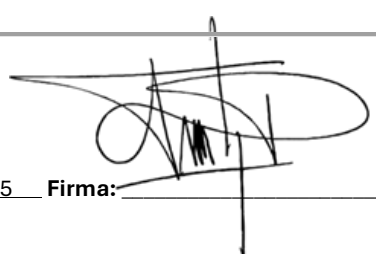
☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 25 de noviembre de 2025 **Firma:** 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 25 de noviembre de 2025 **Firma:** 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

Agradecimientos:

Agradezco la oportunidad que me dio la vida de poder estudiar construcción civil en la Universidad Técnica Federico Santa María. Ha sido una maratón llena de altos y bajos que llegó a su fin. Este camino se ha compuesto de largos días y largas noches en donde bajar la guardia no era una opción. Hoy después de varios años miro hacia atrás y todo lo que un día soñé se está cumpliendo.

Me siento feliz y agradecido de lograr terminar este proceso y convertirme oficialmente en constructor civil. De todas formas, este hito no es el final, solo es el comienzo para seguir mi desarrollo personal y profesional.

Todo esto no podría haberse realizado sin el esfuerzo que ha puesto mi familia en conjunto durante todos estos años. Me siento agradecido por completo de las posibilidades que me dieron.

Agradezco a la gente que está alrededor de mi vida, que me ha apoyado y me ha motivado en el transcurso de la carrera y la memoria. De manera particular al profe pancho, mi profesor guía, que desde un comienzo no dudó en ayudarme y acompañarme durante el recorrido de la memoria, y que siempre estuvo motivándome para seguir avanzando.

Finalmente, un agradecimiento especial a mi jefa y amiga Rocío que me ayudó a encontrar un tema para la memoria, a mi amigo Meza que me ayudó directamente con la redacción del informe y a mi amigo Leo que me ayudó con la traducción del resumen.

“La suerte es donde confluyen la preparación y la oportunidad”

~Seneca

Dedicatoria:

Esta memoria es un hito importante para mí en donde le doy un cierre a la carrera de construcción civil, y se la quiero dedicar a mi familia que siempre ha estado presente de una u otra manera desde el comienzo de esta meta.

Finalmente, y no menos importante, quiero dedicarles esta memoria a todos mis amigos que en algún momento me dieron una palabra de apoyo para seguir mi camino.

Resumen:

Esta memoria presenta al U-Stucco como un nuevo material de construcción en Chile que tiene características interesantes para la industria, por ejemplo, la capacidad de aislar térmicamente una vivienda, repeler la humedad, aislar el sonido, entre otras. El propósito de promover el U-Stucco es cuantificar, evaluar y confirmar si es un producto viable dentro del rubro de la construcción para obras habitacionales.

Durante el desarrollo de la memoria, se abordan temas relativos al cambio climático, el bienestar y la calidad de vida de las personas, así como los costos asociados a la instalación y la climatización. La evaluación y análisis de los temas se trabajan en base a tres variables; el costo, el tiempo y la calidad.

Los cálculos realizados del U-Stucco que se indican en la memoria, se llevan a cabo en base a la aplicación del material en una obra de edificación ubicada en Curauma, Valparaíso. Este edificio cuenta con seis pisos y un subterráneo, y se considera la aplicación de U-Stucco en la fachada que está en contacto directo a los departamentos.

Previo a la realización de los cálculos sobre costos, tiempo y calidad, se define la transmitancia térmica máxima y resistencia térmica mínima que requiere la obra, según lo dispuesto por la normativa NCh1079 of 2008 sobre zonificación térmica y al artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción. Posterior a eso, se calcula el espesor mínimo que se debe aplicar en base a la NCh853 of 2007 sobre cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.

La variable costo se desarrolla por medio de dos escenarios. En el primero se lleva a cabo una comparación entre el Análisis de Precio Unitario del material U-Stucco y el EIFS (Exterior Insulation and Finishing System), revelando que el material analizado equivale a un 45,1% del presupuesto del EIFS. En el segundo caso, se evalúan tres espesores distintos (6mm, 12mm y 18mm) de U-Stucco, indicando que al aumentar al doble el espesor, el ahorro energético en el tiempo es del 50%, mientras que si el espesor se triplica el ahorro es del 66,7%.

La variable tiempo se evalúa a través de la comparación del cronograma de trabajo del U-stucco y del EIFS. Los resultados revelan que el material objeto de estudio posee un tiempo de ejecución equivalente al 59% del EIFS.

La variable calidad se cuantifica mediante el estudio de tres certificaciones nacionales y tres certificaciones internacionales sobre la eficiencia energética, considerando específicamente las categorías que se enfocan en la aislación térmica. En este contexto, se presenta la Ley 21.305 sobre eficiencia energética y su plan quinquenal, así como las seis certificaciones. La evaluación indica que, en las certificaciones basadas en puntajes y obras residenciales, el material U-Stucco tiene un impacto máximo que va del 3% hasta el 10% en el total de la nota.

Finalmente, se concluye que el material U-Stucco es una elección favorable al momento de diseñar un proyecto habitacional, dado a que es económico, tiene un buen rendimiento temporal y su capacidad como aislante térmico le proporciona una mejor calidad al evaluar proyectos que apunten a una mayor eficiencia energética.

Abstract:

This work introduces U-Stucco as a new construction material in Chile with interesting characteristics for the industry, such as the ability to thermally insulate a dwelling, repel moisture, and isolate sound, among others. The purpose of promoting U-Stucco is to quantify, evaluate, and confirm if it is a viable product within the construction sector for residential projects.

Throughout the development of the work, topics related to climate change, well-being, and people's quality of life are addressed, as well as the costs associated with installation and climate control. The evaluation and analysis of these topics are based on three variables: cost, time, and quality.

The calculations performed on U-Stucco, as indicated in the work, are carried out based on the application of the material in the building project located in Curauma, Valparaíso. This building has six floors and a basement, and the application of U-Stucco is considered on the facade directly in contact with the apartments.

Prior to calculating costs, time, and quality, the maximum thermal transmittance and minimum thermal resistance required for the project are defined according to the NCh1079 standard of 2008 on thermal zoning and Article 4.1.10 of the General Ordinance of Urbanism and Construction. Following this, the minimum thickness to be applied is calculated based on NCh853 of 2007 on the calculation of thermal resistances and transmittances.

The cost variable is developed through two scenarios. In the first case, a comparison is made between the Unit Price Analysis of U-Stucco and EIFS (Exterior Insulation and Finishing System), revealing that the analyzed material represents 45,1% of the EIFS budget. In the second case, three different thicknesses (6mm, 12mm, and 18mm) of U-Stucco are evaluated, indicating that doubling the thickness results in a 50% energy saving over time, while tripling the thickness leads to a 66,7% saving.

The time variable is assessed by comparing the work schedule of U-Stucco and the EIFS. The results show that the material under study has an execution time equivalent to 59% of EIFS.

The quality variable is quantified through the study of three national certifications and three international certifications related to energy efficiency, specifically focusing on thermal insulation categories. In this context, the Law 21.305 related to energy efficiency and its five-year plan, as well as the six certifications, are presented. The evaluation indicates that, in certifications based on scores, U-Stucco has a maximum impact ranging from 3% to 10% of the total score.

Finally, it is concluded that the U-Stucco material is a favorable choice when designing a housing project, as it is economical, has good temporary performance, and its thermal insulation capacity provides better quality when evaluating projects aimed at greater energy efficiency.

Índice:

Agradecimientos:.....	1
Dedicatoria	2
Resumen:.....	3
Abstract:	4
Índice.....	5
Glosario de términos:	7
Índice de Tablas:	9
Introducción:	10
Objetivos:	11
Objetivo General:	11
Objetivos Específicos:	11
Marco Teórico:	12
1. Cambio climático:	12
2. Calidad de vida:.....	14
3. Costo asociado a la climatización:.....	16
4. Energía, calor y transferencia de calor:	18
5. Eficiencia energética	19
6. Aislación térmica.....	21
7. NCh853 of 2007. Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas:.....	22
8. Reglamentación térmica	24
9. Zonificación térmica.....	28
10. Ley 21.305.- Ley sobre eficiencia energética.....	29
Plan de Eficiencia Energética 2022-2026:	30
11. Certificación de eficiencia energética.....	36
a. Nacional:.....	36
☐ CES	36
☐ CEV	39
☐ CVS:	42
b. Internacional:	44
☐ Chile Green Building Council.....	44

□ Certificación EDGE	45
□ Certificación LEED:	46
□ Certificación WEEL.....	48
12. Materiales a evaluar:	50
a. U-Stucco:.....	50
b. EIFS.....	53
13. Análisis de Precio Unitario:.....	55
Desarrollo del tema:	56
Capítulo 1: Proyecto de Edificación.	56
Capítulo 2: Cálculo de la transmitancia térmica.....	57
Capítulo 3: Análisis de Precio Unitario.	59
Subcapítulo 3.1: U-Stucco.	59
Subcapítulo 3.2: EIFS	60
Capítulo 4: Cronograma de trabajo.	62
Subcapítulo 4.1: U-Stucco.	62
Subcapítulo 4.2: EIFS	63
Capítulo 5: Espesor de U-Stucco vs ahorro energético.	64
Capítulo 6: Resultados y análisis económico - temporal.....	66
□ Resultados:	66
□ Análisis económico y temporal:	69
Capítulo 7: Resultados y análisis de calidad.	71
□ Resultados:	71
□ Análisis de calidad:	73
Conclusión:.....	74
Bibliografía.....	75
Anexos:	79

Glosario de términos:

Aislación térmica: En el ámbito de la construcción, la aislación térmica es la capacidad que tiene un material o un conjunto de materiales de oponerse al paso del calor. De esta forma, se disminuye el intercambio de energía entre el ambiente interior y el ambiente exterior de la vivienda.

Calificación energética: La calificación energética es un método de evaluación que cuantifica la eficiencia energética de una o varias viviendas, a través de un procedimiento que finaliza con la entrega de información objetiva y una certificación para el proyecto. Tanto el método como el resultado varían según el tipo de calificación al cual se opta.

Certificación energética: La certificación energética es un documento que verifica el nivel de eficiencia energética alcanzado por una vivienda o proyecto, respecto al tipo de calificación que se elija.

Complejo muro: El complejo de muro toma en consideración todos los materiales de construcción que conforman al muro, considerando un plano de inclinación mayor a 60° respecto a la horizontal.

Conductividad térmica (λ): La conductividad térmica es una propiedad física que describe la capacidad de un material para transferir calor por conducción. Se expresa en $W/(m \cdot K)$ y se determina experimentalmente según la norma NCh850 o NCh851.

Confort térmico: El confort térmico es la sensación de bienestar que experimentan las personas dentro de una vivienda con una determinada temperatura, considerando el espacio, el tiempo y una actividad particular.

Construcción sustentable: Son aquellas construcciones que se realizan de manera responsable, considerando el impacto que generan en el medio ambiente, a través del adecuado manejo de recursos naturales (agua, aire, suelo y paisaje), y con el objetivo de promover el bienestar de las personas.

Eficiencia energética de una vivienda: La eficiencia energética es la relación entre el producto final obtenido y la cantidad energía consumida. En una vivienda, se mide la energía consumida en $kW \cdot h$ dependiendo del artefacto a utilizar, y el producto final consiste en la calefacción apropiada, la iluminación, la producción de agua caliente sanitaria y el confort térmico.

Envoltente térmica de un edificio: La envoltente térmica de un edificio son todos los elementos constructivos que forman parte de la fachada, principalmente muros, techumbre, pisos y vanos, que actúan como separación entre el ambiente interior y el exterior.

Estuco: El estuco es una pasta compuesta de cal, yeso, cemento, arena de mármol y pigmentos naturales. Entrega un revestimiento en paredes y cielo, previo al acabo final, tanto en interiores como en exteriores. Entre sus funciones se encuentra el refuerzo de muro, la decoración y la impermeabilización.

Puente térmico: Se le denomina puente térmico a una parte del complejo de muro, techumbre, piso o vanos que presenta una resistencia térmica inferior a la del resto. Esto produce un aumento en la pérdida o ganancia de calor.

Resistencia térmica (R): Oposición al paso del calor que presentan los elementos de construcción. Se expresa en $(m^2 \cdot K)/W$.

Transmitancia térmica (U): Es el flujo de calor que pasa por unidad de superficie del complejo y por diferencia de temperatura. Este valor se utiliza para expresar la capacidad aislante de uno o más elementos constructivos que separan dos ambientes. Se expresa en $W/(m^2 \cdot K)$ y se determina experimentalmente según la norma NCh851 o mediante cálculos, tal como se señala en la norma NCh853.

U-Stucco: Revestimiento similar al estuco tradicional, compuesto por cemento Portland y agregados de base mineral ultralivianos que le confieren propiedades de aislación térmica, resistencia a la humedad, al sonido y al fuego. Se destaca por estas propiedades y por contener un 40% del material reciclado.

Índice de Tablas:

Tabla 1: Temperaturas durante el año en el sector de Curauma, Valparaíso.	56
Tabla 2: Espesor mínimo de U-Stucco requerido para la obra.....	57
Tabla 3: Resistencia térmica para un espesor de 6 mm, U-Stucco.	58
Tabla 4: Resistencia térmica para un espesor de 12 mm, U-Stucco.	58
Tabla 5: Resistencia térmica para un espesor de 18 mm, U-Stucco.	58
Tabla 6: Análisis de Precio Unitario, U-Stucco e=6 mm.....	59
Tabla 7: Análisis de Precio Unitario, U-Stucco e=12 mm.....	60
Tabla 8: Análisis de Precio Unitario, U-Stucco e=18 mm.....	60
Tabla 9: Análisis de Precio Unitario, sistema EIFS e=50 mm.....	61
Tabla 10: Resumen de los precios unitarios.....	61
Tabla 11: Cronograma de partida, U-Stucco.....	62
Tabla 12: Cronograma de partida, EIFS (parte 1).....	63
Tabla 13: Cronograma de partida, EIFS (parte 2).....	63
Tabla 14: Flujo de calor por estación, U-Stucco e=6mm.....	64
Tabla 15: Flujo de calor por estación, U-Stucco e=12mm.....	64
Tabla 16: Flujo de calor por estación, U-Stucco e=18mm.....	65
Tabla 17: Flujo de calor para los 4 casos, en [kW].	65
Tabla 18: Costo y ahorro económico anual para los 4 casos.	65
Tabla 19: Presupuesto de la partida “Instalación U-Stucco, e=6mm”	66
Tabla 20: Presupuesto de la partida “Instalación EIFS”	66
Tabla 21: Presupuesto de la partida “Instalación U-Stucco, e=12mm”	67
Tabla 22: Presupuesto de la partida “Instalación U-Stucco, e=18mm”	67
Tabla 23: Resumen costo total y diferencia de costos.	67
Tabla 24: Resumen “tiempo total” para cada caso.....	67
Tabla 25: Costo anual de climatización y ahorro económico.	68
Tabla 26: Costo inicial y diferencia de costos asociados a un departamento.....	68
Tabla 27: Ahorro anual y diferencia de ahorro asociados a un departamento	68
Tabla 28: Tiempo de retorno de la inversión para U-Stucco de e=12mm y e=18mm	68
Tabla 29: Resumen de la evaluación del U-Stucco con respecto a las certificaciones.....	72

Introducción:

El uso de energías para mantener un confort térmico en el hogar ha sido siempre un tema relevante al evaluar los gastos económicos mensuales en una familia. Una manera de disminuir los costos de mantención es realizar viviendas más eficientes a nivel energético, lo cual se puede medir a través de diversos instrumentos. Por ejemplo, la Calificación Energética de Viviendas proporciona un rango alfabético para evaluar las viviendas, permitiendo a los consumidores conocer el potencial ahorro energético del hogar (CEV, 2012).

Además del consumo energético, es crucial considerar el alza de precios en los materiales de construcción, que dificulta la creación de proyectos de buena calidad y con mayor confort térmico. A su vez, el cambio climático es un tema relevante que se ve afectado directamente por la industria de la construcción. Por lo mismo, se están implementando medidas para disminuir la huella de carbono generada durante el proceso de construcción y mantenimiento de los proyectos.

Por ende, la realización de esta memoria tiene la finalidad de presentar un material emergente que, a mediano y largo plazo, puede disminuir los costos de construcción y asegurar una eficiencia energética base, traduciéndose en un ahorro económico para los usuarios finales, una mayor calidad de vida y un aporte hacia el medio ambiente.

El material a evaluar se llama U-Stucco, que es un revestimiento de material inorgánico con las mismas características del estuco tradicional, pero con mejoras en varios aspectos (SMART BUILDING, 2022). Entre alguna de sus propiedades se encuentra la resistencia térmica, la capacidad de repeler la humedad, su eficacia como aislante acústico, la resistencia al fuego y, ligereza, entre otras cualidades. La memoria y los cálculos se centrarán en la propiedad de aislar térmicamente una vivienda, destacando esta característica como principal foco de análisis.

La evaluación del producto comprende un análisis desde el punto de vista económico, temporal y de calidad; llevándose a cabo por medio de 5 etapas. La primera, consiste en el cálculo de la transmitancia térmica máxima y resistencia térmica mínima para aislar la fachada una obra de edificación. La segunda etapa consiste en realizar un Análisis de Precio Unitario (APU) del material U-Stucco tomando en cuenta tres espesores distintos y el EIFS (Exterior Insulation and Finishing System), con la finalidad de comparar el costo de instalación y determinar la viabilidad económica del material. La tercera etapa consiste en calcular y analizar el costo/beneficio de aumentar el espesor del U-Stucco, respecto al ahorro que se genera en el tiempo en función a los gastos por climatización durante el año.

En la cuarta etapa, se realizará un cronograma de trabajo para ambos sistemas en la obra especificada, con el propósito de cuantificar el tiempo requerido y definir si el material es una opción óptima. La quinta y última etapa comprenderá el estudio de tres certificaciones nacionales y tres certificaciones internacionales, para medir el impacto que tiene el U-Stucco al evaluar y certificar una obra habitacional en función a la eficiencia energética. De esta manera se logrará medir la calidad y el potencial de este material.

Objetivos:

Objetivo General:

- Presentar y evaluar un material emergente de construcción en Chile desde el punto de vista económico, temporal y calidad en una obra de edificación de 6 pisos. Con la posibilidad de implementación en nuevas construcciones y restauraciones, para favorecer la eficiencia energética, el ahorro económico, la calidad de vida de las personas y al medio ambiente.

Objetivos Específicos:

- Calcular la transmitancia térmica (U) en una obra de edificación de 6 pisos que utiliza U-Stucco como revestimiento de fachada, a través de la NCh853 of 2007.- Acondicionamiento térmico – Envoltente térmica de edificios – Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.
- Obtener la resistencia térmica del U-Stucco para tres espesores distintos (6 mm, 12 mm y 18 mm) en una obra de edificación de 6 pisos, con el objetivo de aumentar la eficiencia energética.
- Realizar una comparación económica y temporal entre el U-Stucco y el método constructivo EIFS a través de un Análisis de Precio Unitario (APU).
- Calcular el costo/beneficio de instalar un espesor mayor de U-Stucco en contraste con el ahorro monetario en términos de climatización, y evaluar el tiempo de retorno de la inversión.
- Cuantificar el impacto del uso de U-Stucco al momento de evaluar una obra por medio de certificaciones nacionales e internacionales.
 - a. Nacional: CEV (Calificación Energética de Viviendas), CES (Certificación de Edificio Sustentable), y CVS (Certificación de Vivienda Sustentable).
 - b. Internacional: Certificación EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies), certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) y certificación WELL (Well Building Standard).

Marco Teórico:

1. Cambio climático:

El cambio climático es un fenómeno que afecta a nivel mundial a todas las personas y ecosistemas. Esta situación se refiere a aquellos cambios a largo plazo que producen alzas de temperaturas y variaciones en los patrones climáticos. Aunque el cambio climático es un proceso natural que experimenta el planeta debido a su propia actividad, desde el siglo XIX las acciones humanas han acelerado este proceso debido a la emisión de gases de efecto invernadero. Estos gases actúan como una capa que envuelve a la tierra y por consecuencia mantiene el calor y eleva la temperatura. (UN, s.f.)

El aumento de emisiones de gases de efecto invernadero se deben principalmente a la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas. Según Naciones Unidas, los principales emisores que generaron la mitad de gases en el año 2020 alrededor del mundo son China, Estados Unidos, India, la Unión Europea, Indonesia, Rusia y Brasil. El resultado de este aumento se refleja en el alza de la temperatura media de la tierra que es de 1,1°C más alta que a fines del siglo XIX. (UN, s.f.) Este incremento tiene consecuencias como, por ejemplo, sequías intensas, escasez de agua, incendios graves, aumento del nivel del mar, inundaciones, deshielo de los polos, catástrofes y disminución de la biodiversidad.

Actualmente Chile es uno de los países con menor impacto en la generación de gases de efecto invernadero, siendo responsable del 0,25% de las emisiones globales. (ECLP2050, 2021) Sin embargo, Chile cumple con 7 de las 9 condiciones de vulnerabilidad definidas por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (MMA, s.f.), por lo tanto, se encuentra expuesto a situaciones como aumento de temperatura, precipitaciones, olas de calor, erosiones de costas, entre otras amenazas.

Una forma de medir el cambio climático es la medición de los Gases de Efecto Invernadero (GEI). El análisis nacional respecto a los GEI, toma en consideración 5 variables: la energía, el IPPU (actividades industriales), la agricultura, los residuos y los UTCTS (actividades silvícolas y asociadas al cambio de uso de la tierra). A continuación, en la ilustración 1 se presenta un gráfico con el balance de GEI en Chile desde el año 1990 hasta el año 2020.

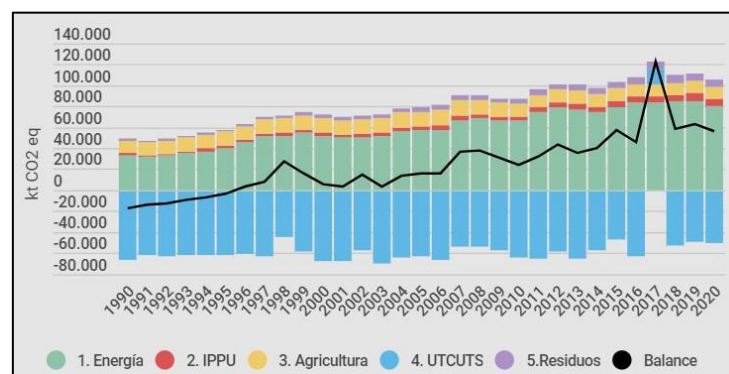


Ilustración 1: Balance de los GEI en Chile, por sector productivo.
Fuente: (Ministerio del Medio Ambiente, 2023)

Las principales causas del cambio climático son la generación de energía, los productos de fabricación, la tala de los bosques, el uso del transporte, la producción de alimentos y la energía en los edificios. Para evitar el aumento de producción de gases de efecto invernadero se creó una coalición de países que se comprometen a alcanzar las emisiones de GEI cero neta para el 2050. (UN, s.f.)

A nivel país existen diversas estrategias que tienen como objetivos la carbono neutralidad, por ejemplo, el plan de eficiencia energética. Este plan tiene como objetivo implementar metas a corto y a largo plazo en los sectores productivos, de transporte y de edificaciones para lograr la meta final.

Es importante comprender lo que representa el cambio climático y sus causas, ya que la implementación de un nuevo material de construcción, como lo es el U-Stucco, genera un impacto energético en su producción, utilización y vida útil. Por lo mismo, el medio ambiente está ligado a la eficiencia energética, a la calidad de vida y al costo de climatización.

2. Calidad de vida:

“La OMS define calidad de vida como la percepción del individuo de su posición en la vida en el contexto de la cultura y sistema de valores en los que vive y en relación con sus objetivos, expectativas, estándares y preocupaciones (1994)”. (Schwartzmann, 2003) Esta definición busca abarcar los aspectos de la vida de la persona, tomando en cuenta los elementos objetivos y subjetivos del bienestar social basados en la experiencia individual y comunitaria.

El término “calidad de vida” no se encuentra completamente definido y ha dado lugar a numerosas discusiones y trabajos relacionados con él. No obstante, la calidad de vida puede ser desglosada en 5 campos principales: Físico, material, educativo, emocional y social. (Galván Bonilla) Estos campos de análisis orientan la calidad de vida hacia un conjunto de hábitos que favorezcan una existencia plena.

Dentro del campo material se encuentra el entorno y la vivienda. Esta última es fundamental en la calidad de vida de la persona, porque el tipo de casa o departamento en donde viva afectará directamente el nivel de confort, habitabilidad, uso, eficiencia y su salud. Específicamente, el confort de una vivienda, según la ilustración 2 y 3, se relaciona con la temperatura interior de las habitaciones y con la protección contra la intemperie.

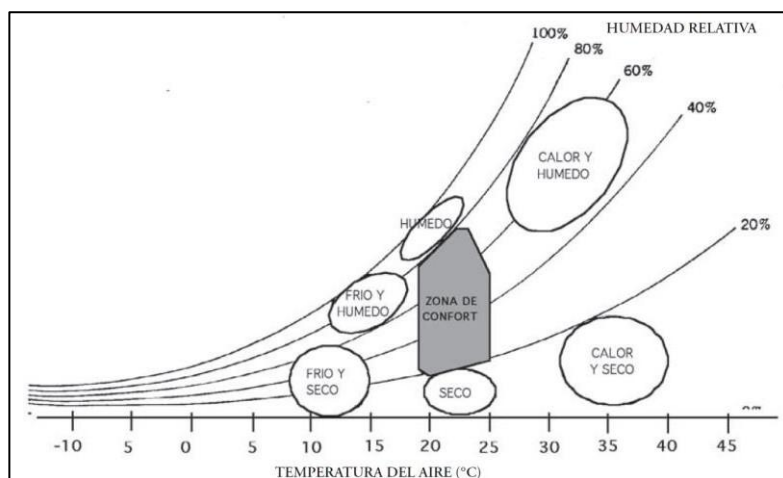


Ilustración 2: Zona de confort higro-térmico.
Fuente: (Fritz, 2004)

Por lo tanto, la elección adecuada de los materiales de construcción al diseñar un proyecto habitacional es fundamental para lograr un confort térmico dentro del hogar y, de esa forma, aumentar la calidad de vida. En este caso, se estudiará el material llamado U-Stucco para medir su nivel de impacto en la climatización al ser implementado en la fachada de una vivienda.

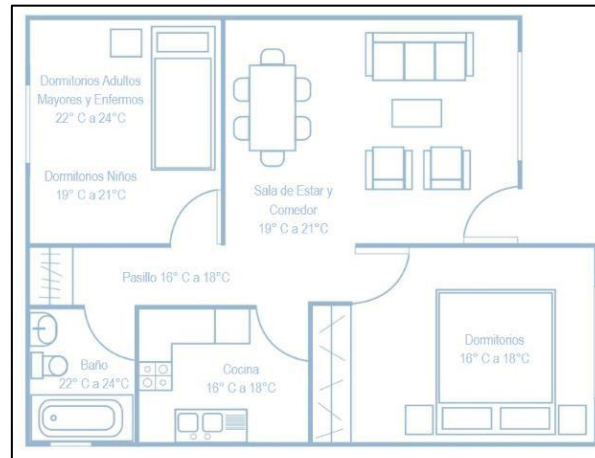


*Ilustración 3: Temperaturas recomendadas dentro de una vivienda.
Fuente: (Cámara Chilena de la Construcción, 2015)*

3. Costo asociado a la climatización:

En Chile, “las viviendas son responsables del 15% del consumo de energía del país” (Ministerio de Energía, 2019), y esto se debe en gran medida a la necesidad de climatizar los hogares. Al tener temperaturas y niveles de humedad elevados o mínimos, se buscan formas de regular el confort térmico en casas o departamentos, ya sea a través del uso de leña, gas, electricidad, parafina o pellets.

Según el Ministerio de Energía, el 53% del consumo energético residencial se destina a la calefacción y climatización. En promedio, una familia chilena gasta \$600.000 al año en energía para calefaccionar, cocinar, iluminar, entre otros usos. (Ministerio de Energía, 2019) Por lo mismo, es fundamental la implementación de artefactos más eficientes y menos contaminantes, así como también del acondicionamiento térmico de las viviendas.

A continuación, en la ilustración 4 y 5 se presentan los consumos energéticos en $[kW/m^2]$ de calefacción y enfriamiento para casas y departamentos en Chile.

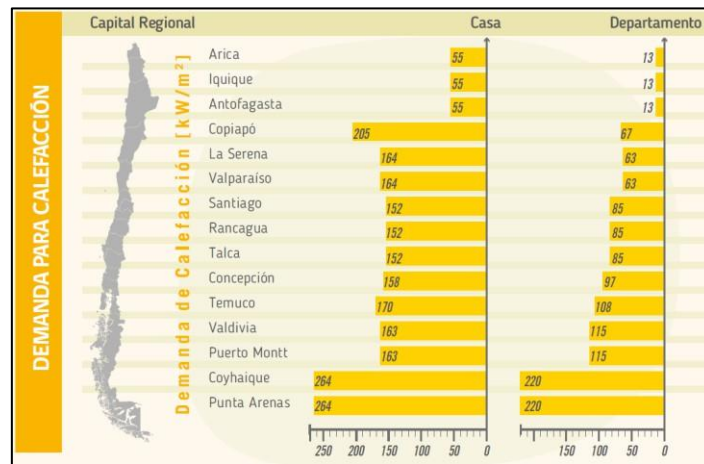


Ilustración 4: Demanda por calefacción en $[kW/m^2]$.

Fuente: (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, s.f.)



Ilustración 5: Demanda por enfriamiento en [kW/m²].

Fuente: (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, s.f.)

Para disminuir los impactos del consumo energético residencial a nivel nacional y favorecer al ahorro de las familias, se debe implementar la calefacción sustentable complementada con el acondicionamiento térmico de las viviendas.

El acondicionamiento térmico está estrechamente relacionado con el diseño de la vivienda y se vincula directamente con los materiales de construcción que se escogen al momento de construir o remodelar un proyecto. Por lo mismo, se estudiará el material U-stucco para evaluar el alcance a nivel económico y de acondicionamiento térmico que puede llegar a tener.

4. Energía, calor y transferencia de calor:

La energía es un término utilizado para definir la capacidad de un objeto de realizar un trabajo, el cual genera un cambio en el sistema. En términos generales existe la energía cinética, la energía potencial, la energía térmica, entre otras. (Gencat, s.f.) Esta última es especialmente relevante cuando hablamos de aislación térmica en viviendas, la eficiencia energética en obras y la evaluación de los materiales de construcción en un proyecto.

El calor, también conocido como energía térmica, es un tipo de energía que se mide a través de la diferencia de temperatura entre cuerpos o espacios. Su unidad de medida es Joules [J] o Newton por metro [$N \cdot m$]. La temperatura a su vez es la medida de la energía cinética interna de un cuerpo que puede ser medido en grados Celsius [$^{\circ}C$], grados Kelvin [K], entre otras.

La ciencia que se dedica a determinar las “razones” de la energía térmica es la “transferencia de calor”. Esta transferencia existe debido a la diferencia de temperatura que hay entre dos medios y siempre ocurre del medio que tiene mayor temperatura al de menor temperatura. (Cengel, 2007) Sus modos de transmisión son la conducción, la convección y la radiación.

Para efectos de esta memoria se describirá la conducción en un régimen estacionario por medio de la Ley de Fourier. Esta Ley se puede describir como la transmisión de calor por contacto sin el traspaso de materia, el cual es proporcional al gradiente de temperatura, área, espesor y constante de conductividad térmica del material. La ecuación que describe la Ley de Fourier es:

$$Q = k \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (f.1)$$

Donde:

Q : Flujo de calor o calor transmitido por unidad de tiempo [W] o [J/s].

k : Constante de conductividad térmica [$W/(m \cdot K)$].

A : Área transversal [m^2].

ΔT : Diferencia de temperatura [K].

Δx : Espesor de la lámina [m].

5. Eficiencia energética:

El término “eficiencia energética” se refiere al uso eficiente de la energía, con el objetivo de reducir la relación entre energía consumida y producto final obtenido. (SERNAC) En el caso de la construcción, se busca disminuir la energía consumida a través de viviendas con una mayor eficiencia energética que implica el uso de materiales que generen una aislación térmica mayor y, de esa forma, mantener una temperatura estable sin requerir de un exceso de calefacción o de aire acondicionado.

En Chile, la eficiencia energética relacionada a la construcción se vuelve relevante en el contexto histórico por la alta demanda de energía que requieren las edificaciones al momento de construirse y durante su vida útil. De hecho, según el Ministerio de Energía, las edificaciones son responsables del 21% del consumo energético. (Ministerio de Energía, 2018) A partir de la década de 1990 este tema se plantea como una problemática que se busca solucionar con el programa de reglamentación térmica (Art. 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción) definido por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) en el año 1994. Desde ese entonces, se han visto grandes progresos respecto a la eficiencia energética, tanto a nivel nacional como internacional.

