



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela de Construcción Civil

“ESTUDIO DE APLICACIÓN DE SISTEMA DE LIMITACIÓN DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA TÉRMICA DE ESTABLECIMIENTOS EDUCACIONALES DE LA ZONA CENTRO SUR DEL PAÍS”

Tesis para optar al título de:
Ingeniero Constructor.

Profesor Guía:
Sr. Carlos Vergara Muñoz.
Ingeniero Civil Mecánico,
Magíster en Economía y Gestión Regional
Doctor en Economía Aplicada

JUAN FELIPE BARRÍA DÍAZ
VALDIVIA – CHILE
2009

ÍNDICE

Introducción

Resumen

Capítulo I: Certificación de eficiencia energética de edificios.....	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Directiva Europea 2002/91/CE.....	2
1.3 Normativa española.....	3
1.3.1 Real Decreto 47/2007.....	4
1.3.2 Documento Básico DB HE Ahorro de Energía.....	4
1.3.3 Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE).....	6
1.3.4 Aplicación certificación de eficiencia energética de edificios.....	6
1.4 Experiencia danesa.....	7
1.5 Etiquetado energético en Alemania.....	9
1.6 Etiquetado energético en USA.....	10
Capítulo II: Normativa chilena de diseño y acondicionamiento térmico de establecimientos educacionales.....	12
2.1 Generalidades.....	12
2.2 Ordenanza General de Urbanismo y Construcción.....	12
2.2.1 Artículo 4.5.5.....	12
2.2.2 Artículo 4.5.6.....	13
2.2.3 Artículo 4.1.10.....	13
2.3 Norma chilena oficial NCh 853. Of 91.....	15
Capítulo III: Limitación de pérdidas de energía térmica.....	16
3.1 Generalidades.....	16
3.2 Ámbito de aplicación y exigencias para el uso de opción simplificada del HE 1.....	16

3.3	Procedimiento de limitación de pérdidas de energía térmica (opción simplificada del HE 1 del CTE de España).....	17
3.3.1	Primera etapa - datos previos.....	19
3.3.1.1	Zonificación climática.....	19
3.3.1.2	Clasificación de los espacios.....	22
3.3.1.3	Definición de la envolvente térmica del edificio y clasificación de sus componentes.....	23
3.3.2	Segunda etapa - procedimiento de verificación de cumplimiento de valores límites de pérdidas de energía térmica	24
3.3.2.1	Cálculo de transmitancia térmica de los componentes de la envolvente (U).....	24
3.3.2.2	Comprobación de transmitancias térmicas de componentes (U_{MAX}).....	25
3.3.2.3	Cálculo de transmitancia térmica media.....	26
3.3.2.4	Comprobación de transmitancias térmicas medias (U_{lim}).....	27
Capítulo IV: Memoria de cálculo de comprobación de pérdidas de energía térmica.29		
4.1	Introducción.....	29
4.2	Ámbito de aplicación y exigencias para el uso de opción simplificada del HE 1.....	29
4.3	Primera etapa - datos previos.....	30
4.3.1	Zonificación climática del edificio.....	30
4.3.1.1	Datos climáticos.....	30
4.3.1.1.1	Grados-día.....	30
4.3.1.1.2	Radiación.....	31
4.3.1.2	Calculo de severidades climáticas de Puerto Montt.....	31
4.3.1.3	Clasificación climática.....	32
4.3.2	Clasificación de los espacios.....	32
4.3.3	Definición de la envolvente térmica del edificio y clasificación de sus componentes.....	35

4.4	Segunda etapa - procedimiento de verificación de cumplimiento de valores límites de pérdidas de energía térmica	41
4.4.1	Cálculo de transmitancia térmica de los componentes de la envolvente (U).....	41
4.4.2	Comprobación de transmitancias térmicas de componentes (U_{MAX}).....	44
4.4.3	Cálculo de transmitancia térmica media.....	44
4.4.4	Comprobación de transmitancias térmicas medias (U_{lim}).....	51
	Capítulo V: Análisis de resultados	53
5.1	Introducción.....	53
5.2	Análisis limitación de transmitancia térmica por elemento normativa española.....	53
5.3	Análisis de limitación de transmitancia térmica media.....	55
	Capítulo VI: Soluciones constructivas Liceo Técnico-Industrial Mirasol.....	58
6.1	Introducción.....	57
6.2	Soluciones constructivas por cerramientos y particiones interiores.....	57
6.3	Verificación de cumplimiento de valores límites de pérdidas de energía térmica.....	63
6.3.1	Comprobación de transmitancias térmicas de componentes (U_{MAX}).....	63
6.3.2	Cálculo de transmitancia térmica media.....	64
6.3.3	Comprobación de transmitancias térmicas medias (U_{lim}).....	65
	Capítulo VII: Limitación de pérdidas de energía térmica para edificios (normativa chilena).....	67
7.1	Generalidades.....	67
7.2	Comparación valores límites de transmitancia térmica por elementos entre normativa española y chilena.....	67
7.3	Análisis de transmitancia térmica por elemento constructivo del Liceo Técnico-Industrial Mirasol con normativa chilena.....	68
	Conclusión	70
	Bibliografía.....	72

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

- Tablas

Tabla 2.1: Niveles de iluminación y ventilación en recintos docentes.....	13
Tabla 2.2: Superficie y volumen de aire en recintos docentes.....	13
Tabla 2.3: Exigencias de acondicionamiento térmico para complejos de techumbre, muros perimetrales y pisos ventilados.....	14
Tabla 2.4: Porcentaje máximo de superficie vidriada, respecto a parámetros verticales de la envolvente.....	15
Tabla 3.1: Constantes para el cálculo de severidad climática de invierno.....	20
Tabla 3.2: Constantes para el cálculo de severidad climática de Verano.....	20
Tabla 3.3: Clasificación de zonas climáticas según severidad climática de invierno.....	21
Tabla 3.4: Clasificación de zonas climáticas según severidad climática de verano.....	21
Tabla 3.5: Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica.....	26
Tabla 3.6: Transmitancia térmica máxima media de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica.....	27
Tabla 3.7: Transmitancia térmica máxima media de huecos.....	27
Tabla 4.1: Cuadro de porcentaje de huecos en fachadas Liceo Técnico-Industrial Mirasol.....	29
Tabla 4.2: Grados-día en base 20 de los meses de Junio, Julio, Agosto del año 2007 y media para la ciudad de Puerto Montt.....	30
Tabla 4.3: Grados-día en base 20 de los meses de Enero, Febrero, Marzo, Diciembre, del año 2007 y media para la ciudad de Puerto Montt.....	30
Tabla 4.4: Radiación global acumulada de los meses de Junio, Julio, Agosto, y media para la ciudad de Puerto Montt.....	31

Tabla 4.5: Radiación global acumulada de los meses de Enero, Febrero, Marzo, Diciembre, y media para la ciudad de Puerto Montt.....	31
Tabla 4.6: Clasificación de zonas climáticas según severidad climática de invierno.....	32
Tabla 4.7: Clasificación de zonas climáticas según severidad climática de verano.....	32
Tabla 4.8: Cuadro de clasificación de espacios del primer piso del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.....	33
Tabla 4.9: Cuadro de clasificación de espacios del segundo piso del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.....	34
Tabla 4.10: Cuadro de clasificación de espacios del primer piso del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.....	34
Tabla 4.11: Cuadro de detalles de elementos constructivos Liceo Técnico-Industrial Mirasol.....	35
Tabla 4.12: Cuadro de envolvente térmica y de componentes del primer piso del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.....	36
Tabla 4.13: Cuadro de envolvente térmica y de componentes del segundo piso del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.....	38
Tabla 4.14: Cuadro de envolvente térmica y de componentes del tercer piso del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.....	40
Tabla 4.15: Cuadro de transmitancia térmica de M 1.....	41
Tabla 4.16: Cuadro de transmitancia térmica de M 2.....	41
Tabla 4.17: Cuadro de transmitancia térmica de M 3.....	42
Tabla 4.18: Cuadro de transmitancia térmica de C 1.....	42
Tabla 4.19: Cuadro de transmitancia térmica de S 1.....	42
Tabla 4.20: Cuadro de transmitancia térmica de S 2.....	43
Tabla 4.21: Cuadro de transmitancia térmica de S 3.....	43
Tabla 4.22: Cuadro de transmitancia térmica de V 1.....	43
Tabla 4.23: Cuadro de transmitancia térmica de V 2.....	43

Tabla 4.24: Cuadro de transmitancia térmica de H 1.....	43
Tabla 4.25: Cuadro de transmitancia térmica de H 2.....	44
Tabla 4.26: Cuadro de transmitancia térmica de P 1.....	44
Tabla 4.27: Cuadro de comprobación de transmitancia térmica limites de componentes.....	44
Tabla 4.28: Cuadro de superficies de muros de fachada y medianerías del Liceo - Técnico-Industrial Mirasol.....	45
Tabla 4.29: Cuadro de superficies de suelos del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.....	46
Tabla 4.30: Cuadro de superficie de cubierta del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.....	47
Tabla 4.31: Cuadro de superficies de huecos del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.....	47
Tabla 4.32: Cuadro de transmitancia térmica media de muros de fachada del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.....	50
Tabla 4.33: Cuadro de transmitancia térmica media de suelos del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.....	51
Tabla 4.34: Cuadro de transmitancia térmica media de cubierta del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.....	51
Tabla 4.35: Cuadro de transmitancia térmica media de huecos del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.....	51
Tabla 4.36: Cuadro de comprobación de transmitancia térmica media cerramientos y particiones interiores del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.....	52
Tabla 5.1: Cuadro de comprobación de transmitancia térmica límite de elementos constructivos.....	53
Tabla 5.2: Cuadro de comprobación de transmitancia térmica media.....	55
Tabla 6.1: Cuadro de transmitancia térmica de M 1.....	58
Tabla 6.2: Cuadro de transmitancia térmica de M 2.....	58
Tabla 6.3: Cuadro de transmitancia térmica de M 3.....	59
Tabla 6.4: Cuadro de transmitancia térmica de S 1.....	60
Tabla 6.5: Cuadro de transmitancia térmica de S 2.....	60

Tabla 6.6: Cuadro de transmitancia térmica de S 3.....	61
Tabla 6.7: Cuadro de transmitancia térmica de H 1.....	62
Tabla 6.8: Cuadro de transmitancia térmica de V 1.....	62
Tabla 6.9: Cuadro de transmitancia térmica de V 2.....	62
Tabla 6.10: Cuadro de transmitancia térmica de H 2.....	62
Tabla 6.11: Cuadro de transmitancia térmica de P 1.....	63
Tabla 6.12: Cuadro de comprobación de transmitancia térmica límites de componentes.....	63
Tabla 6.13: Cuadro de transmitancia térmica media de muros de fachada del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.....	64
Tabla 6.14: Cuadro de transmitancia térmica media de suelos del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.....	64
Tabla 6.15: Cuadro de transmitancia térmica media de cubierta del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.....	65
Tabla 6.16: Cuadro de transmitancia térmica media de huecos del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.....	65
Tabla 6.17: Cuadro de comprobación de transmitancia térmica media de cerramientos y particiones interiores del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.....	65
Tabla 7.1: Cuadro de comparación de transmitancia térmica límite de muros y cubierta entre normativa española y chilena.....	67
Tabla 7.2: Cuadro de comprobación de transmitancia térmica límites de componentes (normativa chilena).....	68

- Figuras

Figura 3.1: Diagrama de procedimiento de verificación de pérdidas de energía térmica.....	18
Figura 3.2: Cuadro de clasificación de Zonas climáticas.....	22
Figura 3.3: Orientación de fachadas.....	24

Figura 6.1: Solución constructiva para muro perimetral de hormigón armado.....	57
Figura 6.2: Solución constructiva para pisos de radier.....	59
Figura 6.3: Solución constructiva para vidrios.....	61

INTRODUCCIÓN

La demanda energética en la actualidad, se ha vuelto un tema prioritario en el mundo. En Chile, a nivel gubernamental, se han implementado diversas políticas, que pretenden fomentar el ahorro de consumo de energías del tipo no renovables, anticipándose de este modo, a posibles crisis en esta materia.

Gran parte de la demanda total de energía del país lo generan los sectores de vivienda, edificación y construcción, el cual es responsable del 28% del gasto de este recurso, que según estimaciones de la Comisión Nacional de Energía (CNE), con solo una disminución del orden del 10% del consumo energético total en el ambiente construido, se alcanzaría un ahorro equivalente a la generación de una central hidroeléctrica de las proporciones de Ralco (Ecoamerica, 2007).

Por estas razones, el área de la construcción, es uno de los rubros que ofrece las mejores posibilidades para crear políticas que incentiven el ahorro, y el uso eficiente de energía.

Una de las iniciativas mas importantes que se han creado a la fecha, en relación a esta materia, es la certificación energética de edificios, implementada principalmente en Estados Unidos y Europa, la que consiste en la entrega de un certificado que contiene la cantidad de energía que se estima necesaria para satisfacer la demanda energética de un edificio, en condiciones normales de funcionamiento y ocupación. Esta se deberá calcular teniendo en cuenta el aislamiento, el diseño y la generación de energía propia y otros factores que influyan en la demanda de energía del edificio.

Es por esto que en Chile la certificación de eficiencia energética de edificios podría ser una de las opciones para aminorar la demanda energética de la población, y así generar significativos aportes a la gran problemática que nos vemos enfrentados en la actualidad, la que se refleja por ejemplo, en las continuas alzas de los combustibles, la necesidad de crear nuevas centrales hidroeléctricas, las que traen como consecuencia alteraciones al medio

ambiente, y por sobre todo, la contaminación del aire, producida por la gran liberación de dióxido de carbono por parte de los diferentes procesos de combustión para la generación de calefacción.

Ejemplo de un país que introdujo recientemente la certificación de eficiencia energética de edificios, es España, la que creó una serie de documentos, con los cuales realizó una transposición al contexto legal español de la Directiva Europea 2002/91/CE, estableciendo así todas las limitantes y exigencias a las cuales se deben someter las edificaciones, originando de esa manera el proceso de certificación, que fue aprobado el 19 de enero del 2007 para su implementación legal. Este país, en el marco europeo, a diferencia de otros que han implementando este tipo de proceso, se encuentra en una etapa inicial de avance, que permitiría a Chile tomarlo como base para una probable certificación.

Para implementar una certificación en Chile, se requiere resolver la inexistencia de algunas normativas necesarias para llevar este proceso, como es básico para este tipo de análisis, un documento en que se estipulen las exigencias básicas para limitar las pérdidas de energía térmica de los edificios, la cual en España es la base de la opción simplificada para realizar la verificación de la demanda energética. La falta de este documento, genera la problemática a tratar en la presente tesis, ya que al no limitar correctamente las pérdidas de energía térmica de las diferentes localidades de un edificio, se produce todo un desequilibrio, que nos lleva a por ejemplo, acudir a un mayor consumo de energía para lograr aminorar los efectos que generan estas pérdidas.

Para acortar la generalidad del tema, y una posible aplicación a corto plazo, nos basaremos en una eventual certificación energética de establecimientos educacionales en la zona centro sur del país, para la cual, tendrá que existir un método por el que se verifique el bienestar térmico de este tipo de edificación.

REVISION DEL ESTADO DEL ARTE

Nacional

Con respecto a la limitación de pérdidas de energía térmica, Chile tiene como principal reglamentación el artículo 4.1.10 de la ordenanza general de urbanismo y construcciones, el cual da las exigencias de acondicionamiento térmico a cumplir, pero su uso es solamente para viviendas, lo cual nos deja el gran vacío normativo para los otros tipos de edificación.

Extranjero

España

España para crear toda una documentación para la certificación energética de edificios realizó una transposición de la Directiva Europea 2002/91/CE al contexto legal español, el cual lo tradujo en tres documentos, uno de ellos el Código Técnico de la Edificación (Real Decreto 314/2006), que en su parte “Exigencias básicas de ahorro de energía” (DB HE), contiene la sección HE 1: Limitación de demanda energética, que plantea como objetivo que los edificios dispongan de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad. Esta sección será la que se ocupará como base para generar nuestra documentación en el proyecto.

OBJETIVOS

Objetivo general

Estudiar la aplicabilidad de un procedimiento para limitar las pérdidas de energía térmica de establecimientos educacionales de enseñanza básica y media para la zona centro sur del país.

Objetivos específicos

- Analizar aplicabilidad de parte de normativa española avocada a la limitación de pérdidas de energía térmica en establecimientos educacionales de la zona centro sur del país.
- Encontrar valores limitantes de energía térmica para los componentes de la envolvente térmica del edificio.
- Estudiar un proyecto de establecimiento educacional construido en la ciudad de Puerto Montt, analizando los valores de transmitancia de energía térmica de sus cerramientos, comparándolos con los establecidos en la normativa española.
- De no cumplir con los valores límites establecidos en la presente tesis, por parte del edificio a estudiar, sugerir posibles soluciones constructivas para mejorar el comportamiento térmico del establecimiento educacional.

METODOLOGIA

- Recopilar bibliografía y normativas nacionales como españolas, que se relacionen con el tema de pérdidas de energía térmica en edificios.
- Transcribir parte de la normativa española de limitación de pérdidas de energética térmica de edificios al contexto chileno.
- Realizar un procedimiento detallado para el análisis y posterior limitación de las pérdidas de energía térmica de un edificio.
- Comparar los valores de pérdidas de energía térmica de un proyecto de establecimiento educacional aprobado para su construcción, o bien, ya construido, con los valores límites establecidos por la normativa española.