Considerando el avance de la eficiencia energética hasta el año 2023, se destacan varios hitos dentro de la cronología a nivel país, a continuación, se presenta una lista con los hitos más importantes:

- Modificación de la Reglamentación Térmica en el año 2006 que implementaría la etapa II en el año 2007.
- La creación de la Calificación Energética de Viviendas (CEV) en el año 2012.
- La creación de la Certificación de Edificio Sustentable (CES) en el año 2014.
- Los Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas en Chile en el año 2016.
- La creación de la Certificación de Vivienda Sustentable (CVS) en el año 2018.
- La aprobación de la Ley N°21.305 sobre Eficiencia Energética en el año 2021 y su Plan de Eficiencia Energética en el año 2022.

La importancia que se le ha entregado a la eficiencia energética en las últimas décadas se debe a la directa relación que existe entre la eficiencia térmica de los hogares en Chile y diversos aspectos: El costo de climatización, la calidad de vida de las personas que habitan en las casas y departamentos, y el cambio climático. Al existir una mayor eficiencia térmica, a través del uso de materiales y procesos de construcción más sustentables, se proyectan menores costos de climatización al obtener una variación de temperatura menor al interior del hogar. También se genera una mayor calidad de vida para los usuarios al mantener un ambiente más controlado y agradable. Asimismo, el cambio climático se ve reducido al disminuir el consumo energético que proviene del uso de electricidad, leña, parafina, etc. Además, el uso de materiales de construcción que favorecen la eficiencia energética genera una menor huella de carbono en su proceso de obtención y utilización.

Dentro de las variables afectadas por la eficiencia térmica, destaca la calidad de vida y salud de las personas, ya que son aspectos que se pueden observar con mayor facilidad y que impactan en cierta medida al desarrollo del país. De hecho, en Chile se generó el término “pobreza energética”,

que deriva de la situación desfavorable que viven ciertas familias respecto a su hábitat. De hecho, “uno de cada tres hogares en Chile no cuenta con calefacción adecuada” y la Red de Pobreza Energética (Red PE) y el centro de Ciencia del Clima y Resiliencia (CR2) desarrollaron un estudio en el año 2019 donde señalaron que “*el 66,2% de los hogares en Chile no cuenta con la eficiencia energética adecuada ni con la aislación suficiente en los techos, muros, puertas o ventanas*”. ((CR)2, 2019) Por lo tanto, la necesidad de buscar nuevos procesos constructivos, nuevas medidas de mitigación e introducir materiales de construcción que favorezcan la aislación térmica en los hogares de Chile es crucial en el desarrollo y cuidado de la población.

6. Aislación térmica:

La aislación térmica es la capacidad que tiene un material para disminuir el paso de calor por conducción a través de éste. (Knauf, s.f.) En el caso de la construcción, todos aquellos materiales o sistemas constructivos utilizados para generar una vivienda entregan una resistencia térmica individual que se traduce en una aislación térmica total.

Como se observa en la ilustración 6, los proyectos que mantienen una aislación térmica suficiente permiten disminuir la pérdida de calor en invierno donde se tienen temperaturas menores en el exterior, y disminuyen la ganancia de calor en verano donde se tienen mayores temperaturas en el exterior de la vivienda.

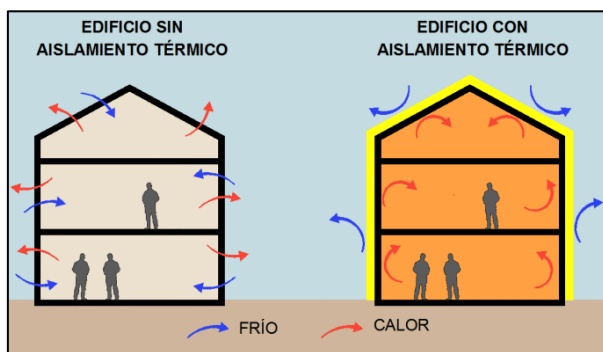


*Ilustración 6: Aislación térmica de una vivienda.
Fuente: (Lund, 2022)*

Al evaluar un proyecto habitacional, comercial, educacional, entre otros, es esencial llevar a cabo un análisis de aislación térmica con el propósito de seleccionar los materiales adecuados para la construcción. Esto se debe a que una mala aislación térmica se traduce en temperaturas demasiado altas o bajas en el interior de la vivienda, lo que a su vez conlleva un mal confort térmico y baja calidad de vida, más un gasto extra en calefacción o en la climatización del sector afectado.

También se debe tomar en cuenta los riesgos de condensación que pueden generar humedad en los tabiques y muros, y la importancia de conocer que cada sector pierde calor en distinto porcentaje respecto a:

- Puertas y ventanas: 25-30%
- Techumbre y cielos: 25-30%
- Muros: 20-25%
- Pisos: 3-5%
- Renovación de aire: 10%

Fuente: (Knauf, s.f.)

El análisis de la aislación térmica de un proyecto se realiza al momento de diseñar y es responsabilidad de la inmobiliaria dar cumplimiento a la normativa actual de reglamentación térmica según el artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC). Dicho análisis puede ser verificado por un tercero a través de las certificaciones nacionales como, por ejemplo, Calificación Energética de Viviendas (CEV).

7. NCh853 of 2007. Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas:

La norma chilena NCh853 of 2007 sobre acondicionamiento térmico, envolvente térmica de edificios, y cálculo de resistencias y transmitancias térmicas, fue estudiada y preparada por el Instituto Nacional de Normalización (INN) en conjunto de la participación de diversos organismos como, por ejemplo, ACHIPEX A.G., la Cámara Chilena de la construcción (CChC), el Instituto de la Construcción, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU – DITEC), entre otros. Cabe mencionar que la NCh853 of 2007 está basada en la misma norma del año 1991. (INN, 2007)

El propósito de actualizar la NCh853 of 2007 es definir y describir los procedimientos de cálculo para determinar las transmitancias y resistencias térmicas de los componentes que conforman la envolvente térmica de una vivienda u obra que lo requiera. La envolvente térmica se define como los muros perimetrales, techumbre, pisos y vanos. La norma, en esta edición, no considera las puertas en la sección de vanos, únicamente las ventanas.

Los valores obtenidos del cálculo de transmitancia y resistencia térmica se calculan por medio de la ley de Fourier con el supuesto de un flujo térmico en régimen estacionario. Los datos obtenidos según el procedimiento descrito en la norma sirven para definir la transmisión de calor, potencia de calefacción, refrigeración, energía térmica y aislación térmicas requeridas.

La norma define los símbolos, magnitudes y unidades a utilizar en los cálculos respectivos. Luego, describe los conceptos fundamentales utilizados y, posterior a eso, procede a explicar los métodos de cálculo de la resistencia térmica total y de la transmitancia térmica de elementos constructivos. Tomando en cuenta:

- Resistencia térmica de superficie.
- Elementos simples y homogéneos.
- Elementos compuestos:
 - Elementos compuestos por varias capas homogéneas.
 - Elementos con cámaras de aire.
- Elementos heterogéneos.
- Elementos y complejos de espesor variable.
- Pisos en contacto con el terreno.
- Cálculo de resistencia total (R_t) para losas o complejos de piso sobre cámara de aire.

Para efectos del estudio de la memoria sobre el material U-Stucco, aplicado en muros perimetrales de una obra de edificación, se detallará el ítem “Resistencia térmica de superficie” y “Elementos compuestos por varias capas homogéneas”.

Resistencia térmica de superficie: Para los cálculos descritos en la norma se define la resistencia de superficie interna y externa al espacio analizado, R_{si} y R_{se} respectivamente. El valor de R_{si} y R_{se} se obtienen de la ilustración 7 de la presente memoria, y dependen de la dirección del flujo de calor y del tipo de separación que existe entre el espacio interior y exterior.

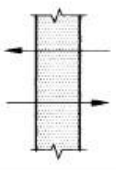
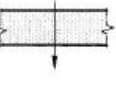
Resistencias térmicas de superficie en m ² x K/W							
Posición del elemento y sentido del flujo de calor		Situación del elemento					
		De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
		R_{si}	R_{se}	$R_{si} + R_{se}$	R_{si}	R_{se}	$R_{si} + R_{se}$
Flujo horizontal en elementos verticales o con pendiente mayor que 60° respecto a la horizontal		0,12	0,05	0,17	0,12	0,12	0,24
Flujo ascendente en elementos horizontales o con pendiente menor o igual que 60° respecto a la horizontal		0,09	0,05	0,14	0,10	0,10	0,20
Flujo descendente en elementos horizontales o con pendiente menor o igual que 60° respecto a la horizontal		0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34
NOTAS 1) Estos valores se han obtenido experimentalmente por el método de NCh851. 2) Los valores de esta tabla corresponden a velocidades del viento en el exterior menores que 10 km/h. Para velocidades superiores se debe considerar $R_{se} = 0$. 3) Bajo condiciones de pérdidas térmicas por parte del local (invierno), en general, el flujo de calor es ascendente a través de techumbres y descendente a través de los pisos. 4) Bajo condiciones de ganancias térmicas por parte del local (verano), en general, el flujo de calor es ascendente a través de los pisos y descendente a través de las techumbres.							

Ilustración 7: Resistencias térmicas de superficie en [m² · K/W].

Fuente: (INN, 2007)

Elementos compuestos por varias capas homogéneas: Para aquellos complejos de vivienda que están compuestos por distintos materiales posicionados en capas o placas planas y paralelas que mantienen un contacto directo, la resistencia térmica total de dicho complejo se calcula de la siguiente manera:

$$R_T = \frac{1}{U} = R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se} \quad (f.2)$$

Donde:

R_T : Resistencia Total. [m² · K/W]

U : Transmitancia térmica. [W/(m² · K)]

R_{si} : Resistencia superficial interior. [m² · K/W]

R_{se} : Resistencia superficial exterior. [m² · K/W]

$\sum \frac{e}{\lambda}$: Sumatoria de las resistencias térmicas del elemento. [m² · K/W]

e : Espesor de cada capa que conforman al elemento. [m]

λ : Conductividad térmica. [W/(m · K)]

8. Reglamentación térmica:

La reglamentación térmica es un programa creado y definido por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) en el año 1994, establecido en el artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC). (MINVU, 2006) Su objetivo principal busca mejorar la calidad de vida de la población y disminuir el consumo de energía derivado de los requerimientos de calefacción y climatización, a través del mejoramiento del complejo de las viviendas y, por consecuencia, disminuir la contaminación que se produce de manera directa e indirecta.

Para alcanzar los objetivos de la reglamentación térmica, se definió una estrategia que toma en cuenta tres acciones. La primera, es disminuir al máximo las demandas de energía. La segunda acción se enfoca en utilizar y optimizar las ganancias internas y externas. Por último, la tercera acción se centra en utilizar sistemas no contaminantes, eficientes y de bajo costo para calefaccionar o refrigerar el hogar.

Este programa desde su creación contempla tres etapas que buscan fijar los estándares mínimos al momento de construir una vivienda. Estas etapas son:

- Etapa 1: Exigencias para complejos de techumbre.
- Etapa 2: Exigencias para complejos de muro, pisos ventilados y superficie máxima para ventanas.
- Etapa 3: Certificación energética sobre el comportamiento global.

La finalidad de las etapas es establecer requisitos progresivos de acondicionamiento térmico en las viviendas del país y, de esa manera, generar un avance en los estándares de construcción de forma gradual y sin generar desbalances en el mercado.

La Etapa 1 comenzó a regir desde la creación de la reglamentación térmica en el año 1994, y tenía como objetivo principal disminuir la pérdida de calor a través de la aislación en la techumbre de los hogares, recintos comerciales, educacionales, entre otros.

La Etapa 2 de la reglamentación térmica fue desarrollada entre el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, el Instituto de la Construcción y diversos actores de la industria, incluyendo, profesionales, académicos y gremios. La actualización del programa entró en vigencia el día 4 de enero de 2007, e incluyó valores mínimos de aislación térmica para complejo de muros, pisos ventilados y superficie máxima para ventanas.

La Etapa 3 considera una actualización del artículo 4.1.10 de la OGUC con el propósito de implementar la certificación energética sobre el comportamiento global de las obras, de tal manera que los proyectos obtengan una aislación térmica más rigurosa y logren validar su condición a través de un tercero. De esta forma, se busca estandarizar el término “eficiencia térmica”, ya que a través de la certificación se genera un conocimiento del producto a comprar por parte del usuario final, el cual puede tomar en consideración esta variable que afectará su calidad de vida y así poder tomar una decisión.

Hasta la fecha, la implementación de la certificación energética por parte del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) no se ha concretado debido a la falta de la aprobación. Sin

embargo, cabe destacar que durante la última década se han desarrollado algunas certificaciones para medir la eficiencia energética de proyectos en Chile y resolver la necesidad de una certificación energética. Algunas son:

- CES. – Certificación de Edificio Sustentable.
- CEV. – Calificación Energética de Viviendas.
- CVS. – Certificación de Vivienda Sustentable.

A continuación, se describirán las partes del artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC) correspondiente a la reglamentación térmica que se encuentra en la Etapa 2. La norma establece la subdivisión básica de una vivienda en términos de complejo. Se define el complejo de techumbre, de muros, de pisos ventilados y ventanas. Desde aquí la reglamentación se divide en dos áreas:

- Exigencia para complejo de techumbre, muros perimetrales y pisos ventilados.
- Exigencia para ventanas.

La primera sección exige un valor de transmitancia térmica (U) igual o menor, y un valor de resistencia térmica (R) igual o mayor a los especificados en la ilustración 8 que define dichos valores dependiendo de la zona geográfica establecidas por el MINVU.

ZONA	TECHUMBRE		MUROS		PISOS VENTILADOS	
	U	Rt	U	Rt	U	Rt
	W/m ² K	m ² K/W	W/m ² K	m ² K/W	W/m ² K	m ² K/W
1	0,84	1,19	4,0	0,25	3,60	0,28
2	0,60	1,67	3,0	0,33	0,87	1,15
3	0,47	2,13	1,9	0,53	0,70	1,43
4	0,38	2,63	1,7	0,59	0,60	1,67
5	0,33	3,03	1,6	0,63	0,50	2,00
6	0,28	3,57	1,1	0,91	0,39	2,56
7	0,25	4,00	0,6	1,67	0,32	3,13

Ilustración 8: Exigencia térmica según ubicación geográfica y tipo de complejo.
Fuente: (MINVU, 2006)

En el reglamento, la techumbre se define como todo conjunto de elementos que considere cielo, cubierta, aislación térmica, cadenetas, vigas y todo elemento que tenga un cielo con inclinación de 60° o menor. Respecto a las exigencias, los elementos aislantes solo podrán estar interrumpidos por elementos estructurales, y la solución constructiva para la aislación térmica debe cubrir la mayor parte entre los encuentros con el complejo de muros. (MINVU, 2006)

Los muros se definen como aquel conjunto de elementos constructivos que lo conforman y que tienen una inclinación de 60° o más. Respecto a las exigencias, los elementos que se consideran para el análisis de aislación térmica son aquellos muros y/o tabiques que delimiten con un espacio exterior de la vivienda, o también con locales abiertos que puede ser, por ejemplo, quinchos, bodegas, leñeras, estacionamientos, invernaderos, entre otros. De la misma forma que la techumbre, los elementos de aislación térmica solo podrán ser interrumpidos por elementos estructurales y/o ductos de instalación. Cabe destacar que no existe exigencia para puertas en esta versión del reglamento. (MINVU, 2006)

El piso ventilado contabiliza los elementos constructivos de piso que no están en contacto directo con el terreno. Los planos inclinados como escaleras o rampas que estén en contacto con el exterior se consideran pisos ventilados. Para evitar la existencia de puentes térmicos en las soluciones constructivas se aceptará solo la interrupción del material aislante por vigas, tuberías, ductos o cañerías. (MINVU, 2006)

Para cumplir con los requerimientos de la reglamentación existen cuatro formas, a continuación, se enuncia cada una:

- Mediante el uso de materiales R100, que deben cumplir los valores indicados en la ilustración 9.

ZONA	TECHUMBRE R100 (*)	MUROS R100 (*)	PISOS VENTILADOS R100 (*)
1	94	23	23
2	141	23	98
3	188	40	126
4	235	46	150
5	282	50	183
6	329	78	239
7	376	154	295

Ilustración 9: Exigencias R100 según zona geográfica y tipo de complejo.

Fuente: (MINVU, 2006)

*Según NCh 2251, R100 es la resistencia térmica en ($m^2 \cdot K/W$) de un material multiplicado por 100.

- Mediante un certificado de Ensayo otorgado por un laboratorio acreditado.
- Mediante el cálculo que se realiza de acuerdo a la norma NCh853 of 2007. Efectuado por un profesional competente.
- Especificando una solución constructiva que se encuentre en el “Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico”, realizada por el MINVU.

Por otro lado, la segunda sección considera a las ventanas como vanos tipo vidriado ubicados en la envolvente de la vivienda. Éstos deben cumplir con un valor menor al porcentaje máximo entre la superficie de ventanas y la superficie del complejo de muros de la vivienda. En la ilustración 10 se define el porcentaje (%) máximo de vidrio a emplear para cada zona geográfica.

ZONA	VIDRIO MONOLÍTICO (b)	DVH	
		DOBLE VIDRIADO 3.6 W/m2K $\geq U$	HERMÉTICO (c) 2.4 W/m2K $U \leq$
1	50%	60%	80%
2	40%	60%	80%
3	25%	60%	80%
4	21%	60%	75%
5	18%	51%	70%
6	14%	37%	55%
7	12%	28%	37%

Ilustración 10: Porcentaje (%) máximo de superficie vidriada respecto al complejo de muros de la vivienda.

Fuente: (MINVU, 2006)

La Etapa 3 de la reglamentación térmica, la cual fue anteproyecto de norma en el año 2014, define nuevos estándares de resistencia térmica y transmitancia térmica, según la ilustración 11, para los complejos de techumbre, muros y pisos ventilados en comparación a la Etapa 2. También incluye al complejo de puerta como elemento a considerar para la certificación de las obras. Los elementos descritos anteriormente, se definen como elementos opacos, mientras que las ventanas se definen como elementos traslúcidos, los cuales deben cumplir valores de transmitancia térmica según la ilustración 12, con respecto a un porcentaje máximo de superficie por orientación.

Zona Térmica	Complejo de techumbre		Complejo de muro		Complejo de piso		Complejo de puerta	
	U	Rt	U	Rt	U	Rt	U	Rt
	W/(m ² K)	(m ² K)/W	W/(m ² K)	(m ² K)/W	W/(m ² K)	(m ² K)/W	W/(m ² K)	(m ² K)/W
A	0,84	1,19	2,10	0,48	3,60	0,28	---	---
B	0,47	2,13	0,50	2,00	0,70	1,43	1,00	1,00
C	0,47	2,13	0,80	1,25	0,87	1,15	1,20	0,83
D	0,38	2,63	0,60	1,67	0,70	1,43	1,20	0,83
E	0,33	3,03	0,50	2,00	0,60	1,67	1,00	1,00
F	0,28	3,57	0,45	2,22	0,50	2,00	1,00	1,00
G	0,25	4,00	0,30	3,33	0,32	3,13	1,00	1,00
H	0,28	3,57	0,40	2,50	0,39	2,56	0,80	1,25
I	0,25	4,00	0,35	2,86	0,32	3,13	0,80	1,25

Ilustración 11: Transmitancia térmica (U) máxima y resistencia térmica (Rt) mínima según zona geográfica y tipo de complejo.

Fuente: (MINVU, 2014)

ZONA TÉRMICA	U > 3,6 W/(m ² K)				3,6 ≥ U > 2,4 W/(m ² K)				U ≤ 2,4 W/(m ² K)			
	N	S	O-P	POND	N	S	O-P	POND	N	S	O-P	POND
A	70%	45%	60%	30%	90%	65%	80%	40%	100%	100%	100%	-
B	30%	10%	25%	12%	85%	40%	65%	32%	95%	60%	85%	40%
C	40%	15%	35%	15%	80%	50%	60%	30%	95%	65%	85%	40%
D	25%	10%	15%	10%	70%	30%	60%	27%	90%	50%	80%	37%
E	0%	0%	0%	-	70%	25%	55%	25%	90%	45%	80%	37%
F	0%	0%	0%	-	60%	20%	37%	20%	85%	40%	75%	35%
G	0%	0%	0%	-	35%	10%	20%	10%	65%	20%	35%	20%
H	0%	0%	0%	-	55%	15%	30%	15%	75%	25%	60%	27%
I	0%	0%	0%	-	35%	10%	20%	10%	65%	20%	35%	20%

Ilustración 12: Porcentaje máximo de superficie de complejo de ventanas según zona geográfica y orientación.

Fuente: (MINVU, 2014)

Además de aumentar las exigencias de la Etapa 2, se incluyen nuevas temáticas como la “condensación superficial e intersticial”, que indica la utilización de barreras de vapor en caso de ser necesario, y el “factor solar modificado”, que proviene del factor de asoleamiento del complejo de ventanas.

Finalmente, se explican los mecanismos de acreditación respecto a las exigencias de la reglamentación térmica. La acreditación se debe establecer en la “Declaración de cumplimiento tipo” que se presentan en el anteproyecto y este debe estar validado por medio de una memoria de cálculo realizada por un profesional competente, ensayos de laboratorio y/o mediante la utilización del “Listado Oficial de Soluciones Constructivas” del MINVU.

9. Zonificación térmica:

Las zonas térmicas son áreas dentro del territorio chileno que están representadas por las características climáticas propias de cada sector. Se extiende en un total de nueve zonas térmicas definidas por letras, existiendo la zona A, B, C, D, E, F, G, H e I. El mapa que muestra el área que abarca cada zona se encuentra en el Anexo A. Actualmente la zonificación térmica se obtiene de la Norma Chilena oficial de zonificación Climático-Habitacional (NCh1079/2008).

Cada sector predomina por ser zona costera, zona cordillerana o ubicada entre medio de éstas. A continuación, se describe cada zona térmica del mapa:

Zona A (costera): Comienza en la comuna de Arica hasta la comuna de Freirina.

Zona B (interior): Comienza en la comuna de Arica hasta las comunas de Illapel y Salamanca.

Zona C (costera): Comienza en la comuna de La Higuera hasta la comuna de Paredones.

Zona D (interior): Comienza en la comuna de Petorca hasta la comuna de Parral.

Zona E (costera): Comienza en la comuna de Curepto hasta la comuna de La Unión.

Zona F (interior): Comienza en las comunas de Niquén y San Fabián hasta la comuna de Río Bueno.

Zona G (cordillera de Los Andes): Desde las comunas de Arica y General Lagos hasta la comuna de Pucón y Cararrehue.

Zona H (sur): Comienza en las comunas de Puyehue, San Pablo y San Juan de la Costa hasta las comunas de Quellón y Chaitén.

Zona I (extremo sur): Comienza en las comunas de Guaitecas, Cisnes y Palena hasta el territorio antártico chileno.

10. Ley 21.305.- Ley sobre eficiencia energética:

La Ley 21.305 sobre eficiencia energética fue publicada el 13 de febrero del 2021, y fue creada con el objetivo de generar los lineamientos base para elaborar un plan nacional quinquenal de eficiencia energética, de tal manera que se alcance la carbono neutralidad en el año 2050. Esta Ley fue desarrollada por el Ministerio de Energía y tiene 9 artículos más 8 disposiciones transitorias. Dentro de la Ley de eficiencia energética se destacan cuatro puntos:

- Institucionalidad de la eficiencia energética.
- Gestión energética de grandes consumidores.
- Etiquetado energético de edificación.
- Estándares de eficiencia para vehículos.

El objetivo principal de la Ley sobre eficiencia energética, como se señaló anteriormente, es alcanzar la carbono neutralidad en el año 2050, es decir, que los procesos de generación y consumo de energía no emitan carbono hacia la atmosfera. Para lograr esta meta, la ley establece objetivos específicos, los cuales se vinculan a los 4 puntos de la Ley 21.305.

El Estándar de eficiencia para vehículos busca fomentar la renovación de la población existente de automóviles, promoviendo vehículos más eficientes y concentrándose especialmente en los de propulsión eléctrica. Los encargados del cumplimiento serán las empresas importadoras y representantes de cada marca, y para comparar los vehículos que ingresan al país, se utilizará un indicador basado en kilómetros por litro (*Km/L*) de gasolina equivalente, que permitirá determinar la eficiencia real de cada uno. (Ministerio de Energía, s.f.)

La Gestión energética de grandes consumidores establece que todas aquellas empresas privadas y públicas que sean consideradas grandes consumidores de energía en el país, deberán realizar una gestión activa para mejorar su eficiencia energética. Teniendo en cuenta que un tercio de la energía consumida viene de los grandes consumidores, se debe regular la producción y el consumo de cada empresa con miras hacia un futuro sin huella de carbono. La clasificación de las empresas como grandes consumidores se basa en su consumo anual, y aquellas que superen los 50 *TCal/año* deberán implementar un Sistema de Gestión de la Energía (SGE). (Ministerio de Energía, s.f.)

A través de esta exigencia, se podrá recabar información del consumo anual energético y, con ello, realizar un reporte público anual, permitiendo conocer el estado real de la situación a nivel país. La regulación pretende aplicar el requerimiento a las empresas que consumen un mínimo de 50 *TCal/año*, excluyendo a las pequeñas empresas.

El Etiquetado energético de edificación se crea con el objetivo de transparentar la información sobre eficiencia energética en obras de viviendas, edificios de uso público y comercial, y edificios de oficinas. Según el Ministerio de Energía, las edificaciones consumen cerca del 25% de la energía total del país y una parte significativa se distribuye en la calefacción de los hogares. (Ministerio de Energía, s.f.) Por lo mismo, es necesario tomar en cuenta la eficiencia energética, la aislación térmica y el etiquetado energético al momento de desarrollar un proyecto inmobiliario.

Al crear un proyecto se toma en cuenta dos aspectos importantes, teniendo en consideración que la ley se aplica a empresas constructoras e inmobiliarias, y Servicios de Vivienda y Urbanismo.

En primer lugar, se requiere una evaluación de diseño del proyecto, ya que se exigirá una precalificación energética para disponer de la información necesaria al publicitar el nivel de ahorro de energía que ofrecerá la vivienda. En segundo lugar, es necesario el certificado de eficiencia energética para la recepción final del bien inmueble.

Para tener acceso a la certificación de obras y validar la eficiencia energética, el Ministerio de Energía creará el registro de evaluadores que se encargarán de calificar las obras. Respecto a las viviendas, será obligatorio entregar la calificación energética desde los 2 años de haber entrado en vigencia la Ley. Para edificios de uso público, edificios comerciales y oficinas, será a los 4 años desde entrada en vigencia la Ley. Para las viviendas construidas con subsidio habitacional por los servicios de vivienda y urbanización, será a los 3 años. Cabe destacar que la calificación energética solo cumple la función de informar y no de exigir un cumplimiento mínimo.

La Institucionalidad de eficiencia energética define que el Ministerio de Energía debe elaborar un plan nacional de eficiencia energética cada 5 años. Los contenidos mínimos que debe tener el plan son:

- Eficiencia energética residencial, estándares mínimos y etiquetado de artefactos.
- Eficiencia energética en la edificación y el transporte.
- Eficiencia energética y ciudades inteligentes.
- Eficiencia energética en los sectores productivos y educación, y capacitación en eficiencia energética.

Dentro del plan se establecerán metas a corto, mediano y largo plazo. Más planes, programas y acciones para alcanzar dichas metas. (Ministerio de Energía, s.f.)

Plan de Eficiencia Energética 2022-2026:

El plan de Eficiencia Energética es un conjunto de medidas y metas sectoriales que entregarán un marco estratégico para el desarrollo de la eficiencia energética del país. El plan nace como parte de la Ley 21.305 sobre Eficiencia Energética (EE) y debe ser renovado cada 5 años por el Ministerio de Energía, actualmente se encuentra el plan de EE 2022-2026. El objetivo principal es potenciar el ahorro energético para alcanzar la carbono neutralidad en el año 2050. (Ministerio de Energía, 2022)

El desarrollo del plan fue a través de un proceso participativo, donde se inscribieron 1.140 personas por medio de un llamado abierto. Los inscritos en el desarrollo pertenecieron a distintos sectores como se detalla en la ilustración 13, por ejemplo, sociedades civiles, empresas privadas, el sector público, entre otros. Para llevar a cabo el proceso se realizaron las siguientes actividades:

- Taller introductorio, para revisar conceptos básicos, experiencia internacional y tendencias sobre planes de eficiencia energética.
- Etapa 1: Identificación de problemas para cada sector. ¿Dónde estamos?
- Etapa 2. Establecer la visión hacia el futuro. ¿Dónde queremos llegar?
- Etapa 3. Definir planes y medidas para alcanzar el objetivo principal.

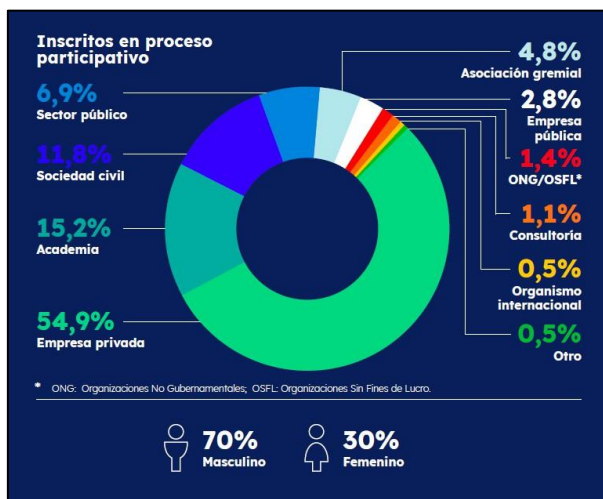


Ilustración 13: Sectores inscritos en el proceso participativo del plan de EE.
Fuente: (Ministerio de Energía, 2022)

Dentro de las metas consideradas en el plan de eficiencia energética se encuentra reducir un 4,5% la intensidad energética en el 2026 respecto al año 2019, reducir un 13% la intensidad energética en el 2030 respecto al año 2019 y reducir un 30% la intensidad energética en el 2050 respecto al año 2019. (Ministerio de Energía, 2022) También se consideran medidas y metas sectoriales, en las cuales se encuentran:

- Sector productivo (7 medidas)
- Sector transporte (8 medidas)
- Sector edificación (10 medidas)
- Sector ciudadanía (8 medidas)

El plan de eficiencia energética se divide principalmente en tres partes. La primera se enfoca en el contexto nacional y responde a la pregunta “¿Dónde estamos?”. El segundo lugar define los sectores involucrados en las metas del plan, y al final se explica el tipo de seguimiento y evaluación que se hará para medir el progreso de la meta final.

Contexto nacional. La eficiencia energética aparece en el diálogo nacional por el avance en el consumo energético que ha ocurrido en las últimas décadas dentro de Chile. Para lograr un punto de comparación, se consideró el crecimiento económico por medio del Producto Interno Bruto (PIB) de Chile y del total de la OECD (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico).

En el primer análisis, se consideraron las variables del consumo energético y el aumento del PIB a través del tiempo, lo que reveló una diferencia entre las dos variables en el caso de la OCDE, a diferencia de Chile en donde el PIB y el consumo final de energía aumentan de manera constante. En la ilustración 14 se presenta el crecimiento económico y el consumo energético desde el año 1971 al año 2015:

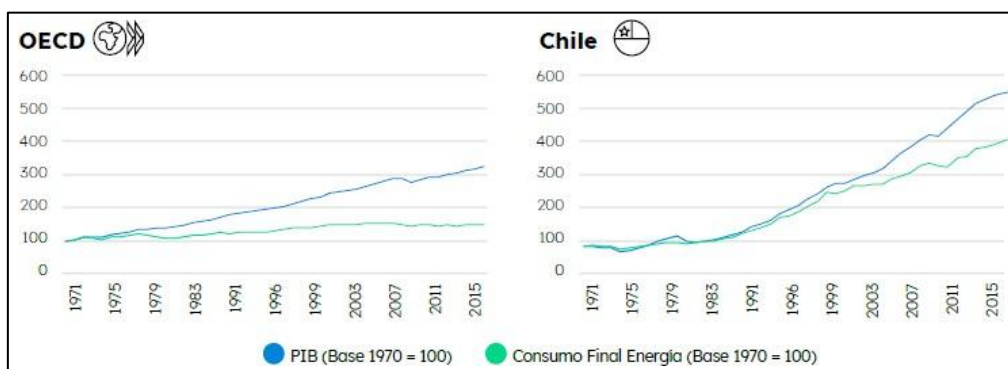


Ilustración 14: Crecimiento económico y consumo energético.

Fuente: (Ministerio de Energía, 2022)

El segundo análisis examina la intensidad energética, que se define como la relación entre el consumo de energía dividida por el Producto Interno Bruto (PIB). Para este caso, se toman en cuenta los datos del total de la OECD, la Unión Europea, el Mundo y Chile. Los resultados indican que Chile tiene una intensidad energética menor al mundo, pero muy por encima de la Unión Europea y el total de la OECD. En la ilustración 15 se indica la intensidad energética versus el tiempo desde el año 1990 hasta el 2018:

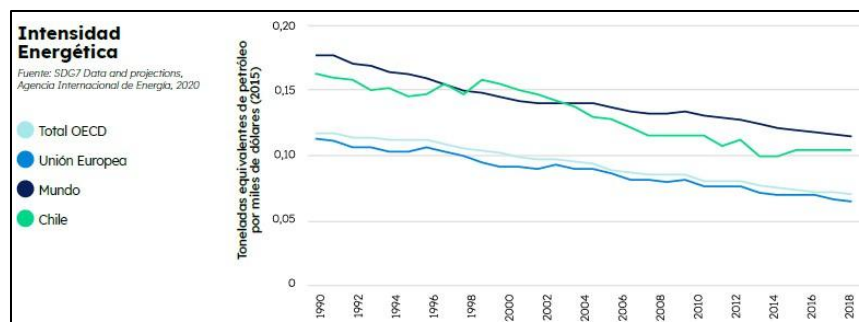


Ilustración 15: Intensidad Energética vs tiempo.

Fuente: (Ministerio de Energía, 2022)

Sectores involucrados. El plan de eficiencia energética se divide en cuatro sectores: El sector productivo, el sector de transporte, el sector de edificaciones y el sector ciudadanía. Dentro de esta división, se establecen un conjunto de medidas y metas particulares, cada una con su tipo de implementación dentro del plan general. A continuación, se detallarán las características de cada sector, prestando especial atención al sector de edificación, que influye directamente en la eficiencia energética y aislación térmica de viviendas.

- Sector productivo. Los sectores productivos que involucran servicios, comercios, industria, minería, entre otros, generan un gran impacto en el consumo energético del país. En el año 2019, el sector productivo representó el 38% del consumo final de energía a nivel nacional, lo que corresponde a más de un tercio del total. (Ministerio de Energía, 2022) Para disminuir el pronóstico energético del año 2050 se implementarán las siguientes medidas:
 - a) Implementación de sistemas de gestión de energía en grandes consumidores.

- b) Fomentar la gestión de la energía en empresas de menor tamaño.
 - c) Actualización del estándar mínimo de eficiencia energética para motores eléctricos.
 - d) Promoción de soluciones eficientes para usos térmicos y motrices en los sectores productivos.
 - e) Promover la capacitación y certificación de capital humano en el ámbito de la eficiencia energética para sectores productivos.
 - f) Elaboración de indicadores de eficiencia energética para los distintos sectores productivos.
 - g) Difusión de los resultados y beneficios de la eficiencia energética aplicada a los sectores productivos.
- Sector transporte. El sector de transporte es representado por todos los vehículos que ingresan al país y que generan un consumo energético individual. Respecto al consumo final de energía a nivel país, el sector de transporte representa un 37% del total. (Ministerio de Energía, 2022) Para disminuir el pronóstico energético del año 2050 se implementarán las siguientes medidas:
 - a) Establecimiento de estándares de eficiencia energética para vehículos livianos, medianos y pesados.
 - b) Incentivos financieros para la electro-movilidad.
 - c) Aceleración del despliegue de medios de transporte sustentable y eficientes.
 - d) Desarrollo de condiciones habilitantes para la infraestructura de carga de vehículos eléctricos.
 - e) Fomento a un uso eficiente de transporte.
 - f) Promover la capacitación y certificación de capital humano en el ámbito de la eficiencia energética para el transporte eficiente.
 - g) Impulso a la industria nacional mediante el fomento a la investigación e innovación en el transporte eficiente y cero emisiones.
 - h) Difusión de los resultados y beneficios de la eficiencia energética aplicada al transporte.
- Sector ciudadanía. Este sector se desarrolla con la finalidad de fomentar la educación y la formación ciudadana con respecto a la eficiencia energética, con el propósito de concientizar sobre la importancia de la transición hacia la era carbono cero en el año 2050. Para lograr este objetivo, se implementarán las siguientes medidas:
 - a) Difusión de información ciudadana sobre la relevancia de la sostenibilidad energética para la ciudadanía.
 - b) Potenciar el programa educativo en energía y sostenibilidad.
 - c) Actualización y ampliación del etiquetado de artefactos.
 - d) Actualización y ampliación de estándares mínimos de eficiencia energética para artefactos.
 - e) Difusión del etiquetado de eficiencia energética de artefactos.
 - f) Fomentar el recambio de artefactos eficientes.
 - g) Analizar el impacto de las ciudades inteligentes en la eficiencia energética.
 - h) Coordinación institucional.

- Sector edificaciones. Dentro del sector edificaciones se tiene presentes a las obras comerciales, públicas y residenciales. A diferencia de los sectores anteriores, el sector edificaciones representa el 22% del consumo final de energía del país. (Ministerio de Energía, 2022) Para disminuir el pronóstico energético del año 2050, se implementarán las siguientes medidas:
 - a) Actualización de los estándares de eficiencia energética. Se modificará la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC) por medio de dos etapas. La primera en el año 2022, que implicó una actualización de la reglamentación térmica de viviendas con un impacto del 30% en la disminución de la demanda térmica, y la segunda etapa a partir del año 2031 que establecerá un estándar mínimo de energía neta cero para edificaciones.
 - b) Impulso a la renovación energética del sector edificación. Se busca generar una renovación en las viviendas y edificaciones públicas ya existentes con el fin de aumentar los niveles de eficiencia energética.
 - c) Fomento al reacondicionamiento térmico de viviendas existentes. En conjunto con el MINVU, se realizará un financiamiento público y privado para el reacondicionamiento térmico de viviendas existentes.
 - d) Calificación energética de viviendas y otras edificaciones. Se implementará el etiquetado obligatorio para nuevas viviendas, edificios de uso público, edificios comerciales y edificios de oficina de acuerdo a las fechas especificadas en la Ley 21.305.
 - e) Implementación de eficiencia energética en edificios públicos. Se fomentará la aplicación de medidas de eficiencia energética en edificaciones públicas nuevas y existentes a partir del año 2023, que permita reducir en promedio un 20% el consumo de energía.
 - f) Sistemas de climatización eficientes y sostenibles. Se promoverá el cambio de calefacción hacia equipos más eficientes.
 - g) Promover la capacitación y certificación de las personas. Se desarrollará un capital humano que sea apto para regir y trabajar con la normativa vigente de eficiencia energética.
 - h) Difusión de los resultados y beneficios asociados. Las construcciones tendrán que rendir información sobre la eficiencia energética que tienen y en base a esto se logrará transmitir los beneficios asociados.

Evaluación y seguimiento. El plan de eficiencia energética (EE) tiene el objetivo de aumentar la EE en los distintos sectores del país. No obstante, es necesario que el desarrollo energético se vincule de manera directa al impacto económico que conlleva. Por lo mismo, para medir en primera instancia el plan de EE se evaluó el costo-efectividad en cada conjunto de medidas en su respectivo sector.

Para medir el término costo-efectividad, se evaluó los beneficios generados por el ahorro de la energía y se compara con los costos e inversiones necesarios para su implementación. Según los cálculos efectuados proyectados hasta el 2050, se estima que los beneficios de ahorro ascenderán aproximadamente a 102 mil millones de dólares, mientras que el costo asociado a la implementación de estas medidas rondará los 47 mil millones de dólares. Por consiguiente, se infiere que el plan previsto para el año 2050 generará un beneficio neto de 55 mil millones de

dólares (Ministerio de Energía, 2022), contribuyendo significativamente al incremento de la eficiencia energética del país.

A continuación, se presenta la ilustración 16 que indica gráficamente los beneficios netos del Plan Nacional de Eficiencia Energética.

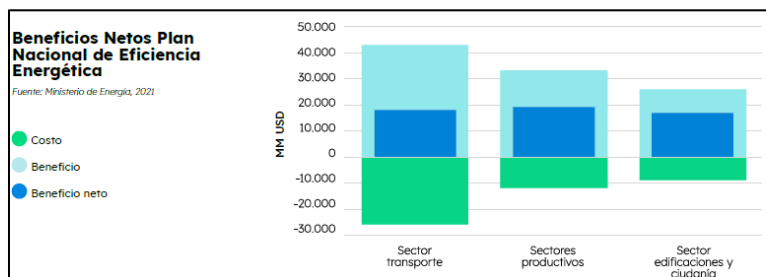


*Ilustración 16: Beneficios Netos del Plan Nacional de EE.
Fuente: (Ministerio de Energía, 2022)*

El seguimiento del plan de EE se realizará a través de indicadores, los cuales se dividen en sector productivo, sector de transporte y sector de edificaciones. Para el sector productivo, se utilizará la base de datos de la intensidad energética que deben informar los grandes consumidores de energía. En lo que respecta al sector de transporte, se realizará una base de datos en función a la cantidad y tipo de vehículos que ingresan al país, tomando en cuenta kilómetros recorridos y carga transportada. Finalmente, en el sector de edificaciones, se evaluará la climatización, el calentamiento de agua, iluminación, electrodomésticos, entre otros, en base a la superficie de cada edificio, tomando en cuenta la subdivisión entre sector residencial, público y comercial.

De manera más concreta, existirá un seguimiento de cada medida en donde se debe realizar una ficha de inicio, una ficha anual de ejecución, una ficha de cierre y una ficha de seguimiento si sobrepasa el periodo del plan energético vigente.

11. Certificación de eficiencia energética:

Las certificaciones nacen de la necesidad de evaluar y estandarizar los requerimientos energéticos de los proyectos de edificación. Existen certificaciones tanto a nivel nacional e internacional, cuyo objetivo es medir el alcance que dichos proyectos tienen en lo que respecta a su capacidad de afectar la salud y el bienestar del usuario final, de alterar el medio ambiente y de impactar el consumo energético/económico.

Es fundamental conocer el enfoque que proporciona cada certificado, ya que no todos tienen como objetivo un usuario final en común, sin embargo, todos tienen el objetivo de aumentar la eficiencia energética. A continuación, se presentarán tres certificados establecidos a nivel nacional y tres certificados creados a nivel internacional. En cada uno, se describirá su naturaleza, los aspectos que considera y la metodología de evaluación que se aplica al momento de presentar un proyecto de construcción.

a. Nacional:

En Chile se ha dado especial atención al avance tecnológico y al impacto medio ambiental ocasionado por las construcciones de viviendas, comercios, instituciones, entre otras. Para incorporar la sustentabilidad en las edificaciones se ha creado la “Estrategia Nacional de Construcción Sustentable”; dentro de este marco se han generado iniciativas como el CES (Certificación de Edificio Sustentable), CEV (Calificación Energética de Viviendas) y CVS (Certificación de Vivienda Sustentable) que se detallarán más adelante.

Uno de los objetivos de este tipo de iniciativas es el de diseñar y construir proyectos de edificación y viviendas con estándares más elevados de eficiencia energética y sustentabilidad, con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas, aumentar el ahorro en temas de mantención y gastos comunes, y cuidar el medio ambiente. Además, la verificación de un tercero en un proyecto genera seriedad y confianza, y un mayor valor dentro del mercado inmobiliario.

▪ CES:

La CES es la “Certificación de Edificio Sustentable” que tiene el objetivo de evaluar, calificar y certificar los comportamientos ambientales de los edificios de uso público en Chile. Esta certificación abarca tanto obras nuevas como existentes, y su alcance comprende propiedades tanto de administración pública como privada. La CES comenzó a diseñarse en el año 2012 bajo el alero del Ministerio de Obras Públicas (MOP), la Cámara Chilena de la Construcción (CChC) y el Colegio de Arquitectos, más el aporte económico de Innova Corfo y el apoyo técnico de IDIEM.

El 1 de julio del año 2014, se firmó un convenio cuatripartito entre el MOP, la CChC, el Colegio de Arquitectos y el Instituto de la Construcción que permitió dar inicio al proceso de certificación. El diseño final de la Certificación de Edificio Sustentable tiene una metodología de estándar mundial, que considera la experiencia internacional y los avances a nivel nacional.

La CES, a través del proceso de certificación, presenta tres valores principales. El primero es la “Validez e Idoneidad”, porque es ideal para evaluar edificios de uso público en Chile; esto se debe a que los requerimientos que se aplican dependen de la sensibilidad e interés local. También cuenta

con el apoyo de instituciones representativas del sector de la construcción a nivel país, lo que otorga una validez objetiva por parte de la certificación.

El segundo valor es la “Verificación y Acompañamiento”, que se observa a través de la aprobación en terreno y el apoyo constante durante la operación del edificio para que éste alcance los niveles de calidad ambiental esperados.

El tercer valor es la “Transparencia”, que se presenta durante el proceso. La evaluación se lleva a cabo por una entidad confiable y acreditada bajo la fiscalización adicional de una entidad administradora. Esto asegura que el proceso sea transparente y que los resultados sean confiables y verificables.

El proceso de la CES consta de dos partes, la precertificación y la certificación. La primera parte evalúa los requerimientos en la etapa de diseño y se obtiene mediante el “Informe de Evaluación” y el “Permiso de Edificación”. La segunda parte evalúa conjuntamente la fase de diseño y construcción de un proyecto, debiéndose entregar la declaración de cumplimiento, modificaciones respecto a la precertificación e información para realizar la visita de evaluación a la obra. La CES se obtiene una vez que se cuente con la aprobación del “Informe de Evaluación” y la “Recepción Final de Obras”.

La Certificación de Edificio Sustentable se evalúa por medio de requerimientos obligatorios y voluntarios que entregan puntajes. Para certificar una obra se debe cumplir con los requerimientos obligatorios y tener como mínimo 30 puntos con un máximo puntaje de 100.

Durante el proceso se miden las categorías indicadas en la ilustración 17, que son: “Calidad del Ambiente Interior”, “Energía”, “Agua”, “Materiales y Residuos”, “Gestión” e “Innovación”.



*Ilustración 17: Categorías de la CES.
Fuente: (CES, 2022)*

Los 6 aspectos temáticos se agrupan en 4 categorías, las cuales son diseño pasivo (arquitectura), diseño de sistemas activos (instalaciones), construcción y operación. A continuación, se muestra la ilustración 18 que indica la matriz de puntaje por temática y en el Anexo C se explica detalladamente los puntajes de cada subcategoría.

Categoría	Etapa de Diseño		C. Construcción	D. Operación
Temática	Arquitectura	Instalaciones		
Calidad del ambiente interior	30	9 (12)	-	-
Energía	21	23	-	-
Agua	2	8 (5)	-	-
Materiales y residuos	5	-	2	-
Gestión	+3		-	Sello plus
Innovación	+2		-	-

*Ilustración 18: Matriz de puntaje de la CES.
Fuente: (CES, 2022)*

Los niveles de certificación van por rango de puntaje. Entre 0 – 29 es “no certificado”, entre 30 - 54,5 es “edificio certificado”, entre 55 - 69,5 “certificación destacada”, y entre 70 - 100 “certificación sobresaliente”.

En el marco de la CES, existen profesionales acreditados que desempeñan la función de asesores del proyecto a evaluar. Para acreditarse como asesor, se debe rendir una prueba online que se dicta cada dos meses, que mide el conocimiento del “Manual de Evaluación y Calificación de Edificios de Uso Público v1.1” y “Manual 2 de Operación de Edificios de Uso Público”. Pueden postular personas naturales con 3 años de experiencia laboral en construcción sustentable, teniendo en cuenta las siguientes profesiones: ingeniero civil, ingeniero constructor, constructor civil, arquitecto, ingeniero acústico o ingeniero en climatización.

- CEV:

La CEV es la Calificación Energética de Viviendas, y fue diseñada el año 2012 en Chile por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) en conjunto con el Ministerio de Energía. El objetivo de este instrumento es mejorar la calidad de vida de las familias del país a través de la entrega cuantificable de información estandarizada de eficiencia energética respecto a las viviendas. (Calificación Energética, 2012)

Esta certificación califica a las viviendas en su etapa de uso, tomando en cuenta su envolvente térmica, la calefacción, el enfriamiento, la iluminación y el agua caliente sanitaria. Con esta información se obtiene el porcentaje de ahorro, el nivel de eficiencia energética y el requerimiento energético. Por el momento la CEV es un instrumento de utilización voluntaria que busca una implementación más globalizada, con el fin de que las familias se encuentren informadas y puedan tomar decisiones en base a un desempeño energético de la vivienda y así asegurar su confort térmico, además de un mayor ahorro económico.

La información entregada por la calificación energética se basa en tres indicadores. El primero es el porcentaje de ahorro, que compara la demanda energética de la vivienda evaluada, con la demanda energética de una vivienda referencial. El segundo indicador es el nivel de eficiencia energética, que depende del porcentaje de ahorro y se le otorga una letra a la vivienda o edificación; ésta va desde +A que representa el porcentaje (%) con mayor ahorro, hasta la G que representa el mayor consumo energético. El tercer indicador es el requerimiento energético, que indica la demanda por metro cuadrado ($kW \cdot h/m^2$) de calefacción y enfriamiento por separado. En la ilustración 19 se indica un ejemplo de una CEV.

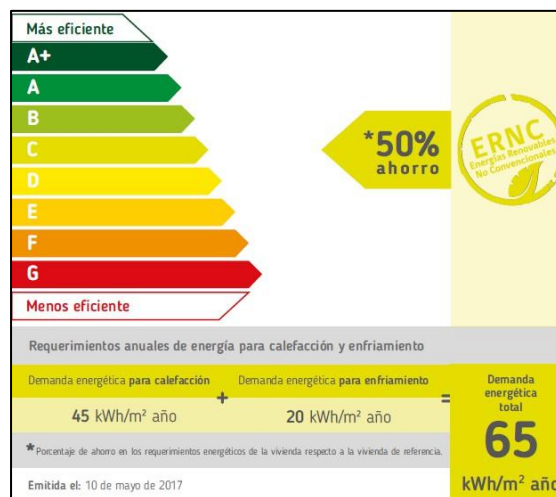


*Ilustración 19: Ejemplo de una Calificación Energética de Vivienda.
Fuente: (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, s.f.)*

Existen dos instancias para obtener una evaluación energética de una vivienda. La primera es la precalificación energética de carácter transitoria, realizada en proyectos de arquitectura que tengan el permiso de edificación aprobado por la Dirección de Obras Municipales (DOM) sin tener la recepción municipal. La segunda es la calificación energética que cuenta con una vigencia de 10

años. Ésta se aplica a obras que se encuentren terminadas y cuenten con la recepción municipal aprobada.

El proceso de calificación de la vivienda se hace por medio del cálculo de flujo de calor, que se obtiene por medio de la ecuación indicada en la ilustración 20, la cual considera las siguientes variables para la evaluación de arquitectura.

- Envolvente térmica. Se considera los materiales que generan una aislación térmica en techo, muros y pisos. Más la inercia térmica y los puentes térmicos.
- Radiación. Para evaluar este punto se toma en cuenta el factor de asolamiento de ventanas, la orientación y superficie de ventanas, y el factor solar del vidrio.
- Cargas internas. Son todas aquellas fuentes de calor que se encuentran al interior de la vivienda como las personas, iluminación, equipos eléctricos y artefactos de cocina.
- Renovación de aire. Se toma en consideración la ventilación mecánica, la ventilación natural y las infiltraciones de aire.
- Equipos de calefacción y agua caliente sanitaria. Se toman en cuenta los equipos desde su rendimiento, tipo utilizado, pérdidas por distribución y pérdidas por tipo de encendido.
- Energías renovables no convencionales. Se considera la aplicación de un sistema solar térmico para agua caliente sanitaria y/o calefacción, y un sistema solar fotovoltaico para iluminación.

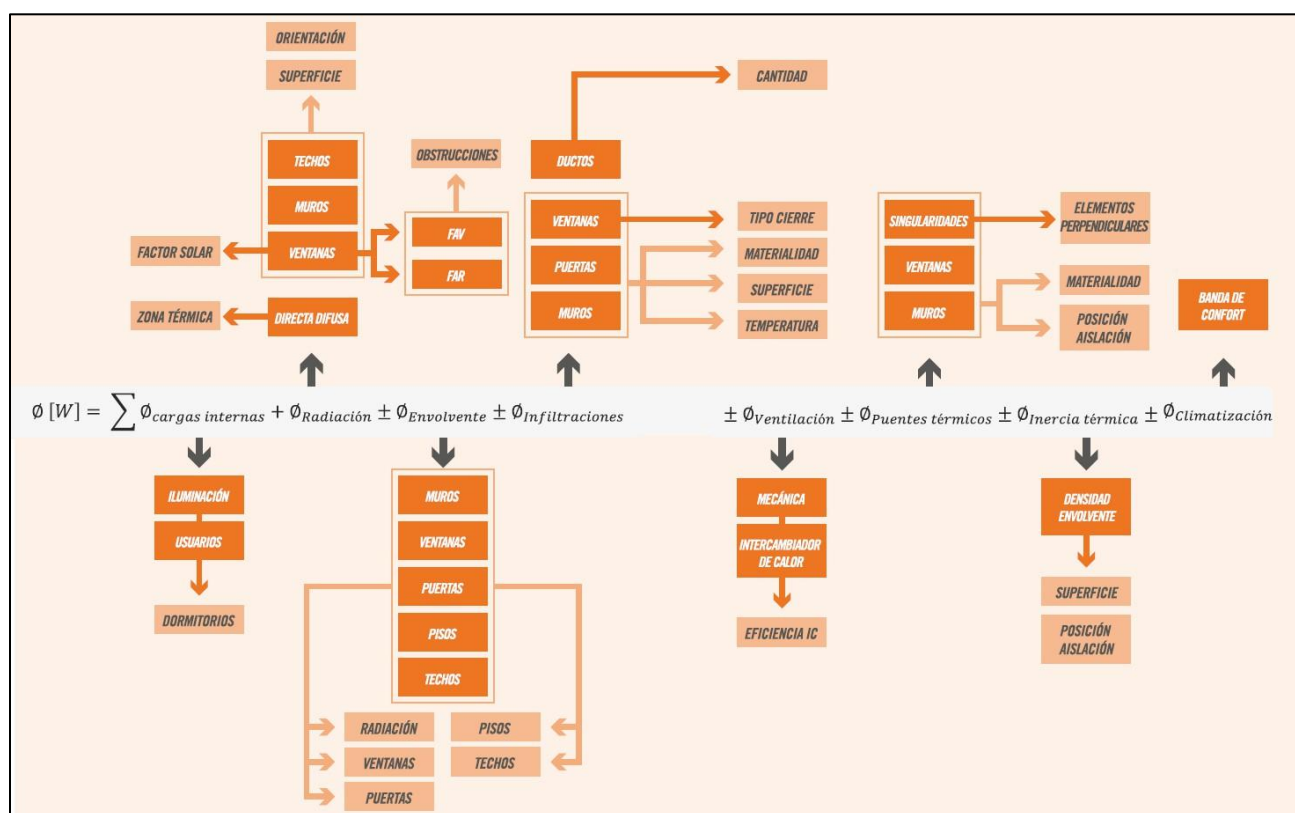


Ilustración 20: Ecuación para flujo de calor, CEV.
Fuente: (MINVU, 2019)

Para llevar a cabo el proceso de una precalificación o calificación energética es necesario que un evaluador energético lo realice. Para formar parte del listado oficial de evaluadores energéticos es necesario completar un proceso de acreditación impartido por el MINVU, a través de la página www.calificaciónenergetica.cl de manera semestral. El proceso se compone de cuatro pasos; la inscripción, la prueba de conocimientos mínimos, la prueba de acreditación y la obtención de la acreditación.

Al participar en el proceso de acreditación, hay que tener presente que solo pueden optar a dicho puesto aquellas personas con el título de Arquitecto, Ingeniero Constructor, Constructor Civil o Ingeniero Civil. Además, es importante destacar los puntos a evaluar en la prueba de conocimientos mínimos que son la “Reglamentación y Acondicionamiento Térmico de la Envolvente”, “Equipos de Calefacción y Agua Caliente Sanitaria” y “Sistemas Solares Térmicos y Fotovoltaicos”.

▪ CVS:

La CVS, Certificación de Vivienda Sustentable, es un proceso voluntario que evalúa viviendas en Chile bajo el criterio de la sustentabilidad y el cuidado ambiental, por medio de un estudio de diseño y construcción del mismo. Esta certificación fue creada el año 2018 por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), administrada por el Centro Tecnológico para la Innovación en la Construcción (CTeC) y apoyada por diversos organismos, entre los que destacan el Ministerio de Energía, el Ministerio de Medio Ambiente y la Cámara Chilena de la Construcción (CChC).

La Certificación de Vivienda Sustentable comienza como parte de las iniciativas de la “Estrategia Nacional de Construcción Sustentable”, que tiene el objetivo de generar obras de alto desempeño ambiental y energético. De esta forma, se busca mejorar la calidad de vida de las personas, reducir los gastos asociados a la climatización de las viviendas y minimizar el impacto medio ambiental.

Una de las características de la CVS es la versatilidad de su aplicación, ya que se puede utilizar en cualquier proyecto de carácter residencial a nivel nacional, por ejemplo, viviendas sociales o privadas, obras pareadas, aisladas o continuas, que formen parte de condominios o edificios de altura, y que estén emplazadas en sitios rurales o urbanos. Además, el hecho de que la certificación tenga un estándar de sustentabilidad mayor al promedio, asegura una temperatura confortable, sistemas de climatización eficientes, uso correcto de los materiales, entre otros.

La CVS evalúa seis categorías durante el proceso de evaluación, que se divide en dos etapas. La primera es la etapa de precertificación, que es una evaluación temprana y se enfoca únicamente en los requerimientos de la fase de diseño de un proyecto. Cabe mencionar que esta fase es de carácter transitorio y no afecta la obtención de la certificación, pero favorece la implementación de la CVS y al marketing del proyecto. La segunda etapa corresponde a la certificación, donde se evalúan tanto los requerimientos de diseño como los aspectos relacionados con la construcción. Éste se obtiene al completar el proceso de certificación más la recepción final de obra. Es importante mencionar que es de carácter permanente y se reciben reportes y diplomas por parte de la CVS.

Las seis categorías a evaluar en la etapa de certificación, que se indican en la ilustración 21, son:

- Salud y bienestar: Al generar ambientes interiores con mayor confort térmico se contribuye a la buena salud, el bienestar físico y psicológico de los usuarios.
- Energía: Genera eficiencia energética a través del control del uso de la calefacción, enfriamiento, iluminación artificial y uso de energías renovables no convencionales.
- Agua: Fomenta el consumo y reutilización del agua de manera responsable.
- Materiales y residuos: Promueve el uso eficiente de materiales de construcción con un enfoque hacia las características sustentables.
- Impactos ambientales: Minimiza los impactos producidos por el proceso de construcción hacia el medio ambiente.
- Entorno inmediato: El proyecto, por medio de la certificación, asegura mantener una buena conectividad de transporte y servicios.



*Ilustración 21: Categorías de la CVS.
Fuente: (MINVU, s.f.)*

En el Anexo D se encuentran las subcategorías a evaluar de cada ítem, más el puntaje asociado a su desempeño.

Existen tres niveles de certificación que dependen del puntaje total obtenido por el proyecto a través del proceso de evaluación. Hay 70 requerimientos que se pueden aplicar al diseño y a la construcción, alguno de los cuales son obligatorios y otros voluntarios, y en conjunto suman 100 puntos. Estos niveles son:

- Proyecto certificado sustentable: Cumple con los requerimientos obligatorios.
- Proyecto destacado sustentable: Puntaje 30 a 59,5 puntos.
- Proyecto sobresaliente sustentable: Igual o mayor a 60 puntos.

Para que el proceso de certificación sea objetivo y riguroso, es esencial contar de manera obligatoria con la cooperación de un profesional acreditado denominado asesor. Esta persona, por medio de su experiencia en el área de la construcción sustentable, tiene el objetivo de apoyar y coordinar con el equipo de trabajo del proyecto, recopilar la documentación necesaria y enviar dicha documentación para gestionar el proceso de calificación.

Un profesional de la construcción, ya sea Arquitecto, Ingeniero Civil, Ingeniero Constructor, Constructor Civil, Ingeniero Ambiental o Técnico en Construcción, puede optar al cargo de asesor para la Certificación de Vivienda Sustentable. Para ello, debe completar un proceso de entrenamiento dictado por la Centro Tecnológico para la Innovación en la Construcción (CTeC), y posteriormente rendir una prueba para evaluar los conocimientos. Además, el profesional debe demostrar experiencia en asesoramiento respecto a temas de sustentabilidad o eficiencia energética en proyectos que sumen al menos 2000 m^2 . Como alternativa, puede contar con estudios de postítulo relacionados con la sustentabilidad en la construcción.

b. Internacional:

A nivel internacional, también existen iniciativas con el objetivo de mejorar la eficiencia energética en los proyectos de construcción. Estas iniciativas consideran aspectos como la preservación del medio ambiente, la calidad de vida del usuario final y el consumo económico como aspectos a evaluar.

A continuación, se analizan tres certificaciones internacionales: La certificación EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies), la certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) y la certificación WELL (WELL Building Standard). Si bien, las tres certificaciones comparten el objetivo de mejorar la eficiencia de los proyectos, es importante destacar que cada una tiene un enfoque distinto en términos de la razón para implementar estas mejoras.

Asimismo, se incluye la Chile GBC (Chile Green Building Council), que funciona como una de las conexiones entre el país y las certificaciones internacionales, además de generar y desarrollar iniciativas conjuntas con otros países en el ámbito de la construcción sustentable.

▪ Chile Green Building Council:

La Chile Green Building Council (Chile GBC) es la Corporación Chilena de la Construcción y Desarrollo Sustentable. Esta organización es miembro oficial del World Green Building Council y fue fundada el año 2010 como una entidad sin fines de lucro, con el objetivo de mejorar la calidad de vida, la salud y el bienestar de las personas y sus comunidades. (Chile GBC, s.f.) La Chile GBC es administrada por un equipo profesional de cinco personas que poseen conocimientos avanzados en el área de la sustentabilidad y las certificaciones nacionales e internacionales sobre eficiencia energética.

La misión de la Chile GBC se centra en promover la construcción sustentable de edificaciones en Chile a través de la educación y la implementación de estrategias concretas. Su objetivo es lograr un equilibrio entre los aspectos sociales, ambientales y económicos, al tiempo que mejora el bienestar de la comunidad. Como parte de su visión de convertirse en un referente nacional en el ámbito de la construcción sustentable, uno de sus principales objetivos es impulsar proyectos innovadores a lo largo del país.

La organización funciona como conexión entre las iniciativas desarrolladas por la World GBC y Chile. Por ejemplo, la “Estrategia Edificios Sostenibles para Todos, en Todas Partes” que fue un proyecto llevado a cabo en 2020 con el propósito de analizar el impacto del sector de la edificación en la salud humana y en el planeta. En esta iniciativa, participaron más de 70 GBC’s locales, así como una variedad de empresas y ONG. Asimismo, Chile GBC mantiene un staff de socios que trabajan en conjunto para generar proyectos desde Chile.

En adición a las iniciativas y los proyectos que realiza la Chile GBC con la casa matriz y sus socios, también se encarga de certificar proyectos de construcción mediante certificaciones internacionales, por ejemplo, la certificación LEED, la certificación WELL, la certificación EDGE, la certificación TRUE ZEROWASTE y la certificación SITES. A continuación, se detallarán las primeras tres certificaciones indicadas.

- Certificación EDGE:

La certificación EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies) es un proceso de medición y evaluación denominado “Excelencia en Diseño para Mayores Eficiencias”, creado el año 2015 por la International Finance Corporation (IFC) del Banco Mundial. Esta certificación es administrada por la Green Business Certification Inc. (GBCI) y se enfoca en medir las soluciones de la edificación sustentable desde una perspectiva financiera. A través la aplicación EDGE que se presenta, se busca calcular tanto el costo como los ahorros generados al implementar la construcción sustentable.

Como se indicó anteriormente, el objetivo principal de esta certificación, es el análisis costo-beneficio que se obtiene al realizar una construcción sustentable. Este proceso se realiza a través de la aplicación EDGE, que establece una base de datos específica para la zona geográfica y compara el estado inicial de un proyecto con su diseño final. Los recursos en los cuales se enfoca el análisis son el agua, la energía y la energía incorporada en los materiales, de esta forma se agiliza el proceso de certificación.

La certificación se puede aplicar en edificios nuevos o existentes, por ejemplo, departamentos, hospitales, casas, hoteles, clínicas, retail, almacenes, industria ligera, entre otros. Para obtener dicha certificación se puede optar a tres niveles definidos a continuación:

Nivel 1: EDGE Certified. 20% o más de ahorro en agua, energía y energía incorporada en materiales.

Nivel 2: EDGE Advanced. 40% o más de ahorro de energía en el sitio.

Nivel 3: EDGE Zero Carbon. 100% de energías renovables en el sitio.