RESUMEN

La actual crisis de recursos energéticos del tipo no renovables, ha afectado fuertemente a Chile, por lo que se ha visto en la necesidad de crear políticas para aminorar el gasto de estas. Parte del consumo de energía lo genera el sector de la construcción, es por ello que debe instaurar estrategias con respecto a este tema, como puede ser la certificación de eficiencia energética de edificios, la cual nos conlleva a la problemática de la presente tesis, generar limitantes para las pérdidas de energía térmica de edificios.

Para esto se estudió el establecimiento educacional Liceo Técnico Industrial Mirasol de la ciudad de Puerto Montt, y se comparó con las exigencias que establece la normativa española, lo que arrojó como resultado una deficiencia térmica de gran consideración, y que nos refleja la necesidad de instaurar una normativa que limite estas pérdidas.

SUMMARY

The present non renewable energetic resources crisis has stroked Chile strongly. Our government is under the pressure of creating governmental policies that reduce the use of these non renewable resources. On the other hand, the construction business, that is an important agent in the proper use of these energies, must develop strategies to construct more energetic efficient buildings. An important tool could be the Energetic Efficiency Certificate for buildings. This takes us to the issue we are trying to solve in this thesis: How to generate obstacles for the lost of thermic energy in buildings.

We studied a building that belongs to Liceo Técnico Industrial Mirasol, of the city of Puerto Montt. We analyzed its thermic efficiency through the Spanish governmental policies standards. The results were a highly thermic inefficient building. This fact, leads us to the conviction that our government has to establish policies that limit the loss of nonrenewable energy in our buildings.

CAPITULO I: CERTIFICACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

1.1 Generalidades

La actual crisis de recursos energéticos y el incierto panorama que se advierte a futuro, con una clara tendencia a aumentar la dependencia de fuentes energéticas de origen no renovable, obliga a replantear el modelo de gestión de los mismos, con el objetivo de reducir la creciente dependencia de combustibles de origen fósil y/o nuclear, garantizando el uso adecuado de los recursos empleados. Es así que conceptos tales como eficiencia energética toman fuerza en la actualidad.

En el sector de la construcción, específicamente en la de edificios, la eficiencia energética se define como el consumo real de energía o la que se estime necesario para satisfacer las distintas necesidades asociadas a un uso estándar del edificio, que puede incluir, entre otras, calefacción, calentamiento del agua, refrigeración, ventilación e iluminación. Dicha magnitud deberá quedar reflejada en uno o más indicadores que se calculan tomando en cuenta: el aislamiento, las características técnicas y de la instalación, el diseño y la orientación, con relación al aspecto climático, la exposición solar y la influencia de construcciones próximas, la generación de energía propia y otros factores, incluidas las condiciones ambientales interiores, que influyan en la demanda de energía del edificio. Esta definición de eficiencia nos lleva a una posterior certificación, la cual es un proceso en el que se verifica la conformidad de la calificación energética obtenida con el proyecto y el edificio terminado respectivamente, extendiéndose finalmente un certificado de eficiencia energética.

Desde la puesta en marcha de la Directiva Europea 2002/91/CE en la Unión Europea, que tiene como principal función fomentar la eficiencia energética de los edificios, se han creado una serie de iniciativas que han permitido ir avanzando en la concreción de los objetivos trazados en esta directiva, por ejemplo, dentro de la Unión Europea encontramos importantes experiencias en la aplicación de la certificación de eficiencia energética de

edificios como es el caso de Dinamarca y Alemania. Además de los EE.UU. como gran protagonista de políticas energéticas ambientales.

A continuación se explicará a grandes rasgos el contenido de la directiva Europea 2002/91/CE y los procesos que realizan algunos países para certificar energéticamente diversos tipos de edificios. Dentro de estos países se encontrará la certificación de eficiencia energética de España, de la cual se extraerá parte de su normativa avocada a la limitación de las pérdidas de energía térmica.

1.2 Directiva Europea 2002/91/CE

La Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, con fecha 16 de Diciembre del 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios, establece la obligación de poner a disposición de los compradores o usuarios, un certificado de eficiencia energética.

Este certificado debe incluir información objetiva sobre las características energéticas de los edificios de forma que se pueda valorar y comparar su eficiencia energética.

El cálculo de la eficiencia energética deberá comprender el aislamiento térmico, las instalaciones de calefacción y refrigeración, el uso de energías renovables y el diseño del edificio

La exigencia para los estados miembros es aplicar a escala nacional o regional, una metodología de cálculo de eficiencia energética de edificios, cuyo marco general se expone en los siguientes puntos.

1. La metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios deberá integrar al menos los aspectos siguientes:

- a) Características térmicas del edificio (cerramientos exteriores).
- b) Instalación de calefacción y de agua caliente, y sus características de aislamiento.
- c) Instalación de aire acondicionado.
- d) Ventilación.
- e) Instalación de iluminación artificial (especialmente en la parte no residencial).

f) Disposición y orientación de los edificios, incluidas las condiciones climáticas exteriores.

g) Sistemas solares pasivos y protección solar.

h) Ventilación natural.

i) Las condiciones ambientales interiores.

2. En el cálculo se tendrá en cuenta la incidencia positiva de los siguientes aspectos, cuando resulten pertinentes:

a) Sistemas solares activos u otros sistemas de calefacción o producción de electricidad basados en fuentes de energía renovables.

b) Electricidad producida por cogeneración.

c) Sistemas de calefacción y refrigeración central o urbana.

d) Iluminación natural.

3. A efectos de este cálculo, los edificios deberían clasificarse adecuadamente en las siguientes categorías:

a) Viviendas unifamiliares de distintos tipos.

b) Edificios de viviendas.

c) Oficinas.

d) Edificios de centros de enseñanza.

e) Hospitales.

f) Hoteles y restaurantes.

g) Instalaciones deportivas.

h) Edificios comerciales destinados a la venta al por mayor al por menor.

i) Otros tipos de edificios que consuman energía.

1.3 Normativa española

España, en política de certificación de eficiencia energética, realiza una transposición de la Directiva Europea 2002/91/CE al contexto español por medio de los siguientes 3 documentos.

1.3.1 Real Decreto 47/2007 Certificación Energética de Edificios Nuevos

Al igual que lo dispuesto en la Directiva Europea 2002/91/CE, el Real Decreto 47/2007 establece la obligación de poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios un certificado de eficiencia energética, el cual deberá incluir información objetiva sobre las características energéticas de los edificios de forma que se pueda valorar y comparar su eficiencia energética, con el fin de favorecer la promoción de edificios de alta eficiencia energética y las inversiones en ahorro de energía. Además tiene como principal objetivo fijar el procedimiento básico que debe cumplir la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética, con el que se inicia el proceso de certificación, considerando aquellos factores que más incidencia tienen en el consumo de energía de los edificios de nueva construcción o que se modifiquen. También se establecen en el mismo las condiciones técnicas y administrativas para las certificaciones de eficiencia energética de los proyectos y de los edificios terminados.

1.3.2 Documento Básico DB HE Ahorro de Energía, del Código Técnico de Edificación. Requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios nuevos.

Tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de ahorro de energía, consiguiendo así un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo, y conseguir así mismo que una parte de este, proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán, utilizarán y mantendrán de forma que se cumplan las siguientes exigencias básicas que se establecen en las 5 partes en que se divide este documento.

- Exigencia básica HE 1: Limitación de demanda energética

“Los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como

por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos”.

Este procedimiento de verificación de limitación de demanda energética, consta de dos alternativas de análisis, la opción simplificada y la opción general. De la primera será de la cual se extraerá para la presente tesis parte de su procedimiento, el que consiste en controlar indirectamente la demanda de energía de los edificios mediante la limitación de los parámetros característicos de los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente térmica.

- Exigencia básica HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas

“Los edificios dispondrán de instalaciones térmicas apropiadas destinadas a proporcionar el bienestar térmico de sus ocupantes, regulando el rendimiento de las mismas y de sus equipos. Esta exigencia se desarrolla actualmente en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE”.

- Exigencia básica HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

“Los edificios dispondrán de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente, disponiendo de un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como de un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural en las zonas que reúnan unas determinadas condiciones”.

- Exigencia básica HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

“Los edificios con previsión de demanda de agua caliente sanitaria o de climatización de piscina cubierta, en los que así establezca en el Código Técnico de Edificación, una parte de las necesidades energéticas térmicas derivadas de esa demanda se cubrirá mediante la incorporación en los mismos de sistemas de captación, almacenamiento y utilización de

energía solar de baja temperatura, adecuada a la radiación solar global de su emplazamiento y a la demanda de agua caliente del edificio”.

- Exigencia básica HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

“En los edificios que se establezca en este Código Técnico de Edificación se incorporarán sistemas de captación y transformación de energía solar en energía eléctrica por procedimientos fotovoltaicos para uso propio o suministro a la red”.

1.3.3 Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE), parte de inspección periódica de calderas y sistema de aire acondicionado en edificios.

Este reglamento tiene como objetivo establecer las condiciones que deben cumplir las instalaciones térmicas de los edificios, destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, con objeto de conseguir un uso racional de la energía que consumen, por consideraciones tanto económicas como de protección al medio ambiente, y teniendo en cuenta a la vez, los demás requisitos esenciales que deben cumplirse en los edificios, y todo ello durante un periodo de vida económicamente razonable.

1.3.4 Aplicación certificación de eficiencia energética de edificios.

La certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción entró en vigencia el 19 de Abril del 2007, siendo de aplicación voluntaria por un periodo de 6 meses, después de lo cual los proyectos de edificios que soliciten licencia de obras deberán cumplir la normativa establecida.

Esta certificación se verifica por medio de un certificado, y mediante una etiqueta de eficiencia energética a cada edificio, en la cual se le otorga una Clase Energética de eficiencia, que variará desde la clase A, para los energéticamente más eficientes, a la clase G, para los menos eficientes.

La determinación del nivel de eficiencia energética correspondiente a un edificio puede realizarse empleando dos opciones. La opción general, de carácter prestacional, a través de un

programa informático; y la opción simplificada, de carácter prescriptivo, que desarrolla la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética de una manera indirecta.

La opción general se basa en la utilización de programas informáticos (programas de referencia CALENER y LIDER) que cumplen los requisitos exigidos en la metodología de cálculo dada en el RD 47/2007.

La opción simplificada consiste en la obtención de una clase de eficiencia a partir del cumplimiento por parte de los edificios afectados de unas prescripciones relativas tanto a la envolvente del edificio como a los sistemas térmicos de calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria e iluminación.

1.4 Experiencia danesa

Dinamarca es el estado miembro con una mayor tradición en etiquetado energético de edificios (desde los años 80).

Actualmente, Dinamarca tiene establecidos desde 1997 dos procesos de etiquetado energético de edificios, uno para grandes edificios y otro para pequeños (frontera en 1500 m²) que cubren la mayoría de objetivos de la Directiva 2002/91/CE, siendo incluso más exigentes que la propia directiva en algunos aspectos.

Ambos esquemas de certificación energética de edificios daneses incorporan tanto una valoración energética del edificio como un plan de mejoras para el mismo, donde se analizan desde un punto de vista técnico-económico las distintas soluciones propuestas por el consultor. Este plan de mejoras, así como la regularidad de actualización del certificado, permiten hacer un seguimiento continuo de las actuaciones energéticas del edificio, articulando la incorporación de medidas de ahorro y eficiencia energética en el edificio.

Los certificados daneses incorporan consumo de energía para calefacción, electricidad y consumo de agua, siendo por tanto de ámbito más general que los certificados energéticos propuestos por la 2002/91/CE.

Para edificios grandes, en Dinamarca tienen el ‘Energy Management Écheme for Large Buildings’ (ELO). Esta certificación energética es obligatoria para todos los edificios de más de 1500 m², y tiene una frecuencia anual tanto del proceso de etiquetado como del plan energético del edificio. Este certificado energético está basado en la medida de consumos realizadas por el propietario del edificio, que el consultor encargado de emitir las certificaciones procesa con herramientas desarrolladas para este certificado, incorporando valoraciones del impacto de distintas mejoras energéticas (tanto sobre la certificación como sobre los costos involucrados) para que el propietario pueda priorizar las acciones a tomar. Como el certificado se repite con frecuencia anual, el propietario puede contrastar las previsiones de una cierta medida con los resultados finalmente alcanzados. Esta metodología proporciona tanto al usuario como a la administración una monitorización muy cercana del estado energético de los edificios y de su evolución.

El certificado danés para pequeños edificios ‘Energy Labelling in Small Buildings’ (EM) es obligatorio para edificios de menos de 1500 m², y debe estar disponible en cualquier transacción (validez 3 años anteriores). El responsable de obtener el certificado es el vendedor. Este certificado, a diferencia del anterior, está basado en el estado actual del edificio (valoración energética basada en cálculo) y no en medidas, aunque también presenta los valores de consumo medidos el año anterior a la expedición del certificado.

El cálculo de las actuaciones energéticas en este certificado se realiza con un software específico desarrollado a tal fin por la administración. El método de cálculo es muy simplificado, tanto en la evaluación de la demanda energética del edificio (estacionario con balances mensuales) como en los distintos sistemas que incorpora.

En resumen, los distintos procesos de regulación y certificación energética vigentes en Dinamarca para el sector de la edificación han logrado permitir:

- Conocer con precisión el estado actual de consumos y su evolución en el sector de la edificación.

- Identificar correctamente los potenciales de ahorro energético en el sector y priorizar de forma adecuada las distintas estrategias de mejora, tanto por parte de la administración como por parte de los propietarios (García, 2004).

1.5 Etiquetado energético en Alemania

En Alemania existen dos certificaciones energéticas, ambas basadas en herramientas de simulación dinámica para obtener una buena valoración energética de los edificios y poder incluir las distintas estrategias de diseño y operación.

El certificado Passiv Haus requiere un consumo de energía primaria para calefacción inferior a 15 kWh/m²-año, que al añadirle el consumo de energía primaria para ACS, iluminación y ventilación pondría el umbral para obtener el certificado en 30 kWh/m²-año. Estos umbrales son únicos para todas las viviendas (no modulación por compacidad ni por clima).

En Alemania existe otra certificación energética de viviendas todavía más exigente que la 'Passiv Haus'. Es la 'Plus Energie Haus', que etiqueta aquellas viviendas que cumpliendo con el etiquetado de la 'Passiv Haus' además compensan su consumo energético con una producción energética excedente basada en fuentes de energía renovable o cogeneración. Por tanto, una 'Plus Energie Haus', a lo largo de su vida genera una cantidad de energía superior a la que consume para operación.

Como puntos de gran relevancia en el proceso de certificación en Alemania se encuentran los siguientes:

- La certificación alemana está basada en la cuantificación del consumo real de las viviendas (kWh/m²-año).
- En la certificación Alemana no existe ninguna modulación del umbral en función de compacidad y clima (García, 2004).

1.6 Etiquetado energético en USA

En los EEUU se han creado diversos certificados energéticos de edificaciones (desde 1990 más de 20 procedimientos 'green rating' en USA), de los cuales en la actualidad destaca por su extensión y nivel de aceptación el certificado LEED ('Leadership in Energy and Environmental Design') desarrollado por el U.S. Green Building Council.

El certificado LEED está basado en una serie de prerequisites (41) y créditos con puntuación asociada (total 69 puntos), repartidos entre distintos aspectos relacionados con la sostenibilidad del edificio.

- Emplazamiento sostenible

1 prerequisite; 14 puntos

- Eficiencia uso agua

0 prerequisite; 5 puntos

- Energía y atmósfera

3 prerequisite; 17 puntos

- Materiales y recursos

1 prerequisite; 13 puntos

- Calidad ambiente interior

2 prerequisite; 15 puntos

- Innovación y proceso diseño (acústica, potenciación comunidad, educación, etc)

0 prerequisite; 4 puntos

Al evaluarse la puntuación del edificio, se debe clasificar en una de las siguientes categorías.

- Certificado LEED: 26-32 puntos

- LEED plata: 33-38 puntos

- LEED oro: 39-51 puntos

- LEED platino: 52-69 puntos

El procedimiento para obtener este certificado consiste en presentar el respaldo documental necesario para justificar cada punto del certificado al que se aspire. Existen documentos detallados indicando los procedimientos y documentación requerida para justificar el cumplimiento de cada uno de los 69 puntos del certificado LEED.

Para los puntos relativos al comportamiento energético del edificio se requiere una simulación energética del edificio. Sin embargo, en el marco del certificado LEED la simulación energética es sólo un aspecto entre otras muchas consideraciones que incluyen:

- Análisis en ciclo de vida del edificio y materiales
- Impacto económico, ambiental y sobre salud
- Relación con entorno (transporte, trabajo, etc.)

El certificado LEED se ha aplicado fundamentalmente en los EEUU, pero también en otros países: Australia, Canadá, China, Japón, Hong Kong, India, Francia y España (García, 2004).

CAPITULO II: NORMATIVA CHILENA DE DISEÑO Y ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO DE ESTABLECIMIENTOS EDUCACIONALES

2.1 Generalidades

El diseño de establecimientos educacionales, ya sea para educación básica o media, dependerán del número de matriculas que se proyecten en el estudio que se realice al sector que será afectado por la presencia del establecimiento, y dependiendo de estas, según las guías y las normas para la preparación de proyectos, se presentarán las exigencias a él o los arquitectos encargados de diseñar el edificio, tomando en cuenta los diferentes recintos que tendrá, la cantidad de estos y la superficie con la que deberán contar.