Por medio de una evaluación cuantitativa, la certificación EDGE busca armonizar los intereses entre las constructoras, los bancos y los compradores con el fin de crear un entorno que fomente la construcción eficiente. Este tipo de construcciones producen perfiles de riesgo más bajos, aumentan las ventas, mejoran los precios y resultan en coeficientes de arriendos más elevados. Además, EDGE forma parte de una estrategia mundial para alcanzar el objetivo de reducir las emisiones de carbono. (EEChile, 2017)

Existe una acreditación para profesionales que permite optar al rango “EDGE Expert” o “EDGE Auditor”, que los faculta para analizar y evaluar proyectos de edificación.

▪ Certificación LEED:

La certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) es un programa de evaluación llamado “Liderazgo en Energía y Diseño Medioambiental” para proyectos de construcción que buscan acreditar una mayor sustentabilidad. Este proceso de acreditación es voluntario y consensuado. Fue fundado el año 2000 por el United States Green Building Council (USGBC) con el objetivo de disminuir los impactos ambientales y generar espacios más saludables para los usuarios finales a través de la mejora en los estándares de diseño y construcción de las edificaciones.

Obtener la certificación LEED para un proyecto de edificación ofrece diversas ventajas, como el ahorro de dinero, la mejora en la eficiencia, la reducción de las emisiones de carbono y la creación de lugares más saludables para las personas. Estos beneficios se alcanzan a través de los objetivos de la certificación LEED, los cuales son:

- Reducir la contribución al cambio climático global.
- Mejorar la salud humana individual.
- Proteger y restaurar los recursos hídricos.
- Proteger y mejorar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.
- Promover ciclos de materiales sostenibles y regenerativos.
- Mejorar la calidad de vida de la comunidad.

La certificación LEED se estructura en distintos sistemas que definen el tipo de evaluación dependiendo del proyecto. Actualmente se trabaja con cinco categorías:

- LEED BD+C (Building Design and Construction).
- LEED ID+C (Interior Design and Maintenance).
- LEED O+M (Operations and Maintenance).
- LEED ND (Neighborhood Development).
- LEED BD+C Homes (Building Design and Construction).

Independiente del tipo de proyecto que se decida certificar, los fundamentos del proceso son similares. A continuación, se detallarán las categorías que mide y el tipo de calificación que se aplica.

El proceso de certificación mide nueve categorías, en ellas se encuentra el “Proceso Integrado”, “Locomoción y Transporte”, “Sitios Sustentables”, “Uso Eficiente del Agua”, “Energía y Atmosfera”, “Materiales y Recursos”, “Calidad del Ambiente Interior”, “Innovación de Diseño” y “Créditos de Prioridad Regional”. La evaluación y certificación se basa en un sistema de ponderaciones y niveles, donde las categorías entregan un puntaje mínimo de 1 y máximo 21, los cuales son siempre números enteros.

El sistema reúne los puntajes teniendo en cuenta una sumatoria mínima de 40 y un máximo de 100 puntos. A continuación, se definen las categorías que se pueden obtener en base a los puntajes:

- LEED Certified: 40-49 puntos.
- LEED Silver: 50-59 puntos.
- LEED Gold: 60-79 puntos.
- LEED Platinum: 80+ puntos.

Los proyectos que buscan la certificación deben cumplir con los requerimientos mínimos y los prerequisites LEED, que no otorgan puntaje. Luego, pasan por una etapa de diseño, en la que se revisan las especialidades y se proponen mejoras con el fin de dar cumplimiento de las categorías. Posterior a ello, se realiza el proceso de construcción, en donde se coordina con la constructora para implementar adecuadamente las mejoras planteadas.

El organismo certificador es la USGBC, el organismo revisor es la Green Business Certification Inc. (GBCI), y el consultor es un profesional acreditado (LEED AP). El profesional acreditado es un ente de la construcción con conocimiento y habilidades comprobados por medio de exámenes realizados por la GBCI. Cabe destacar que los proyectos no requieren de un profesional acreditado para obtener la certificación, sin embargo, es altamente recomendable para tener un proceso sin inconvenientes y, además, suman un punto en la categoría de “Innovación”.

En el Anexo E, se detallan las categorías y subcategorías de la certificación LEED BD+C (Building Design and Construction) indicando el objetivo, el requerimiento, y su respectivo puntaje.

▪ Certificación WEEL:

La certificación WELL (WELL Building Standard) es un proceso evaluativo definido como un “Estándar de la Buena Construcción” que tiene el objetivo de fomentar la salud humana por medio del diseño, construcción y mantenimiento de los proyectos de edificación. WELL v1 fue creado por la International WELL Building Institute (IWBI) en el año 2014 con la meta de transformar edificios y organizaciones en versiones con mayor bienestar y salud. Posteriormente, en el 2018 se lanzó el piloto WELL v2, que incluyó mejoras a través de un período de consultas públicas.

El enfoque principal de la certificación WELL es la medición del impacto que puede generar la construcción de un proyecto en la vida del usuario final, tanto en la salud como en el bienestar. Para cumplir con el objetivo, WELL v2 se basa en una serie de principios como ser equitativo, global, basado en evidencia, técnicamente sólido, centrado en el cliente y resiliente. Estos principios se implementan a través de un sistema de calificación en donde se miden diez conceptos, los cuales son el Aire, el Agua, la Alimentación, la Luz, el Movimiento, Confort Térmico, el Sonido, Materiales, la Salud Mental y la Comunidad.

El sistema de evaluación plantea precondiciones y optimizaciones. Las precondiciones son aspectos que deben cumplirse para obtener la certificación WELL, mientras que las optimizaciones son elementos opcionales que permiten aumentar la calificación final del proyecto. A través de una ponderación definida para cada concepto, el proyecto puede obtener una puntuación máxima de 100 puntos. El tipo de certificación depende del puntaje alcanzado y existen diversos niveles de certificación que se detallan en la ilustración 22.

Puntos totales alcanzados	Certificación WELL		Certificación WELL Core	
	Puntos mínimos por concepto	Nivel de certificación	Puntos mínimos por concepto	Nivel de certificación
40 pts	0	WELL Bronze	0	WELL Core Bronze
50 pts	1	WELL Silver	0	WELL Core Silver
60 pts	2	WELL Gold	0	WELL Core Gold
80 pts	3	WELL Platinum	0	WELL Core Platinum

Ilustración 22: Tipos de niveles de la certificación WELL.

Fuente: (GBC Chile, s.f.)

Para comprender mejor la relación entre el entorno físico y la salud humana, la certificación WELL trabaja en edificios de alto rendimiento, evaluando los conceptos in situ, es decir, el puntaje obtenido en la certificación se verifica a través de mediciones en el propio edificio durante el proceso de construcción y mantenimiento. De esta manera, se garantiza que el proyecto funcione de acuerdo a lo planificado.

Para la evaluación del proyecto se distinguen dos tipos. Aquellos proyectos ocupados por el propietario, que se definen como “certificación WELL”, y aquellos proyectos que el propietario arrienda toda o gran parte de éste, que se categorizan como “certificación WELL Core”.

La certificación WELL incluye un proceso previo definido como “precertificación”, que tiene como objetivo demostrar el compromiso de los propietarios del proyecto, porque de manera anticipada se puede hacer un análisis del impacto que tendrá la edificación en la salud y el bienestar de los usuarios finales. Para obtener la precertificación, se deben cumplir únicamente dos

requisitos: el primero es contar con todas las condiciones previas y el segundo es obtener 40 puntos de optimización.

El proceso de evaluación ofrece la opción de contar con profesionales acreditados que actúan como asesores del proyecto, no siendo obligatorio su complemento. Los WELL AP (Profesionales Acreditados WELL) denotan experiencia y compromiso con el objetivo de la certificación, que es promover la salud y bienestar en los edificios y comunidades. Estos profesionales deben someterse a un examen cada dos años para renovar su calidad de asesor.

En el Anexo F, se detallan las categorías y subcategorías de la certificación WELL indicando el objetivo, el requerimiento, y su respectivo puntaje.

12. Materiales a evaluar:

En la presente memoria, se analizará el material U-Stucco desde la perspectiva de la eficiencia energética, el costo asociado a su uso y el impacto temporal en el desarrollo de proyectos. Para ello, se examinarán las características del U-Stucco y se comparará con el Exterior Insulation and Finishing System (EIFS), también conocido como sistema de aislamiento térmico exterior. A continuación, se explicará cada sistema con su descripción, características, componentes, modo de aplicación y trabajabilidad en obra.

a. U-Stucco:

El U-Stucco es un material similar al estuco tradicional, se compone principalmente de cemento portland y agregados de base mineral ultralivianos. (U-Stucco, s.f.) Es importante destacar que esta versión de mortero exterior tiene características y propiedades que lo vuelven un material multipropósito. El U-Stucco, especialmente el tipo XPX que se analiza en este caso, se puede utilizar tanto en proyectos nuevos de construcción como en remodelaciones. Se logra adherir a materiales como el hormigón, bloques de hormigón, ladrillos, placas de yeso cartón, OSB, placas de fibrocemento y acero.

El material U-Stucco XPX se ha introducido en la industria de la construcción debido a sus singulares características. Este material se fabrica en la ciudad costera Long Beach, del estado de California en Estados Unidos. Actualmente en Chile, SmartBuilding es el único distribuidor de U-Stucco desde el año 2016, el cual permite la inclusión de este material en las obras de construcción. Además, en su página web, se detallan todas las características y los alcances que tiene el material. A continuación, se describen las características más relevantes del U-Stucco XPX:

- Aislación térmica. La aplicación del U-Stucco otorga una resistencia térmica a la envolvente de la vivienda. Tiene una constante térmica de $\lambda = 0,089 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, que permite obtener un desempeño óptimo en eficiencia energética de estructuras. Por el tipo de material que es, permite cubrir todos los puentes térmicos de los muros.
- Repelente a la humedad. El material posee una resistencia al agua que permite respirar al edificio y así evitar la aparición de moho.
- Aislante acústico. A través de su aplicación el material permite aislar el sonido con una capacidad de 32 DB.
- Resistencia al fuego. El U-Stucco se considera un material antiincendios porque tiene una resistencia contra el fuego de 2 horas a 2200°C.
- Ultra liviano. A diferencia del estuco tradicional, el saco que contiene el mismo volumen de material pesa un 33% del total.
- Alto rendimiento. El rendimiento m^2/saco es 7 veces más que la de un saco de estuco tradicional. De esta forma se producen ahorros de inventario.
- Aplicación económica. En comparación al estuco tradicional que requiere la aplicación de 3 manos sobre el área a trabajar, el U-Stucco puede ser aplicado en una sola mano y obtener todas las propiedades descritas, lo cual genera una disminución en el tiempo de trabajo y un menor uso de material en obra.

- Material verde. El U-Stucco se considera un material de construcción verde, porque el 40% de su contenido es reciclado, lo cual favorece al medio ambiente. Además, es un material libre de V.O.C. (Compuestos Orgánicos Volátiles).

El trabajo con el U-Stucco se divide en tres etapas: La preparación de la superficie, la realización de la mezcla y la aplicación del material. La primera etapa, correspondiente a la preparación de la superficie, contempla la limpieza de la zona y el arreglo de irregularidades considerables por medio de estuco tradicional. Para evitar juntas de construcción discontinuas, se dividen los muros en secciones y, en caso de ser necesario, se aplica permacel de manera horizontal y vertical.

En la segunda etapa se inicia la realización de la mezcla, combinando el U-Stucco en polvo con agua en un balde lo suficientemente grande para contener todo el material de trabajo. Se debe revolver la mezcla con un equipo mecánico denominado “revolvedor de mezcla”. Se utilizan de 5 a 6 litros de agua por saco y debe mezclarse durante 5 a 7 minutos. En la ilustración 23 se observa la mezcla homogénea de 3 sacos.

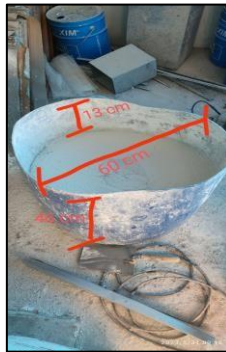


Ilustración 23: Mezcla de U-Stucco más agua.

La tercera etapa se divide en dos partes. La primera parte es la aplicación del blanqueado, correspondiente a la capa inicial de U-Stucco que posee un espesor menor y se aplica con platacho de acero. La segunda parte consiste en la aplicación de la capa final de U-Stucco, que tiene un espesor mayor y se aplica con platacho de goma para entregarle el acabado final. Cabe destacar que el blanqueado puede quedar menos opaco a la vista. En la ilustración 24 se observa la aplicación de la primera mano de U-Stucco.



Ilustración 24: Aplicación de la capa inicial de U-Stucco.

El distribuidor SmartBuilding entrega datos técnicos, rendimiento del material y respalda las propiedades del U-Stucco por medio de certificaciones. A continuación, se detalla la información especificada según la ilustración 25 y 26.

DENSIDAD SECO	350 KG/MT ³
CLASE FUEGO	A1
FUERZA TENSIL DE ADHERENCIA	2,9 N/MM ²
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	T1 - 0,07 W/MK
ABSORCIÓN DE AGUA POR CAPILARIDAD	W1 - 0,10 KG/MT ²
TRANSMISIÓN DE VAPOR DE AGUA	12,8 PERMS
RESISTENCIA A LA PRESIÓN	CS II - 1,5 N/MM ²
CONSUMO DE MATERIAL	3,5 KGS/MT ¹ @ 1CM
CONSUMO DE AGUA	15 LTS
VIDA EN ESTANTERÍA	12 MESES

Ilustración 25: Datos técnicos del U-Stucco.

Fuente: (Smart Building, 2022)

Sistema Métrico	Espesor	Cobertura
RDX 20 KG	5 mm	13.32 mt ²
	10 mm	6.66 mt ²
	15 mm	4.44 mt ²
	20 mm	3.33 mt ²

Ilustración 26: Rendimiento del material por espesor de aplicación, U-Stucco.

Fuente: (Smart Building, 2022)

Certificación en Chile – IDIEM:

- Térmico: Informe N°1.149.691/2016, Conductividad reportada: $\lambda = 0,089 \text{ W/m} \cdot \text{K}$
- Acústico: Informe N°1.149.690/2016, Reducción acústica ponderada de $R'w + C = 38$ dBA, para un tabique de Fibrocemento 6mm y estructura de metalcón, en espesor de 2,25 cms de USTUCCO.
- Fuego: Informe N°1.133.401, Resistencia al fuego de la estructura es de F60, para un tabique de Fibrocemento 6mm y estructura de metalcón, en espesor de 2,5 cms de USTUCCO.

b. EIFS:

El EIFS denominado así por su nombre en inglés “Exterior Insulation and Finishing System”, es un sistema de aislación térmica exterior. Este sistema se compone de un conjunto de capas que se adhieren al muro exterior con el propósito de entregar una resistencia térmica al complejo y así otorgar una aislación térmica a la vivienda. (Weber Saint-Gobain, s.f.) Se puede aplicar en una variedad de sustratos, como hormigón, ladrillos y planchas de yeso cartón. Todo queda revestido con una pasta acrílica coloreada texturizada o con algún revestimiento pesado.

El EIFS se caracteriza por aumentar la productividad de las edificaciones por su tipo de aplicación, proporciona una fachada con alta resistencia debido al tipo de material que se utiliza, reduce el consumo energético de la vivienda favoreciendo la disminución del gasto financiero del hogar y aportando de manera indirecta al medio ambiente. Además, posee un bajo costo de mantención, lo que prolonga la vida útil de la fachada.

Según una de las empresas productoras y distribuidoras del EIFS, Weber Saint-Gobain, existen tres tipos de soluciones para revestir la fachada y entregar una aislación térmica. El primero es el “sistema EIFS revestido con textura”, que puede aplicarse sobre muros de hormigón armado, albañilería de ladrillos y bloques de cemento. El segundo es el “sistema EIFS sobre placa revestido con textura” que se aplica sobre tabiquería con terminación de planchas de yeso cartón o fibrocemento. El tercero es el “sistema EIFS revestido con piedra” que tiene la capacidad de ser aplicado en cualquier sustrato con la posibilidad de entregar un revestimiento final pesado, por ejemplo, cerámica o porcelanato.

El estudio de este sistema se enfoca en su aplicación sobre la fachada de un edificio, construido con una estructura de hormigón armado, por lo tanto, se utilizará el “sistema EIFS revestido con textura” marca Weber Saint Gobain para la comparación económica y temporal. A continuación, según la ilustración 27 se especifica las capas que componen al EIFS.

- Sustrato (7): El sustrato es la base estructural que recibe el EIFS, en este caso hormigón armado.
- Adhesivo en polvo (6): El adhesivo en polvo es el mortero adhesivo EIFS que distribuye Weber. Se instala de manera estriada sobre el sustrato.
- Material aislante (5): Sobre el mortero adhesivo va el material aislante que es una plancha de poliestireno expandido de $20 [kg/m^3]$ con un espesor variable que depende de la zona térmica en donde se ubica la obra.
- Malla de refuerzo (4): Con el fin de aumentar la resistencia a la tracción y compresión se utiliza una malla de refuerzo Orange Weber de $153 [g/m^2]$. Se ubica entre el aislante y el revestimiento de terminación, embebido en mortero adhesivo.
- Adhesivo en polvo (3): Para colocar la malla de refuerzo, y preparar la superficie del material aislante, se utiliza mortero adhesivo EIFS.
- Pintura de aparejo (2): Para aumentar la adherencia del revestimiento de terminación se utiliza una imprimación de fondo marca Weber Cover.
- Revestimiento para fachada (1): Sobre la pintura de aparejo se coloca el revestimiento de terminación que es una pintura con texturas. La marca tiene varios tipos de texturas que

dependerán de las necesidades de la obra. Ejemplo: Weber textura orgánica otorga alta resistencia a la abrasión y Weber textura Wáter Proof otorga impermeabilidad al muro.

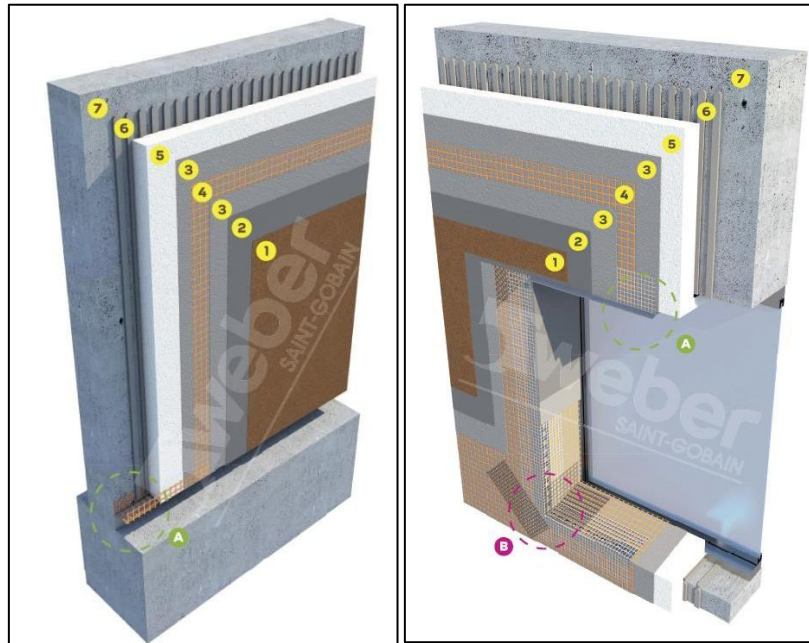


Ilustración 27: Detalle constructivo del sistema EIFS revestido con textura.
Fuente: (Weber Saint-Gobain, s.f.)

El proceso constructivo de la instalación del EIFS revestido con textura sigue la misma secuencia que la indicada en la ilustración 27. A continuación, se explicará el paso a paso de la instalación del sistema:

1. Preparar la mezcla de mortero adhesivo con un taladro mezclador.
2. Encapsular la plancha de poliestireno en la parte inferior del muro dejando 5 cm por sobre el NTN (Nivel de Terreno Natural) o NPT (Nivel de Piso Terminado).
3. Pegar las planchas al muro en forma trabada tanto de manera horizontal como en las esquinas.
4. Aplicación de la primera mano de adhesivo weber sobre material aislante.
5. En caso de tener vanos en el muro se deben reforzar con mallas Orange Weber.
6. Pegado de Weber malla fibra de vidrio más aplicación de esquineros.
7. Aplicación de segunda mano de adhesivo Weber sobre material aislante.
8. Aplicación de Weber Cover y Weber textura.

En el apartado de anexos se encuentra el Anexo G que contiene ilustraciones del proceso constructivo del sistema EIFS revestido con textura.

13. Análisis de Precio Unitario:

El Análisis de Precio Unitario abreviado como APU, es el estudio de un proceso constructivo, en donde se evalúan materiales a utilizar, mano de obra requerida para realizar la partida, y equipos y herramientas que facilitarán el trabajo.

Por medio del análisis se obtiene el costo monetario asociado a la ejecución de una partida o conjunto de partidas. Ya sea instalar un tipo de tabique, excavar una zanja, construir una reja perimetral, entre otras. Todo aquello por la unidad de trabajo que se elija utilizar, por ejemplo, para tabique se analizaría por m^2 , una excavación de zanjas por m^3 y las rejas perimetrales por ml , unidad de paño o por kg de acero.

El APU busca integrar los materiales, la mano de obra y las herramientas (más equipos) con el fin de generar un presupuesto. Al combinar el APU con las cubicaciones, que representan la cantidad de unidades de una partida que debe ejecutarse, se obtiene el valor monetario final de cada partida. Esto permite definir el “costo directo” de la obra, sin tomar en cuenta “Gastos Generales”, “Utilidades” e “IVA”.

Es importante realizar un análisis de precio unitario utilizando criterios confiables, ya sea por medio de valores teóricos o valores basados en la experiencia. Esto se debe a que el APU influye directamente en el valor del presupuesto y, por lo tanto, en las remuneraciones que la empresa constructora recibe del mandante por el avance de las obras.

Como se describió anteriormente, el APU se divide en materiales, mano de obra y herramientas. En el primer punto se consideran todos los componentes de la partida que forman parte de la obra, y se añade un porcentaje de pérdida para evitar desequilibrios en caso de inconvenientes. El segundo punto se refiere a los trabajadores que se requieren para ejecutar la obra, pueden ser maestros, ayudantes, jornaleros, entre otros; se debe agregar un porcentaje asociado a las Leyes Sociales. El tercer punto hace referencia a los equipos y herramientas que requiere usar la mano de obra para llevar a cabo la partida con un rendimiento estimado; cabe mencionar que algunas herramientas se incluyen en los gastos generales, por ejemplo, andamios, los cuales no se incluyen en el APU.

En resumen, un APU estándar contiene la descripción de la partida, la cantidad de unidades y el precio total. Luego, se definen las columnas con el ítem, la descripción, unidad, cantidad, precio unitario y precio total de cada ítem. Con esto se obtiene los subtotales de materiales, mano de obra y herramientas. Finalmente, se suma los subtotales para obtener el precio unitario de la partida. En la tabla 16, 17, 18 y 19 de la presente memoria se muestran APU con los contenidos mínimos.

Desarrollo del tema:

Capítulo 1: Proyecto de Edificación.

El estudio, evaluación y análisis del U-Stucco se basa en la aplicación de este material en la fachada de un edificio habitacional de 6 pisos más un subterráneo, ubicado en el sector de Curauma, Valparaíso.

Los primeros 5 pisos tienen 8 departamentos cada uno y el último piso cuenta con 4 departamentos, dando un total de 44 unidades. El proyecto tiene una estructura soportante de hormigón armado con terminaciones de tabiquería en acero galvanizado con planchas de yeso cartón, más un revestimiento de pintura, cerámica o porcelanato dependiendo de su finalidad ya sea muro, cielo o piso.

La fachada del edificio se encuentra revestida con dos tipos de materiales. El primero es una pintura texturizada, mientras que el segundo tipo es U-Stucco de tono blanco que se encuentra en todos los muros perimetrales que dan directamente con los departamentos, ver Anexo H. Se considera un espesor de 4 mm de U-Stucco para cumplir con la normativa nacional según las especificaciones técnicas del proyecto, ver Anexo I.

Como se mencionó anteriormente, el proyecto se encuentra ubicado en Curauma, Valparaíso, en una zona con clima de tipo mediterráneo con influencia marítima. Durante el año se registran temperaturas con una mínima de 5 °C en invierno y una máxima de 26 °C en verano. A continuación, se presenta la tabla 1 con la temperatura media de cada mes y un valor promedio para cada estación del año.

Tabla 1: Temperaturas durante el año en el sector de Curauma, Valparaíso.

Mes	T° Media [°C]	Estación	T°Media Estación[°C]	ΔT° Media [°C]
Enero	18,5	Verano	18,3	0,2
Febrero	18,5			
Marzo	18			
Abril	15,5	Otoño	13,5	2,0
Mayo	13,5			
Junio	11,5			
Julio	10,5	Invierno	11,3	1,2
Agosto	11			
Septiembre	12,5			
Octubre	14,5	Primavera	16,0	1,5
Noviembre	16			
Diciembre	17,5			

Es fundamental definir el clima del sector y los valores de las temperaturas externas al edificio para cuantificar la aislación térmica del U-Stucco al momento de evaluar el costo/beneficio de su implementación en el capítulo 5 de la presente memoria.

Capítulo 2: Cálculo de la transmitancia térmica.

El edificio, como se indicó en el capítulo 1, se diseñó con una capa de U-Stucco aplicada en los muros de los departamentos que tienen contacto directo con el exterior. La capa de este material cumple la función de aislar los espacios habitados por medio de sus propiedades térmicas, del espesor seleccionado y de los requerimientos geográficos del proyecto.

Con el objetivo de cuantificar la capacidad de aislación térmica del U-Stucco se analizará y calculará la resistencia térmica y la transmitancia térmica del edificio. En primer lugar, se obtiene el espesor mínimo aplicable del material en base al cumplimiento del artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC). En segundo lugar, se calcula la resistencia térmica y transmitancia térmica en el caso de utilizar tres espesores mayores al obtenido en el primer punto, tomando en cuenta la NCh 853 of 2007.

El proyecto se encuentra ubicado en la quinta región que equivale a la zona térmica número 2, según la NCh1079 of 2008, zonificación climático – habitacional (Anexo A). La transmitancia térmica máxima se obtiene de la tabla 2: “Exigencia térmica según ubicación geográfica y tipo de complejo.” que indica un valor de $U = 3,0 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ para el complejo de muros en zona térmica 2.

Para obtener el espesor mínimo aplicable de U-Stucco, se utiliza la fórmula f.2 (pág. 22) presentada en la memoria, que se extrae de la NCh853 of 2007, referente al cálculo de resistencias y transmitancias térmicas. Considerando los valores teóricos de lambda del hormigón según la tabla del Anexo B, el espesor del hormigón proporcionado por las EETT del proyecto y el lambda del U-Stucco entregado por el distribuidor, se obtiene el espesor mínimo. A continuación, se presenta la tabla 2 con los datos iniciales y el valor obtenido del espesor de U-Stucco.

Tabla 2: Espesor mínimo de U-Stucco requerido para la obra.

ESPESOR MÍNIMO DE U-STUCCO			
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	Rsi	[m ² *K/W]	0,12
2	Rse	[m ² *K/W]	0,05
3	Lambda hormigón	[W/(m*K)]	1,63
4	Espesor hormigón	[m]	0,17
5	Lambda U-stucco	[W/(m*K)]	0,089
6	Transmitancia térmica máxima	[W/(m ² *K)]	3,0
7	Resistencia térmica mínima	[m ² *K/W]	0,33
8	Espesor U-stucco mínimo	[m]	0,0053

Según la zona geográfica del proyecto y la materialidad de los muros perimetrales, se obtiene un espesor mínimo de 5,3 mm de U-Stucco para cumplir con la normativa chilena. Teniendo en cuenta el valor mínimo obtenido y el espesor máximo de 25,4 mm según las especificaciones técnicas del producto, se decide estudiar y calcular la resistencia térmica de una capa de U-Stucco con 6 mm, 12 mm y 18 mm de espesor. A continuación, se presentan la tabla 3, 4 y 5 con los datos iniciales y los valores obtenidos de la resistencia térmica respectivamente.

Tabla 3: Resistencia térmica para un espesor de 6 mm, U-Stucco.

ESPESOR DE 6mm, U-STUCCO			
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	Rsi	[m ² *K/W]	0,12
2	Rse	[m ² *K/W]	0,05
3	Lambda hormigón	[W/(m*K)]	1,63
4	Espesor hormigón	[m]	0,17
5	Lambda U-stucco	[W/(m*K)]	0,089
6	Espesor U-stucco	[m]	0,006
7	Transmitancia térmica	[W/(m ² *K)]	2,93
8	Resistencia térmica	[m ² *K/W]	0,34

Tabla 4: Resistencia térmica para un espesor de 12 mm, U-Stucco.

ESPESOR DE 12mm, U-STUCCO			
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	Rsi	[m ² *K/W]	0,12
2	Rse	[m ² *K/W]	0,05
3	Lambda hormigón	[W/(m*K)]	1,63
4	Espesor hormigón	[m]	0,17
5	Lambda U-stucco	[W/(m*K)]	0,089
6	Espesor U-stucco	[m]	0,012
7	Transmitancia térmica	[W/(m ² *K)]	2,44
8	Resistencia térmica	[m ² *K/W]	0,41

Tabla 5: Resistencia térmica para un espesor de 18 mm, U-Stucco.

ESPESOR DE 18mm, U-STUCCO			
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	Rsi	[m ² *K/W]	0,12
2	Rse	[m ² *K/W]	0,05
3	Lambda hormigón	[W/(m*K)]	1,63
4	Espesor hormigón	[m]	0,17
5	Lambda U-stucco	[W/(m*K)]	0,089
6	Espesor U-stucco	[m]	0,018
7	Transmitancia térmica	[W/(m ² *K)]	2,10
8	Resistencia térmica	[m ² *K/W]	0,48

En base a los cálculos realizados, se obtiene que la capa de 6 mm de U-Stucco alcanza una resistencia térmica de 0,34 [m² · K/W], la capa de 12 mm de U-Stucco alcanza una resistencia térmica de 0,41 [m² · K/W], y la capa de 18 mm de U-Stucco alcanza una resistencia térmica de 0,48 [m² · K/W].

Estos valores de resistencias térmicas se emplearán en el capítulo 5 para realizar una comparación entre la inversión realizada al aplicar U-Stucco y el beneficio de ahorro en los costos por climatización.

Capítulo 3: Análisis de Precio Unitario.

Una forma de medir el impacto económico al momento de implementar U-Stucco en obras habitacionales es calcular el costo de aplicación. En este caso, se analiza el uso de U-Stucco en la obra de edificación mediante un Análisis de Precio Unitario (APU), considerando los espesores calculados anteriormente, 6 mm, 12 mm y 18 mm.

De manera análoga, se realiza un APU del sistema EIFS (Sistema de Aislación y Acabado Exterior) considerando una transmitancia térmica similar con el propósito de comparar el costo de dos materiales aislantes diferentes. A continuación, se presentan los Análisis de Precios Unitarios de cada caso, tomando en cuenta consideraciones previas, los materiales, la mano de obra, equipos y herramientas.

Subcapítulo 3.1: U-Stucco.

Los tres casos a estudiar, y calcular de U-Stucco, tienen las siguientes condiciones previas:

Materiales: El rendimiento del U-Stucco depende del espesor analizado según la tabla 10. Asimismo, se contempla un costo de transporte hacia la obra en Curauma, más un 15% de pérdidas por concepto de material.

Mano de obra: Se considera una cuadrilla de 2 maestros, 2 ayudantes y 1 jornal para realizar el trabajo de aplicar 820,71 m² del material. Con un rendimiento grupal de 19,2 m²/día.

Equipos y herramientas: Además de los equipos indispensables para la preparación y aplicación del material, se considera el costo de arriendo de andamios para trabajar en la fachada del edificio.

A continuación, se presenta la tabla 6, 7 y 8 con los Análisis de Precios Unitarios de U-Stucco para un espesor de 6 mm, 12 mm y 18 mm respectivamente.

Tabla 6: Análisis de Precio Unitario, U-Stucco e=6 mm.

ITEM	1.2				
Descripción	Instalación U-Stucco, e=6mm				
Cantidad	820,71	m2		Precio Total	\$ 13.734.655
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
MT	Materiales				
MT001	U-STUCCO e=6mm	saco	0,12	\$ 40.250	\$ 4.826
Subtotal MT					\$ 4.826
MO	Mano de Obra				
MO001	Maestro (x2)	día	0,052	\$ 73.333	\$ 3.819
MO002	Ayudante (x2)	día	0,040	\$ 46.667	\$ 1.870
MO003	Jornal (x1)	día	0,035	\$ 19.667	\$ 683
MO004	Leyes sociales	%	35	\$ 6.372	\$ 2.230
Subtotal MO					\$ 8.602
HE	Herramientas y equipos				
MT001	Mezclador 1400 W Verde, Bauker	un	0,0013	\$ 109.235	\$ 140
MT002	Llana de acero (x3)	un	0,0038	\$ 7.050	\$ 27
MT003	Llana de goma (x3)	un	0,0038	\$ 5.365	\$ 21
MT004	Espatula (x3)	un	0,0038	\$ 2.513	\$ 10
MT005	Arriendo andamio	mes	0,0040	\$ 785.219	\$ 3.109
Subtotal HE					\$ 3.307
Precio Unitario Total					\$ 16.735

Tabla 7: Análisis de Precio Unitario, U-Stucco e=12 mm.

ITEM	1.3				
Descripción	Instalación U-Stucco, e=12mm				
Cantidad	820,71	m2		Precio Total	\$ 26.081.114
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
MT	Materiales				
MT001	U-STUCCO, e=12mm	saco	0,25	\$ 40.250	\$ 10.024
				Subtotal MT	\$ 10.024
MO	Mano de Obra				
MO001	Maestro (x2)	día	0,104	\$ 73.333	\$ 7.639
MO002	Ayudante (x2)	día	0,080	\$ 46.667	\$ 3.739
MO003	Jornal (x1)	día	0,069	\$ 19.667	\$ 1.366
MO004	Leyes sociales	%	35	\$ 12.744	\$ 4.460
				Subtotal MO	\$ 17.204
HE	Herramientas y equipos				
MT001	Mezclador 1400 W Verde, Bauker	un	0,0013	\$ 109.235	\$ 140
MT002	Llana de acero (x3)	un	0,0038	\$ 7.050	\$ 27
MT003	Llana de goma (x3)	un	0,0038	\$ 5.365	\$ 21
MT004	Espatula (x3)	un	0,0038	\$ 2.513	\$ 10
MT005	Arriendo andamio	mes	0,0055	\$ 785.219	\$ 4.353
				Subtotal HE	\$ 4.550
				Precio Unitario Total	\$ 31.779

Tabla 8: Análisis de Precio Unitario, U-Stucco e=18 mm.

ITEM	1.4				
Descripción	Instalación U-Stucco, e=18mm				
Cantidad	820,71	m2		Precio Total	\$ 38.517.191
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
MT	Materiales				
MT001	U-STUCCO, e=18mm	saco	0,38	\$ 40.250	\$ 15.331
				Subtotal MT	\$ 15.331
MO	Mano de Obra				
MO001	Maestro (x2)	día	0,156	\$ 73.333	\$ 11.458
MO002	Ayudante (x2)	día	0,120	\$ 46.667	\$ 5.609
MO003	Jornal (x1)	día	0,104	\$ 19.667	\$ 2.049
MO004	Leyes sociales	%	35	\$ 19.116	\$ 6.691
				Subtotal MO	\$ 25.806
HE	Herramientas y equipos				
MT001	Mezclador 1400 W Verde, Bauker	un	0,0013	\$ 109.235	\$ 140
MT002	Llana de acero (x3)	un	0,0038	\$ 7.050	\$ 27
MT003	Llana de goma (x3)	un	0,0038	\$ 5.365	\$ 21
MT004	Espatula (x3)	un	0,0038	\$ 2.513	\$ 10
MT005	Arriendo andamio	mes	0,0071	\$ 785.219	\$ 5.597
				Subtotal HE	\$ 5.794
				Precio Unitario Total	\$ 46.932

Subcapítulo 3.2: EIFS.

Para el caso del Sistema de Aislación y Acabado Exterior (EIFS) se presenta una única situación que cumple con las siguientes condiciones previas:

Materiales: Los rendimientos para los materiales se obtienen de las especificaciones técnicas del distribuidor Weber Saint-Gobain y la elección del espesor del poliestireno expandido depende de la transmitancia térmica $U = 2,93 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$, obtenida del caso inicial de U-Stucco de 6 mm. Más un 10% de perdidas por concepto de material.

Mano de obra: Se considera una cuadrilla de 2 maestros, 2 ayudantes y 1 jornal para realizar el trabajo de aplicar 820,71 m² del sistema. Con un rendimiento grupal de 10,2 m²/día.

Equipos y herramientas: Además de los equipos indispensables para la preparación y aplicación del material, se considera el costo de arriendo de andamios para trabajar en la fachada del edificio.

A continuación, se presenta la tabla 9 con el Análisis de Precio Unitario para el EIFS considerando un espesor acabado de 50 mm.

Tabla 9: Análisis de Precio Unitario, sistema EIFS e=50 mm.

ITEM	1.1				
Descripción	Instalación EIFS				
Cantidad	820,71	m2		Precio Total	\$ 30.470.475
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
MT	Materiales				
MT001	ADHESIVO AISLACIÓN TÉRMICA EIFS BASECOAT WEBER, 20 kg. e=9mm	saco	0,73	\$ 8.445	\$ 6.193
MT002	Poliestireno expandido 1x0,5mt 40mm, 10 kg/m3	plancha	2,2	\$ 1.000	\$ 2.200
MT003	MALLA FIBRA VIDRIO EIFS 153 GR/M2 WEBER ORANGE 50 M2	rollo	0,024	\$ 46.390	\$ 1.134
MT004	TEXTURA FACHADA EIFS GRANO FINO BLANCO, 25 kg	tineta	0,14	\$ 36.490	\$ 5.017
MT005	ESQUINERO CORTAGOTA WEBER 2,5 ML	tira	0,05	\$ 4.571	\$ 233
MT006	ESQUINERO PVC Y FIBRA DE VIDRIO PARA EIFS TIRA 2,5 M - WEBER	tira	0,192	\$ 2.250	\$ 432
MT007	PRIMER AndesCo (Color Pastel)	tineta/m2	0,013	\$ 37.990	\$ 492
				Subtotal MT	\$ 15.701
MO	Mano de Obra				
MO001	Maestro (x2)	día	0,10	\$ 73.333	\$ 7.190
MO002	Ayudante (x2)	día	0,08	\$ 46.667	\$ 3.519
MO003	Jornal (x1)	día	0,07	\$ 19.667	\$ 1.285
MO004	Leyes sociales	%	35	\$ 11.994	\$ 4.198
				Subtotal MO	\$ 16.192
HE	Herramientas y equipos				
MT001	Mezclador 1400 W Verde, Bauker	unidad	0,0013	\$ 109.235	\$ 146
MT002	Llana de acero ultraflex 300x180mm HELA (x3)	unidad	0,0040	\$ 7.050	\$ 28
MT003	Llana adentada mediana (x3)	unidad	0,0040	\$ 3.101	\$ 12
MT004	Espatula (x3)	unidad	0,0040	\$ 2.513	\$ 10
MT005	Platacho (x3)	unidad	0,0040	\$ 3.353	\$ 13
MT006	Arriendo andamio	mes	0,0064	\$ 785.219	\$ 5.023
				Subtotal HE	\$ 5.234
				Precio Unitario Total	\$ 37.127

Por último, se obtiene el Precio Unitario para los cuatro casos, los cuales serán utilizados para realizar el análisis económico del U-Stucco en el capítulo 6. Estos valores se encuentran resumidos en la tabla 10.

Tabla 10: Resumen de los precios unitarios.

ITEM	DESCRIPCIÓN	P.U. (\$/m2)	P. CD (\$)
1.1	Instalación EIFS	\$ 37.127	\$30.470.475
1.2	Instalación U-Stucco, e=6mm	\$ 16.735	\$13.734.655
1.3	Instalación U-Stucco, e=12mm	\$ 31.779	\$26.081.114
1.4	Instalación U-Stucco, e=18mm	\$ 46.932	\$38.517.191

Capítulo 4: Cronograma de trabajo.

El tiempo de instalación es un factor crucial a considerar al realizar el análisis de un material o un sistema constructivo, ya que el tiempo total se ve reflejado finalmente como un costo agregado. Por ejemplo, el arriendo de andamios para la aplicación en edificios tiene un valor asociado a la cantidad de meses que se usarán, por lo tanto, mientras más dure la partida más costosa será su realización.

Entendiendo este aspecto, se realiza una planificación a través de un cronograma o carta Gantt para la instalación de U-Stucco y del sistema EIFS, con el objetivo de comparar el tiempo de trabajo y calcular el costo asociado al arriendo de andamios, que se encuentra adjunto en los Análisis de Precios Unitarios respectivos en el capítulo 3.

Subcapítulo 4.1: U-Stucco.

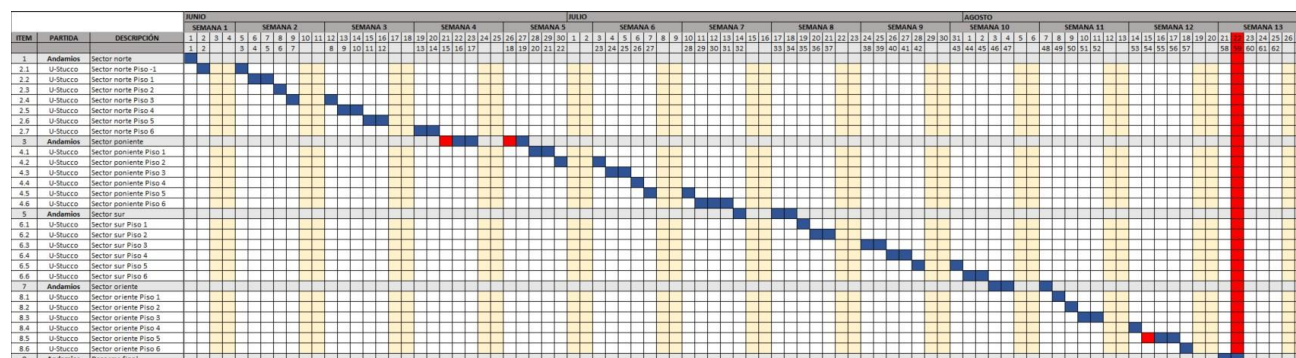
Para realizar el cronograma de trabajo del material U-Stucco se considera el rendimiento de la cuadrilla, la cantidad de metros cuadrados (m^2) totales a ejecutar y el tiempo de armado para los andamios en la fachada del edificio.

A continuación, se presenta los datos iniciales:

- Rendimiento de 2 maestros, 2 ayudantes y 1 jornal: $19,2 m^2/día$
- Área total: $820,71 m^2$
- Tiempo en armar/desarmar un conjunto de andamios: sector norte 2 días, sur 2 días, poniente 4 días y oriente 4 días.
- Cantidad de feriados: 3 días
- Cantidad de orientaciones: 4 (norte, sur, oriente y poniente)

Según la tabla 11, se considera la fecha de inicio el 1 de junio del 2023 y la fecha de término el 22 de agosto del 2023, por lo tanto, se contabilizan cerca de 13 semanas de trabajo que se traducen a 59 días hábiles.

Tabla 11: Cronograma de partida, U-Stucco.



Subcapítulo 4.2: EIFS.

Para realizar el cronograma de trabajo del sistema EIFS se contempla el rendimiento de la cuadrilla, la cantidad de metros cuadrados (m^2) totales a ejecutar y el tiempo de armado para los andamios en la fachada del edificio.

A continuación, se presenta los datos iniciales:

- Rendimiento de 2 maestros, 2 ayudantes y 1 jornal: $10,2 m^2/día$
- Área total: $820,71 m^2$
- Tiempo en armar/desarmar un conjunto de andamios: sector norte 2 días, sur 2 días, poniente 4 días y oriente 4 días.
- Cantidad de feriados: 6 días
- Cantidad de orientaciones: 4 (norte, sur, oriente y poniente)

Según la tabla 12 y 13, se considera la fecha de inicio el 1 de junio del 2023 y la fecha de término el 11 de octubre del 2023, por lo tanto, se contabilizan cerca de 21 semanas de trabajo que se traducen a 100 días hábiles.

Tabla 12: Cronograma de partida, EIFS (parte 1).

ITEM	PARTIDA	DESCRIPCIÓN	JUNIO										JULIO										AGOSTO									
			SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12	SEMANA 13	SEMANA 14	SEMANA 15	SEMANA 16	SEMANA 17	SEMANA 18	SEMANA 19	SEMANA 20	SEMANA 21	SEMANA 22	SEMANA 23	SEMANA 24	SEMANA 25	SEMANA 26	SEMANA 27	SEMANA 28	SEMANA 29	SEMANA 30
1	Andamios	Sector norte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
2.1	EIFS	Sector norte Piso 1																														
2.2	EIFS	Sector norte Piso 2																														
2.3	EIFS	Sector norte Piso 3																														
2.4	EIFS	Sector norte Piso 4																														
2.5	EIFS	Sector norte Piso 5																														
2.6	EIFS	Sector norte Piso 6																														
2.7	EIFS	Sector norte Piso 6																														
3	Andamios	Sector poniente																														
4.1	EIFS	Sector poniente Piso 1																														
4.2	EIFS	Sector poniente Piso 2																														
4.3	EIFS	Sector poniente Piso 3																														
4.4	EIFS	Sector poniente Piso 4																														
4.5	EIFS	Sector poniente Piso 5																														
4.6	EIFS	Sector poniente Piso 6																														
5	Andamios	Sector sur																														
6.1	EIFS	Sector sur Piso 1																														
6.2	EIFS	Sector sur Piso 2																														
6.3	EIFS	Sector sur Piso 3																														
6.4	EIFS	Sector sur Piso 4																														
6.5	EIFS	Sector sur Piso 5																														
6.6	EIFS	Sector sur Piso 6																														
7	Andamios	Sector oriente																														
8.1	EIFS	Sector oriente Piso 1																														
8.2	EIFS	Sector oriente Piso 2																														
8.3	EIFS	Sector oriente Piso 3																														
8.4	EIFS	Sector oriente Piso 4																														
8.5	EIFS	Sector oriente Piso 5																														
8.6	EIFS	Sector oriente Piso 6																														
9	Andamios	Desarme Final																														

Tabla 13: Cronograma de partida, EIFS (parte 2).

			SEPTIEMBRE																		OCTUBRE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
ITEM	PARTIDA	DESCRIPCION	SEMANA 12					SEMANA 13					SEMANA 14					SEMANA 15					SEMANA 16					SEMANA 17					SEMANA 18					SEMANA 19					SEMANA 20					SEMANA 21																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
			14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
1	Andamios	Sector norte	54	55	56	57																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								</

Capítulo 5: Espesor de U-Stucco vs ahorro energético.

En los casos donde se aplican mayores espesores de U-Stucco, el desembolso económico es más significativo, sin embargo, la resistencia térmica aumenta de manera directamente proporcional, lo que resulta en una disminución de los costos de climatización durante la vida útil del material. Por lo mismo, se evaluará el costo de calefacción para los 4 casos planteados anteriormente, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Clima de la zona, según la “Tabla 1” (Temperaturas durante el año en el sector de Curauma, Valparaíso.).
- Temperatura interior de confort: 21°C
- Conductividad térmica del U-Stucco: 0,089 [$W/(m \cdot K)$]
- Espesor de capa: Según corresponda.
- Área a cubrir: 820,71 m^2

El cálculo del ahorro energético a lo largo del tiempo tiene el objetivo de evaluar la energía y el dinero que se logra ahorrar al aplicar un mayor espesor de U-Stucco. Además, considerando la inversión inicial, se calcula el “tiempo de retorno” del costo inicial, aspecto que será analizado en el capítulo siguiente.

Para obtener la cantidad de energía que se requiere para mantener un confort térmico adecuado dentro de los departamentos, se utiliza la fórmula para flujos de calor en conducción para estados estacionarios, definida como la Ley de Fourier, la cual está descrita en la formula f.1 (pág. 17) de la presente memoria. A continuación, se muestra la tabla 14, 15 y 16 con la energía requerida medida en Watt [W], por estación, para la aplicación de U-Stucco en el caso de 6mm, 12mm y 18mm respectivamente.

Tabla 14: Flujo de calor por estación, U-Stucco $e=6mm$.

U-Stucco, 6mm						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
1	Conductividad térmica	$W/(m \cdot K)$	0,089	0,089	0,089	0,089
2	Espesor de capa	m	0,006	0,006	0,006	0,006
3	Temperatura interior	°C	21	21	21	21
4	Temperatura exterior	°C	18,33	13,50	11,33	16,00
5	Área a cubrir	m^2	820,71	820,71	820,71	820,71
6	Flujo de calor	W	32464	91304	117681	60869

Tabla 15: Flujo de calor por estación, U-Stucco $e=12mm$.

U-Stucco, 12mm						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
1	Conductividad térmica	$W/(m \cdot K)$	0,089	0,089	0,089	0,089
2	Espesor de capa	m	0,012	0,012	0,012	0,012
3	Temperatura interior	°C	21	21	21	21
4	Temperatura exterior	°C	18,33	13,50	11,33	16,00
5	Área a cubrir	m^2	820,71	820,71	820,71	820,71
6	Flujo de calor	W	16232	45652	58840	30435

Tabla 16: Flujo de calor por estación, U-Stucco e=18mm.

U-Stucco, 18mm						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
1	Conductividad térmica	W/(m*K)	0,089	0,089	0,089	0,089
2	Espesor de capa	m	0,018	0,018	0,018	0,018
3	Temperatura interior	°C	21	21	21	21
4	Temperatura exterior	°C	18,33	13,50	11,33	16,00
5	Área a cubrir	m2	820,71	820,71	820,71	820,71
6	Flujo de calor	W	10821	30435	39227	20290

De esta forma, se obtienen los valores de energía por estación para cada caso. También se toma en cuenta el sistema EIFS, con la consideración de que se requiere la misma cantidad de energía que el caso del U-Stucco de 6 mm. En la tabla 17, se presenta la energía anual requerida en kiloWatt [kW] para cada caso, junto a un delta de energía que representa el ahorro generado cuando se tiene un espesor mayor de U-Stucco.

Tabla 17: Flujo de calor para los 4 casos, en [kW].

Estación	Flujo de Calor [kW]			
	U-Stucco 6mm	EIFS	U-Stucco 12mm	U-Stucco 18mm
Verano	32	32	16	11
Otoño	91	91	46	30
Invierno	118	118	59	39
Primavera	61	61	30	20
Anual	302	302	151	101
Δ kW (Ahorro)	0	0	151	202

Después de calcular la cantidad de energía anual requerida para mantener una temperatura interior de 21°C en los departamentos del edificio, se evalúa el costo de climatización considerando un valor por energía para la zona de 95,7 [\$/kW · h], según la tarifa BT1A de Chilquinta. Además, un factor de ocupación del 60% ya que no se consume energía durante todo el día. A continuación, en la tabla 18 se presentan los valores económicos y ahorros respectivos para cada caso.

Tabla 18: Costo y ahorro económico anual para los 4 casos.

Estación	Valor [\$/año]			
	U-Stucco 6mm	EIFS	U-Stucco 12mm	U-Stucco 18mm
Verano	\$ 4.082.930	\$ 4.082.930	\$ 2.041.465	\$ 1.360.977
Otoño	\$ 11.483.241	\$ 11.483.241	\$ 5.741.621	\$ 3.827.747
Invierno	\$ 14.800.622	\$ 14.800.622	\$ 7.400.311	\$ 4.933.541
Primavera	\$ 7.655.494	\$ 7.655.494	\$ 3.827.747	\$ 2.551.831
Costo Anual	\$ 38.022.287	\$ 38.022.287	\$ 19.011.144	\$ 12.674.096
Δ Ahorro	\$ -	\$ -	\$ 19.011.144	\$ 25.348.192

Finalmente, se concluye que los primeros dos casos, el U-Stucco de 6mm y el EIFS, no presentan ahorro en el tiempo, ya que constituyen el mismo modelo de resistencia térmica. Por otro lado, el caso del U-Stucco de 12mm y 18 mm entregan un ahorro de 19,0 millones de pesos y 25,4 millones de pesos anuales respectivamente.

Capítulo 6: Resultados y análisis económico - temporal.

En el actual capítulo, se presentan y analizan los resultados obtenidos en los capítulos 3, 4 y 5, con el objetivo de exponer las variables utilizadas para evaluar el material en términos económicos y temporales. Con el propósito de realizar un análisis completo, se toma en cuenta el costo de inversión y el ahorro a largo plazo. Para ello, se compara el U-Stucco con el EIFS, además de considerar distintos tipos de espesores aplicados para el material en estudio.

- Resultados:

Los resultados para el análisis temporal y económico se dividen en tres partes. Primero se entrega la inversión inicial realizada para la implementación del material U-Stucco en la versión de 6 mm, 12 mm y 18 mm, así como del Sistema de Aislación y Acabado Exterior (EIFS) basándose en los Análisis de Precios Unitarios respectivos. En segundo lugar, se detalla el tiempo empleado para instalar cada material. Por último, en la tercera parte, se expone el ahorro energético y monetario al aumentar el espesor de U-Stucco.

Considerando los Análisis de Precios Unitarios (APU) obtenidos en el capítulo 3 y el área total de $820,71 \text{ m}^2$ del edificio, donde se presenta la aislación térmica en fachada, se calcula el costo de inversión. En la tabla 19, 20, 21 y 22 se muestra el costo directo, el costo total neto y el costo total para los casos estudiados, considerando un Gasto General de 21% y una Utilidad de 7%.

Tabla 19: Presupuesto de la partida "Instalación U-Stucco, e=6mm".

ITEM	PARTIDA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	U-STUCCO				
1.2	Instalación U-Stucco, e=6mm	m2	820,71	\$ 16.735	\$ 13.734.655
TOTAL COSTO DIRECTO					\$ 13.734.655
GASTOS GENERALES (Dir. + Indir.)				21%	\$ 2.884.278
UTILIDAD				7%	\$ 961.426
TOTAL NETO					\$ 17.580.359
IVA				19%	\$ 3.340.268
TOTAL					\$ 20.920.627

Tabla 20: Presupuesto de la partida "Instalación EIFS".

ITEM	PARTIDA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	EIFS				
1.1	Instalación EIFS	m2	820,71	\$ 37.127	\$ 30.470.475
TOTAL COSTO DIRECTO					\$ 30.470.475
GASTOS GENERALES (Dir. + Indir.)				21%	\$ 6.398.800
UTILIDAD				7%	\$ 2.132.933
TOTAL NETO					\$ 39.002.208
IVA				19%	\$ 7.410.419
TOTAL					\$ 46.412.627

Tabla 21: Presupuesto de la partida "Instalación U-Stucco, e=12mm".

ITEM	PARTIDA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	U-STUCCO				
1.3	Instalación U-Stucco, e=12mm	m2	820,71	\$ 31.779	\$ 26.081.114
TOTAL COSTO DIRECTO					\$ 26.081.114
GASTOS GENERALES (Dir. + Indir.)				21%	\$ 5.477.034
UTILIDAD				7%	\$ 1.825.678
TOTAL NETO					\$ 33.383.826
IVA				19%	\$ 6.342.927
TOTAL					\$ 39.726.753

Tabla 22: Presupuesto de la partida "Instalación U-Stucco, e=18mm".

ITEM	PARTIDA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	U-STUCCO				
1.4	Instalación U-Stucco, e=18mm	m2	820,71	\$ 46.932	\$ 38.517.191
TOTAL COSTO DIRECTO					\$ 38.517.191
GASTOS GENERALES (Dir. + Indir.)				21%	\$ 8.088.610
UTILIDAD				7%	\$ 2.696.203
TOTAL NETO					\$ 49.302.004
IVA				19%	\$ 9.367.381
TOTAL					\$ 58.669.385

A continuación, en la tabla 23 se entrega el costo total de cada situación más la diferencia de costos tomando como base el caso U-Stucco 6 mm.

Tabla 23: Resumen costo total y diferencia de costos.

	U-Stucco 6mm	EIFS	U-Stucco 12mm	U-Stucco 18mm
Costo TOTAL	\$ 20.920.627	\$ 46.412.627	\$ 39.726.753	\$ 58.669.385
Δ Costos	\$ -	\$ 25.492.001	\$ 18.806.126	\$ 37.748.758

Considerando los cronogramas de trabajo definidos en el capítulo 4 y los rendimientos utilizados en los APU's, se determina el tiempo total de inversión para cada partida. En la tabla 24 se resume el tiempo de trabajo en días hábiles y semanas.

Tabla 24: Resumen "tiempo total" para cada caso.

	TIEMPO	
	Días hábiles	Semanas
U-Stucco 6mm	59	13
EIFS	100	21
U-Stucco 12mm	83	19
U-Stucco 18mm	107	24

Teniendo presente el cálculo de la energía necesaria para la climatización de los departamentos del proyecto a una temperatura de confort de 21 °C, como se detalló en el capítulo 5, se obtiene el costo económico que implica mantener una temperatura estable dentro de la vivienda. A continuación, se presenta la tabla 25 con el costo monetario anual y la diferencia que representa un ahorro para el edificio.

Tabla 25: Costo anual de climatización y ahorro económico.

	Valor [\$]			
	U-Stucco 6mm	EIFS	U-Stucco 12mm	U-Stucco 18mm
Costo Anual	\$ 38.022.287	\$ 38.022.287	\$ 19.011.144	\$ 12.674.096
Δ Ahorro	\$ -	\$ -	\$ 19.011.144	\$ 25.348.192

Teniendo en cuenta la diferencia entre el costo de implementación, que comprende la inversión inicial, y el costo de climatización en un año, se calcula el tiempo de retorno para el caso en que el espesor de U-Stucco aplicado sea mayor. Específicamente se analiza el caso en donde el espesor es de 12mm y 18mm.

Antes de calcular el tiempo de retorno, se considera visualizar la inversión y el ahorro desde el punto de vista del usuario final, para esto se dividen los valores entregados en la tabla 23 y la tabla 25 en 44 que son el número de departamentos del proyecto de edificación, entregando un valor asociado a cada vivienda, que se presenta a continuación en la ilustración 26 y 27.

Tabla 26: Costo inicial y diferencia de costos asociados a un departamento.

	U-Stucco 6mm	EIFS	U-Stucco 12mm	U-Stucco 18mm
Costo inicial TOTAL	\$ 20.920.627	\$ 46.412.627	\$ 39.726.753	\$ 58.669.385
Δ Costos	\$ -	\$ 25.492.001	\$ 18.806.126	\$ 37.748.758
Costo inicial / depto	\$ 475.469	\$ 1.054.832	\$ 902.881	\$ 1.333.395
Δ Costos / depto	\$ -	\$ 579.364	\$ 427.412	\$ 857.926

Tabla 27: Ahorro anual y diferencia de ahorro asociados a un departamento.

	U-Stucco 6mm	EIFS	U-Stucco 12mm	U-Stucco 18mm
Costo anual	\$ 38.022.287	\$ 38.022.287	\$ 19.011.144	\$ 12.674.096
Δ Ahorro	\$ -	\$ -	\$ 19.011.144	\$ 25.348.192
Costo anual / depto	\$ 864.143	\$ 864.143	\$ 432.071	\$ 288.048
Δ Ahorro anual / depto	\$ -	\$ -	\$ 432.071	\$ 576.095

Finalmente, al dividir la inversión inicial (delta costo) sobre el ahorro anual (delta ahorro), que nos entrega el caso del U-Stucco con un espesor de 12mm y 18mm, se obtiene el tiempo de retorno. Este número, expresado en términos de años o meses, representa el tiempo en que el usuario final termina de pagar la inversión inicial con el ahorro que genera gracias a la nueva mejora. En la tabla 28 se presenta el tiempo de retorno para los casos antes mencionados.

Tabla 28: Tiempo de retorno de la inversión para U-Stucco de e=12mm y e=18mm.

Tiempo de retorno	U-Stucco 12mm	U-Stucco 18mm
Años	1,0	1,5
Meses	11,9	17,9

- Análisis económico y temporal:

En Chile y el mundo, los proyectos de construcción ya sean viviendas, construcciones industriales, oficinas, entre otras, se sustentan principalmente en tres variables: el costo, el tiempo y la calidad. En primera instancia, es fundamental conocer el costo económico del proyecto en base a un presupuesto para determinar su viabilidad. En segundo lugar, se evalúa el valor temporal, es decir, el tiempo que tomará realizar dicho proyecto, para analizar si está acorde con lo esperado y si se puede sostener durante el cronograma. Finalmente, y no menos importante, es la calidad con la cual se define el proyecto en base a las especificaciones técnicas y los planos.

Estas tres variables van ligadas entre sí, y la finalidad de una empresa constructora es ejecutar y gestionar un proyecto con miras al cumplimiento del valor presupuestado (costo), del cronograma planificado (tiempo) y las expectativas del mandante (calidad). Por lo mismo, es esencial conocer, evaluar y analizar los sistemas constructivos, la mano de obra, los equipos, las herramientas y los materiales que serán utilizados en la obra. En este caso, se analizará de manera temporal y económica el material U-Stucco en base a los resultados obtenidos en el apartado anterior.

El material llamado U-Stucco cuenta con mejores propiedades que un estuco corriente, entre ellas, la capacidad de aislar térmicamente. Es importante cuantificar la eficacia de este material en función de sus propiedades, ya sea en contraste con otro material de construcción, o consigo mismo, con el fin de evaluar el costo o el ahorro monetario asociado a su utilización. Por esta razón, el objetivo del análisis económico y temporal es respaldar y concluir si el material U-Stucco se presenta como una opción más económica y si su implementación no significa un cronograma más extenso.

Análisis temporal. En base a los resultados obtenidos en el capítulo 4 respecto a los cronogramas para el EIFS y el U-Stucco, se concluye que el trabajo con el material U-Stucco se realiza en un tiempo equivalente al 59% del cronograma necesario para la aplicación del Sistema de Aislación y Acabado Exterior (EIFS). Por lo tanto, se establece que el material en estudio es una mejor opción para aislar térmicamente aquellos proyectos que requieran un menor tiempo de ejecución.

Análisis económico. El análisis económico del U-Stucco se divide en dos partes. En la primera se analizan los resultados obtenidos al comparar el costo de implementación entre el EIFS y el material en estudio. El segundo análisis se realiza tomando en cuenta mayores espesores de U-Stucco, los cuales conllevan un costo de inversión superior. Sin embargo, estos espesores ofrecen una mayor capacidad de aislación térmica, generando así un ahorro económico a largo plazo, el cual fue evaluado.

Con respecto al primer análisis, según los resultados obtenidos en el capítulo 3, en relación a los Análisis de Precios Unitarios realizados para el Sistema de Aislación y Acabado Exterior (EIFS) y del material U-Stucco, revelan una diferencia económica evidente. Esta diferencia se traduce en que el presupuesto del material analizado equivale a un 45,1% del presupuesto del EIFS. Por ende, en situaciones similares de capacidades de aislación térmica, el material U-Stucco demuestra ser más económico que otros sistemas tradicionales como el EIFS.

Con respecto al segundo análisis, el capítulo 5 desarrolla el tema sobre la cantidad de energía anual necesaria para mantener una temperatura de confort al interior de los departamentos, tomando en cuenta la situación en donde se aplica U-Stucco con un espesor de 6mm, 12mm y 18mm.

Considerando que la energía requerida se traduce en un costo económico, se logra evaluar el ahorro monetario al implementar espesores más elevados que implican mayor aislación térmica. En base a la tabla 35, se confirma que sí existe un ahorro monetario a la hora de climatizar una vivienda; Si se duplica el espesor, el ahorro energético anual es del 50,0%, y si se triplica el espesor, el ahorro energético anual es del 66,7%.

Capítulo 7: Resultados y análisis de calidad.

- Resultados:

Para evaluar la calidad del material U-Stucco se busca cuantificar su impacto en el proceso de certificación de una obra habitacional. En otras palabras, se pretende evaluar los máximos resultados posibles o expectativas, basándose en el puntaje total que mide cada certificación y asumiendo previamente que el material trabaja en conjunto con sistemas de aislación térmica que permiten llegar a los requerimientos.

De los seis tipos de certificaciones investigadas, solo tres evalúan proyectos habitacionales y, a la vez, fundamentan su evaluación mediante puntajes asociados a categorías. Estas certificaciones son la Certificación de Vivienda Sustentable (CVS), la Certificación LEED y la Certificación WELL. En consecuencia, se analizarán en relación con los Anexos D, E y F para determinar el grado de impacto al usar U-Stucco.

La Certificación de Vivienda Sustentable (CVS) evalúa la aislación térmica en dos ítems. El primero corresponde a la “Reducción de demanda térmica de viviendas mejoradas” (2.1.1.b), es de carácter voluntario y otorga un valor máximo de 5 puntos. Para obtener los puntos, se requiere alcanzar una demanda máxima del proyecto ($kWH/M^2 \cdot \text{año}$) inferior a la indicada en la tabla especificada en el Anexo J, inciso 2.1.1.b.

El segundo ítem de la CVS es la “Aislación térmica de recintos comunitarios” (2.2.1.a) que evalúa el complejo de techumbre, muros, pisos ventilados, puertas opacas, sobrecimientos y elementos traslúcidos para recintos no habitables del proyecto. Dichos elementos, deben cumplir con los valores especificados en las tablas del Anexo J, inciso 2.2.1.a. Este ítem entrega un valor máximo de 1,5 puntos para el sector centro de Chile.