Además de las exigencias que realizará el mandante, en lo que respecta al diseño del establecimiento educacional, también se deberán cumplir con las disposiciones establecidas en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (O.G.U.C.), preocupándose que estas prevalezcan en el momento de producirse alguna discrepancia con las exigencias del mandante.

2.2 Ordenanza General de Urbanismo y Construcción

De todos los puntos establecidos en la O.G.U.C., para efectos de la presente tesis, solo son de nuestro interés los que tengan algún grado de incidencia en la limitancia de pérdidas de energía térmica, específicamente algunos artículos del capítulo 5 del título 4, donde se disponen exigencias particulares para los establecimientos educacionales del país, las cuales se mencionarán a continuación.

2.2.1 Artículo 4.5.5

Con el objeto de asegurar a los alumnos adecuados niveles de iluminación y ventilación natural, los recintos docentes correspondientes a salas de clases, talleres y laboratorios, deberán

consultar vanos cuyas superficies mínimas correspondan al porcentaje de la superficie interior del respectivo recinto que se indica en la siguiente tabla.

Tabla 2.1: Niveles de iluminación y ventilación en recintos docentes.

	Iluminación	Ventilación
Regiones	Recintos docentes	Recintos docentes
VIII a XII	20 %	8 %

Fuente: Ordenanza general de urbanismo y construcciones (Ministerio de vivienda y urbanismo, Chile)

2.2.2 Artículo 4.5.6

Con el objeto de asegurar un área y volumen de aire adecuados a la capacidad de alumnos, las salas de actividades, salas de clases, los talleres, laboratorios y bibliotecas, deberán cumplir con los estándares que se indican en la tabla siguiente:

Tabla 2.2: Superficie y volumen de aire en recintos docentes.

Nivel del local escolar	Volumen de aire	Sup. sala de clases y actividades	Superficie talleres y laboratorios	Superficie biblioteca
	m ³ /al	m ² /al	m ² /al	m ² /al
Básica y media	3	1.1	1.5	2

Fuente: Ordenanza general de urbanismo y construcciones (Ministerio de vivienda y urbanismo, Chile)

2.2.3 Artículo 4.1.10

En relación a exigencias de acondicionamiento térmico de las construcciones la O.G.U.C. se remite en este artículo únicamente a la construcción de viviendas, las cuales tras su última modificación, que entrase en vigencia el 4 de enero del 2007, especifica las siguientes condiciones:

1. Complejos de techumbre, muros perimetrales y pisos ventilados.

Los complejos de techumbres, muros perimetrales y pisos inferiores ventilados, entendidos como elementos que constituyen la envolvente de la vivienda, deberán tener una transmitancia térmica “U” igual o menor, o una resistencia térmica total “Rt” igual o superior, a la señalada para la zona que le corresponda al proyecto de arquitectura, de acuerdo con los

planos de zonificación térmica aprobados por resoluciones del Ministro de Vivienda y Urbanismo y a la siguiente tabla:

Tabla 2.3: Exigencias de acondicionamiento térmico para complejos de techumbre, muros perimetrales y pisos ventilados.

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	4.00	0.25	3.60	0.28
2	0.60	1.67	3.00	0.33	0.87	1.15
3	0.47	2.13	1.90	0.53	0.70	1.43
4	0.38	2.63	1.70	0.59	0.60	1.67
5	0.33	3.03	1.60	0.63	0.50	2.00
6	0.28	3.57	1.10	0.91	0.39	2.56
7	0.25	4.00	0.60	1.67	0.32	3.13

Fuente: Manual de aplicación reglamentación térmica (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Chile)

Según lo establecido en los planos de zonificación térmica, la ciudad de Puerto Montt, en la cual se va a emplazar el establecimiento educacional a estudiar, pertenece a la zona 6.

Para la aplicación de este artículo se considerarán las siguientes definiciones:

- Complejo de techumbre: conjunto de elementos constructivos que lo conforman, tales como cielo, cubierta, aislación térmica, cadenas y vigas.
- Complejo de muro: conjunto de elementos constructivos que lo conforman y cuyo plano de terminación interior tenga una inclinación de más de 60° sexagesimales, medidos desde la horizontal.
- Complejo de piso ventilado: conjunto de elementos constructivos que lo conforman que no están en contacto directo con el terreno. Los planos inclinados inferiores de escaleras o rampas que estén en contacto con el exterior también se considerarán como pisos ventilados.

2. Exigencias para ventanas.

El complejo de ventana deberá cumplir con las exigencias establecidas en la siguiente tabla, en relación al tipo de vidrio que se especifique y a la zona térmica en la cual se emplace el proyecto de arquitectura.

Tabla 2.4: Porcentaje máximo de superficie vidriada, respecto a parámetros verticales de la envolvente.

ZONAS	VENTANAS		
	% MÁXIMO DE SUPERFICIE VIDRIADA RESPECTO A PARAMENTOS VERTICALES DE LA ENVOLVENTE		
	VIDRIO MONOLITICO	DVH - DOBLE VIDRIADO HERMETICO	
		$3.6 \text{ W/m}^2\text{K} \geq U > 2.4 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U \leq 2.4 \text{ W/m}^2\text{K}$
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%

Fuente: Manual de aplicación reglamentación térmica (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Chile)

Según lo establecido en los planos de zonificación térmica, la ciudad de Puerto Montt, en la cual se va a emplazar el establecimiento educacional a estudiar, pertenece a la zona 6.

Para la aplicación de este artículo se considerará la siguiente definición:

- Complejo de ventana: elementos constructivos que constituyen los vanos vidriados de la envolvente de la vivienda.

2.3 Norma chilena oficial NCh 853. Of 91

Acondicionamiento térmico - Envolvente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.

Esta norma establece los procedimientos de cálculo para determinar las resistencias y transmitancias térmicas de elementos constructivos, en particular los de la envolvente térmica, tales como muros perimetrales, complejos de techumbres, pisos, y en general, cualquier otro elemento que separe ambientes de temperaturas distintas. Siendo los valores determinados según esta norma los útiles para el cálculo de transmisión de calor, potencia de calefacción, refrigeración, energía térmica y aislaciones térmicas de envolventes de las diferentes edificaciones.

CAPITULO III: LIMITACIÓN DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA TÉRMICA

3.1 Introducción

Para limitar las pérdidas de energía térmica de los establecimientos educacionales de la zona centro sur del país, se ocupará como base, las exigencias básicas de pérdidas de energía térmica establecidas en la opción simplificada del Documento Básico HE 1 Limitación de Demanda Energética del Código Técnico de la Edificación de España, ya que como fue mencionado anteriormente, en Chile, no existe normativa alguna que realice este tipo de restricciones a edificios.

Esta parte de la opción simplificada del HE 1, consiste en controlar las pérdidas de energía térmica generadas por un edificio, mediante el cumplimiento de los valores límites exigidos de transmitancia térmica, lo que se traduce a la vez en acotar las dimensiones y el tipo de aislamiento de los componentes constructivos.

En primera instancia, los diferentes elementos que forman parte de los cerramientos de la envolvente térmica del edificio, deberán obtener individualmente valores de transmitancia térmica inferiores que los especificados en la normativa, para posteriormente limitar los valores medios de transmitancia térmica de cada grupo de componentes (fachadas, cubiertas, suelos y huecos).

3.2 Ámbito de aplicación y exigencias para el uso de opción simplificada del HE 1

Para poder utilizar el proceso de limitación de pérdidas de energía térmica de la opción simplificada del HE 1 del CTE, el edificio a analizar debe encontrarse dentro del ámbito de aplicación y además cumplir con las exigencias que se especificarán a continuación.

Ámbito de aplicación:

- a) Edificios de nueva construcción.
- b) Modificaciones, reformas o rehabilitaciones de edificios existentes con una superficie útil superior a 1000 m² donde se renueve más del 25% del total de sus cerramientos.

Se excluyen de este ámbito de aplicación los siguientes tipos de edificación:

- a) Aquellas edificaciones que por sus características de utilización deban permanecer abiertas.
- b) Edificios y monumentos protegidos oficialmente por ser parte de un entorno declarado o en razón de su particular valor arquitectónico o histórico, cuando el cumplimiento de tales exigencias pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto.
- c) Edificios utilizados como lugares de culto y para actividades religiosas.
- d) Construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a dos años.
- e) Instalaciones industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales.
- f) Edificios aislados con una superficie útil total inferior a 50 m².

Si el edificio se encuentra dentro de la clasificación anterior, además deberá cumplir con las siguientes exigencias:

- a) El porcentaje de huecos en cada fachada sea inferior al 60% de su superficie;
- b) El porcentaje de lucernarios sea inferior al 5% de la superficie total de la cubierta.

Excepcionalmente a los puntos mencionados con anterioridad, se admitirán porcentajes de huecos superiores al 60% en aquellas fachadas cuyas áreas supongan un porcentaje inferior al 10% del área total de las fachadas del edificio.

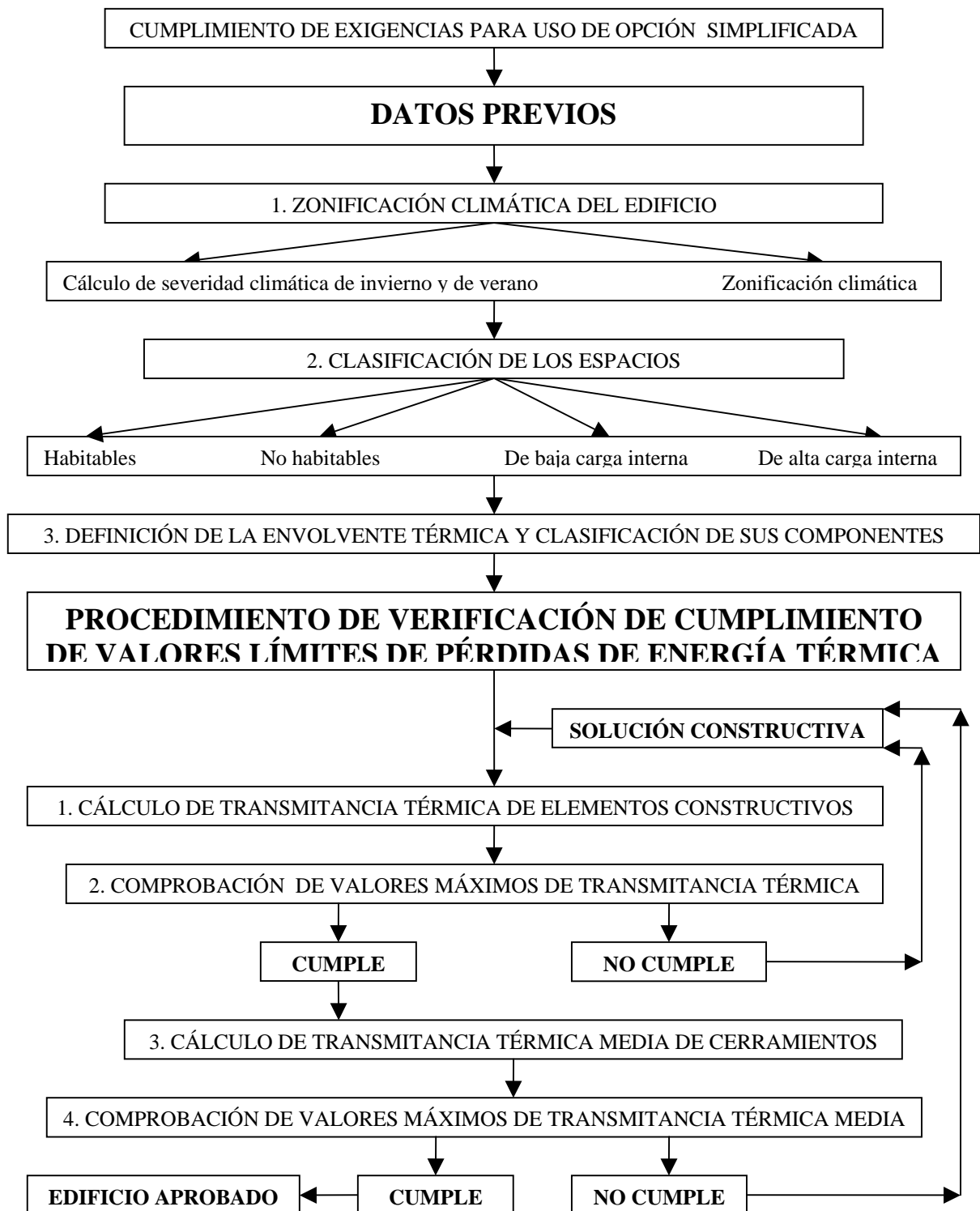
3.3 Procedimiento de limitación de pérdidas de energía térmica (opción simplificada del HE 1 del CTE de España)

El procedimiento de limitación de pérdidas de energía térmica se puede separar en dos etapas, la primera consiste en encontrar los datos previos necesarios para implementar la opción simplificada, destacándose la etapa de zonificación climática, en la que se debe clasificar la localidad en la que se va a construir el edificio, o se construye, dentro de las zonas especificadas en el documento, las cuales entregan los valores límites de pérdidas de energía para el edificio. La segunda etapa, se basa en verificar que los valores de transmitancias térmica obtenidas, tanto individuales (elementos constructivos) como medias (cerramientos),

sean inferiores a los valores límites estipulados en la normativa, y en caso de no cumplir con estos, se deberá mejorar el comportamiento térmico de él, o los elementos constructivos deficientes, los cuales se especificarán como posibles soluciones para el edificio.

Este procedimiento completo se grafica en la siguiente figura.

Figura 3.1: Diagrama de procedimiento de verificación de pérdidas de energía térmica.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación se explicará detalladamente el procedimiento de limitación de pérdidas de energía térmica para edificios.

3.3.1 Primera etapa - datos previos

3.3.1.1 Zonificación climática.

La etapa de zonificación climática consiste en identificar la localidad en que se vá a construir, o en la que se construyó un edificio dentro de las 12 zonas climáticas especificadas en el documento HE 1 del CTE de España

La normativa española especifica que la zonificación climática se obtiene directamente de una tabla del Documento Básico HE Ahorro de Energía, en función de la diferencia de altura que exista entre la localidad en la que se emplaza el edificio y la altura de referencia de la capital de su provincia. Existiendo un proceso alternativo, que establece una clasificación de acuerdo a los valores de las severidades climáticas de invierno y de verano de la localidad, que nos da la opción de ubicar a la localidad en la que se encuentre el establecimiento educacional a analizar dentro de las 12 zonas, ya que la primera estipula solo localidades de España.

Este proceso alternativo consiste en ubicar la severidad climática de invierno de la localidad, en una de las letras correspondientes a los parámetros de la tabla 3.3, haciendo el mismo procedimiento con la severidad climática de verano, con la diferencia que la clasificación que se obtiene de la tabla 3.4 es un número. Estas dos clasificaciones unidas dan como resultado la zona climática en la que se encuentra la localidad.

A continuación se detallará el método alternativo para realizar la zonificación climática.

Método de cálculo de las severidades climáticas

- Severidad climática de invierno (SCI)

Se calcula a partir de los grados-día de invierno, y de la radiación global acumulada, por medio de la siguiente formula:

$$SCI = a \cdot Rad + b \cdot GD + c \cdot Rad \cdot GD + d \cdot (Rad)^2 + e \cdot (GD)^2 + f$$

Siendo:

a, b, c, d, e, f: Constantes

GD: La media de los grados-día de invierno en base 20 para los meses de Enero, Febrero y Diciembre en España.

Rad: La media de la radiación global acumulada para los meses de Enero, Febrero y Diciembre en España [KWh/m²].

Tabla 3.1: Constantes para el cálculo de severidad climática de invierno.

a	b	c	d	e	f
$-8.35 \cdot 10^{-3}$	$3.72 \cdot 10^{-3}$	$-8.62 \cdot 10^{-6}$	$4.88 \cdot 10^{-5}$	$7.15 \cdot 10^{-7}$	$-6.81 \cdot 10^{-2}$

Fuente: Código Técnico de la Edificación (Ministerio de Vivienda, España)

- **Severidad climática de verano (SCV)**

Se calcula a partir de los grados-día de verano y de la radiación global acumulada, por medio de la siguiente formula:

$$SCV = a \cdot Rad + b \cdot GD + c \cdot Rad \cdot GD + d \cdot (Rad)^2 + e \cdot (GD)^2 + f$$

Siendo:

a, b, c, d, e, f: Constantes

GD: La media de los grados-día de verano en base 20 para los meses de Junio, Julio, Agosto y Diciembre en España.

Rad: La media de la radiación global acumulada para los meses de Junio, Julio, Agosto y Diciembre en España [KW h / m²].

Tabla 3.2: Constantes para el cálculo de severidad climática de verano.

a	b	c	d	e	f
$3.724 \cdot 10^{-3}$	$1.409 \cdot 10^{-2}$	$-1.869 \cdot 10^{-5}$	$-2.053 \cdot 10^{-6}$	$-1.389 \cdot 10^{-5}$	$-5.434 \cdot 10^{-1}$

Fuente: Código Técnico de la Edificación (Ministerio de Vivienda, España)

En el cálculo de las severidades climáticas, se deberán considerar los meses correspondientes al invierno y verano de Chile.

Invierno: Junio, Julio y Agosto

Verano: Diciembre, Enero, Febrero y Marzo.