La Certificación LEED evalúa la aislación térmica en dos ítems. El primero, “Optimizar el rendimiento energético” (3.2), mide el cumplimiento del rendimiento energético a través del costo y la emisión de GEI (Gases de Efecto Invernadero). El uso del material U-Stucco afecta directamente a la eficiencia energética del proyecto, por lo tanto, se toma en consideración la medición por costo. Este ítem tiene un valor máximo de 9 puntos y se estima su valor respecto a la tabla adjunta en el Anexo K, el cual indica un porcentaje de diferencia entre el “Índice de Costo por Desempeño” y el “Objetivo del Índice de Costo por Desempeño”.

El segundo ítem de la Certificación LEED corresponde al “Confort térmico” (5.5), que otorga 1 punto en el caso de evaluar una construcción nueva. Esta categoría se aprueba al diseñar los sistemas HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado) y la envolvente térmica del edificio de acuerdo con los requisitos de las normas ISO 7730:2005 e ISO 17772-2017.

La Certificación WELL evalúa la aislación térmica por medio del ítem “Confort térmico verificado” (6.1). El proceso evaluativo implica la realización de una encuesta al menos dos veces por año, donde se consulta a los usuarios si se encuentran satisfechos con el desempeño térmico de la vivienda. De esta forma, se evalúa indirectamente la aplicación de U-Stucco como elemento de confort térmico pasivo. Este ítem entrega un valor máximo de 3 puntos.

A continuación, se presenta la tabla 29 con el resumen de las categorías correspondientes a la aislación térmica en función de las certificaciones mencionadas anteriormente.

Tabla 29: Resumen de la evaluación del U-Stucco con respecto a las certificaciones.

TIPO DE EDIFICACIÓN	CERTIFICACIÓN	OBJETIVO	APLICA A	CATEGORÍAS	CATEGORÍAS evaluadas	PUNTAJE	SUMA	PUNTAJE TOTAL DEL CERTIFICADO	% IMPACTO
Residencial	 Calificación Energética de Viviendas	Mejorar la calidad de vida de las familias del país a través de la entrega cuantificable de información estandarizada de eficiencia energética respecto a las viviendas.	Viviendas unifamiliares	1. Energía	No se considera				
No residencial	 Certificación de Edificio Sustentable	Evaluar, calificar y certificar los comportamientos ambientales de los edificios de uso público en Chile. Puede ser propiedad pública o privada.	Edificios de uso público nuevos y existentes. Puede ser propiedad pública o privada.	1. Calidad del ambiente interior 2. Energía 3. Agua 4. Materiales y residuos 5. Gestión 6. Innovación	No se considera				
Residencial	 Certificación de Vivienda Sustentable	Evalúa viviendas en Chile bajo el criterio de la sustentabilidad y el cuidado ambiental	Cualquier proyecto de carácter residencial	1. Salud y bienestar 2. Energía 3. Agua 4. Materiales y residuos 5. Impactos ambientales 6. Entorno inmediato	2.1.1.b- Reducción de demanda térmica en viviendas mejoradas. 2.2.1.a- Aislación térmica de recintos comunitarios.	5 puntos 1,5 puntos	6,5	100	6,5%
Residencial y No Residencial	 Certificación EDGE	Medir las soluciones de la edificación sustentable desde un punto de vista financiero	Cualquier proyecto de edificación	1. Agua 2. Energía 3. Materiales	No se considera				
Residencial y No Residencial	 Certificación LEED	Disminuir los impactos ambientales y generar espacios más saludables para los usuarios finales a través del aumento en los estándares de diseño y construcción de las edificaciones.	Edificios residenciales, edificios de uso público y proyectos urbanos	1. Proceso Integrado 2. Locomoción y Transporte 3. Sitios Sustentables 4. Uso Eficiente del Agua 5. Energía y Atmósfera 6. Materiales y Recursos 7. Calidad del Ambiente Interior 8. Innovación de Diseño 9. Créditos de Prioridad Regional	3.2.- Optimizar el rendimiento energético. 5.5.- Confort térmico.	9 puntos 1 punto	10	100	10%
Residencial y No Residencial	 Certificación WELL	Fomentar la salud humana por medio del diseño, construcción y mantenimiento de los proyectos de edificación.	Cualquier proyecto de edificación	1. Aire 2. Agua 3. Alimentación 4. Luz 5. Movimiento 6. Confort térmico 7. Sonido 8. Materiales 9. Salud mental 10. Comunidad	6.1.- Confort térmico verificado.	3 puntos	3	100	3%

La Certificación de Vivienda Sustentable (CVS) evalúa la “Reducción de demanda térmica en viviendas” y la “Aislación térmica en recintos comunitarios”. La Certificación LEED evalúa la “Optimización del rendimiento energético” y el “Confort térmico”. Finalmente, la Certificación WELL evalúa el “Confort térmico verificado”.

Tomando en cuenta la implementación del material U-Stucco, con el objetivo de evaluar la aislación térmica y la eficiencia energética en una obra de edificación, se obtiene un porcentaje de impacto máximo del 10% en la Certificación LEED, un 6,5% en la Certificación de Vivienda Sustentable, y un 3% en la Certificación WELL.

- Análisis de calidad:

De forma paralela al análisis del material U-Stucco, es importante entender que las certificaciones tienen un objetivo en común: el aumento de la eficiencia energética. No obstante, cada una tiene un enfoque singular. Por ejemplo, la certificación EDGE apunta hacia una evaluación con énfasis en lo financiero, es decir, analiza cuál es el aporte monetario real respecto al aumento de la eficiencia. Por otro lado, la certificación LEED se centra en el impacto ambiental que generan las obras de edificación, mientras que la certificación WELL se especializa en el bienestar y la calidad de vida de las personas que usarán o vivirán en los recintos.

Desde el punto de vista nacional, la CEV se enfoca en la búsqueda de una mejor calidad de vida para las personas, mientras que la CVS y CES se enfocan en proyectos con mayores niveles de sustentabilidad y cuidado ambiental.

En base al estudio y análisis realizado, se puede afirmar que la eficiencia energética es una variable que afecta directamente al medio ambiente, el bienestar y la calidad de vida de las personas, y por lo mismo, es importante escoger cuidadosamente los materiales que se utilizan en los proyectos de construcción.

Análisis de calidad. El U-Stucco, como un material emergente en Chile, posee diversas propiedades de gran importancia, de las cuales solo se ha evaluado la resistencia térmica. En el futuro el U-stucco podría desempeñar un papel fundamental para el desarrollo y avance del plan de eficiencia energética en el ámbito de las edificaciones. Esto se debe a que es un material económico que, en función del espesor, cumple con la normativa chilena actual.

En base a los datos obtenidos en el apartado de “evaluación”, se puede afirmar que el U-Stucco es un material que sí genera un impacto al momento de evaluar una obra habitacional, especialmente en lo que respecta a la aislación térmica y, por consiguiente, la eficiencia energética. El grado de impacto en la certificación dependerá directamente de las categorías que se estén evaluando, y a medida que la importancia asignada a la aislación térmica aumente, también lo hará la influencia de este material.

Conclusión:

En base al estudio, evaluación y análisis realizados del material U-Stucco para obras habitacionales, con especial enfoque en la obra de edificación, se refuerza la relación entre la eficiencia energética, el ahorro en climatización, el bienestar y calidad de vida de las personas, así como el medio ambiente. A su vez, se consolida la necesidad e importancia de estudiar los materiales de construcción utilizados en proyectos diseñados para proporcionar un nivel de aislación térmica satisfactorio.

El estudio se fundamentó en las tres variables esenciales que toda obra de construcción contempla: costo, tiempo y calidad. En relación al costo, se llevó a cabo una comparación con el EIFS, que entregó un ahorro del 54,9% al evaluarlos en igualdad de condiciones en cuanto a resistencia térmica. Asimismo, se compararon distintos espesores aplicados de U-Stucco, concluyendo que al duplicar el espesor se obtiene un ahorro del 50% por concepto de climatización, mientras que triplicar el espesor resulta en un ahorro del 66,7%.

Con respecto al tiempo, la comparación de los cronogramas de trabajo entre el material en estudio y el EIFS reveló un ahorro del 41% en el tiempo de instalación bajo las mismas condiciones de trabajo.

En cuanto a la calidad, la evaluación se centró en el estudio de la eficiencia energética y el impacto que la implementación del material U-Stucco puede generar al certificar una obra habitacional. Tras analizar tres certificaciones nacionales y tres certificaciones internacionales, se concluyó que el grado de impacto está directamente relacionado con la ponderación atribuida a la aislación térmica en cada certificación. No obstante, cabe destacar que el material en estudio generó un impacto máximo de un 3% hasta un 10% entre las certificaciones consideradas.

En conclusión, el material U-Stucco se presenta como un sistema multipropósito que, al enfocarse en la aislación térmica, cumple sin problemas las exigencias requeridas en Chile. No solo destaca por ser una alternativa más económica en comparación con otros sistemas constructivos, como el EIFS, sino que también demuestra un rendimiento superior que contribuye a reducir los tiempos en el proceso de construcción. Por otro lado, según la evaluación del espesor de U-stucco, se confirma que el hecho de invertir más dinero en un espesor mayor se traduce en una mejora significativa en la aislación térmica y un ahorro a largo plazo que justifica la inversión.

La introducción del material U-Stucco al mercado chileno se traduce en menores costos para proyectos que requieran mayores niveles de aislación térmica y mejor bienestar del usuario final. En consecuencia, se mitiga el impacto del alza existente en los materiales de construcción. Además, se traduce en tiempos de construcción más cortos y la posibilidad para los proyectos de obtener una certificación, ya sea nacional o internacional, y así validar un nivel de calidad óptimo en función de las personas y el medio ambiente.

Finalmente, es fundamental que el Constructor Civil tenga la iniciativa de realizar investigaciones sobre los materiales de construcción, sin dejar afuera la mano de obra y los equipos, ya que el estudio y análisis de nuevos productos generarán innovaciones en el mercado que favorecerán un entorno sustentable en Chile y el mundo.

Bibliografía:

- (CR)2. (29 de Mayo de 2019). *Pobreza energética: Uno de cada tres hogares en Chile no cuenta con calefacción adecuada*. Recuperado el 29 de Diciembre de 2023, de Pobreza energética: Uno de cada tres hogares en Chile no cuenta con calefacción adecuada.: <https://www.cr2.cl/pobreza-energetica-uno-de-cada-tres-hogares-en-chile-no-cuenta-con-calefaccion-adecuada-la-tercera/>
- Calificación Energética. (2012). *CONOCE LA CEV*. Recuperado el 29 de Diciembre de 2023, de CONOCE LA CEV: <https://www.calificacionenergetica.cl/que-evalua-la-calificacion-energetica-de-viviendas/>
- Cámara Chilena de la Construcción. (2015). *Acondicionamiento térmico de vivienda existente*. Corporación de Desarrollo Tecnológico.
- Cengel, Y. (2007). *Transferencia de calor y masa* (3 ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- CES. (2022). *Manual de Evaluación y Calificación*. GreenCom.
- Chile GBC. (s.f.). *Acerca de Chile GBC*. Recuperado el 30 de Diciembre de 2023, de Acerca de Chile GBC: <https://www.chilegbc.cl/index.php?sec=quienes-somos>
- ECLP2050. (2021). *Estrategia climática de largo plazo de Chile*.
- EEChile. (11 de Octubre de 2017). *EDGE, la nueva certificación que apuesta por el mercado de la eficiencia energética*. Recuperado el 30 de Diciembre de 2023, de EDGE, la nueva certificación que apuesta por el mercado de la eficiencia energética: <http://www.eechile.cl/edge-la-nueva-certificacion-apuesta-mercado-la-eficiencia-energetica/>
- Fritz, A. (2004). *La construcción de Viviendas en Madera*. CORMA.

- Galván Bonilla, M. A. (s.f.). *¿QUE ES CALIDAD DE VIDA?* Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Recuperado el 29 de Diciembre de 2023, de <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa2/n2/m2.html>
- GBC Chile. (s.f.). *Zona Certificaciones*. Obtenido de Chile GBC: <https://www.chilegbc.cl/index.php?sec=proyectos-leed>
- Gencat. (s.f.). *¿Qué es y de dónde proviene la energía?* Recuperado el 29 de Diciembre de 2023, de *¿Qué es y de dónde proviene la energía?:* https://icaen.gencat.cat/es/energia/que_es/index.html
- INN. (2007). *NCh853 of 2007, Acondicionamiento térmico - Envolvente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas*. División de Normas del Instituto Nacional de Normalización.
- Knauf. (s.f.). *EFICIENCIA ENÉRGICA & AISLACIÓN TÉRMICA*. Obtenido de Knauf: <https://knauf.com/es-CL/knauf/soluciones/beneficios/eficiencia-energetica>
- Knauf. (s.f.). *REDUCIR COSTOS – AUMENTAR CONFORT TÉRMICO*. Recuperado el 29 de Diciembre de 2023, de *REDUCIR COSTOS – AUMENTAR CONFORT TÉRMICO:* <https://www.knauf.cl/beneficio/3-eficiencia-energetica>
- Lund. (25 de marzo de 2022). *BLOG/AISLAMIENTO TÉRMICO – RASGOS GENERALES*. Obtenido de Lund Rehabilitamos y construimos: <https://lundserviciosintegrales.com/aislamiento-termico-rasgos-generales/>
- Ministerio de Energía. (2018). *Ruta Energética 2018-2022*. Recuperado el 29 de Diciembre de 2023, de <chrome-extension://efaidnbmninnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2018/05/rutaenergetica2018-2022.pdf>
- Ministerio de Energía. (12 de Diciembre de 2019). *Estudio revela que el 73% del consumo energético de los hogares se destina a calefacción/climatización y agua caliente*. Recuperado el 29 de Diciembre

de 2023, de Estudio revela que el 73% del consumo energético de los hogares se destina a calefacción/climatización y agua caliente: <https://energia.gob.cl/noticias/nacional/estudio-revela-que-el-73-del-consumo-energetico-de-los-hogares-se-destina-calefaccionclimatizacion-y-agua-caliente#:~:text=El%20estudio%20revela%2C%20adem%C3%A1s%20que,los%20espacios%20entre%20otros%20usos>

Ministerio de Energía. (2022). *Plan Nacional de Eficiencia Energética*. Santiago, Chile.

Ministerio de Energía. (s.f.). *Ley y Plan de Eficiencia Energética*. Recuperado el 29 de Diciembre de 2023, de Ley y Plan de Eficiencia Energética: <https://energia.gob.cl/ley-y-plan-de-eficiencia-energetica>

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (s.f.). *Calificación Energética de Viviendas*. Obtenido de Calificación Energética: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.calificacionenergetica.cl/media/Calificacion-Energetica-de-Viviendas.pdf](https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.calificacionenergetica.cl/media/Calificacion-Energetica-de-Viviendas.pdf)

Ministerio del Medio Ambiente. (2023). *INGEI de Chile: balance de GEI*. Obtenido de SNI Chile: <https://snichile.mma.gob.cl/resultados-principales/>

MINVU. (2006). *Manual de aplicación "REGLAMENTACIÓN TÉRMICA"*.

MINVU. (2014). *Anteproyecto de norma NTM 011/2 2014, comportamiento higrotérmico*.

MINVU. (2019). *Vol. 2 Manual de Procedimientos Calificación Energética de Viviendas en Chile* (2 ed.). División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional – Ditec, Minvu.

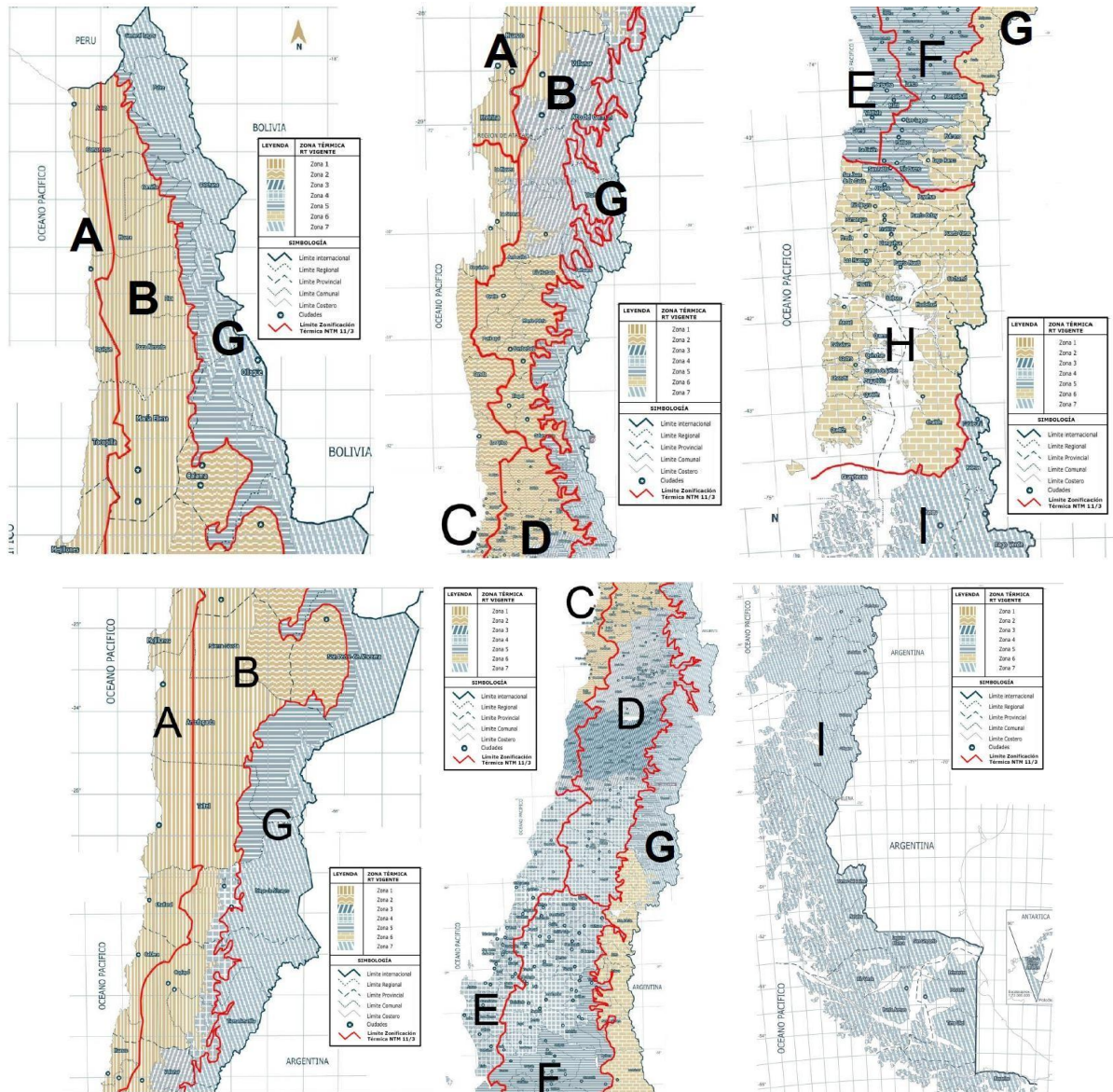
MINVU. (s.f.). *CATEGORÍAS*. Obtenido de Certificación de Vivienda Sustentable: <https://cvschile.cl/#/info>

MMA. (s.f.). *Cambio Climático, Ministerio del Medio Ambiente*. Recuperado el 28 de diciembre de 2023, de Cambio Climático, Ministerio del Medio Ambiente: <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/>

- Schwartzmann, L. (2003). CALIDAD DE VIDA RELACIONADA CON LA SALUD: ASPECTOS CONCEPTUALES. *Scielo*. Recuperado el 29 de Diciembre de 2023, de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95532003000200002
- SERNAC. (s.f.). *GUÍA DE CONSUMO RESPONSABLE 2: LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y EL CONSUMO RESPONSABLE*. Recuperado el 29 de Diciembre de 2023, de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.sernac.cl/portal/607/articles-21604_archivo_01.pdf
- Smart Building. (2022). *U-Stucco*. Recuperado el 24 de abril de 2023, de SMART BUILDING, Eficiencia Energética que hace sentido: <https://smartbuilding.cl/ustucco/>
- UN. (s.f.). *¿Qué es el cambio climático?* Recuperado el 28 de diciembre de 2023, de ¿Qué es el cambio climático?: <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>
- UN. (s.f.). *Llegar a las emisiones netas cero: el mundo se compromete a tomar medidas*. Recuperado el 28 de diciembre de 2023, de Llegar a las emisiones netas cero: el mundo se compromete a tomar medidas: <https://www.un.org/es/climatechange/net-zero-coalition>
- U-Stucco. (s.f.). *U-Stucco XPX*. Recuperado el 29 de Diciembre de 2023, de <https://u-stucco.com/ustucco-xpx>
- Weber Saint-Gobain. (s.f.). *EIFS - Sistema aislación térmica exterior*. Recuperado el 29 de Diciembre de 2023, de EIFS - Sistema aislación térmica exterior: <https://www.cl.weber/eifs-0>

Anexos:

Anexo A: Zonificación climático habitacional de Chile.



Fuente: NCh1079 of 2008. Anexo D (informativo).

Anexo B: Tabla A.1 – Conductividad térmica de materiales (continuación).

Material	Densidad aparente kg/m ³	Conductividad térmica, λ W/(m x K)
Hormigón con áridos ligeros	1 400	0,55
Hormigón celular con áridos silíceos	600	0,34
Hormigón celular con áridos silíceos	1 000	0,67
Hormigón celular con áridos silíceos	1 400	1,09
Hormigón celular sin áridos	305	0,09
Hormigón en masa con grava normal:		
- con áridos ligeros	1 600	0,73
- con áridos ordinarios, sin vibrar	2 000	1,16
- con áridos ordinarios, vibrados	2 400	1,63
Hormigón en masa con arcilla expandida	500	0,12
Hormigón en masa con arcilla expandida	1 500	0,55
Hormigón con cenizas	1 000	0,41
Hormigón con escorias de altos hornos	600	0,17
	800	0,22
	1 000	0,30
Hormigón normal, con áridos silíceos	600	0,34
	800	0,49
	1 000	0,67
Hormigón de viruta de madera	450 - 650	0,26
Hormigón de fibras de madera	300 - 400	0,12
	400 - 500	0,14
	500 - 600	0,16
Hormigón liviano a base de cascarilla de arroz	570	0,128
	780	0,186
	850	0,209
	1 200	0,326
Hormigón liviano a base de poliestireno expandido	260	0,088
	320	0,105
	430	0,134
	640	0,214
	840	0,269
	1 100	0,387
Ladrillo macizo hecho a máquina	1 000	0,46
	1 200	0,52
	1 400	0,60
	1 800	0,79
	2 000	1,0

Fuente: NCh853 of 2007. Anexo A (Informativo).

Anexo C: Cuadro resumen. Categorías y puntajes de la Certificación de Edificio Sustentable (CES).

	Variable	Requerimientos obligatorios		Requerimientos voluntarios con puntaje		Puntaje (máx. 100)			
						NL-NVT-ND-CI-CL		SL-SI-SE-An	
						Oficinas y servicios	Educación y salud	Oficinas y servicios	Educación y salud
ARQ. Calidad del Ambiente Interior	ARQ.CAI 1 Confort térmico pasivo		N/A	1.1	Porcentaje de tiempo que la temperatura se encuentra dentro del rango de confort de manera pasiva.	14,0	8,0	14,0	8,0
	ARQ.CAI 2 Confort visual pasivo	2R	Factor Luz Día o Iluminancia útil mínimos.	2.1	Aporte de Luz Natural	4,0	5,0	4,0	5,0
					Control de Deslumbramiento	1,0	1,0	1,0	1,0
				2.2	Acceso visual al exterior	1,0	1,0	1,0	1,0
	ARQ.CAI 3 Calidad del aire pasivo	3R	Superficie mínima de ventana o caudal mínimo de aire.	3.1	Cobertura de las tasas de renovación por ventilación natural	4,0	5,0	4,0	5,0
				3.2	Concentraciones de compuestos orgánicos volátiles (COV)	1,0	2,0	1,0	2,0
	ARQ.CAI 4 Confort acústico	4R	Aislación acústica mínima de fachadas exteriores	4.1	Aislamiento acústico de fachada	2,0	3,0	2,0	3,0
					Aislamiento acústico al ruido aéreo entre recintos	1,0	2,0	1,0	2,0
				4.2	Acondicionamiento acústico - tiempo de reverberación	1,0	2,0	1,0	2,0
					Acondicionamiento acústico - inteligibilidad de la palabra (STI)	1,0	1,0	1,0	1,0
ARQ. Energía	ARQ.Energía 5 Demanda de energía	5R	Transmitancia térmica de la envolvente y factor solar modificado	5.	Opción 1. Evaluación prestacional: disminución de la demanda de energía para calefacción y enfriamiento. Opción 2. Evaluación prescriptiva – Transmitancia térmica y factor solar modificado (FSM)	18,0	18,0	18,0	18,0
	ARQ. Energía 6 Hermeticidad de la envolvente	6R	Sellos exteriores para carpintería y paso de instalaciones	6.	Hermeticidad de la envolvente.	3,0	3,0	3,0	3,0

Fuente: Manual de Evaluación y Calificación. Edificios de uso público versión 1.1.

	Variable	Requerimientos obligatorios		Requerimientos voluntarios con puntaje		Puntaje (máx. 100)			
						NL-NVT-ND-CI-CL		SL-SI-SE-An	
						Oficinas y servicios	Educación y salud	Oficinas y servicios	Educación y salud
INST. Energía	INST.Energía 15a17 Opción 1 - Prestacional	16R1	Aislación térmica en distribución de calor y frío	15 a 17	Reducción consumo anual de energía de todo el edificio	16,0	16,0	16,0	16,0
		16R2	Declaración de rendimiento nominal de equipos.						
	INST.Energía 15a17 Opción 2 - Prescriptiva								
	15. Iluminación artificial	-	N/A	15.1	Potencia instalada, en w/m2	3,0	3,0	3,0	3,0
				15.2	Sistemas de control	2,0	2,0	2,0	2,0
	16. Climatización y ACS	16R1	Aislación térmica en distribución de calor y frío	16.1	Relación de la potencia requerida e instalada	2,0	2,0	2,0	2,0
		16R2	Declaración de rendimiento nominal de equipos.	16.2	Rendimiento nominal	6,0	6,0	6,0	6,0
	17. Otros consumos	-	N/A	17.	Reducción de la potencia de equipos	1,0	1,0	1,0	1,0
	INST.Energía 18 ERNR	-	N/A	18.	Energía renovable no convencional	4,0	4,0	4,0	4,0
	INST.Energía 19 Huella carbono	-	N/A	19.	Huella de carbono en operación	3,0	3,0	3,0	3,0
INST. Agua	INST. Agua 20 Sistemas de Agua Potable	20R	Reducción en consumo de agua potable.	20.1	Sistemas eficientes	6,0	6,0	3,0	3,0
				20.2	Dureza del agua	1,0	1,0	1,0	1,0
	INST. Agua 21 Riego	21R	Reducción en consumo de agua para riego	21.	Sistemas eficientes	1,0	1,0	1,0	1,0

Fuente: Manual de Evaluación y Calificación. Edificios de uso público versión 1.1.

	Variable	Requerimientos obligatorios		Requerimientos voluntarios con puntaje		Puntaje (máx. 100)			
						NL-NVT-ND-CI-CL		SL-SI-SE-An	
						Oficinas y servicios	Educación y salud	Oficinas y servicios	Educación y salud
ARQ. Agua	ARQ. Agua 7 Paisajismo	7R	Reducción de la evapotranspiración del proyecto paisajismo	7.	Disminución de la evapotranspiración	2,0	2,0	2,0	2,0
ARQ. & CONST. Materiales y Residuos	08 ARQ. M&R Declaración Ambiental de Productos		N/A	8.	Declaración Ambiental de Productos (DAP) para materiales del edificio	3,0	3,0	3,0	3,0
	09 ARQ. M&R Residuos en Operación		N/A	9.	Equipamiento para el manejo de residuos durante la operación del edificio	2,0	2,0	2,0	2,0
	10 CONST. M&R Gestión de Residuos	10R1	Medidas de control y mitigación	10.	Separación, control y reciclaje de residuos generados durante la construcción	2,0	2,0	2,0	2,0
		10R2	Declaración de generación de residuos construcción						
INST. Calidad del Ambiente Interior	INST. CAI 11. Calidad del aire – activo	11R1	Tasas mínimas de ventilación	11.1	Ventilación Mecánica – Caudal	3,0	3,0	5,0	5,0
		11R2	Eficiencia mínima de filtraje.	11.2	Ventilación Mecánica – Filtraje	1,0	1,0	2,0	2,0
		11R3	No calefacción llama abierta	11.3	Monitoreo de la calidad del aire	1,0	1,0	1,0	1,0
	INST.CAI 12 Ruido equipos	-	N/A	12.	Control del ruido y vibraciones proveniente de equipos	1,0	1,0	1,0	1,0
	INST.CAI 13 Confort visual – activo	13R	Condiciones de diseño mínimas	13.	Confort visual activo: Condiciones de diseño mínimas	1,0	1,0	1,0	1,0
	INST.CAI 14 Confort térmico - activo	14R	Definir condiciones de diseño de climatización	14.	Controlabilidad de la climatización	2,0	2,0	2,0	2,0

	Variable	Requerimientos obligatorios		Requerimientos voluntarios con puntaje		Puntaje (máx. 100)			
						NL-NVT-ND-CI-CL		SL-SI-SE-An	
						Oficinas y servicios	Educación y salud	Oficinas y servicios	Educación y salud
GESTION	GESTION 22 Diseño Integrado de Anteproyecto	-	N/A	22.	Diseño integrado de anteproyecto	3,0 (adicional al total del 100)			
	GESTION 23 Sello Plus	-	N/A	23.	Gestión de la operación y mantenimiento	Sello plus			
INN	INNOVACION 24	-	N/A	24.	Estrategias innovadoras	2,0 (adicional al total del 100)			

Fuente: Manual de Evaluación y Calificación. Edificios de uso público versión 1.1.

Anexo D: Categorías y puntajes de la Certificación de Vivienda Sustentable (CVS).



CERTIFICACIÓN DE VIVIENDA SUSTENTABLE

Lista de Control (Checklist)
(Seleccione una opción en las celdas color celeste)

Indique macrozona Sur

Sumatoria SI 0
 Sumatoria NO 0
 Sumatoria ? 105

1. SALUD Y BIENESTAR

		NORTE	CENTRO	SUR	
1.1.1	Calidad del aire interior				
1.1.1.a	Ventilación mínima	X	X	X	?
1.1.1.b	Ventilación mecánica controlada de vivienda completa	2,5	2,5	3,0	?
1.1.1.c	Filtraje de aire	2,5	2,5	3,0	?
1.1.1.d	Contaminación aérea intradomiciliaria por calefactores	1,0	2,5	X	?
1.1.2	Confort higrotérmico				
1.1.2.a	Confort térmico pasivo	X	X	X	?
1.1.2.b	Riesgo de condensación	1,0	X	X	?
1.1.3	Confort acústico				
1.1.3.a	Aislación acústica de la envolvente exterior y entre viviendas	1,5	1,5	1,5	?
1.1.3.b	Aislación acústica entre recintos de una misma vivienda	1,0	1,0	1,0	?
1.1.3.c	Aislación acústica de instalaciones	1,0	1,0	1,0	?
1.1.4	Confort lumínico y visual				
1.1.4.a	Iluminación natural	1,5	1,5	2,0	?
1.1.4.b	Vista al exterior	X	X	X	?
1.1.4.c	Iluminación artificial exterior	1,0	1,0	1,0	?
1.2.1	Solución para el secado de ropa				
1.2.1.a	Solución para el secado de ropa	1,0	X	X	?
1.2.2	Espacio exterior o semixterior de uso privado				
1.2.2.a	Espacio exterior de uso privado o semiprivado	1,0	1,0	2,0	?
1.2.3	Accesibilidad universal				
1.2.3.a	Accesibilidad universal	1,5	1,5	1,5	?
1.2.4	Seguridad contra incendio				
1.2.4.a	Protección pasiva contra incendio	1,0	1,0	1,0	?
1.2.4.b	Protección activa contra incendio	1,0	1,0	1,0	?
1.3.1	Manual de usuario de la vivienda				
1.3.1.a	Manual de usuario de la vivienda	X	X	X	?
1.3.2	Domótica e integración digital				
1.3.2.a	Domótica e integración digital	1,5	1,5	1,5	?
1.4.1	Innovación				
1.4.1.a	Innovación	5,0	5,0	5,0	?

Seleccione

Fuente: Lista de control CVS v1.1.

2. ENERGÍA		NORTE	CENTRO	SUR		
2.1.1	Reducción de demanda térmica en viviendas					
2.1.1.a	Reducción de demanda térmica de viviendas	X	X	X	?	
2.1.1.b	Reducción de demanda térmica de viviendas mejorada	5,0	5,0	5,0	?	5 puntos
2.2.1	Aislación térmica en recintos comunitarios					
2.2.1.a	Aislación térmica de recintos comunitarios	1,5	1,5	2,5	?	
2.2.2	Infiltraciones					
2.2.2.a	Sellos en uniones y encuentros	X	X	X	?	
2.2.2.b	Acreditación de clase de infiltración	2,0	2,0	3,0	?	
2.3.1	Sistemas de calefacción energéticamente eficientes					
2.3.1.a	Agua caliente sanitaria	1,0	3,0	4,0	?	
2.3.1.b	Calefacción de viviendas	1,0	3,0	X	?	
2.3.1.c	Calefacción de recintos comunitarios	1,0	1,5	2,5	?	
2.3.2	Sistemas de enfriamiento energéticamente eficientes					
2.3.2.a	Enfriamiento de viviendas	2,5	2,0	1,0	?	
2.3.2.b	Enfriamiento de recintos comunitarios	2,5	2,0	1,0	?	
2.3.3	Iluminación artificial en recintos comunitarios					
2.3.3.a	Rendimiento luminoso	1,0	1,0	1,0	?	
2.3.3.b	Densidad de potencia de iluminación	1,0	1,0	1,0	?	
2.3.3.c	Impacto ambiental	1,0	1,0	1,0	?	
2.3.3.d	Sistemas de control	1,0	1,0	1,0	?	
2.3.4	Iluminación artificial en espacios exteriores comunitarios					
2.3.4.a	Protección contra polvo y agua	1,0	1,0	1,0	?	
2.3.4.b	Potencia de iluminación	1,0	1,0	1,0	?	
2.3.4.c	Impacto ambiental	1,0	1,0	1,0	?	
2.3.4.d	Sistemas de control	1,0	1,0	1,0	?	
2.3.5	Energía renovable					
2.3.5.a	Energía renovable	3,5	3,5	4,0	?	

3. AGUA		NORTE	CENTRO	SUR		
3.1.1	Abastecimiento de agua y control de su calidad					
3.1.1.a	Abastecimiento de agua y control de su calidad	3,0	1,5	1,0	?	
3.2.1	Consumo interno de agua					
3.2.1.a	Artefactos sanitarios eficientes	X	X	X	?	
3.2.2	Consumo externo de agua					
3.2.2.a	Paisajismo de bajo requerimiento hídrico	X	X	1,5	?	
3.2.2.b	Paisajismo de bajo requerimiento hídrico mejorado	3,0	3,0	3,0	?	
3.2.2.c	Riego eficiente	X	X	1,5	?	
3.2.2.d	Riego eficiente mejorado	1,5	1,5	1,5	?	
3.3.1	Reutilización del agua					
3.3.1.a	Reutilización del agua	2,0	1,5	1,0	?	
3.4.1	Gestión del agua durante la construcción					
3.4.1.a	Gestión del agua durante la construcción	1,0	1,0	1,0	?	
3.5.1	Medición y monitoreo del agua durante la operación					
3.5.1.a	Medición y monitoreo del agua durante la operación	2,0	1,5	1,0	?	

Fuente: Lista de control CVS v1.1.

4. MATERIALES Y RESIDUOS		NORTE	CENTRO	SUR	
4.1.1	Declaración ambiental de productos de construcción				
4.1.1.a	Declaración ambiental de productos de construcción	2,5	2,5	2,5	?
4.1.2	Maderas con certificación de gestión sustentable				
4.1.2.a	Maderas con certificación de gestión sustentable	2,0	2,0	2,0	?
4.1.3	Materiales nacionales o regionales				
4.1.3.b	Materiales nacionales o regionales	2,0	2,0	2,0	?
4.1.4	Materiales con contenido reciclado				
4.1.4.a	Materiales con contenido reciclado	2,0	2,0	2,0	?
4.1.5	Contenido de compuestos orgánicos volátiles				
4.1.5.a	Contenido y emisión de compuestos orgánicos volátiles	1,5	1,5	1,5	?
4.1.6	Materiales de rápida renovación				
4.1.6.a	Materiales de rápida renovación	1,0	1,0	1,0	?
4.2.1	Optimización de materiales desde el diseño				
4.2.1.a	Optimización de materiales desde el diseño	1,5	1,5	1,5	?
4.3.1	Infraestructura para gestión de residuos domiciliarios				
4.3.1.a	Infraestructura para gestión de residuos domiciliarios	X	X	X	?
4.4.1	Gestión de residuos de construcción y demolición				
4.4.1.a	Gestión de residuos de construcción y demolición	X	X	X	?

5. IMPACTO AMBIENTAL		NORTE	CENTRO	SUR	
5.1.1	Minimización de emisiones a la atmósfera				
5.1.1.a	Minimización de emisiones a la atmósfera	3,0	3,0	3,5	?
5.1.2	Gases de efecto invernadero				
5.1.2.a	Refrigerantes no contaminantes	1,5	1,5	1,5	?
5.1.2.b	Maquinaria de baja emisión	1,5	1,5	1,5	?
5.1.2.c	Aislación térmica no contaminante	1,0	1,0	1,0	?
5.1.3	Contaminación lumínica				
5.1.3.a	Contaminación lumínica	1,5	1,0	1,0	?
5.1.4	Reducción del efecto isla de calor				
5.1.4.a	Reducción del efecto isla de calor	2,5	2,5	1,0	?
5.2.1	Protección del suelo y los ecosistemas				
5.2.1.a	Protección del suelo y los ecosistemas	1,5	1,5	1,5	?
5.3.1	Responsabilidad social				
5.3.1.a	Responsabilidad social	1,5	1,5	1,5	?
5.4.1	Proceso de diseño integrado				
5.4.1.a	Condiciones para un proceso de diseño integrado	X	X	X	?
5.4.1.b	Building Information Modelling (BIM)	2,0	2,0	2,0	?

Fuente: Lista de control CVS v1.1.

6. ENTORNO INMEDIATO

NORTE CENTRO SUR

6.1.1 Acceso al transporte público

6.1.1.a	Acceso al transporte público	X	X	X	?
---------	------------------------------	---	---	---	---

6.1.2 Transporte sustentable

6.1.2.a	Estacionamiento para bicicletas	1,5	1,5	1,5	?
6.1.2.b	Ciclovías en condominios	1,0	1,0	1,0	?
6.1.2.c	Carga de vehículos eléctricos	1,5	1,5	1,5	?
6.1.2.d	Transporte sustentable para operarios de construcción	1,0	1,0	1,0	?

6.1.3 Cercanía a equipamiento y servicios básicos

6.1.3.a	Cercanía a equipamiento y servicios básicos	X	X	X	?
---------	---	---	---	---	---

6.2.1 Diseño respetuoso con el entorno inmediato

6.2.1.a	Diseño respetuoso con el entorno inmediato	1,0	1,0	1,0	?
---------	--	-----	-----	-----	---

6.2.2 Integración social y cultural

6.2.2.a	Integración social	1,5	1,5	1,5	?
6.2.2.b	Integración cultural	1,0	1,0	1,0	?

6.2.3 Suelos urbanos existentes y contaminados

6.2.3.a	Terrenos de baja riqueza ecológica	1,0	1,0	1,0	?
6.2.3.b	Sitios dañados contaminados	1,5	1,5	1,5	?

Puntaje total (sin contar requerimiento de innovación)	100,0	100,0	100,0
Cantidad de requerimientos mínimos	14	16	16

Puntaje total con requerimiento de innovación 105,0 105,0 105,0

Fuente: Lista de control CVS v1.1.

Anexo E: Cuadro resumen. Categorías y puntajes de la Certificación LEED BD+C.

CERTIFICACIÓN LEED BD+C (Building Design and Construction)								
ITEM	CATEGORIA	DESCRIPCIÓN	SUB-ITEM	SUBCATEGORIA	OBJETIVO	REQUERIMIENTO	PUNTOS	MÁX. PUNTAJE
1	Sitio Sustentable (10 puntos) 	Fomenta estrategias que minimicen el impacto sobre los ecosistemas, gestión de aguas pluviales y alternativas de transporte.	1.1	Evaluación del sitio	Evaluar las condiciones del sitio antes de realizar el diseño para estimar las opciones sostenibles.	Estudiar: Topografía, hidrología, clima, vegetación, suelos, uso humano y efectos sobre la salud humana.	1	1
			1.2	Proteger o restaurar el hábitat	Conservar las áreas naturales existentes y restaurar áreas dañadas.	Restauración in situ. Apoyo financiero.	1 a 2	2
			1.3	Espacio abierto	Crear un espacio exterior abierto que fomente la interacción con el medio ambiente.	Proporcionar espacio al aire libre mayor o igual al 30% del área total del sitio.	1	1
			1.4	Gestión del agua de lluvia	Reducir el volumen de escurrimiento y mejorar la calidad del agua replicando la hidrología natural.	Tratar el escurrimiento de superficies impermeables.	1 a 3	3
			1.5	Reducción de la isla de calor	Minimizar los efectos sobre los microclimas y los hábitats humanos.	Tener techos con material vegetal o sistemas de generación de energía. Usar techo de alta reflectancia.	1 a 2	2
			1.6	Reducción de la contaminación luminica	Mejorar la visibilidad nocturna.	No exceder la clasificación de iluminación ascendente de luminarias.	1	1
2	Eficiencia del Agua (11 puntos) 	Promueve un uso más eficiente del agua de interiores, de riego y de proceso para así reducir el consumo de agua.	2.1	Reducción del uso de agua en exteriores	Reducir el consumo de agua exterior.	1. No se requiere irrigación. 2. Riego reducido.	1 a 2	2
			2.2	Reducción del uso de agua en interiores	Reducir el consumo de agua interior.	Reducir aún más el uso de agua en instalaciones y accesorios desde la línea base calculada en "Reducción de uso de agua en interiores como requisito previo".	1 a 6	6
			2.3	Torre de enfriamiento y uso de agua de proceso	Conservar el agua utilizada para procesos mecánicos y composición de torres de enfriamiento.	1. Uso de agua de la torre de enfriamiento. 2. Sin torre de enfriamiento. 3. Uso de agua de proceso.	1 a 2	2
			2.4	Medición de agua	Apoyar la gestión del agua e identificar oportunidades para ahorros adicionales.	Instalar medidores de agua permanentes.	1	1
3	Energía y Atmósfera (33 puntos) 	Promueve un mejor desempeño energético del edificio a través de estrategias para reducir la demanda de energía, la eficiencia energética en la envolvente y en los sistemas del edificio, la promoción de energía renovable y el comisionamiento	3.1	Puesta en servicio mejorada	El proyecto cumpla con los requisitos en materia de energía, agua, calidad ambiental interior y durabilidad.	1. Puesto en servicio mejorada. 2. Puesta en servicio del cerramiento del edificio.	2 a 6	6
			3.2	Optimizar el rendimiento energético	Lograr niveles superiores de rendimiento energético para reducir los daños ambientales y económicos asociados al uso excesivo de energía.	1. Cumplimiento del rendimiento energético. 2. Cumplimiento prescriptivo. 3. Optimización de sistemas.	1 a 18	18
			3.3	Medición avanzada de energía	Apoyar la gestión de la energía e identificar oportunidades para ahorros de energía adicionales.	Instalar medición de energía avanzada.	1	1

Fuente: Elaboración propia.

CERTIFICACIÓN LEED BD+C (Building Design and Construction)								
ITEM	CATEGORIA	DESCRIPCIÓN	SUB-ITEM	SUBCATEGORIA	OBJETIVO	REQUERIMIENTO	PUNTOS	MÁX. PUNTAJE
			3.4	Armonización de la red	Incrementar la participación en tecnologías y programas de respuesta.	Diseñar edificios y equipos con cambio de carga.	1 a 2	2
			3.5	Energía renovable	Reducir los daños ambientales y económicos asociados con la energía de combustibles fósiles a través del aumento del suministro de energía renovable.	Utilizar sistemas de energía renovable en el sitio.	1 a 5	5
			3.6	Gestión mejorada de refrigerantes	Reducir el agotamiento de la capa de ozono.	1. Sin refrigerantes o refrigerantes de bajo impacto. 2. Cálculo del impacto del refrigerante.	1	1
4	Materiales y Recursos (13 puntos) 	Fomenta el uso de materiales de construcción sostenible y la gestión de residuos.	4.1	Reducción del impacto del ciclo de vida de los edificios	Fomentar la reutilización adaptativa y optimizar el desempeño ambiental de productos y materiales.	1. Reutilización de edificios históricos. 2. Renovación de edificios abandonados o arriado. 3. Reutilización de materiales y construcción. 4. Evaluación del ciclo de vida del edificio completo.	2 a 5	5
			4.2	Divulgación y optimización de productos de construcción (declaraciones ambientales de productos)	Fomentar el uso de productos y materiales para los cuales se dispone información sobre el ciclo de vida y que tienen impactos ambientales.	1. Declaración ambiental de producto. 2. Optimización de múltiples atributos.	1 a 2	2
			4.3	Divulgación y optimización de productos de construcción (abastecimiento de materias primas)	Fomentar el uso de productos y materiales para los cuales se dispone información sobre el ciclo de vida y que tienen impactos ambientales.	Abastecimiento responsable de materias primas.	1 a 2	2
			4.4	Divulgación y optimización de productos de construcción (Ingrediente de materiales)	Fomentar el uso de productos y materiales para los cuales se dispone información sobre el ciclo de vida y que tienen impactos ambientales.	1. Informe de ingredientes de los materiales. 2. Optimización de ingredientes de los materiales.	1 a 2	2
			4.5	Gestión de residuos de construcción y demolición	Reducir los residuos de construcción y demolición dispuestos en vertederos.	1. Desvío. 2. Reducción del material de residuos totales.	1 a 2	2
5	Calidad Ambiental Interior (16 puntos) 	Promueve una mejor calidad ambiental interior, mediante el control de sustancias contaminantes, el acceso a la luz natural, el confort térmico y acústico.	5.1	Estrategias mejoradas de calidad del aire interior	Promover el confort, el bienestar y la productividad de los ocupantes mejorando la calidad del aire interior.	1. Estrategias IAQ mejoradas. 2. Estrategias IAQ mejoradas aumentadas.	1 a 2	2
			5.2	Materiales de baja emisión	Reducir las concentraciones de contaminantes químicos que pueden dañar la calidad del aire.	Utilizar materiales dentro del edificio que cumpla con los criterios de bajas emisiones.	1 a 3	3
			5.3	Plan de gestión de la calidad del aire interior de la construcción	Promover el bienestar de los trabajadores de la construcción y los ocupantes de los edificios.	Desarrollar e implementar un plan de gestión de la calidad del aire interior (IAQ) para las fases de construcción y ocupación del edificio.	1	1
			5.4	Evaluación de la calidad del aire interior	Establecer aire interior de mejor calidad posterior a la construcción.	1. Eliminación de residuos. 2. Prueba de aire.	1 a 2	2
			5.5	Confort térmico	Promover la productividad, el confort y el bienestar de los ocupantes brindándoles un confort térmico de calidad.	Cumplir con los requisitos para el diseño de confort térmico y control de confort térmico.	1	1

Fuente: Elaboración propia.

CERTIFICACIÓN LEED BD+C (Building Design and Construction)								
ITEM	CATEGORIA	DESCRIPCIÓN	SUB-ITEM	SUBCATEGORIA	OBJETIVO	REQUERIMIENTO	PUNTOS	MÁX. PUNTAJE
			5.6	Iluminación interior	Promover la productividad, el confort y el bienestar de los ocupantes proporcionando iluminación de alta calidad.	1. Control de iluminación. 2. Calidad de iluminación.	1 a 2	2
			5.7	Luz del día	Conectar a los ocupantes del edificio con el exterior.	Proporcionar dispositivos de control de deslumbramiento manuales o automáticos.	1 a 3	3
			5.8	Vistas de calidad	Brindar a los ocupantes del edificio una conexión con el entorno natural exterior.	Lograr una línea de visión directa hacia el exterior mediante acristalamiento visual para el 75% de toda la superficie ocupada habitualmente.	1	1
			5.9	Rendimiento acústico	Proporcionar espacios de trabajo.	Se debe cumplir con los requisitos mínimos relacionados al ruido.	1	1
6	Innovación y Diseño (6 puntos) 	Valora aquellos atributos del proyecto que van más allá de los requisitos contenidos en las otras categorías de LEED® o incorporan una estrategia que no aborda ningún prerrequisito o crédito.	6.1	Innovación	Fomentar proyectos para lograr un desempeño excepcional o innovador.	1. Innovación. 2. - Piloto. 3. - Estrategias adicionales.	1 a 5	5
			6.2	Profesional acreditado LEED	Fomentar la integración del equipo que requiere un proyecto LEED.	Al menos un participante principal del equipo del proyecto debe ser un profesional acreditado LEED.	1	1
7	Prioridades Regionales (4 puntos) 	Aborda las prioridades ambientales regionales para edificios en diferentes regiones geográficas.	7.1		Proporcionar un incentivo para la consecución de créditos que aborden prioridades ambientales, equidad social y de salud pública.	Obtener hasta 4 de 6 créditos de prioridad regional, según la base de datos.	1 a 4	4
8	Proceso Integral (1 punto) 	Maximizar las oportunidades para la adopción integrada y rentable de estrategias de diseño y construcción sustentable, enfatizando la salud humana como un criterio de evaluación.	8.1	Proceso integrativo	Apoyar resultados de proyectos rentables y de alto rendimiento a través de un análisis temprano de las interrelaciones entre los sistemas.	Desarrollar un plan que describa la integración del equipo del proyecto y el desempeño del proyecto.	1	1
9	Localización y Transporte (32 puntos) 	Promueve la eficacia de los espacios públicos para el desplazamiento de los usuarios, mejorando su salud física y disminuyendo el uso de vehículos motorizados.	9.1	LEED para ubicación de desarrollo vecindario	Reducir la distancia recorrida por el vehículo. Fomentar la actividad física diaria.	Ubicar el proyecto dentro de los límites de un desarrollo certificado bajo LEED. Para desarrollo de vecindarios.	8 a 16	16
			9.2	Protección sensible de la tierra	Evitar el desarrollo de terrenos ambientales sensibles.	Utilizar un terreno previamente desarrollado.	1	1
			9.3	Sitio de alta prioridad y desarrollo equitativo	Construir en un ambiente en donde se mejore la economía y la comunidad social.	Ubicarse en zonas de comunidades económicamente desfavorecidas, o viviendas asequibles en proyectos residenciales.	1 a 2	2
			9.4	Densidad entorno y usos diversos	Conservar la tierra y el hábitat de la vida silvestre.	La densidad circundante debe estar dentro de los valores indicados en la tabla 1a.	1 a 5	5
			9.5	Acceso a un tránsito de calidad	Fomentar el desarrollo de lugares en donde se reduzca el uso de vehículos con motor para reducir los gases de efecto invernadero.	Ubicar cualquier entrada funcional del proyecto dentro de una distancia de 400 m a pie de la parada de autobús.	1 a 5	5

Fuente: Elaboración propia.

CERTIFICACIÓN LEED BD+C (Building Design and Construction)								
ITEM	CATEGORIA	DESCRIPCIÓN	SUB-ITEM	SUBCATEGORIA	OBJETIVO	REQUERIMIENTO	PUNTOS	MÁX. PUNTAJE
			9.6	Instalaciones para bicicletas	Promover la eficiencia del transporte y la bicicleta. Mejorar la salud pública.	Diseñar un lugar para guardar bicicletas dentro de un radio de 180 m del acceso funcional del proyecto.	1	1
			9.7	Huellas de estacionamiento reducida	Minimizar los daños ambientales asociados a los estacionamientos.	Prohibir el estacionamiento fuera de la vía pública.	1	1
			9.8	Vehículos eléctricos	Reducir la contaminación promoviendo alternativas de vehículos eléctricos.	Instalar equipos de suministro para vehículos eléctricos.	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Anexo F: Cuadro resumen. Categorías y puntajes de la Certificación WELL.

CERTIFICACIÓN WELL							
ITEM	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	SUB-ITEM	SUBCATEGORÍA	OBJETIVO	REQUERIMIENTO	MÁX.PUNTAJE
1	AIRE (mejoramientos) 	Objetivo: Logar altos niveles de calidad del aire interior a lo largo de la vida útil de un edificio a través de diversas estrategias.	1.1	Calidad del aire mejorada	Fomentar y reconocer edificios con niveles mejorados de calidad del aire interior que promuevan la salud y el bienestar de las personas.	Aplicar estrategias de control de fuentes, de operación y diseño de edificios pasivos y activos.	4
			1.2	Diseño de ventilación mejorado	Expulse los contaminantes generados internamente y mejore la calidad del aire en la zona de respiración mediante un mayor suministro de aire exterior o una mayor eficiencia de ventilación.	Requiere la implementación de estrategias de ventilación avanzadas que puedan lograr niveles más altos de calidad del aire y así beneficiar la salud y la productividad humanas.	3
			1.3	Ventanas operables	Aumentar el suministro de aire exterior de alta calidad y promover una conexión con el entorno exterior	Requiere que los edificios con ventanas operables aumenten el suministro de aire exterior de alta calidad y promuevan una conexión con el entorno exterior.	2
			1.4	Monitoreo y concientización sobre la calidad del aire	Supervisar los problemas de calidad del aire interior, así como informar y educar a las personas sobre la calidad del ambiente interior.	Requiere la medición continua de datos contaminantes para educar y capacitar a los ocupantes sobre su calidad ambiental.	2
			1.5	Gestión de infiltración de la contaminación	Minimizar la introducción de contaminantes en el aire interior a través de la envolvente del edificio y en las entradas del mismo.	Requiere proyectos para reducir la transmisión de aire y contaminantes del exterior al interior a través de la envolvente y la entrada del edificio.	2
			1.6	Minimización de la combustión	Reducir la exposición humana a la contaminación del aire relacionada con la combustión procedente de fuentes de calefacción y transporte.	Requiere que los proyectos utilicen productos de combustión de bajas emisiones o eliminen por completo los productos basados en la combustión.	1
			1.7	Separación de fuentes	Preservar la calidad del aire interior y maximizar el confort olfativo en los espacios ocupados mediante el aislamiento y la ventilación adecuada de las fuentes de contaminación.	Requiere estrategias que aislen fuentes clave de olores, gérmenes, contaminación o humedad a través de puertas o escapes dedicados.	1
			1.8	Filtración de aire	Reduzca los contaminantes transportados por el aire en interiores y exteriores mediante la filtración de aire.	Requiere que los proyectos con espacios ventilados mecánicamente implementen una filtración de aire adecuada y documenten un protocolo de mantenimiento para los filtros instalados.	1
			1.9	Aire de suministro mejorado	Mitigar los riesgos de la contaminación interior y las fuentes de contaminación, como partículas de enfermedades infecciosas y compuestos orgánicos volátiles (COV).	Requiere que los proyectos utilicen aire de suministro que no se recircule o que se trate con filtros de carbón, filtros de medios y/o irradiación germicida ultravioleta (UVGI).	1
			1.10	Control de microbios y moho	Reduzca el crecimiento de moho y bacterias dentro del sistema mecánico del edificio.	Requiere que los proyectos utilicen sistemas UVGI y/o realicen inspecciones periódicas de los componentes del sistema de enfriamiento.	1

Fuente: Elaboración propia.

CERTIFICACIÓN WELL							
ITEM	CATEGORIA	DESCRIPCIÓN	SUB-ITEM	SUBCATEGORIA	OBJETIVO	REQUERIMIENTO	MÁX.PUNTAJE
2	AGUA (mejoramientos) 	Cubrir aspectos de la calidad, distribución y control del agua líquida en un edificio.	2.1	Calidad del agua mejorada	Proporcionar acceso a agua potable sin sabores, olores ni apariencias desagradables.	Requiere que los proyectos proporcionen agua potable que cumpla con los umbrales de sustancias químicas que afectan la estética y el sabor.	1
			2.2	Gestión de la calidad del agua potable	Mantener y mostrar una alta calidad constante del agua potable.	Requiere pruebas previas de los parámetros de calidad del agua para determinar las necesidades de tratamiento, monitoreo a intervalos más frecuentes y divulgación de los resultados del agua.	3
			2.3	Gestión de agua para beber	Promover una adecuada hidratación mediante el consumo de agua potable frente a alternativas menos saludables fomentando el acceso a agua potable de calidad contrastada.	Requiere dispensadores de agua potable fácilmente disponibles y mantenidos.	1
			2.4	Control de la humedad	Limite el potencial de crecimiento de bacterias y moho dentro de los edificios debido a la infiltración de agua, la condensación y las fugas internas.	Requiere que los proyectos desarrollen estrategias para minimizar la presencia de agua no intencional.	3
			2.5	Apoyo a la higiene	Garantizar la disponibilidad de baños y apoyar prácticas higiénicas de lavado de manos y uso del baño para todas las personas.	Requiere proyectos para proporcionar baños que se adapten a usuarios con diversas necesidades y mejorar la higiene ofreciendo lavabos grandes.	4
			2.6	Reutilización in situ de agua no potable	Conservar el agua a través de sistemas de agua no potable sin comprometer la salud de los ocupantes del edificio.	Requiere que los proyectos implementen un plan de seguridad al capturar y usar agua no potable dentro de los límites del proyecto.	2
3	ALIMENTACIÓN (mejoramientos) 	Apunta hacia la disponibilidad de frutas y verduras, y transparencia nutricional.	3.1	Ingredientes refinados	Ayude a las personas a evitar alimentos altamente procesados e ingredientes refinados.	Requiere limitar adecuadamente el azúcar y los cereales refinados en todos los alimentos y bebidas.	2
			3.2	Publicidad de alimentos	Fomentar la selección y el consumo de opciones de alimentos más saludables a través de publicidad y mensajes.	Requiere publicidad de alimentos saludables y mensajes nutricionales.	1
			3.3	Ingredientes artificiales	Ayude a las personas a evitar colorantes, sabores, edulcorantes y conservantes artificiales en alimentos y bebidas.	Requiere que los proyectos etiqueten y eliminen o restrinjan los ingredientes artificiales.	1
			3.4	Tamaño de las porciones	Promover tamaños de porciones saludables y reducir el consumo excesivo involuntario y el desperdicio de alimentos.	Requiere opciones de alimentos de tamaño reducido cuando se venden o proporcionan alimentos y limita el tamaño de la vajilla cuando los alimentos son de autoservicio.	1
			3.5	Educación nutricional	Apoyar un patrón de alimentación saludable aumentando el conocimiento nutricional y la alfabetización alimentaria.	Requiere la provisión de educación nutricional.	1
			3.6	Comer conscientemente	Fomente conductas alimentarias conscientes y oportunidades para cenar en comunidad.	Requiere un espacio dedicado para comer que contenga mesas y sillas y la provisión de descansos diarios para comer.	2

Fuente: Elaboración propia.

CERTIFICACIÓN WELL							
ITEM	CATEGORIA	DESCRIPCIÓN	SUB-ITEM	SUBCATEGORIA	OBJETIVO	REQUERIMIENTO	MÁX.PUNTAJE
			3.7	Dietas especiales	Proporcionar opciones de alimentos alternativos a personas con restricciones dietéticas, alergias o intolerancias alimentarias y etiquetar los alérgenos alimentarios comunes.	Requiere el suministro de alternativas de comidas y etiquetado de alérgenos alimentarios.	2
			3.8	Preparación de comida	Proporcionar espacio y servicios de apoyo para la preparación de comidas en el lugar.	Requiere un área de preparación de alimentos, espacio de almacenamiento y otras comodidades para apoyar el reensamblaje o recalentamiento de las comidas en el lugar.	1
			3.9	Abastecimiento responsable de alimentos	Reducir la exposición dietética a pesticidas, hormonas y antibióticos, limitar la degradación ambiental y promover prácticas ganaderas humanas.	Requiere obtener y etiquetar alimentos orgánicos y sostenibles certificados.	1
			3.10	La producción de alimentos	Proporcionar oportunidades para la producción de alimentos in situ y aumentar el acceso a los alimentos.	Requiere la provisión de espacio, infraestructura y herramientas para la producción de alimentos en el sitio.	2
			3.11	Entorno alimentario local	Aumentar el acceso a frutas y verduras frescas, locales y de temporada reduciendo las barreras ambientales.	Requiere que los proyectos tengan en cuenta el entorno alimentario local durante la selección o programación del sitio.	1
			3.12	Carnes rojas y procesadas	Aumentar la disponibilidad de opciones de alimentos de origen vegetal.	Requiere proporcionar opciones de alimentos de origen vegetal, limitar el tamaño de las porciones de carne roja y disminuir la prominencia de las carnes rojas y procesadas.	1
4	LUZ (mejoramientos)	Promueve la exposición a la luz y tiene como objetivo crear ambientes de iluminación que promuevan la salud visual, mental y biológica.	4.1	Diseño de iluminación circadiana	Apoye la salud circadiana y psicológica mediante la exposición a la luz natural en interiores y vistas al exterior.	Requiere proyectos que proporcionen a los usuarios una exposición adecuada a la luz para mantener la salud circadiana y alinear el ritmo circadiano con el ciclo día-noche.	3
			4.2	Control de deslumbramiento de luz eléctrica	Minimiza el deslumbramiento causado por la luz eléctrica.	Requiere que los proyectos gestionen el deslumbramiento mediante el uso de estrategias, como el cálculo del deslumbramiento y la elección de las luminarias adecuadas para el espacio.	2
			4.3	Estrategias de diseño de luz natural	Proporcionar exposición a la luz natural en interiores a través de estrategias de diseño.	Requiere que los proyectos diseñen espacios para integrar la luz natural en los ambientes interiores.	4
			4.4	Simulación de luz diurna	Garantice la exposición a la luz natural en interiores mediante estrategias de simulación de luz natural.	Requiere que los proyectos realicen cálculos de simulación de luz natural para tomar decisiones informadas sobre el sombreado.	2
			4.5	Equilibrio visual	Crear ambientes de iluminación que mejoren el confort visual.	Requiere que los proyectos desarrollen e implementen estrategias para crear un ambiente de iluminación visualmente cómodo.	1
			4.6	Calidad de la luz eléctrica	Mejore el confort visual y minimice el parpadeo de la luz eléctrica.	Requiere que los proyectos tengan en cuenta las características de la luz eléctrica utilizada en el espacio, como la reproducción cromática y el parpadeo.	3

Fuente: Elaboración propia.

CERTIFICACIÓN WELL							
ITEM	CATEGORIA	DESCRIPCIÓN	SUB-ITEM	SUBCATEGORIA	OBJETIVO	REQUERIMIENTO	MÁX.PUNTAJE
			4.7	Control de iluminación de ocupantes	Proporcione a las personas acceso a entornos de iluminación personalizables.	Requiere que los proyectos implementen estrategias de iluminación innovadoras que tengan en cuenta las preferencias personales de los usuarios.	3
5	MOVIMIENTO (mejoramientos) 	Promover la actividad física en la vida cotidiana a través del diseño, políticas y programas ambientales para garantizar que las oportunidades de movimiento se integren en el tejido de nuestra cultura, edificios y comunidades.	5.1	Red de circulación	Fomentar el uso de escaleras a través del diseño estético, la señalización y la visibilidad de las mismas.	Requiere proyectos para diseñar escaleras para uso diario y aprovechar la estética.	3
			5.2	Instalaciones para ocupantes activos	Fomentar los desplazamientos activos a través de instalaciones que permitan ir en bicicleta al edificio y a los ocupantes activos en general.	Requiere proyectos para proporcionar almacenamiento de bicicletas sin costo junto con duchas, vestuarios y casilleros, que apoyen tanto a los viajeros activos como a los ocupantes activos.	3
			5.3	Planificación y selección del sitio	Promover el movimiento, la actividad física y la vida activa a través del sitio y servicios cercanos que faciliten la caminabilidad y brinden acceso cercano al transporte público.	Requiere que los proyectos demuestren que el área alrededor del edificio fomenta la transitabilidad para peatones y que el edificio está ubicado cerca del transporte público.	4
			5.4	Oportunidades de actividad física	Fomentar la actividad física y el ejercicio a través de oportunidades de actividad física sin costo para los ocupantes.	Requiere proyectos que brinden oportunidades de actividad física sin costo dirigidas por un profesional calificado en actividad física.	2
			5.5	Mobiliario activo	Fomentar el movimiento, las pausas posturales y los cambios y desalentar el estar sentado o de pie durante mucho tiempo en estaciones de trabajo.	Requiere que los proyectos proporcionen amplias estaciones de trabajo activas, como un escritorio para sentarse o pararse o una cinta de correr.	2
			5.6	Espacios y equipamiento para la actividad física	Promover la actividad física y el ejercicio brindando acceso a espacios y equipos de actividad física sin costo.	Requiere que los proyectos brinden acceso a un espacio de actividad física sin costo a través de un gimnasio en el lugar, una instalación cercana o espacios al aire libre cercanos, como un parque.	2
			5.7	Promoción de la actividad física	Fomentar la actividad física y el ejercicio, mediante el diseño, implementación y seguimiento de programas de incentivo a la actividad física.	Requiere que los proyectos proporcionen incentivos para la actividad física o programas de promoción.	1
			5.8	Autocontrol	Promover la autoconciencia de los comportamientos y métricas de salud a través de tecnología portátil.	Requiere que los proyectos proporcionen o subsidien dispositivos portátiles que puedan monitorear la actividad física y los comportamientos de salud a lo largo del tiempo.	1
			5.9	Programación ergonómica	Mejore el bienestar y la comodidad a través de una programación ergonómica integral.	Requiere que los proyectos trabajen con un ergonomista certificado para implementar una programación ergonómica integral, comprometerse con mejoras continuas en el diseño ergonómico.	3

Fuente: Elaboración propia.