Para esta primera etapa se deben considerar las siguientes definiciones:

Grados-día: Grados- día de un periodo determinado de tiempo es la suma, para todos los días de ese periodo de tiempo, de la diferencia entre una temperatura fija, o base de los grados día (20 °C en este caso), y la temperatura media del día, cuando esa temperatura media diaria sea inferior a la temperatura base.

Radiación global acumulada: Es la sumatoria día a día de la radiación solar hemisférica recibida en un plano horizontal durante un periodo de tiempo señalado.

Clasificación climática

En esta etapa se deberán clasificar los valores de las severidades climáticas que se obtengan según lo expresado en los párrafos anteriores, en las siguientes divisiones:

- **Clasificación de severidad climática de invierno (SCI).**

Para la época de invierno se definen cinco divisiones distintas identificadas con una letra correspondiente a los siguientes intervalos de valores:

Tabla 3.3: Clasificación de zonas climáticas según severidad climática de invierno.

A	B	C	D	E
$SCI \leq 0.3$	$0.3 < SCI \leq 0.6$	$0.6 < SCI \leq 0.95$	$0.95 < SCI \leq 1.3$	$SCI > 1.3$

Fuente: Código Técnico de la Edificación (Ministerio de Vivienda, España)

- **Clasificación de severidad climática de verano (SCV).**

Para la época de verano se definen cuatro divisiones distintas identificadas con un número correspondiente a los siguientes intervalos de valores:

Tabla 3.4: Clasificación de zonas climáticas según severidad climática de verano.

1	2	3	4
$SCV \leq 0.6$	$0.6 < SCV \leq 0.9$	$0.9 < SCV \leq 1.25$	$SCV > 1.25$

Fuente: Código Técnico de la Edificación (Ministerio de Vivienda, España)

Al combinar ambas clasificaciones se obtendrá la zona climática de la localidad, tomando en cuenta las siguientes observaciones.

- Para las zonas A 1 y A 2 se considerarán a todos los efectos, las mismas exigencias correspondientes a la zona climática A 3.

- Para las zonas B 1 y B 2 se considerarán a todos los efectos, las mismas exigencias correspondientes a la zona climática B 3.
- Para las zonas E 2, E 3, E 4 se considerarán a todos los efectos, las mismas exigencias correspondientes a la zona climática E 1.

Figura 3.2: Cuadro de clasificación de Zonas climáticas.

	A4	B4	C4		
SC (verano)	A3	B3	C3	D3	E1
			C2	D2	
			C1	D1	
	SC (invierno)				

Fuente: Código Técnico de la Edificación (Ministerio de Vivienda, España)

3.3.1.2 Clasificación de los espacios.

Antes de definir la envolvente térmica del edificio, se clasificarán los espacios del recinto según lo indicado en el HE 1 del CTE de España en espacios habitables y no habitables, y a la vez, los espacios habitables se diferenciarán entre espacios de baja o de alta carga interna.

Para diferenciar entre estos conceptos se ocuparán las siguientes definiciones:

- Espacios habitables: Se consideran espacios habitables aquellos recintos del edificio que están acondicionados térmicamente o tienen una densidad de ocupación y un tiempo de residencia de los ocupantes, suficientes como para justificar su acondicionamiento térmico.
- Espacios no habitables: Son los recintos del edificio no acondicionados en los que la ocupación es muy ocasional y el tiempo de residencia es bajo por lo que no suelen acondicionarse térmicamente
- Espacios de baja carga interna: Son aquellos espacios en que se disipa poco calor y que son destinados principalmente como residenciales, con carácter eventual o permanente.

En esta categoría se incluyen todos los espacios de edificios de viviendas y aquellas zonas o espacios de edificios asimilables a éstos en uso y dimensión, tales como habitaciones

de hotel, habitaciones de hospitales y salas de estar, así como sus zonas de circulación vinculadas.

- Espacios de alta carga interna: Espacios en los que se genera gran cantidad de calor por causa de su ocupación, iluminación o equipos existentes. Son aquellos espacios no incluidos en la definición de espacios con baja carga interna. El conjunto de estos espacios conforma la zona de alta carga interna del edificio.

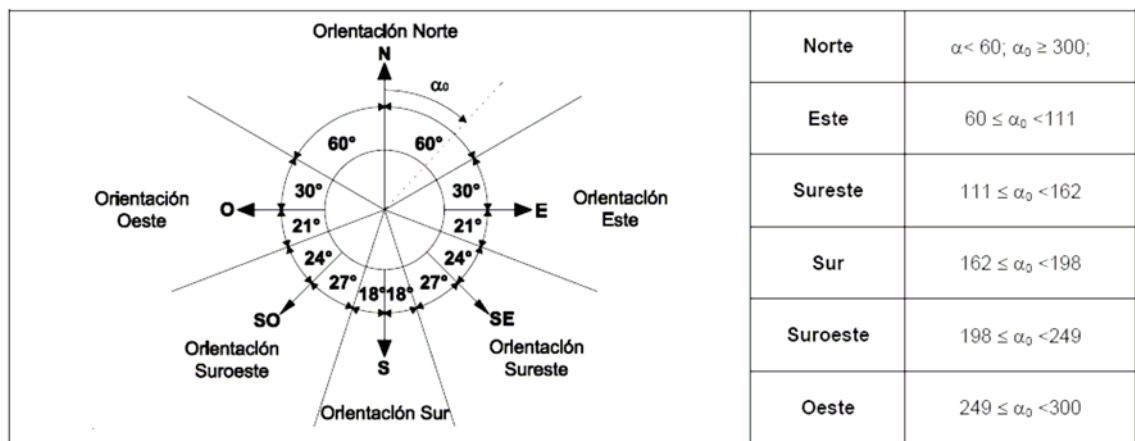
3.3.1.3 Definición de la envolvente térmica del edificio y clasificación de sus componentes

En esta etapa se deberá identificar la envolvente térmica del edificio, la que estará compuesta por todos los cerramientos que limitan espacios habitables con el ambiente exterior (aire, terreno u otro edificio) y por todas las particiones interiores que limitan los espacios habitables con los espacios no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.

Posteriormente los cerramientos y particiones interiores de los espacios habitables se clasificarán según su situación en las siguientes categorías:

- a) Cubiertas: comprenden aquellos cerramientos superiores en contacto con el aire cuya inclinación sea inferior a 60° respecto a la horizontal.
- b) Suelos: comprenden aquellos cerramientos inferiores horizontales o ligeramente inclinados que estén en contacto con el aire, con el terreno, o con un espacio no habitable.
- c) Fachadas: comprenden los cerramientos exteriores en contacto con el aire cuya inclinación sea superior a 60° respecto a la horizontal. Se agrupan en 6 orientaciones según los sectores angulares contenidos en la figura 3.2. La orientación de una fachada se obtiene mediante el ángulo α , que se forma por el norte geográfico y la normal exterior de la fachada, medido en sentido horario

Figura 3.3: Orientación de fachadas



Fuente: Código Técnico de la Edificación (Ministerio de Vivienda, España)

d) Medianerías: comprenden aquellos cerramientos que lindan con otros edificios ya construidos o que se construyan a la vez y que conformen una división común. Si el edificio se construye con posterioridad el cerramiento se considerará, a efectos térmicos, una fachada.

e) Particiones interiores: comprenden aquellos elementos constructivos horizontales o verticales que separan el interior del edificio en diferentes recintos.

3.3.2 Segunda etapa - procedimiento de verificación de cumplimiento de valores límites de pérdidas de energía térmica

3.3.2.1 Cálculo de transmitancia térmica de los componentes de la envolvente (U).

La envolvente térmica del edificio, estará compuesta de diversos elementos constructivos, a los cuales se les calculará la transmitancia térmica (W/m^2K). Estos valores de transmitancia se obtendrán del desarrollo de las formulas existentes en el HE 1 del CTE, las cuales no difieren de la normativa chilena de acondicionamiento térmico.

Para un elemento constructivo compuesto por una o varias capas o placas planas y paralelas de materiales distintos en contacto entre sí, la transmitancia térmica total U, queda dada por la siguiente formula:

$$U = 1/R_T \quad ; \quad y \quad R_T = R_{si} + \sum (e/\lambda) + R_{se}$$

Siendo:

U (transmitancia térmica) = Flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperaturas entre los dos ambientes separados por dicho elemento.

Se expresa en $W/m^2 K$

R_T (resistencia térmica total del elemento) = Oposición al paso del calor que presenta los elementos de construcción

R_{si} = Resistencia térmica de superficie al interior

R_{se} = Resistencia térmica de superficie al exterior

$\sum (e/\lambda)$ = Sumatoria de las resistencias térmicas de las capas que conforman el elemento.

e (m) = espesor del material.

λ (conductividad térmica del material) = cantidad de calor que en condiciones estacionarias pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de material homogéneo de extensión infinita, de caras planas y paralelas y de espesor unitario, cuando se establece una diferencia de temperatura unitaria entre sus caras. Se expresa en $W/m K$

De esta forma las transmitancias térmicas que definirán la envolvente térmica se agrupan en los siguientes tipos:

a) Transmitancia térmica de muros de fachada U_M .

b) Transmitancia térmica de cubiertas U_C .

c) Transmitancia térmica de suelos U_S .

d) Transmitancia térmica de huecos U.

- Transmitancia térmica de vidrios U_V .

- Transmitancia térmica de marcos U_H .

e) Transmitancia térmica de medianerías U_{MD} .

3.3.2.2 Comprobación de transmitancias térmicas de componentes (U_{MAX}).

Consiste en comprobar que cada uno de las transmitancias térmicas de los componentes de los cerramientos y particiones interiores que conforman la envolvente térmica no superen los límites máximos prescritos en la tabla 3.5 en función de la zona climática en la

que se ubique el edificio. De esta forma se evitan descompensaciones entre la calidad térmica de los diferentes espacios.

En la siguiente tabla se especifican los valores límites para la zona climática a la que pertenece Puerto Montt.

Tabla 3.5: Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica.

	ZONA E 4
Cerramientos y particiones interiores	U (W/m ² K)
Muros de fachada, particiones interiores en contacto con espacios no habitables	0,74
Suelos	0,62
Cubiertas	0,46
Vidrios y marcos	3,10
Medianerías	1,00

Fuente: Código Técnico de la Edificación (Ministerio de Vivienda, España)

En esta comprobación las transmitancias térmicas de vidrios y marcos se compararán por separado.

3.3.2.3 Cálculo de transmitancia térmica média.

Se calculará la media de las transmitancias térmicas U de los diferentes componentes de la envolvente del edificio, la que se obtendrá ponderando los parámetros correspondientes a cada cerramiento según su fracción de área en relación con el área total de la categoría a la que pertenece, según lo señala el HE 1 del CTE de España.

Se obtendrán de esta forma, los siguientes valores:

- a) Transmitancia media de cubiertas U_{MC} .
- b) Transmitancia media de suelos U_{MS} .
- c) Transmitancia media de muros de fachada para cada orientación U_{MM} .
- d) Transmitancia media de huecos de fachadas para cada orientación U_{MH} .

Para el cálculo de superficies se deberá tener en cuenta que las áreas de los cerramientos se considerarán a partir de las dimensiones tomadas desde el interior del edificio.

3.3.2.4 Comprobación de transmitancias térmicas medias (U_{lim}).

Como última etapa se debe comprobar que las transmitancias térmicas medias de los cerramientos y particiones interiores sean inferiores a los valores límites indicados en la tabla 3.6 en función de la zona climática en la que se encuentre el edificio, de modo que se cumplan las siguientes exigencias:

- a) La transmitancia media de muros de fachada U_{MM} para cada orientación serán inferiores a la transmitancia límite de muros U_{Mlim} .
- b) La transmitancia media de suelos U_{MS} será inferior a la transmitancia límite de suelos U_{Slim} .
- c) La transmitancia media de cubiertas U_{MC} será inferior a la transmitancia límite de cubiertas U_{Clim} .
- d) La transmitancia media de huecos U_{MH} será inferior, para cada orientación, a la transmitancia límite de huecos U_{MHlim} .

En las siguientes tablas se especifican los valores límites para la zona climática a la que pertenece Puerto Montt.

Tabla 3.6: Transmitancia térmica máxima media de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica.

Cerramientos y particiones interiores	ZONA E 4	
	U (W/m ² K)	
Transmitancia límite de muros de fachada	U_{Mlim}	0.57 W/m ² K
Transmitancia límite de suelos	U_{Slim}	0.48 W/m ² K
Transmitancia límite de cubiertas	U_{Clim}	0.35 W/m ² K

Fuente: Código Técnico de la Edificación (Ministerio de Vivienda, España)

Tabla 3.7: Transmitancia térmica máxima media de huecos

% de huecos	Transmitancia límite de huecos			
	U_{MHlim} W/ m ² K			
	S	E	N	O
de 0 a 10	3,1	3,1	3,1	3,1
de 11 a 20	3,1	3,1	3,1	3,1
de 21 a 30	2.6 (2.9)	3.0 (3.1)	3,1	3.0 (3.1)
de 31 a 40	2.2 (2.4)	2.7 (2.8)	3,1	2.7 (2.8)

de 41 a 50	2.0 (2.2)	2.4 (2.6)	3,1	2.4 (2.6)
de 51 a 60	1.9 (2.0)	2.3 (2.4)	3.0 (3.1)	2.3 (2.4)

Fuente: Código Técnico de la Edificación (Ministerio de Vivienda, España)

Para las orientaciones descritas en la tabla 3.7 se cambiará el norte y el sur descrito en la normativa española por el inverso que predomina en Chile.

En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada sean inferiores a $0.43 \text{ W/ m}^2\text{K}$ se podrá tomar el valor entre paréntesis como nuevo límite.

CAPITULO IV: MEMORIA DE CÁLCULO DE COMPROBACIÓN DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA TÉRMICA

4.1 Introducción

En el presente capítulo se realizarán los cálculos de las pérdidas de energía térmica y las comprobaciones con los valores límites establecidos en el HE 1 del CTE de España del edificio tipo a analizar. Éste será el Liceo Técnico-industrial Mirasol, que se encuentra emplazado en la población Maximiliano Uribe s/n, Portal del Mar en la ciudad de Puerto Montt.

4.2 Ámbito de aplicación y exigencias para el uso de opción simplificada del HE 1

Antes de iniciar el proceso de análisis del cumplimiento de las exigencias térmicas establecidas en la opción simplificada del HE 1 del Código Técnico de la edificación de España, se deberá comprobar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el punto 3.1 del capítulo III, lo cual se realizará a continuación.

El liceo Técnico-Industrial Mirasol cumple con la primera condición, ya que en el caso de realizar modificaciones, reformas o rehabilitación del edificio, este cuenta con una superficie útil de 1916.19 m², la cual es superior a los 1000 m² que exige la normativa.

También debe cumplirse que el porcentaje de huecos en cada fachada sea inferior al 60% de su superficie, lo cual se afirmará en la siguiente tabla

Tabla 4.1: Cuadro de porcentaje de huecos en fachadas Liceo Técnico-Industrial Mirasol

Fachada	Superficie fachada	Superficie vidriada	% de huecos	% limite	Resultado
Norte	313,28	99,48	32%	60%	Cumple
Este	591,47	239,45	40%	60%	Cumple
Oeste	983,34	358,68	36%	60%	Cumple
Sur	118,17	25,54	22%	60%	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Por último se exige que el porcentaje de lucernarios sea inferior al 5% de la superficie total de la cubierta, lo cual se aprueba por el hecho de que el liceo no posee lucernarios.

Tras haber aprobado estas tres condiciones se acepta el uso de la parte abocada a la limitación de las pérdidas de energía térmica de la opción simplificada del HE 1 del CTE de España, por parte de Liceo Técnico-Industrial Mirasol.

4.3 Primera etapa - datos previos

Como primer paso del análisis se deberá ubicar la localidad de Puerto Montt (ciudad en la cual se emplazará el establecimiento educacional a estudiar), dentro de una de las zonas climáticas especificadas en la normativa española, para lo cual se ocupará el mismo procedimiento indicado en el punto 3.2.1.1 del capítulo III.

4.3.1 Zonificación climática del edificio

Inicialmente se encontrarán los datos climáticos necesarios de la ciudad de Puerto Montt, para realizar el proceso de cálculo de las severidades climáticas de invierno y verano y su respectiva clasificación.

4.3.1.1 Datos climáticos

4.3.1.1.1 Grados-día

Tabla 4.2: Grados-día en base 20 de los meses de Junio, Julio, Agosto del año 2007 y media para la ciudad de Puerto Montt.

	Severidad climática de invierno		
Mes	Junio	Julio	Agosto
Grados-día (°C)	424.4	437	477.6
Media (°C)	446.33		

Fuente: Elaboración propia, basado en sitio de Internet (www.meteored.com).

Tabla 4.3: Grados-día en base 20 de los meses de Enero, Febrero, Marzo, Diciembre, del año 2007 y media para la ciudad de Puerto Montt.

	Severidad climática de verano			
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Diciembre
Grados-día (°C)	176.8	177.5	217.3	228.5
Media (°C)	200.03			

Fuente: Elaboración propia, basado en sitio de Internet (www.meteored.com).

4.3.1.1.2 Radiación

Tabla 4.4: Radiación global acumulada de los meses de Junio, Julio, Agosto, y media para la ciudad de Puerto Montt.

	Radiación global acumulada		
Mes	Junio	Julio	Agosto
Radiación	30	36.89	58.59
Media (KWh/m ²)	41.83		

Fuente: Elaboración propia, basado en Manual de buenas practicas para instalaciones solares térmicas (Corporación de Desarrollo Tecnológico).

Tabla 4.5: Radiación global acumulada de los meses de Enero, Febrero, Marzo, Diciembre, y media para la ciudad de Puerto Montt.

	Radiación global acumulada			
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Diciembre
Radiación	172.98	148.68	108.5	163.68
Media (KWh/m ²)	148.46			

Fuente: Elaboración propia, basado en Manual de buenas practicas para instalaciones solares térmicas (Corporación de Desarrollo Tecnológico).

4.3.1.2. Cálculo de severidades climáticas de Puerto Montt

- Severidad climática de invierno (SCI).

$$SCI = a \cdot \text{Rad} + b \cdot \text{GD} + c \cdot \text{Rad} \cdot \text{GD} + d \cdot (\text{Rad})^2 + e \cdot (\text{GD})^2 + f$$

$$\text{GD} = 446.33$$

$$\text{Rad} = 41.83 \text{ [kWh /m}^2\text{]}$$

a, b, c, d, e, f = Valores de constantes identificados en la tabla 3.1 del capítulo III

$$\begin{aligned} \text{SCI} = & -8.35 \cdot 10^{-3} \cdot 41.83 + 3.72 \cdot 10^{-3} \cdot 446.33 + -8.62 \cdot 10^{-6} \cdot 41.83 \cdot 446.33 \\ & + 4.88 \cdot 10^{-5} \cdot (41.83)^2 + 7.15 \cdot 10^{-7} \cdot (446.33)^2 + -6.81 \cdot 10^{-2} \end{aligned}$$

$$\text{SCI} = 1.31$$

- Severidad climática de verano (SCV).

$$\text{SCV} = a \cdot \text{Rad} + b \cdot \text{GD} + c \cdot \text{Rad} \cdot \text{GD} + d \cdot (\text{Rad})^2 + e \cdot (\text{GD})^2 + f$$

$$\text{GD} = 200.03$$

$$\text{Rad} = 148.46 \text{ [kWh /m}^2\text{]}$$

a, b, c, d, e, f = Valores de constantes identificados en la tabla 3.2 del capítulo III

$$SCV = 3.724 \cdot 10^{-3} \cdot 148.46 + 1.409 \cdot 10^{-2} \cdot 200.03 + -1.869 \cdot 10^{-5} \cdot 148.46 \cdot 200.03$$

$$+ -2.053 \cdot 10^{-6} \cdot (148.46)^2 + -1.389 \cdot 10^{-5} \cdot (200.03)^2 + -5.434 \cdot 10^{-1}$$

$$SCV = 1.67$$

4.3.1.3. Clasificación climática

- Severidad climática de invierno (SCI).

Tabla 4.6: Clasificación de zonas climáticas según severidad climática de invierno.

A	B	C	D	E
$SCI \leq 0.3$	$0.3 < SCI \leq 0.6$	$0.6 < SCI \leq 0.95$	$0.95 < SCI \leq 1.3$	$SCI > 1.3$

Fuente: Código Técnico de la Edificación (Ministerio de Vivienda, España)

Según la tabla 4.5 el valor 1.31 de SCI se encuentra en la clasificación de la zona E, ya que es mayor que 1.3.

- Severidad climática de verano (SCV).

Tabla 4.7: Clasificación de zonas climáticas según severidad climática de verano.

1	2	3	4
$SCV \leq 0.6$	$0.6 < SCV \leq 0.9$	$0.9 < SCV \leq 1.25$	$SCV > 1.25$

Fuente: Código Técnico de la Edificación (Ministerio de Vivienda, España)

Según la tabla 4.6 el valor 1.67 de SCV se encuentra en la clasificación de la zona 4 ya que es mayor que 1.25

Al tener estas dos clasificaciones definidas se concluye que la zona climática en la que se encuentra Puerto Montt es la E 4, lo cual según lo indicado en el capítulo III se considerarán las mismas exigencias correspondientes a la zona climática E 1.

4.3.2 Clasificación de los espacios

Los diferentes espacios del edificio a analizar se clasificarán en habitables y no habitables, y en el caso de pertenecer a la primera clasificación se diferenciarán entre espacios de alta carga interna y de baja carga interna. Estos se podrán identificar mediante las

abreviaturas de los nombres de los recintos en los planos de planta del primer, segundo y tercer piso del Liceo Técnico-Industrial Mirasol

Tabla 4.8: Cuadro de clasificación de espacios del primer piso del Liceo Técnico-Industrial Mirasol

PRIMER PISO		Espacio habitable		Espacio no habitable
Recinto	Abreviatura	Alta carga interna	Baja carga interna	
Hall acceso	H A		X	
Portería	PO		X	
Ducha de hombres	DH		X	
Ducha de mujeres	DM		X	
Biblioteca	B		X	
Administración	ADM		X	
Sala de espera	SE		X	
Archivo	ARCH		X	
Director	DIR		X	
Inspector general	IG		X	
Baño docentes y administrativos	BDA 1		X	
Sala profesores	SP		X	
Sicólogo	SI		X	
Jefe pedagógico	JP		X	
Sala unidad técnica pedagógica	UTP		X	
Inspector	I		X	
Despensa material pedagógico	DMP		X	
Baño docentes y administrativos	BDA 2		X	
Baño docentes y administrativos	BDA 3		X	
Baño docentes y administrativos	BDA 4		X	
Primeros auxilios	PA 1		X	
Primeros auxilios	PA 2		X	
Circulación	CCC 1		X	
Laboratorio acuicultura	LAB ACUI		X	
Baño mujeres	BM 1		X	
Baño hombres	BH 1		X	
Baño manipuladora	BMANIP		X	
Cocina	COC		X	
Comedor	COM		X	
Elaboración industrial	ELAB IND		X	
Caldera	CALDERA		X	
Bodega general	BG		X	
Baño personal de servicio	BPS 1		X	
Baño discapacitados	BD		X	
Baño personal de servicio	BPS 2		X	
Archivo	ARCH		X	
Despensa	DES		X	
Taller eléctrico	TE 1		X	
Taller eléctrico	TE 2		X	
Laboratorio química	LAB QUIM		X	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.9: Cuadro de clasificación de espacios del segundo piso del Liceo Técnico-Industrial Mirasol

SEGUNDO PISO		Espacio habitable		Espacio no habitable
Recinto	Abreviatura	Alta carga interna	Baja carga interna	
Sala computación	SC		X	
Aula	A 14		X	
Aula	A 13		X	
Aula	A 12		X	
Baño mujeres	BM 2		X	
Baño hombres	BH 2		X	
Aula	A 11		X	
Aula	A 10		X	
Aula	A 9		X	
Aula	A 8		X	
Aula	A 7		X	
Aula	A 6		X	
Circulación	CCC 2		X	
Aula	A 1		X	
Aula	A 2		X	
Aula	A 3		X	
Aula	A 4		X	
Aula	A 5		X	
Multitaller	MT		X	
Cubierta 1	CUB 1		X	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.10: Cuadro de clasificación de espacios del tercer piso del Liceo Técnico-Industrial Mirasol

TERCER PISO		Espacio habitable		Espacio no habitable
Recinto	Abreviatura	Alta carga interna	Baja carga interna	
Aula	A 24		X	
Aula	A 23		X	
Aula	A 22		X	
Aula	A 21		X	
Baño mujeres	BM 3		X	
Baño hombres	BH 3		X	
Aula	A 20		X	
Aula	A 19		X	
Aula	A 18		X	
Aula	A 17		X	
Aula	A 16		X	
Aula	A 15		X	
Cubierta 2	CUB 2		X	

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Definición de la envolvente térmica del edificio y clasificación de sus componentes

En este punto se definirán todos los elementos que componen la envolvente térmica del edificio que separan los espacios habitables del ambiente exterior (aire exterior y otros edificios) y de los espacios no habitables, los que posteriormente se deberán clasificar entre cubiertas, suelos, huecos, fachadas, medianerías y particiones interiores, según lo establecido en el capítulo III.

Además se agregará una clasificación en la que se especificará la abreviatura del elemento constructivo utilizado en los recintos del edificio, la cual se detallará a continuación.

Tabla 4.11: Cuadro de detalles de elementos constructivos Liceo Técnico-Industrial Mirasol.

	ELEMENTO
M 1	Muro de H.A. con revoque exterior e interior de mortero de cemento.
M 2	Muro de H.A. con revoque exterior de mortero de cemento y revestimiento interior de cerámica
M 3	Muro de H.A. con revoque exterior de mortero de cemento y revestimiento interior de pino
C 1	Cubierta de acero, con encamisado de OSB y revestimiento interior de entablado de pino
S 1	Pavimento machihembrado de coigüe con aislación sobre radier
S 2	Pavimento cerámico sobre losa
S 3	Pavimento de baldosa sobre losa
V 1	Vidrio de ventana
V 2	Vidrio de puerta
H 1	Marco de ventana de aluminio
H 2	Marco de puerta de madera
P 1	Hoja de puerta

Fuente: Elaboración propia

Los elementos de la envolvente térmica (ventanas, suelos, muros y cubiertas) y sus orientaciones se podrán obtener de los planos de planta del primer, segundo y tercer piso, del escantillón y de las elevaciones del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.

En el caso de los componentes del muro, como dinteles, vigas, pilares, cadenas y el mismo muro, se especificarán como muro de hormigón armado (M.H.A), ya que están compuestos por el mismo elemento constructivo, y para efectos de cálculo poseen la misma transmitancia térmica.

Tabla 4.12: Cuadro de envolvente térmica y de componentes del primer piso del Liceo Técnico-Industrial Mirasol

PRIMER PISO						
Elemento		Recinto	Orientación	Componentes		Contacto
Hueco	Marco	ADM	Este	H 1	2 V1	Aire exterior
Muro	Fachada	ADM	Este	M 1	M.H.A	Aire exterior
Suelo	Suelo	ADM	-	S 1	Radier	Terreno
Hueco	Vidrio	ADM	Este	V 1	2 V1	Aire exterior
Muro	Fachada	ARCH	Este	M 1	M.H.A	Aire exterior
Suelo	Suelo	ARCH	-	S 1	Radier	Terreno
Suelo	Suelo	ARCH	-	S 2	Radier	Terreno
Hueco	Marco	B	Este	H 1	3 V1	Aire exterior
Muro	Fachada	B	Este	M 1	M.H.A	Aire exterior
Suelo	Suelo	B	-	S 1	Radier	Terreno
Hueco	Vidrio	B	Este	V 1	3 V1	Aire exterior
Suelo	Suelo	BD	-	S 2	Radier	Terreno
Hueco	Marco	BDA 1	Oeste	H 1	V 9	Aire exterior
Muro	Fachada	BDA 1	Oeste	M 3	M.H.A	Aire exterior
Suelo	Suelo	BDA 1	-	S 2	Radier	Terreno
Hueco	Vidrio	BDA 1	Oeste	V 1	V 9	Aire exterior
Suelo	Suelo	BDA 2	-	S 2	Radier	Terreno
Suelo	Suelo	BDA 3	-	S 2	Radier	Terreno
Suelo	Suelo	BDA 4	-	S 2	Radier	Terreno
Muro	Fachada	BG	Norte	M 1	M.H.A	Aire exterior
Suelo	Suelo	BG	-	S 3	Radier	Terreno
Hueco	Marco	BH 1	Oeste	H 1	V 9	Aire exterior
Muro	Fachada	BH 1	Oeste	M 2	M.H.A	Aire exterior
Suelo	Suelo	BH 1	-	S 2	Radier	Terreno
Hueco	Vidrio	BH 1	Oeste	V 1	V 9	Aire exterior
Hueco	Marco	BM 1	Oeste	H 1	V 9	Aire exterior
Muro	Fachada	BM 1	Oeste	M 2	M.H.A	Aire exterior
Suelo	Suelo	BM 1	-	S 2	Radier	Terreno
Hueco	Vidrio	BM 1	Oeste	V 1	V 9	Aire exterior
Hueco	Marco	BMANIP	Oeste	H 1	V 11	Aire exterior
Muro	Fachada	BMANIP	Oeste	M 2	M.H.A	Aire exterior
Suelo	Suelo	BMANIP	-	S 1	Radier	Terreno
Hueco	Vidrio	BMANIP	Oeste	V 1	V 11	Aire exterior
Suelo	Suelo	BPS 1	-	S 2	Radier	Terreno
Suelo	Suelo	BPS 2	-	S 2	Radier	Terreno
Hueco	Marco	CALDERA	Oeste	H 1	V 17	Aire exterior
Muro	Fachada	CALDERA	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Muro	Fachada	CALDERA	Norte	M 1	M.H.A	Aire exterior
Suelo	Suelo	CALDERA	-	S 3	Radier	Terreno
Hueco	Vidrio	CALDERA	Oeste	V 1	V 17	Aire exterior
Hueco	Marco	CCC 1	Norte	H 1	V 22 + 3 V 27	Aire exterior
Hueco	Marco	CCC 1	Este	H 1	V 14 + V 29 + V 13	Aire exterior
Hueco	Marco	CCC 1	Norte	H 2	2 PV1	Aire exterior
Muro	Fachada	CCC 1	Norte	M 1	M.H.A	Aire exterior
Muro	Fachada	CCC 1	Este	M 1	M.H.A	Aire exterior
Suelo	Suelo	CCC 1	-	S 2	Radier	Terreno
Hueco	Vidrio	CCC 1	Norte	V 1	V 22 + 3 V 27	Aire exterior

Hueco	Vidrio	CCC 1	Este	V 1	V 14 + V 29 + V 13	Aire exterior
Hueco	Vidrio	CCC 1	Norte	V 2	2 PV1	Aire exterior
Hueco	Marco	COC	Oeste	H 1	V 7	Aire exterior
Muro	Fachada	COC	Oeste	M 2	M.H.A	Aire exterior
Suelo	Suelo	COC	-	S 3	Radier	Terreno
Hueco	Vidrio	COC	Oeste	V 1	V 7	Aire exterior
Hueco	Marco	COM	Oeste	H 1	3 V 8	Aire exterior
Muro	Fachada	COM	Norte	M 1	M.H.A	Aire exterior
Muro	Fachada	COM	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Muro	Fachada	COM	Sur	M 1	M.H.A	Aire exterior
Suelo	Suelo	COM	-	S 2	Radier	Terreno
Hueco	Vidrio	COM	Oeste	V 1	3 V 8	Aire exterior
Hueco	Marco	CUBIERTA	Este	H 1	8 V 31	Aire exterior
Hueco	Vidrio	CUBIERTA	Este	V 1	8 V 31	Aire exterior
Suelo	Suelo	DES	-	S 3	Radier	Terreno
Suelo	Suelo	DH	-	S 2	Radier	Terreno
Muro	Medianería	DH	Este	M 2	M.H.A	Edificio
Hueco	Marco	DIR	Este	H 1	V 2	Aire exterior
Hueco	Marco	DIR	Oeste	H 1	V 3	Aire exterior
Muro	Fachada	DIR	Este	M 1	V.	Aire exterior
Muro	Fachada	DIR	Sur	M 1	M.H.A	Aire exterior
Muro	Fachada	DIR	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Suelo	Suelo	DIR	-	S 1	Radier	Terreno
Hueco	Vidrio	DIR	Este	V 1	V 2	Aire exterior
Hueco	Vidrio	DIR	Oeste	V 1	V 3	Aire exterior
Suelo	Suelo	DM	-	S 2	Radier	Terreno
Muro	Medianería	DM	Este	M 2	M.H.A	Edificio
Muro	Fachada	DM	Norte	M 2	M.H.A	Edificio
Suelo	Suelo	DMP	-	S 2	Radier	Terreno
Hueco	Marco	ELAB IND	Oeste	H 1	V 3 + V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	ELAB IND	Oeste	M 2	M.H.A	Aire exterior
Suelo	Suelo	ELAB IND	-	S 3	Radier	Terreno
Hueco	Vidrio	ELAB IND	Oeste	V 1	V 3 + V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	H A	Norte	H 1	V 15	Aire exterior
Hueco	Marco	H A	Sur	H 1	V 16	Aire exterior
Hueco	Marco	H A	Oeste	H 2	2 P2	Aire exterior
Muro	Fachada	H A	Norte	M 1	M.H.A	Aire exterior
Muro	Fachada	H A	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Muro	Fachada	H A	Sur	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Puerta	H A	Oeste	P 1	2 P2	Aire exterior
Suelo	Suelo	H A	-	S 2	Radier	Terreno
Hueco	Vidrio	H A	Norte	V 1	V 15	Aire exterior
Hueco	Vidrio	H A	Sur	V 1	V 16	Aire exterior
Hueco	Vidrio	H A	Oeste	V 2	2 P2	Aire exterior
Suelo	Suelo	I	-	S 1	Radier	Terreno
Hueco	Marco	IG	Oeste	H 1	V 4	Aire exterior
Muro	Fachada	IG	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Suelo	Suelo	IG	-	S 1	Radier	Terreno
Hueco	Vidrio	IG	Oeste	V 1	V 4	Aire exterior
Suelo	Suelo	JP	-	S 1	Radier	Terreno
Hueco	Marco	LAB ACUI	Oeste	H 1	V 6 + V 5	Aire exterior
Hueco	Marco	LAB ACUI	Oeste	H 2	P 10	Aire exterior