CERTIFICACIÓN WELL							
ITEM	CATEGORIA	DESCRIPCIÓN	SUB-ITEM	SUBCATEGORIA	OBJETIVO	REQUERIMIENTO	MÁX.PUNTAJE
6	CONFORT TÉRMICO (Mejoramientos) 	Objetivo: Promover la productividad humana y proporcionar un nivel máximo de confort térmico entre todos los usuarios del edificio.	6.1	Confort térmico verificado	Mejorar el confort térmico y promover la productividad humana.	Requiere que los proyectos proporcionen altos niveles de confort térmico, determinando la satisfacción de los ocupantes a través de una encuesta.	3
			6.2	Zonificación térmica	Mejorar el control térmico de los ocupantes del edificio mediante la provisión de zonas térmicas.	Requiere proyectos para aumentar el control térmico del espacio, al permitir el control de las condiciones de una zona térmica o del movimiento entre zonas térmicas.	2
			6.3	Control térmico individual	Maximizar y personalizar el confort térmico entre todos los individuos.	Requiere proyectos para mejorar el confort térmico de las personas en el espacio mediante la provisión de dispositivos personales de confort térmico.	3
			6.4	Confort térmico radiante	Maximice el volumen del espacio, reduzca la transmisión de polvo, mejore el control de la ventilación y aumente el confort térmico.	Requiere que los proyectos utilicen sistemas radiantes y sistemas de ventilación controlados de forma independiente.	2
			6.5	Monitoreo de confort térmico	Supervisar y abordar eficazmente las condiciones de confort térmico inaceptables e informar a los administradores y usuarios de los edificios sobre los parámetros de confort térmico.	Requiere que los proyectos monitoreen los parámetros de confort térmico utilizando sensores en sus edificios que pueden usarse como retroalimentación.	1
			6.6	Control de humedad	Limite el crecimiento de patógenos, reduzca la emisión de gases y mantenga el confort térmico proporcionando el nivel adecuado de humedad.	Requiere que los proyectos mantengan niveles óptimos de humedad relativa que sean propicios para la salud y el bienestar humano.	1
			6.7	Ventanas operativas mejoradas	Proporcione los beneficios de un mayor suministro de aire exterior y al mismo tiempo minimice cualquier incomodidad térmica resultante.	Requiere ventanas que se puedan abrir en diferentes elevaciones para proporcionar el flujo de aire deseado a diferentes temperaturas exteriores.	1
			6.8	Confort térmico exterior	Atender las necesidades de confort térmico de los ocupantes del proyecto en los espacios exteriores del proyecto.	Requiere que los proyectos diseñen espacios al aire libre para evitar el viento excesivo y controlar las temperaturas elevadas mediante sombra u otras estrategias.	3
7	SONIDO (mejoramientos) 	Reforzar la salud y el bienestar de los ocupantes mediante la identificación y mitigación de parámetros de confort acústico.	7.1	Niveles máximos de ruido	Lograr los niveles de ruido ambiental deseados de modo que el sistema HVAC, la intrusión de ruido exterior u otras fuentes de ruido no afecten la salud y el bienestar de los ocupantes.	Prescribe umbrales máximos para el ruido de fondo ambiental que corresponden a niveles óptimos de exposición al ruido interior y exterior.	3
			7.2	Barreras de sonido	Incrementar el nivel de aislamiento acústico y privacidad del habla entre espacios cerrados.	Requiere que las paredes y puertas cumplan con un grado mínimo de separación acústica para proporcionar un aislamiento acústico adecuado y mejorar la privacidad del habla.	3
			7.3	Tiempo de reverberación	Diseñar espacios con tiempos de reverberación cómodos que favorezcan la inteligibilidad del habla, el esfuerzo vocal y propicien la concentración.	Requiere que se tomen medidas para abordar el confort acústico, controlando el tiempo de reverberación en función de la funcionalidad de la sala.	2
			7.4	Superficies reductoras de sonido	Diseñe espacios con superficies reductoras de sonido para minimizar la acumulación de habla u otros sonidos no deseados.	Requiere el uso de materiales acústicos que absorban y/o bloqueen el sonido para favorecer la concentración y reducir la reverberación.	2

Fuente: Elaboración propia.

CERTIFICACIÓN WELL							
ITEM	CATEGORIA	DESCRIPCIÓN	SUB-ITEM	SUBCATEGORIA	OBJETIVO	REQUERIMIENTO	MÁX.PUNTAJE
			7.5	Sonido de fondo mínimo	Incrementar la privacidad acústica dentro y entre los espacios ocupados.	Requiere el uso de sonido artificial dedicado para aumentar uniformemente la privacidad del habla entre espacios ocupados.	2
			7.6	Gestión del ruido de impacto	Reducir el nivel de radiación del ruido de impacto mediante el diseño de suelos resilientes.	Requiere que los proyectos gestionen los niveles de ruido de fondo demostrando el cumplimiento de las técnicas de mitigación del ruido de impacto.	3
			7.7	Dispositivos de audio mejorados	Mejore la inteligibilidad y accesibilidad del habla proporcionando tecnología de audio dedicada y de alto rendimiento.	Requiere proyectos para implementar políticas organizacionales y proporcionar a los ocupantes dispositivos que respalden una mayor inteligibilidad del habla.	2
			7.8	Conservación de la salud auditiva	Aumentar el acceso a recursos y programación estructurada para los empleados que corren riesgo de sufrir pérdida auditiva ocupacional.	Requiere que los proyectos u organizaciones implementen políticas y programas que apoyen la conservación de la salud auditiva.	1
8	MATERIALES (mejoramientos)	Objetivo: Reducir la exposición humana, ya sea directa o mediante contaminación ambiental, a sustancias químicas que pueden afectar la salud durante la construcción, remodelación, equipamiento y operación de edificios.	8.1	Remediación del sitio	Promover el desarrollo más seguro de sitios potencialmente contaminados mediante la evaluación y mitigación de los peligros.	Requiere evaluación, pruebas y remediación del sitio para el desarrollo de sitios contaminados.	1
			8.2	Restricciones de materiales mejoradas	Minimizar la exposición a ciertas sustancias químicas limitando su presencia en los productos.	Requiere restringir los productos químicos que se encuentran en productos comúnmente instalados en edificios.	2
			8.3	Restricciones de COV	Minimizar el impacto de los compuestos orgánicos volátiles (COV) emitidos por los productos en la calidad del aire interior.	Requiere el cumplimiento de los umbrales de emisión para los materiales colocados dentro de la envolvente del edificio.	4
			8.4	Transparencia de materiales	Promover la transparencia material en toda la cadena de suministro de materiales de construcción y productos.	Requiere la compilación y disponibilidad de descripciones de productos, con ingredientes evaluados y divulgados a través de programas de transparencia.	3
			8.5	Optimización de materiales	Promover la selección de productos que hayan sido auditados para minimizar los impactos en la salud humana y ambiental.	Requiere detección y etiquetado de productos de acuerdo con programas que auditan y restringen el uso de contenidos de ingredientes peligrosos en materiales y productos.	2
			8.6	Gestión de residuos	Mitigar la contaminación ambiental y la exposición asociada a los peligros presentes en ciertos desechos.	Requiere la gestión segura y la minimización de los desechos asociados con productos químicos peligrosos presentes en productos de uso común.	1
			8.7	Manejo de plagas y uso de pesticidas	Reducir la presencia de plagas en las edificaciones principalmente mediante principios de manejo integrado de plagas (MIP).	Requiere el uso de IPM para el control de plagas para reducir la aplicación de pesticidas y, cuando sea necesario, seleccionar pesticidas de bajo riesgo acompañados de carteles.	1
			8.8	Productos y protocolos de limpieza	Proporcionar eficacia de limpieza seleccionando productos menos peligrosos y estableciendo protocolos y prácticas de limpieza adecuados.	Requiere la restricción de ingredientes peligrosos o dañinos en los productos de limpieza, desinfección y sanitización.	2
			8.9	Reducción de contacto	Implementar estrategias para reducir el contacto humano con partículas respiratorias y superficies que puedan transportar patógenos.	Requiere que los proyectos implementen estrategias de diseño y políticas para minimizar algunos casos de contacto con partículas respiratorias contaminadas.	2

Fuente: Elaboración propia.

CERTIFICACIÓN WELL							
ITEM	CATEGORIA	DESCRIPCIÓN	SUB-ITEM	SUBCATEGORIA	OBJETIVO	REQUERIMIENTO	MÁX.PUNTAJE
9	MENTE (mejoramientos) 	Promueve la salud mental a través de políticas, programas y estrategias de diseño que buscan abordar los diversos factores que influyen en el bienestar cognitivo y emocional.	9.1	Servicios de salud mental	Aumentar la conciencia sobre las condiciones de salud mental, así como ofrecer servicios de apoyo en el lugar de trabajo y adaptaciones para quienes viven con dichas condiciones.	Requiere proyectos para apoyar la salud mental de los ocupantes mediante la provisión de programas y recursos.	4
			9.2	Educación sobre salud mental	Promover la concientización y la educación sobre la salud mental mediante la provisión de ofertas de capacitación o educación centradas en la salud mental.	Requiere proyectos para brindar educación y capacitación a empleados y gerentes para ayudarlos a comprender mejor cómo administrar su propia salud mental y apoyar a los demás.	2
			9.3	Manejo del estrés	Identifique áreas de estrés dentro del lugar de trabajo y cree un plan para el manejo del estrés.	Requiere proyectos para evaluar el estrés dentro de la organización y crear un plan para aliviar o modificar las fuentes de estrés.	2
			9.4	Oportunidades restaurativas	Apoyar el bienestar de los empleados brindándoles oportunidades de recuperación y restauración dentro y fuera del lugar de trabajo.	Requiere proyectos que respalden la recuperación y la restauración del trabajo y fomenten un equilibrio saludable entre el trabajo y la vida personal.	2
			9.5	Espacios restaurativos	Apoyar el acceso a espacios que promuevan la restauración y el alivio de la fatiga mental o el estrés.	Requiere que los proyectos proporcionen espacios que promuevan un ambiente reparador y fomenten el alivio de la fatiga mental y el estrés.	1
			9.6	Programación restaurativa	Apoyar el acceso a programas que promuevan la restauración y el alivio de la fatiga mental o el estrés.	Requiere proyectos para desarrollar una programación continua para los ocupantes que se centre en la relajación, la restauración o la atención plena, como la meditación o el movimiento consciente.	1
			9.7	Acceso mejorado a la naturaleza	Apoyar el acceso a la naturaleza más allá de MO2: Acceso a la Naturaleza y la Belleza.	Requiere la integración de la naturaleza y los elementos naturales en el interior y exterior del proyecto.	2
			9.8	Dejar de fumar	Reducir el consumo de tabaco mediante intervenciones que apoyen el abandono del tabaco y prevengan la venta y publicidad de productos de tabaco.	Requiere que los proyectos que venden productos minoristas restrinjan la venta y comercialización de productos de tabaco.	3
			9.9	Servicios de uso de sustancia	Aumentar la disponibilidad y el acceso a servicios, recursos y atención de apoyo al abuso de sustancias y adicciones.	Requiere proyectos para delinear políticas relacionadas con el uso de drogas y alcohol en el lugar de trabajo y brindar educación sobre el uso de sustancias.	2
10	COMUNIDAD (mejoramientos) 	Objetivo: Apoyar el acceso a la atención médica esencial, construir una cultura de salud que se adapte a las diversas necesidades de la población y establecer una comunidad de ocupantes inclusiva y comprometida.	10.1	Encuesta de ocupantes mejorada	Aproveche los requisitos mínimos de la encuesta de ocupantes con preguntas mejoradas y personalizadas.	Requiere que los proyectos se basen en los requisitos mínimos de la encuesta de ocupantes recopilando y respondiendo a información más detallada y personalizada de los usuarios.	4
			10.2	Servicios y beneficios de salud	Apoyar la salud y el bienestar general de las personas y sus familias ofreciendo beneficios, políticas y servicios de salud integrales.	Requiere que los proyectos brinden acceso a servicios de salud esenciales y bajo demanda, licencia por enfermedad remunerada e inmunizaciones.	5
			10.3	Promoción mejorada de la salud y el bienestar	Cultivar una cultura que priorice y promueva la salud y el bienestar de todos los individuos.	Requiere proyectos para cultivar una cultura de salud a través de comunicaciones, programas de promoción de la salud y liderazgo a nivel ejecutivo.	2

Fuente: Elaboración propia.

CERTIFICACIÓN WELL							
ITEM	CATEGORIA	DESCRIPCIÓN	SUB-ITEM	SUBCATEGORIA	OBJETIVO	REQUERIMIENTO	MÁX.PUNTAJE
			10.4	Apoyo para nuevos padres	Brindar apoyo a los nuevos padres para que se cuiden adecuadamente a sí mismos y a sus hijos.	Requiere licencia parental remunerada para los cuidadores primarios y no principales y recursos de apoyo para los padres que regresan al trabajo.	3
			10.5	Apoyo a la nueva madre	Proporcionar espacios y políticas que fomenten y apoyen la lactancia materna.	Requiere la provisión de salas de lactancia dedicadas con servicios de apoyo, así como tiempos de descanso pagados, alojamiento para viajes y recursos.	3
			10.6	Apoyo familiar	Apoyar a los padres y cuidadores que trabajan para que puedan cuidar adecuadamente a los miembros de su familia.	Requiere que los proyectos ofrezcan políticas y programas que faciliten el cuidado infantil y las licencias familiares.	3
			10.7	Compromiso civil	Alentar a las personas a participar activamente y conectarse con la comunidad circundante a través del voluntariado, espacios públicos y programación comunitaria.	Requiere un compromiso con la participación cívica a través de actividades caritativas, espacios públicos designados y programas de participación comunitaria.	2
			10.8	Diversidad e inclusión	Promover una cultura equitativa a través de la implementación y divulgación de políticas e iniciativas de diversidad e inclusión.	Requiere que los proyectos implementen e informen sobre políticas y programas internos que promuevan la diversidad y la inclusión.	3
			10.9	Accesibilidad y diseño universal	Proporcionar edificios que sean accesibles, cómodos y utilizables para personas de todos los orígenes y habilidades.	Requiere que los proyectos vayan más allá de las leyes y/o códigos de accesibilidad al integrar principios de diseño universal.	2
			10.10	Recursos de emergencia	Proporcionar recursos, personal y capacitación para ayudar a las organizaciones, familias e individuos a responder a diversas situaciones de emergencia.	Requiere que los proyectos ofrezcan recursos como botiquines de primeros auxilios, desfibriladores externos automáticos (DEA) y kits de respuesta a opioides.	2
			10.11	Resiliencia y recuperación de emergencia	Permitir mejor a las personas y comunidades mantener la salud y el bienestar, y a las organizaciones mantener el funcionamiento empresarial, durante y después de las emergencias.	Requiere que los proyectos creen un plan de continuidad del negocio, establezcan un plan de reingreso y ofrezcan recursos de apoyo.	4
			10.12	Equidad de vivienda	Promover la equidad en la vivienda mediante la asignación de unidades de vivienda asequibles y saludables.	Requiere que los proyectos designen unidades de vivienda asequibles que sean ciegas a la tenencia, reduzcan los costos de vivienda para inquilinos de bajos ingresos.	2
			10.13	Prácticas laborales responsables	Promover el compromiso organizacional con prácticas laborales responsables para abordar la esclavitud moderna en la cadena de suministro y apoyar los derechos humanos.	Requiere que los proyectos evalúen y revelen prácticas laborales injustas asociadas con la esclavitud moderna en sus operaciones y cadena de suministro.	3
			10.14	Apoyo a las víctimas de violencia doméstica	Aumentar la disponibilidad y el acceso a servicios de apoyo, recursos y atención para las víctimas de violencia doméstica.	Requiere que los proyectos implementen una política que apoye a las víctimas de violencia doméstica y eduquen a los empleados sobre los recursos contra la violencia doméstica.	2
			10.15	Educación y apoyo	Apoyar el crecimiento profesional reduciendo las barreras de avance educativo y profesional.	Requiere apoyo financiero para oportunidades de educación y/o tutoría para respaldar el avance profesional y la estabilidad financiera.	2
			10.16	Reconocimiento histórico	Reconocer y honrar los derechos históricos, la propiedad y la ocupación de la tierra y/o reconocer contribuciones sociales significativas de las comunidades marginadas.	Requiere que los proyectos desarrollen un programa integral que reconozca la historia de la colonización, el desplazamiento y la reubicación y/o las contribuciones significativas.	1

Fuente: Elaboración propia.

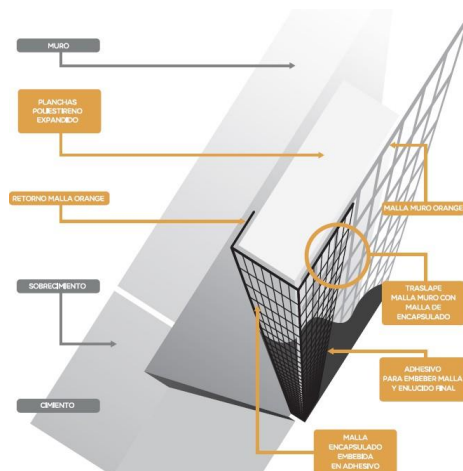
Anexo G: Ilustraciones del proceso constructivo EIFS.

En el siguiente anexo se presenta el proceso constructivo EIFS revestido con texturas de la marca Weber Saint-Gobain por medio de ilustraciones del mismo fabricante.

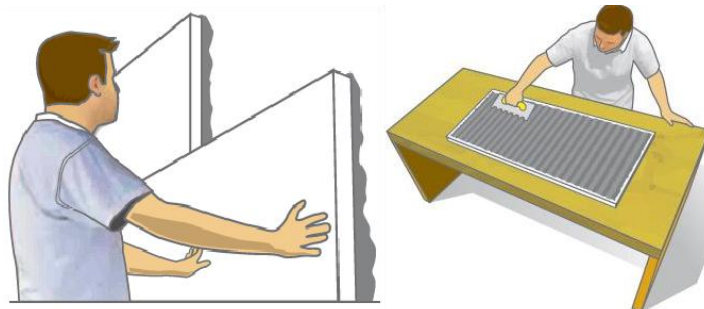
1. Preparar la mezcla de mortero adhesivo con un taladro mezclador.



2. Encapsular la plancha de poliestireno en la parte inferior del muro dejando 5 cm por sobre el NTN (Nivel de Terreno Natural) o NPT (Nivel de Piso Terminado).

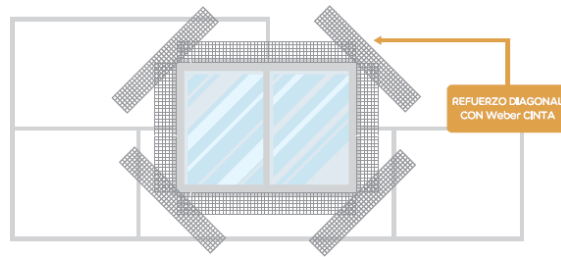


3. Pegar las planchas al muro en forma trabada tanto de manera horizontal como en las esquinas, considerando mortero adhesivo.

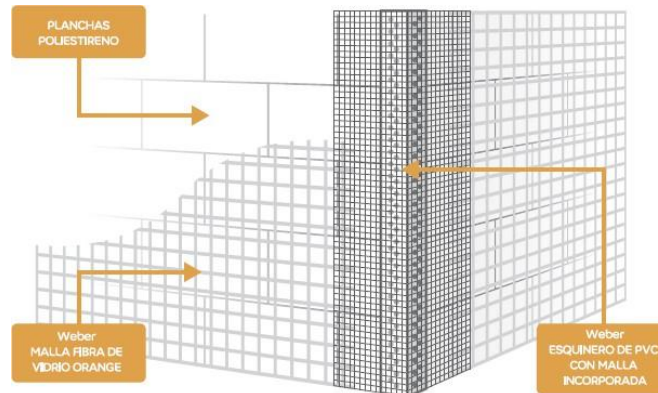


4. Aplicar la primera mano de adhesivo weber sobre material aislante.

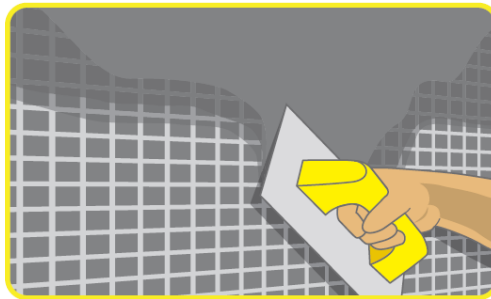
5. En caso de tener vanos en el muro, reforzar con mallas Orange Weber.



6. Pegar la Weber malla fibra de vidrio más esquineros de refuerzos.



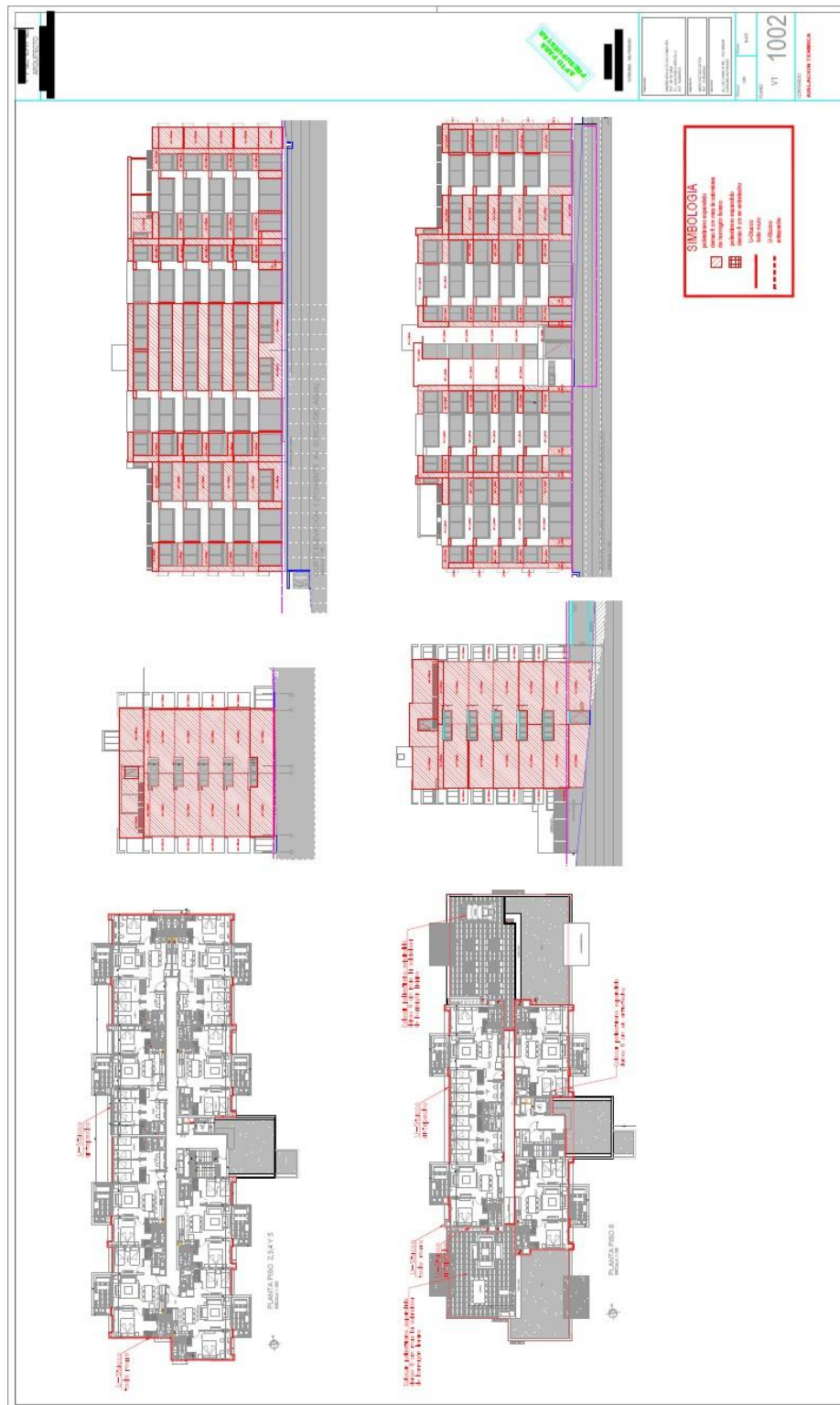
7. Aplicar la segunda mano de adhesivo Weber sobre material aislante.



8. Aplicar Weber Cover y posteriormente Weber textura.



Anexo H: Plano de planta y elevación de aislación térmica con U-Stucco.



Fuente: SERIE 1000 1002 AISLACION TERMICA_8.4.21 (Plano del proyecto de edificación).

08 Acondicionamiento térmico

a) Aislación térmica de techumbre

Sobre la losa de cielo en sus zonas cubiertas, se consulta aislación térmica en base a Poliestireno Expandido de 80 mm, densidad 30 kg/m2 colocado directamente sobre la losa, bajo el entablado de cubierta.

Para las zonas con terraza en la última losa se consulta poliuretano de alta densidad de espesor mínimo 8 cms. Bajo la sobrelosa y pavimento de terminación.

b) Revestimiento de fachadas U-stucco:

En la superficie exterior de fachada en todos los muros/ tabiques de departamento en contacto con el exterior y de acuerdo a lo indicado en planos de arquitectura, llevarán **U-Stucco**, en espesor indicado por el fabricante para cumplir con la aislación térmica necesaria para la zona. (Según fabricante 4mm en Valparaíso.), debiendo este presentar el respectivo certificado de aislación térmica para presentar a la municipalidad.

Durante la ejecución de la Obra Gruesa se deberá tener especial cuidado en lograr la mejor geometría de las superficies del hormigón armado. En caso contrario, previo a la aplicación del **U-stucco**, se deberá rectificar estas superficies (estas serán de cargo de la empresa constructora y acorde con el anexo de tolerancias) ya sea mediante desbaste o bien mediante revoque con mortero de reparación, hasta lograr que queden planas y bien aplomadas.

En toda la fachada del edificio, en las zonas que lleva **U-Stucco** y las que no, se aplicará pintura con grano como terminación.

En las zonas de fachada indicadas en los planos, que no llevan **U-Stucco**, la pintura con grano se aplicará directamente sobre el muro de hormigón, el que deberá estar en condiciones para recibir la pintura.

Se deberán incorporar corta goteras dadas por el espesor U-stucco a 5cm del borde. (en todas la terrazas de los departamentos.), y rehundida (ósea sin u_tuco) en todos los rasgos de ventanas y losetas de los baños.

Fuente: C_EETT 06-04-21 para presupuesto (Especificaciones Técnicas del proyecto de edificación).

Anexo J: Extracto del Manual de aplicación de la Certificación de Vivienda Sustentable.

En el siguiente anexo se adjunta las tablas relacionadas a los ítems que evalúan la aislación térmica en la Certificación de Vivienda Sustentable (CVS).

2.1.1.b. Requerimiento: Reducción de la demanda térmica en viviendas mejorada.

TABLA 21. DEMANDA MÁXIMA (MEJORADA) DEL PROYECTO (kWh/M ² *año) SEGÚN ZONA TÉRMICA Y SISTEMA DE AGRUPAMIENTO.									
ZONA TÉRMICA	CRITERIO DIFERENCIADO						CRITERIO COMBINADO		
	DEMANDA TÉRMICA CALEFACCIÓN			DEMANDA TÉRMICA ENFRIAMIENTO			DEMANDA CALEFACCIÓN + ENFRIAMIENTO		
	CASA AISLADA	CASA PAREADA O CONTINUA	DEPTO.	CASA AISLADA	CASA PAREADA O CONTINUA	DEPTO.	CASA AISLADA	CASA PAREADA O CONTINUA	DEPTO.
A	22	14	5	56	38	19	78	52	24
B	82	55	27	68	45	21	150	100	48
C	66	46	25	26	17	7	92	63	32
D	61	48	34	29	20	11	90	68	45
E	63	51	39	16	11	6	79	62	45
F	68	56	43	16	11	6	84	67	49
G	65	56	46	10	7	4	75	63	50
H	66	60	53	10	8	5	76	68	58
I	106	97	88	1	1	1	107	98	89

Fuente: Manual de aplicación de la Certificación de Vivienda Sustentable.

2.2.1.a. Requerimiento: Aislación térmica en recintos comunitarios.

TABLA 23. TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) Y RESISTENCIA TÉRMICA MÍNIMA (RT) PARA ENVOLVENTE OPACA SEGÚN ZONA TÉRMICA.									
ZONA TÉRMICA	TECHUMBRE		MUROS		PISOS VENTILADOS		PUERTAS OPACAS		
	U	RT	U	RT	U	RT	U	RT	
	W/m ² *K	m ² *K/W	W/m ² *K	m ² *K/W	W/m ² *K	m ² *K/W	W/m ² *K	m ² *K/W	
A	0,84	1,19	2,1	0,48	3,6	0,28	-	-	
B	0,47	2,13	0,8	1,25	0,7	1,43	1,7	0,59	
C	0,47	2,13	0,8	1,25	0,87	1,15	1,7	0,59	
D	0,38	2,63	0,8	1,25	0,7	1,43	1,7	0,59	
E	0,33	3,03	0,6	1,67	0,6	1,67	1,7	0,59	
F	0,28	3,57	0,45	2,22	0,5	2	1,7	0,59	
G	0,25	4	0,4	2,5	0,39	2,56	1,7	0,59	
H	0,25	4	0,35	2,86	0,32	3,13	1,7	0,59	
I	0,25	4	0,35	2,86	0,32	3,13	1,7	0,59	

Fuente: Manual de aplicación de la Certificación de Vivienda Sustentable.

TABLA 24. RESISTENCIA TÉRMICA R100 MÍNIMA DEL MATERIAL AISLANTE TÉRMICO UTILIZADO EN LOS SOBRECIMENTOS.

ZONA TÉRMICA	SOBRECIMIENTO	
	R100	
	[(m ² *K)/W]*100	
A	-	
B	45	
C	45	
D	45	
E	45	
F	91	
G	91	
H	91	
I	91	

Fuente: Manual de aplicación de la Certificación de Vivienda Sustentable.

TABLA 25. TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) Y RESISTENCIA TÉRMICA MÍNIMA (RT) PARA ENVOLVENTE OPACA SEGÚN ZONA TÉRMICA.

ZONA TÉRMICA	ELEMENTOS TRASLÚCIDOS	
	U	RT
	W/m ² *K	m ² *K/W
A	-	-
B	3,6	0,28
C	3,6	0,28
D	3,6	0,28
E	3	0,33
F	3	0,33
G	2,4	0,44
H	2,4	0,44
I	2,4	0,44

Fuente: Manual de aplicación de la Certificación de Vivienda Sustentable.

Anexo K: Extracto del texto LEED v4.1, Building design and construction.

En el presente anexo se adjunta la tabla 1 del capítulo “EA Credit: Optimize Energy Performance” del texto LEED v4.1, Building design and construction (Pág. 76 de 170). Se indica un porcentaje respecto al “Índice de Costo de Desempeño” por debajo del “Objetivo del Índice de Costo de Desempeño”. Estos índices se calculan según la sección 4.2.1.1 de la norma ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2016, apéndice G, tabla 4.2.1.1, que evalúan la aislación térmica.

Tabla 1. Puntos por mejora porcentual en el desempeño energético – % de costo PCI por debajo de PCI_t (1-9 puntos NC y CS, 1-8 puntos escuelas, 1-10 puntos atención médica)

Nuevo Construcción	Cuidado de la salud, Renovación importante, CS	Puntos BD+C (excepto Escuelas, Cuidado de la salud)*	Puntos Cuidado de la salud	Puntos Escuelas
5%	2%	1	1	1
10%	5%	2	2	2
15%	10%	3	3	3
20%	15%	4	4	4
25%	20%	5	5	5
30%	25%	6	6	6
35%	30%	7	7	7
40%	35%	8	8	
45%	40%	9	9	8
50%	45%	PE	10	PE
	50%		PE	

Fuente: LEED v4.1, Building design and construction.