Muro	Fachada	LAB ACUI	Oeste	M 2	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Puerta	LAB ACUI	Oeste	P 2	P 10	Aire exterior
Suelo	Suelo	LAB ACUI	-	S 3	Radier	Terreno
Hueco	Vidrio	LAB ACUI	Oeste	V 1	V 6 + V 5	Aire exterior
Hueco	Vidrio	LAB ACUI	Oeste	V 2	P 10	Aire exterior
Hueco	Marco	LAB QUIM	Este	H 1	V 3 + V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	LAB QUIM	Este	M 2	M.H.A	Aire exterior
Suelo	Suelo	LAB QUIM	-	S 3	Radier	Terreno
Hueco	Vidrio	LAB QUIM	Este	V 1	V 3 + V 6	Aire exterior
Suelo	Suelo	PA 1	-	S 2	Radier	Terreno
Suelo	Suelo	PA 2	-	S 2	Radier	Terreno
Hueco	Marco	PO	Sur	H 1	V 21	Aire exterior
Hueco	Marco	PO	Oeste	H 2	P 9	Aire exterior
Muro	Fachada	PO	Sur	M 1	M.H.A	Aire exterior
Muro	Medianería	PO	Este	M 1	M.H.A	Edificio
Muro	Fachada	PO	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Puerta	PO	Oeste	P 1	P 9	Aire exterior
Hueco	Vidrio	PO	Sur	V 1	V 21	Aire exterior
Suelo	Suelo	PO	-	S 2	Radier	Terreno
Hueco	Marco	SE	Este	H 1	2 V1	Aire exterior
Muro	Fachada	SE	Este	M 1	M.H.A	Aire exterior
Suelo	Suelo	SE	-	S 1	Radier	Terreno
Hueco	Vidrio	SE	Este	V 1	2 V1	Aire exterior
Suelo	Suelo	SI	-	S 1	Radier	Terreno
Hueco	Marco	SP	Oeste	H 1	2 V 3	Aire exterior
Muro	Fachada	SP	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Suelo	Suelo	SP	-	S 1	Radier	Terreno
Hueco	Vidrio	SP	Oeste	V 1	2 V 3	Aire exterior
Hueco	Marco	TE 1	Este	H 1	V 3 + V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	TE 1	Este	M 3	M.H.A	Aire exterior
Suelo	Suelo	TE 1	-	S 3	Radier	Terreno
Hueco	Vidrio	TE 1	Este	V 1	V 3 + V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	TE 2	Este	H 1	V 3 + V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	TE 2	Norte	M 3	M.H.A	Aire exterior
Muro	Fachada	TE 2	Este	M 3	M.H.A	Aire exterior
Suelo	Suelo	TE 2	-	S 3	Radier	Terreno
Hueco	Vidrio	TE 2	Este	V 1	V 3 + V 6	Aire exterior
Suelo	Suelo	UTP	-	S 2	Radier	Terreno

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.13: Cuadro de envolvente térmica y de componentes del segundo piso del Liceo Técnico-Industrial Mirasol

SEGUNDO PISO						
Elemento		Recinto	Orientación	Componentes		Contacto
Hueco	Marco	A 1	Este	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	A 1	Norte	M 1	M.H.A	Aire exterior
Muro	Fachada	A 1	Este	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 1	Este	V 1	V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	A 10	Oeste	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	A 10	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 10	Oeste	V 1	V 6	Aire exterior

Hueco	Marco	A 11	Oeste	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	A 11	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 11	Oeste	V 1	V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	A 12	Oeste	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	A 12	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 12	Oeste	V 1	V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	A 13	Oeste	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	A 13	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 13	Oeste	V 1	V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	A 14	Oeste	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	A 14	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 14	Oeste	V 1	V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	A 2	Este	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	A 2	Este	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 2	Este	V 1	V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	A 3	Este	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	A 3	Este	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 3	Este	V 1	V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	A 4	Este	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	A 4	Este	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 4	Este	V 1	V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	A 5	Este	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	A 5	Este	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 5	Este	V 1	V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	A 6	Oeste	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	A 6	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Muro	Fachada	A 6	Norte	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 6	Oeste	V 1	V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	A 7	Oeste	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	A 7	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 7	Oeste	V 1	V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	A 8	Oeste	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	A 8	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 8	Oeste	V 1	V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	A 9	Oeste	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	A 9	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 9	Oeste	V 1	V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	BH 2	Oeste	H 1	V 9	Aire exterior
Muro	Fachada	BH 2	Oeste	M 2	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	BH 2	Oeste	V 1	V 9	Aire exterior
Hueco	Marco	BM 2	Oeste	H 1	V 9	Aire exterior
Muro	Fachada	BM 2	Oeste	M 2	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	BM 2	Oeste	V 1	V 9	Aire exterior
Hueco	Marco	CCC 2	Este	H 1	3 V 1	Aire exterior
Muro	Fachada	CCC 2	Este	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	CCC 2	Este	V 1	3 V 1	Aire exterior
Cubierta	Cubierta	CUB 1	-	C 1	Techumbre	Aire exterior
Hueco	Marco	MT	Este	H 1	V 26	Aire exterior
Muro	Fachada	MT	Este	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	MT	Este	V 1	V 26	Aire exterior
Hueco	Marco	SC	Este	H 1	V 2	Aire exterior
Hueco	Marco	SC	Oeste	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	SC	Este	M 1	M.H.A	Aire exterior
Muro	Fachada	SC	Sur	M 1	M.H.A	Aire exterior
Muro	Fachada	SC	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	SC	Este	V 1	V 2	Aire exterior

Hueco	Vidrio	SC	Oeste	V 1	V 6	Aire exterior
-------	--------	----	-------	-----	-----	---------------

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.14: Cuadro de envolvente térmica y de componentes del tercer piso del Liceo Técnico-Industrial Mirasol

TERCER PISO						
Elemento		Recinto	Orientación	Componentes		Contacto
Hueco	Marco	A 15	Oeste	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	A 15	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Muro	Fachada	A 15	Norte	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 15	Oeste	V 1	V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	A 16	Oeste	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	A 16	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 16	Oeste	V 1	V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	A 17	Oeste	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	A 17	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 17	Oeste	V 1	V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	A 18	Oeste	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	A 18	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 18	Oeste	V 1	V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	A 19	Oeste	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	A 19	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 19	Oeste	V 1	V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	A 20	Oeste	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	A 20	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 20	Oeste	V 1	V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	A 21	Oeste	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	A 21	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 21	Oeste	V 1	V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	A 22	Oeste	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	A 22	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 22	Oeste	V 1	V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	A 23	Oeste	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	A 23	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 23	Oeste	V 1	V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	A 24	Este	H 1	V 2	Aire exterior
Hueco	Marco	A 24	Oeste	H 1	V 6	Aire exterior
Muro	Fachada	A 24	Este	M 1	M.H.A	Aire exterior
Muro	Fachada	A 24	Sur	M 1	M.H.A	Aire exterior
Muro	Fachada	A 24	Oeste	M 1	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 24	Este	V 1	V 2	Aire exterior
Hueco	Vidrio	A 24	Oeste	V 1	V 6	Aire exterior
Hueco	Marco	BH 3	Oeste	H 1	V 9	Aire exterior
Muro	Fachada	BH 3	Oeste	M 2	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	BH 3	Oeste	V 1	V 9	Aire exterior
Hueco	Marco	BM 3	Oeste	H 1	V 9	Aire exterior
Muro	Fachada	BM 3	Oeste	M 2	M.H.A	Aire exterior
Hueco	Vidrio	BM 3	Oeste	V 1	V 9	Aire exterior
Cubierta	Cubierta	CUB 2	-	C 1	Techumbre	Aire exterior

Fuente: Elaboración propia

4.4 Segunda etapa - procedimiento de verificación de cumplimiento de valores límites de pérdidas de energía térmica

4.4.1 Cálculo de transmitancia térmica de los componentes de la envolvente (U).

En esta etapa se calcularán las transmitancias térmicas de los diferentes elementos constructivos del edificio según el procedimiento indicado en el punto 3.2.2.1 del capítulo III.

Las conductividades térmicas de los materiales serán extraídas de la normativa de acondicionamiento térmico chilena NCh 853. Of 91 y del libro de Fundamentos Técnicos del CCTE_CL v2 de la Pontificia Universidad Católica de Chile. De este último, además se extraerán las transmitancias térmicas de marcos, vidrios y puertas.

a) Transmitancia térmica de muros de fachada .

Tabla 4.15: Cuadro de transmitancia térmica de M 1

ELEMENTO			
M 1. Muro de H.A. con revoque exterior e interior de mortero de cemento.			
Material	λ (W/m ² K)	e (m)	R (m ² K/W)
Resistencia térmica de superficie exterior	-	-	0,05
Revoque exterior	1,40	0,0250	0,02
M.H.A (hormigón H-25)	1,63	0,1500	0,09
Revoque interior	1,40	0,0250	0,02
Resistencia térmica de superficie interior	-	-	0,12
Rt (resistencia térmica total en m ² K/W)			0,30
U (transmitancia térmica en W/m²K)			3,33

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.16: Cuadro de transmitancia térmica de M 2

ELEMENTO			
M 2. Muro de H.A. con revoque exterior de mortero de cemento y revest. int. de cerámica.			
Material	λ (W/m ² K)	e (m)	R (m ² K/W)
Resistencia térmica de superficie exterior	-	-	0,05
Revoque exterior	1,400	0,0250	0,02
M.H.A (hormigón H-25)	1,630	0,1500	0,09
Mortero de pega	1,400	0,0200	0,01
Cerámica cordillera 20 x 30 cm	1,750	0,0070	0,00
Resistencia térmica de superficie interior	-	-	0,12
Rt (resistencia térmica total en m ² K/W)			0,29
U (transmitancia térmica en W/m²K)			3,45

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.17: Cuadro de transmitancia térmica de M 3

ELEMENTO			
M 3. Muro de H.A. con revoque exterior de mortero de cemento y revest. int. de pino			
Material	λ (W/m ² K)	e (m)	R (m ² K/W)
Resistencia térmica de superficie exterior	-	-	0,05
Revoque exterior	1,400	0,0200	0,01
M.H.A (hormigón H-25)	1,630	0,1500	0,09
Forro pino Oregón 3/4" x 8"	0,104	0,0190	0,18
Resistencia térmica de superficie interior	-	-	0,12
Rt (resistencia térmica total en m ² K/W)			0,45
U (transmitancia térmica en W/m²K)			2,22

Fuente: Elaboración propia

b) Transmitancia térmica de cubiertas U_C .

Tabla 4.18: Cuadro de transmitancia térmica de C 1

ELEMENTO			
C 1. Cubierta de acero, con encamisado de OSB y revest. Interior de entablado de pino			
Material	λ (W/m ² K)	e (m)	R (m ² K/W)
Resistencia térmica de superficie exterior	-	-	0,05
Plancha de acero estructural	113,0	0,0005	0,00
Plancha OSB	0,150	0,0151	0,10
Lana mineral (tipo Aislán Rock)	0,042	0,1600	3,81
Forro pino Oregón	0,104	0,0254	0,24
Resistencia térmica de superficie interior	-	-	0,09
Rt (resistencia térmica total en m ² K/W)			4,29
U (transmitancia térmica en W/m²K)			0,23

Fuente: Elaboración propia

c) Transmitancia térmica de suelos U_S .

Tabla 4.19: Cuadro de transmitancia térmica de S 1

ELEMENTO			
S 1. Pavimento machihembrado de coigüe con aislación sobre radier			
Material	λ (W/m ² K)	e (m)	R (m ² K/W)
Resistencia térmica de superficie interior	-	-	0,17
Entablado machihembrado de coigüe	0,145	0,0254	0,18
Aislapol	0,043	0,0400	0,93
Radier H-10	1,630	0,0800	0,05
Rt (resistencia térmica total en m ² K/W)			1,33
U (transmitancia térmica en W/m²K)			0,75

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.20: Cuadro de transmitancia térmica de S 2

ELEMENTO			
S 2. Pavimento cerámico sobre losa			
Material	λ (W/m ² K)	e (m)	R (m ² K/W)
Resistencia térmica de superficie interior	-	-	0,17
Cerámica vitrificada	1,750	0,0090	0,01
Mortero de pega	1,400	0,0100	0,01
Radier H-10	1,630	0,1200	0,07
Rt (resistencia térmica total en m ² K/W)			0,26
U (transmitancia térmica en W/m²K)			3,85

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.21: Cuadro de transmitancia térmica de S 3

ELEMENTO			
S 3. Pavimento de baldosa sobre losa			
Material	λ (W/m ² K)	e (m)	R (m ² K/W)
Resistencia térmica de superficie interior	-	-	0,17
Baldosa microvibrada (lisa estándar)	1,750	0,0260	0,01
Mortero de pega	1,400	0,0250	0,02
Radier H-10	1,630	0,0800	0,05
Rt (resistencia térmica total en m ² K/W)			0,25
U (transmitancia térmica en W/m²K)			4,00

Fuente: Elaboración propia

d) Transmitancia térmica de huecos U_H .

VIDRIOS

Tabla 4.22: Cuadro de transmitancia térmica de V 1

ELEMENTO	
V 1. Vidrio de ventana	
U (transmitancia térmica en W/m²K)	5,88

Fuente: CCTE_CL v2 (Bustamante *et al.*)

Tabla 4.23: Cuadro de transmitancia térmica de V 2

ELEMENTO	
V 2. Vidrio de puerta	
U (transmitancia térmica en W/m²K)	5,88

Fuente: CCTE_CL v2 (Bustamante *et al.*)

MARCOS Y PUERTAS

Tabla 4.24: Cuadro de transmitancia térmica de H 1

ELEMENTO	
H 1. Marco de ventana de aluminio	
U (transmitancia térmica en W/m²K)	5,88

Fuente: CCTE_CL v2 (Bustamante *et al.*)

Tabla 4.25: Cuadro de transmitancia térmica de H 2

ELEMENTO	
H 2. Marco de madera	
U (transmitancia térmica en W/m ² K)	2,50

Fuente: CCTE_CL v2 (Bustamante *et al.*)

Tabla 4.26: Cuadro de transmitancia térmica de P 1

ELEMENTO	
P 1. Hoja de puerta	
U (transmitancia térmica en W/m ² K)	3,00

Fuente: CCTE_CL v2 (Bustamante *et al.*)

4.4.2 Comprobación de transmitancias térmicas de componentes (U_{MAX}).

En este punto se comprobará si las transmitancias térmicas de los elementos constructivos calculados en el punto anterior cumplen, o no, con los valores límites establecidos en la tabla 3.5 del capítulo III.

Tabla 4.27: Cuadro de comprobación de transmitancia térmica límites de componentes.

		Proyecto	Máxima	
		U (W/m ² K)		Resultado
Cerramientos y particiones interiores				
Muros de fachada	M 1	3,33	≤ 0.74	No cumple
	M 2	3,45	≤ 0.74	No cumple
	M 3	2,22	≤ 0.74	No cumple
Suelos	S 1	0,75	≤ 0.62	No cumple
	S 2	3,85	≤ 0.62	No cumple
	S 3	4,00	≤ 0.62	No cumple
Cubiertas	C 1	0,23	≤ 0.46	Cumple
Vidrios de huecos y lucernarios	V 1	5,88	≤ 3.10	No cumple
	V 2	5,88	≤ 3.10	No cumple
Marcos de huecos y lucernarios	H 1	5,88	≤ 3.10	No cumple
	H 2	2,50	≤ 3.10	Cumple
	P 1	3,00	≤ 3.10	Cumple
Medianerías	M 1	3,33	≤ 1.00	No cumple
	M 2	3,45	≤ 1.00	No cumple

Fuente: Elaboración propia

4.4.3 Cálculo de transmitancia térmica media.

Se calculará la media de las transmitancias térmicas de los diferentes componentes de la envolvente del edificio, la que se obtendrá ponderando las transmitancias correspondientes a cada cerramiento según su fracción de área en relación con el área total de la categoría a la que pertenece.

Las áreas de los recintos se podrán obtener de los planos de planta del primer, segundo y tercer piso y del escantillón.

Tabla 4.28: Cuadro de superficies de muros de fachada y medianerías del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.

PRIMER PISO					
Elemento		Recinto	Orientación	Elemento	Área
Muro	Fachada	BG	Norte	M 1	9,60
Muro	Fachada	CALDERA	Norte	M 1	15,17
Muro	Fachada	CCC 1	Norte	M 1	32,94
Muro	Fachada	COM	Norte	M 1	8,91
Muro	Fachada	H A	Norte	M 1	9,42
Muro	Fachada	DM	Norte	M 2	34,80
Muro	Fachada	TE 2	Norte	M 3	21,30
Muro	Fachada	ADM	Este	M 1	9,46
Muro	Fachada	ARCH	Este	M 1	7,65
Muro	Fachada	B	Este	M 1	23,94
Muro	Fachada	CCC 1	Este	M 1	57,12
Muro	Fachada	DIR	Este	M 1	3,64
Muro	Medianería	PO	Este	M 1	7,80
Muro	Fachada	SE	Este	M 1	12,16
Muro	Medianería	DH	Este	M 2	38,10
Muro	Medianería	DM	Este	M 2	23,40
Muro	Fachada	LAB QUIM	Este	M 2	22,59
Muro	Fachada	TE 1	Este	M 3	22,95
Muro	Fachada	TE 2	Este	M 3	22,59
Muro	Fachada	CALDERA	Oeste	M 1	12,85
Muro	Fachada	COM	Oeste	M 1	72,56
Muro	Fachada	DIR	Oeste	M 1	10,93
Muro	Fachada	H A	Oeste	M 1	80,02
Muro	Fachada	IG	Oeste	M 1	6,82
Muro	Fachada	PO	Oeste	M 1	6,40
Muro	Fachada	SP	Oeste	M 1	14,96
Muro	Fachada	BH 1	Oeste	M 2	10,68
Muro	Fachada	BM 1	Oeste	M 2	9,63
Muro	Fachada	BMANIP	Oeste	M 2	6,05
Muro	Fachada	COC	Oeste	M 2	13,45
Muro	Fachada	ELAB IND	Oeste	M 2	22,14
Muro	Fachada	LAB ACUI	Oeste	M 2	21,35
Muro	Fachada	BDA 1	Oeste	M 3	5,28
Muro	Fachada	COM	Sur	M 1	8,91
Muro	Fachada	DIR	Sur	M 1	14,40
Muro	Fachada	H A	Sur	M 1	20,88
Muro	Fachada	PO	Sur	M 1	16,38
SEGUNDO PISO					
Elemento		Recinto	Orientación	Elemento	Área
Muro	Fachada	A 1	Norte	M 1	21,30
Muro	Fachada	A 6	Norte	M 1	30,89
Muro	Fachada	A 1	Este	M 1	14,51

Muro	Fachada	A 3	Este	M 1	14,51
Muro	Fachada	A 4	Este	M 1	14,51
Muro	Fachada	A 5	Este	M 1	14,51
Muro	Fachada	CCC 2	Este	M 1	42,89
Muro	Fachada	MT	Este	M 1	26,09
Muro	Fachada	SC	Este	M 1	11,17
Muro	Fachada	A 10	Oeste	M 1	10,38
Muro	Fachada	A 11	Oeste	M 1	17,51
Muro	Fachada	A 12	Oeste	M 1	14,51
Muro	Fachada	A 13	Oeste	M 1	14,51
Muro	Fachada	A 14	Oeste	M 1	14,51
Muro	Fachada	A 6	Oeste	M 1	10,38
Muro	Fachada	A 7	Oeste	M 1	10,38
Muro	Fachada	A 8	Oeste	M 1	10,38
Muro	Fachada	A 9	Oeste	M 1	10,38
Muro	Fachada	SC	Oeste	M 1	17,51
Muro	Fachada	BH 2	Oeste	M 2	10,68
Muro	Fachada	BM 2	Oeste	M 2	9,63
Muro	Fachada	SC	Sur	M 1	14,40
TERCER PISO					
Elemento		Recinto	Orientación	Elemento	Área
Muro	Fachada	A 15	Norte	M 1	29,47
Muro	Fachada	A 24	Este	M 1	17,22
Muro	Fachada	A 15	Oeste	M 1	15,35
Muro	Fachada	A 16	Oeste	M 1	15,35
Muro	Fachada	A 17	Oeste	M 1	15,35
Muro	Fachada	A 18	Oeste	M 1	15,35
Muro	Fachada	A 19	Oeste	M 1	15,35
Muro	Fachada	A 20	Oeste	M 1	18,45
Muro	Fachada	A 21	Oeste	M 1	15,35
Muro	Fachada	A 22	Oeste	M 1	15,35
Muro	Fachada	A 23	Oeste	M 1	15,35
Muro	Fachada	A 24	Oeste	M 1	18,45
Muro	Fachada	BM 3	Oeste	M 2	10,00
Muro	Fachada	BH 3	Oeste	M 2	11,08
Muro	Fachada	A 24	Sur	M 1	17,66

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.29: Cuadro de superficies de suelos del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.

PRIMER PISO					
Elemento		Recinto	Orientación	Elemento	Área
Suelo	Suelo	ADM	-	S 1	15,19
Suelo	Suelo	ARCH 1	-	S 1	2,99
Suelo	Suelo	B	-	S 1	89,70
Suelo	Suelo	BMANIP	-	S 1	6,23
Suelo	Suelo	DIR	-	S 1	23,70
Suelo	Suelo	I	-	S 1	6,40
Suelo	Suelo	IG	-	S 1	16,53
Suelo	Suelo	JP	-	S 1	12,70
Suelo	Suelo	SE	-	S 1	63,34

Suelo	Suelo	SP	-	S 1	55,75
Suelo	Suelo	ARCH 2	-	S 2	7,20
Suelo	Suelo	BD	-	S 2	3,90
Suelo	Suelo	PO	-	S 2	3,90
Suelo	Suelo	BDA 1	-	S 2	3,36
Suelo	Suelo	BDA 2	-	S 2	3,36
Suelo	Suelo	BDA 3	-	S 2	3,36
Suelo	Suelo	BDA 4	-	S 2	3,36
Suelo	Suelo	BH 1	-	S 2	19,83
Suelo	Suelo	BM 1	-	S 2	20,20
Suelo	Suelo	BPS 1	-	S 2	3,60
Suelo	Suelo	BPS 2	-	S 2	3,87
Suelo	Suelo	CCC 1	-	S 2	720,10
Suelo	Suelo	COM	-	S 2	234,00
Suelo	Suelo	DH	-	S 2	22,4
Suelo	Suelo	DMP	-	S 2	4,60
Suelo	Suelo	H A	-	S 2	88,93
Suelo	Suelo	DM	-	S 2	21,80
Suelo	Suelo	PA 1	-	S 2	5,90
Suelo	Suelo	PA 2	-	S 2	6,60
Suelo	Suelo	UTP	-	S 2	15,40
Suelo	Suelo	BG	-	S 3	13,00
Suelo	Suelo	CALDERA	-	S 3	13,40
Suelo	Suelo	COC	-	S 3	20,60
Suelo	Suelo	DES	-	S 3	9,50
Suelo	Suelo	ELAB IND	-	S 3	82,20
Suelo	Suelo	LAB ACUI	-	S 3	82,09
Suelo	Suelo	LAB QUIM	-	S 3	82,20
Suelo	Suelo	TE 1	-	S 3	82,20
Suelo	Suelo	TE 2	-	S 3	82,20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.30: Cuadro de superficie de cubierta del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.

SEGUNDO PISO					
Elemento		Recinto	Orientación	Elemento	Área
Cubierta	Cubierta	CUB 1	-	C 1	729,28
TERCER PISO					
Elemento		Recinto	Orientación	Elemento	Área
Cubierta	Cubierta	CUB 2	-	C 1	1263,82

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.31: Cuadro de superficies de huecos del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.

PRIMER PISO					
Elemento		Recinto	Orientación	Elemento	Área
Hueco	Vidrio	CCC 1	Norte	H 1	6,50
Hueco	Vidrio	H A	Norte	H 1	13,53
Hueco	Vidrio	CCC 1	Norte	H 1	3,60
Hueco	Vidrio	CCC 1	Norte	V 1	30,40
Hueco	Vidrio	H A	Norte	V 1	40,05
Hueco	Vidrio	CCC 1	Norte	V 2	5,40

Hueco	Marco	ADM	Este	H 1	0,88
Hueco	Marco	B	Este	H 1	1,32
Hueco	Marco	CCC 1	Este	H 1	16,71
Hueco	Marco	DIR	Este	H 1	0,57
Hueco	Marco	LAB QUIM	Este	H 1	3,05
Hueco	Marco	SE	Este	H 1	0,88
Hueco	Marco	TE 1	Este	H 1	3,05
Hueco	Marco	TE 2	Este	H 1	3,05
Hueco	Vidrio	ADM	Este	V 1	3,46
Hueco	Vidrio	B	Este	V 1	5,19
Hueco	Vidrio	CCC 1	Este	V 1	44,18
Hueco	Vidrio	DIR	Este	V 1	2,84
Hueco	Vidrio	LAB QUIM	Este	V 1	12,61
Hueco	Vidrio	SE	Este	V 1	3,46
Hueco	Vidrio	TE 1	Este	V 1	12,61
Hueco	Vidrio	TE 2	Este	V 1	12,61
Hueco	Marco	BDA 1	Oeste	H 1	0,29
Hueco	Marco	BH 1	Oeste	H 1	0,29
Hueco	Marco	BM 1	Oeste	H 1	0,29
Hueco	Marco	BMANIP	Oeste	H 1	0,39
Hueco	Marco	CALDERA	Oeste	H 1	0,37
Hueco	Marco	COC	Oeste	H 1	1,34
Hueco	Marco	COM	Oeste	H 1	16,05
Hueco	Marco	DIR	Oeste	H 1	1,02
Hueco	Marco	ELAB IND	Oeste	H 1	3,05
Hueco	Marco	H A	Oeste	H 1	0,46
Hueco	Marco	IG	Oeste	H 1	0,87
Hueco	Marco	LAB ACUI	Oeste	H 1	2,60
Hueco	Marco	SP	Oeste	H 1	2,04
Hueco	Marco	LAB ACUI	Oeste	H 2	0,17
Hueco	Marco	PO	Oeste	H 2	0,12
Hueco	Puerta	H A	Oeste	P 1	9,04
Hueco	Puerta	PO	Oeste	P 1	1,28
Hueco	Puerta	LAB ACUI	Oeste	P 1	2,00
Hueco	Vidrio	BDA 1	Oeste	V 1	1,03
Hueco	Vidrio	BH 1	Oeste	V 1	1,03
Hueco	Vidrio	BM 1	Oeste	V 1	1,03
Hueco	Vidrio	BMANIP	Oeste	V 1	1,21
Hueco	Vidrio	CALDERA	Oeste	V 1	3,59
Hueco	Vidrio	COC	Oeste	V 1	5,64
Hueco	Vidrio	COM	Oeste	V 1	45,45
Hueco	Vidrio	DIR	Oeste	V 1	4,10
Hueco	Vidrio	ELAB IND	Oeste	V 1	12,61
Hueco	Vidrio	H A	Oeste	V 1	1,50
Hueco	Vidrio	IG	Oeste	V 1	3,86
Hueco	Vidrio	LAB ACUI	Oeste	V 1	11,35
Hueco	Vidrio	SP	Oeste	V 1	8,20
Hueco	Vidrio	LAB ACUI	Oeste	V 2	0,33
Hueco	Marco	H A	Sur	H 1	7,22
Hueco	Marco	PO	Sur	H1	0,37
Hueco	Vidrio	H A	Sur	V 1	16,56

SEGUNDO PISO					
Elemento		Recinto	Orientación	Elemento	Área
Hueco	Marco	A 1	Este	H 1	2,03
Hueco	Marco	A 2	Este	H 1	2,03
Hueco	Marco	A 3	Este	H 1	2,03
Hueco	Marco	A 4	Este	H 1	2,03
Hueco	Marco	A 5	Este	H 1	2,03
Hueco	Marco	CCC 2	Este	H 1	1,32
Hueco	Marco	MT	Este	H 1	0,68
Hueco	Marco	SC	Este	H 1	0,57
Hueco	Vidrio	A 1	Este	V 1	8,51
Hueco	Vidrio	A 2	Este	V 1	8,51
Hueco	Vidrio	A 3	Este	V 1	8,51
Hueco	Vidrio	A 4	Este	V 1	8,51
Hueco	Vidrio	A 5	Este	V 1	8,51
Hueco	Vidrio	CCC 2	Este	V 1	5,19
Hueco	Vidrio	MT	Este	V 1	8,19
Hueco	Vidrio	SC	Este	V 1	2,84
Hueco	Marco	A 10	Oeste	H 1	2,03
Hueco	Marco	A 11	Oeste	H 1	2,03
Hueco	Marco	A 12	Oeste	H 1	2,03
Hueco	Marco	A 13	Oeste	H 1	2,03
Hueco	Marco	A 14	Oeste	H 1	2,03
Hueco	Marco	A 6	Oeste	H 1	2,03
Hueco	Marco	A 7	Oeste	H 1	2,03
Hueco	Marco	A 8	Oeste	H 1	2,03
Hueco	Marco	A 9	Oeste	H 1	2,03
Hueco	Marco	BH 2	Oeste	H 1	0,29
Hueco	Marco	BM 2	Oeste	H 1	0,29
Hueco	Marco	SC	Oeste	H 1	2,03
Hueco	Vidrio	A 10	Oeste	V 1	8,51
Hueco	Vidrio	A 11	Oeste	V 1	8,51
Hueco	Vidrio	A 12	Oeste	V 1	8,51
Hueco	Vidrio	A 13	Oeste	V 1	8,51
Hueco	Vidrio	A 14	Oeste	V 1	8,51
Hueco	Vidrio	A 6	Oeste	V 1	8,51
Hueco	Vidrio	A 7	Oeste	V 1	8,51
Hueco	Vidrio	A 8	Oeste	V 1	8,51
Hueco	Vidrio	A 9	Oeste	V 1	8,51
Hueco	Vidrio	BH 2	Oeste	V 1	1,03
Hueco	Vidrio	BM 2	Oeste	V 1	1,03
Hueco	Vidrio	SC	Oeste	V 1	8,51
TERCER PISO					
Elemento		Recinto	Orientación	Elemento	Área
Hueco	Marco	A 24	Este	H 1	0,57
Hueco	Marco	CUBIERTA	Este	H 1	15,28
Hueco	Vidrio	A 24	Este	V 1	2,84
Hueco	Vidrio	CUBIERTA	Este	V 1	22,80
Hueco	Marco	A 15	Oeste	H 1	2,03
Hueco	Marco	A 16	Oeste	H 1	2,03
Hueco	Marco	A 17	Oeste	H 1	2,03

Hueco	Marco	A 19	Oeste	H 1	2,03
Hueco	Marco	A 20	Oeste	H 1	2,03
Hueco	Marco	A 21	Oeste	H 1	2,03
Hueco	Marco	A 22	Oeste	H 1	2,03
Hueco	Marco	A 23	Oeste	H 1	2,03
Hueco	Marco	BH 3	Oeste	H 1	0,29
Hueco	Marco	BM 3	Oeste	H 1	0,29
Hueco	Marco	A 24	Oeste	H 1	2,03
Hueco	Vidrio	A 15	Oeste	V 1	8,51
Hueco	Vidrio	A 16	Oeste	V 1	8,51
Hueco	Vidrio	A 17	Oeste	V 1	8,51
Hueco	Vidrio	A 18	Oeste	V 1	8,51
Hueco	Vidrio	A 19	Oeste	V 1	8,51
Hueco	Vidrio	A 20	Oeste	V 1	8,51
Hueco	Vidrio	A 21	Oeste	V 1	8,51
Hueco	Vidrio	A 22	Oeste	V 1	8,51
Hueco	Vidrio	A 23	Oeste	V 1	8,51
Hueco	Vidrio	A 24	Oeste	V 1	8,51
Hueco	Vidrio	BH 3	Oeste	V 1	1,03
Hueco	Vidrio	BM 3	Oeste	V 1	1,03

Fuente: Elaboración propia

CÁLCULOS

Tabla 4.32: Cuadro de transmitancia térmica media de muros de fachada del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.

Transmitancia limite de muros de fachada					
Ubicación	Elemento	Área (m ²)	U (W/m ² °K)	A x U (W/°K)	Resultados
N	M 1	157,7	3,33	525,14	$\Sigma A = 179,00$
	M 3	21,3	2,22	47,29	$\Sigma A \cdot U = 572,43$
	Transmitancia media de muros				$\Sigma A \cdot U / \Sigma A = 3,20$
E	M 1	291,69	3,33	971,33	
	M 2	84,09	3,45	290,11	$\Sigma A = 421,32$
	M 3	45,54	2,22	101,1	$\Sigma A \cdot U = 1362,54$
	Transmitancia media de muros				$\Sigma A \cdot U / \Sigma A = 3,23$
O	M 1	494,69	3,33	1647,32	
	M 2	124,69	3,45	430,18	$\Sigma A = 624,66$
	M 3	5,28	2,22	11,72	$\Sigma A \cdot U = 2089,22$
	Transmitancia media de muros				$\Sigma A \cdot U / \Sigma A = 3,34$
S	M 1	76,25	3,33	253,91	$\Sigma A = 76,25$
					$\Sigma A \cdot U = 253,91$
	Transmitancia media de muros				$\Sigma A \cdot U / \Sigma A = 3,33$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.33: Cuadro de transmitancia térmica media de suelos del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.

Transmitancia limite de suelos					
Elemento	Área (m2)	U (W/m2°K)	A x U (W/°K)	Resultados	
S 1	301,63	0,75	226,22		
S 2	1195,67	3,85	4603,33	$\sum A =$	1964,69
S 3	467,39	4,00	1869,56	$\sum A \cdot U =$	6699,11
Transmitancia media de suelos				$\sum A \cdot U / \sum A =$	3,41

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.34: Cuadro de transmitancia térmica media de cubierta del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.

Transmitancia limite de cubiertas					
Elemento	Área (m2)	U (W/m2°K)	A x U (W/°K)	Resultados	
C 1	1993,1	0,23	458,41	$\sum A =$	1993,10
				$\sum A \cdot U =$	458,41
Transmitancia media de suelos				$\sum A \cdot U / \sum A =$	0,23

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.35: Cuadro de transmitancia térmica media de huecos del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.

Transmitancia limite de huecos					
Ubicación	Elemento	Área (m2)	U (W/m2°K)	A x U (W/°K)	Resultados
N	H 1	23,63	5,88	138,94	
	V 1	70,45	5,88	414,25	$\sum A =$ 99,48
	V 2	5,4	5,88	31,75	$\sum A \cdot U =$ 584,94
	Transmitancia media de huecos				$\sum A \cdot U / \sum A =$ 5,88
E	H 1	41,48	5,88	243,90	$\sum A =$ 200,05
	V 1	158,57	5,88	932,39	$\sum A \cdot U =$ 1176,29
	Transmitancia media de huecos				$\sum A \cdot U / \sum A =$ 5,88
O	H 1	0,29	2,50	0,73	
	H 2	70,82	5,88	416,42	
	P 1	12,32	3,00	36,96	$\sum A =$ 358,35
	V 1	274,92	5,88	1616,53	$\sum A \cdot U =$ 2070,64
	Transmitancia media de huecos				$\sum A \cdot U / \sum A =$ 5,78
S	H 1	7,22	5,88	42,45	$\sum A =$ 23,78
	V 1	16,56	5,88	97,37	$\sum A \cdot U =$ 139,82
	Transmitancia media de huecos				$\sum A \cdot U / \sum A =$ 5,88

Fuente: Elaboración propia

4.4.4 Comprobación de transmitancias térmicas medias (U_{lim}).

Por último se compararán los valores obtenidos en el punto anterior, con los valores límites establecidos en las tablas 3.6 y 3.7 del capítulo III.

Tabla 4.36: Cuadro de comprobación de transmitancia térmica media de cerramientos y particiones interiores del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.

Cerramientos y particiones interiores	Orientación	UM (W/m ² K)		Resultado
		Proyecto	Máxima	
Muros de fachada	Norte	3,20	≤ 0,57	No cumple
	Este	3,23	≤ 0,57	No cumple
	Oeste	3,34	≤ 0,57	No cumple
	Sur	3,33	≤ 0,57	No cumple
Suelos	-	3,41	≤ 0,48	No cumple
Cubiertas	-	0,23	≤ 0,35	Cumple
Huecos (valores para un % de huecos del 36%)	Norte	5,88	≤ 3,10	No cumple
	Este	5,88	≤ 2,40	No cumple
	Oeste	5,78	≤ 3,10	No cumple
	Sur	5,88	≤ 2,20	No cumple

Fuente: Elaboración propia

Los cálculos y comparaciones de transmitancias térmica media y por elemento realizados, se interpretarán en el siguiente capítulo de análisis de resultados.

CAPITULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Introducción

En el presente capítulo se analizarán los resultados obtenidos de la comprobación de pérdidas de energía realizada en el capítulo anterior, que consistió en comparar los valores de transmitancias térmicas de los elementos constructivos y medias del Liceo Técnico-Industrial Mirasol, con los valores límites establecidos por la normativa española.

5.2 Análisis de limitación de transmitancia térmica por elemento constructivo

El primer análisis se realizará en base a los resultados graficados en la tabla 5.1, en la que se comparó los valores de transmitancia térmica de los diferentes elementos constructivos de los cerramientos del establecimiento educacional con los valores límites establecidos en la normativa española para la zona climática E 4, a la que corresponde Puerto Montt, ciudad en la que se emplaza el edificio.

Tabla 5.1: Cuadro de comprobación de transmitancia térmica límite de elementos constructivos.

		Proyecto	Máxima	
Cerramientos y particiones interiores		U (W/m ² K)		Resultado
Muros de fachada	M 1	3,33	≤ 0.74	No cumple
	M 2	3,45	≤ 0.74	No cumple
	M 3	2,22	≤ 0.74	No cumple
Suelos	S 1	0,75	≤ 0.62	No cumple
	S 2	3,85	≤ 0.62	No cumple
	S 3	4,00	≤ 0.62	No cumple
Cubiertas	C 1	0,23	≤ 0.46	Cumple
Vidrios de huecos y lucernarios	V 1	5,88	≤ 3.10	No cumple
	V 2	5,88	≤ 3.10	No cumple
Marcos de huecos y lucernarios	H 1	5,88	≤ 3.10	No cumple
	H 2	2,50	≤ 3.10	Cumple
	P 1	3,00	≤ 3.10	Cumple
Medianerías	M 1	3,33	≤ 1.00	No cumple
	M 2	3,45	≤ 1.00	No cumple

Fuente: Elaboración propia

Al comparar los valores obtenidos del proyecto con los exigidos en la normativa española, se obtiene como resultado la reprobación de la mayoría de los elementos

constructivos, a excepción del elemento constructivo C 1 utilizado en la cubierta y el H 2 y P 1 utilizado en algunas puertas del edificio.

El elemento C 1 (plancha de OSB, lana mineral y forro de pino oregón) tiene un valor de transmitancia térmica inferior aproximadamente en un 50% al valor límite, lo cual significa que cumplió ampliamente con lo establecido.

Los otros valores que aprobaron la comparación son el H 2 (marco de madera) y P 1 (hoja de puerta de madera), los que no son de gran trascendencia en el análisis de pérdidas de energía, ya que se hacen presente solo en dos puertas, y la superficie abarcada por estas son insignificantes en comparación a la de los demás cerramientos y particiones interiores.

En el resto del análisis se encuentran los elementos que no cumplieron con los valores límites, los cuales se desglosarán a continuación:

Los elementos constructivos componentes de los muros y medianerías presentaron un gran déficit de resistencia térmica, siendo el que tenía una menor transmitancia térmica M 3 (muro de H.A, revoque exterior y forro de pino), que superó en un 200 % al valor límite establecido por la normativa, lo cual nos sugiere realizar una mejora importante en los materiales utilizados para compensar estas pérdidas.

En el caso de los elementos en contacto con el suelo, se produce una situación similar al de los muros, ya que ninguno de los tres cumple con los valores límites establecidos, con la diferencia que el mas cercano al cumplimiento S 1 es superior al valor límite en solo un 20 %, lo cual es solucionable con un aumento mínimo en la aislación. Los otros dos elementos S 2 (cerámica y radier) y S 3 (baldosa y radier) son excesivamente superiores a las exigencias de la normativa española, produciéndose una diferencia de un 500 %, que significaría realizar un cambio en los elementos, agregándole algún tipo de aislación térmica.

Los elementos de los huecos de las fachadas se pueden diferenciar en dos grupos, el primero consiste en V 2 (vidrio de puerta), H 2 (marco de puerta de madera) y P 2 (puerta de marco de madera), que representan una superficie mínima de la envolvente térmica (3 puertas), que no tiene mayor incidencia en las pérdidas del edificio, aunque igual deben

cumplir con los valores límites para no afectar el confort térmico de la habitación en la que se encuentren, y el segundo, en H 1 (marco de ventana) y V 1 (vidrio de ventana), que representan aproximadamente un 36 % de la superficie total de las fachadas, que al tener unos valores de transmitancia térmica superiores en un 90 % a los límites, son un riesgo debido a la gran cantidad de pérdida de energía térmica que le producen al edificio, por lo que se deberían realizar mejoras en estos elementos.

5.3 Análisis de limitación de transmitancia térmica media

El segundo análisis se realizará en base a los resultados graficados en la tabla 4.36 del capítulo IV, en el que se compararon los valores de transmitancia térmica media del establecimiento educacional con los valores establecidos en la normativa española. Consistiendo el cálculo de estas en la ponderación de las transmitancias correspondientes a cada cerramiento según su fracción de área en relación con el área total de la categoría a la que pertenece.

Tabla 5.2: Cuadro de comprobación de transmitancia térmica media.

Cerramientos y particiones interiores	Orientación	UM (W/m ² K)		Resultado
		Proyecto	Máxima	
Muros de fachada	Norte	3,20	≤ 0,57	No cumple
	Este	3,23	≤ 0,57	No cumple
	Oeste	3,34	≤ 0,57	No cumple
	Sur	3,33	≤ 0,57	No cumple
Suelos	-	3,41	≤ 0,48	No cumple
Cubiertas	-	0,23	≤ 0,35	Cumple
Huecos (valores para un % de huecos del 36%)	Norte	5,88	≤ 3,10	No cumple
	Este	5,88	≤ 2,40	No cumple
	Oeste	5,78	≤ 3,10	No cumple
	Sur	5,88	≤ 2,20	No cumple

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la comparación realizada son negativos, ya que el único cerramiento que cumplió con el valor límite de transmitancia térmica media fue la cubierta del edificio, mientras que los muros de fachada y los suelos superaron en más de un 460%, y los huecos en un 86 % a los valores límites establecidos en la normativa española.

Tras los análisis de limitación de transmitancia térmica por elemento constructivo y media, los resultados obtenidos arrojan, que de toda la envolvente térmica del edificio, solamente el complejo de techumbre cumplió con las exigencias de ambos análisis, mientras que los demás (muros, suelos, huecos y medianeros) obtuvieron valores superiores a los exigidos por la normativa.

Para que estos elementos cumplan las exigencias establecidas en la normativa, se deberían realizar diversas modificaciones, las cuales se tratarán en el próximo capítulo de soluciones constructivas

CAPITULO VI: SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS LICEO TÉCNICO- INDUSTRIAL MIRASOL

6.1 Introducción

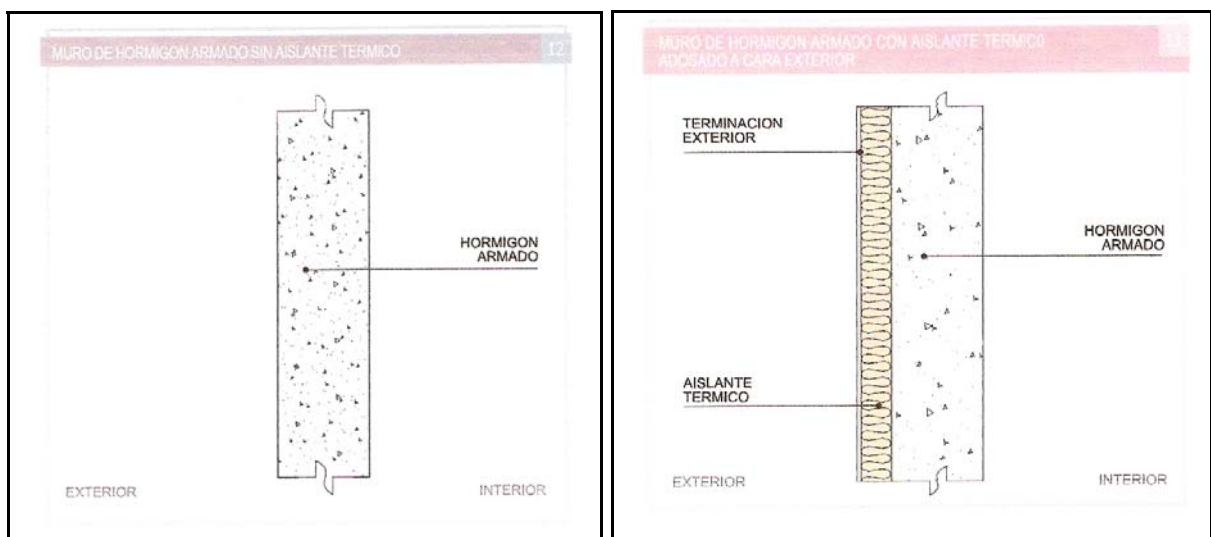
En el presente capítulo se detallarán las soluciones constructivas a sugerir en los diferentes elementos constructivos de los cerramientos y particiones interiores del establecimiento educacional analizado, a los que posteriormente se le calcularán sus transmitancias térmicas media y por elemento, con el fin de verificar el cumplimiento de los valores límites establecidos en la normativa española.

6.2 Soluciones constructivas por cerramientos y particiones interiores

- Muros

Para mejorar la resistencia térmica de los muros se utilizará el método especificado en el punto 13 - muro de hormigón armado con aislante térmico adosado a cara exterior, del Manual de Aplicación de Reglamentación Térmica, en su parte Soluciones Genéricas (muros).

Figura 6.1: Solución constructiva para muro perimetral de hormigón armado.



Fuente: Manual de aplicación reglamentación térmica (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Chile)

Este procedimiento consistiría en agregar un aislante térmico de planchas de Aislapol de cierto espesor (identificado con negrilla en las tablas 6.1, 6.2 y 6.3), que se colocarían por

la parte exterior del muro de hormigón armado, para posteriormente ser revestido con planchas de acero prepintado al horno instapanel del tipo colordek 460 de 0,5 mm de espesor.

Esta solución no afectaría la estructura ni la resistencia de los muros, y al realizarse en el exterior del edificio, no alteraría las dimensiones interiores de las localidades del recinto.

Tabla 6.1: Cuadro de transmitancia térmica de M 1

ELEMENTO			
M 1. Muro de hormigón armado con revoque exterior e interior de mortero de cemento.			
Material	λ (W/m ² K)	e (m)	R (m ² K/W)
Resistencia térmica de superficie exterior	-	-	0,05
Panel Colordek 460	113,00	0,0005	0,00
Aislapol	0,04	0,0800	1,86
Muro de H.A (hormigón H-25)	1,63	0,1500	0,09
Revoque interior	1,40	0,0250	0,02
Resistencia térmica de superficie interior	-	-	0,12
Rt (resistencia térmica total en m ² K/W)			2,14
U (transmitancia térmica en W/m²K)			0,47

Fuente: Elaboración propia

Modificación: Se agregaría al muro planchas de Aislapol de 8 cm, revestidas con Panel Colordek 460.

Tabla 6.2: Cuadro de transmitancia térmica de M 2

ELEMENTO			
M 2. Muro de Hormigón armado con revoque exterior de mortero de cemento y revestimiento interior de cerámica.			
Material	λ (W/m ² K)	e (m)	R (m ² K/W)
Resistencia térmica de superficie exterior	-	-	0,05
Panel Colordek 460	113,00	0,0050	0,00
Aislapol	0,04	0,0600	1,40
Muro de H.A (hormigón H-25)	1,630	0,1500	0,09
Mortero de pega	1,400	0,0200	0,01
Cerámica cordillera 20 x 30 cm	1,750	0,0070	0,00
Resistencia térmica de superficie interior	-	-	0,12
Rt (resistencia térmica total en m ² K/W)			1,67
U (transmitancia térmica en W/m²K)			0,60

Fuente: Elaboración propia

Modificación: Se agregaría al muro planchas de Aislapol de 6 cm, revestidas con Panel Colordek 460.

Tabla 6.3: Cuadro de transmitancia térmica de M 3

ELEMENTO			
M 3. Muro de hormigón armado con revoque exterior de mortero de cemento y revestimiento interior de pino oregón.			
Material	λ (W/m ² K)	e (m)	R (m ² K/W)
Resistencia térmica de superficie exterior	-	-	0,05
Panel Colordek 460	113,00	0,0050	0,00
Aislapol	0,04	0,0600	1,40
Muro de H.A (hormigón H-25)	1,630	0,1500	0,09
Forro pino oregón 3/4" x 8"	0,104	0,0190	0,18
Resistencia térmica de superficie interior	-	-	0,12
Rt (resistencia térmica total en m ² K/W)			1,84
U (transmitancia térmica en W/m²K)			0,54

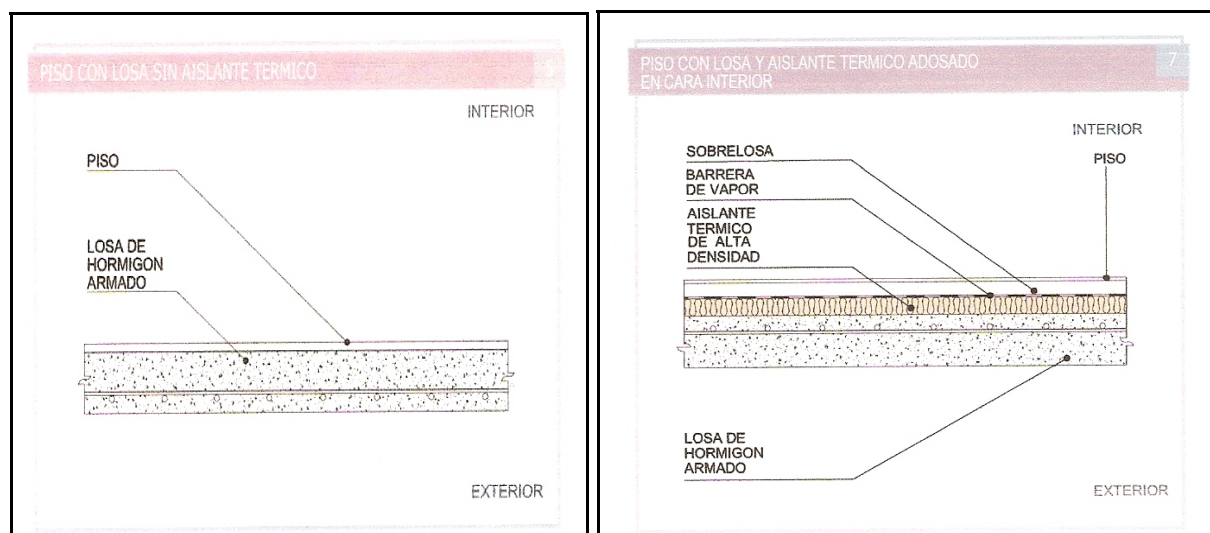
Fuente: Elaboración propia

Modificación: Se agregaría al muro planchas de Aislapol de 6 cm, revestidas con Panel Colordek 460.

- Suelos

Para mejorar la resistencia térmica de los suelos que tienen aislación (S 1), bastaría con aumentar el espesor de este, mientras para los que no tienen (S 2 y S 3), se utilizará el método especificado en el punto 7 - piso con losa y aislante térmico adosado en cara interior, del Manual de Aplicación de Reglamentación Térmica en su parte Soluciones Genéricas (pisos).

Figura 6.2: Solución constructiva para pisos de radier.



Fuente: Manual de aplicación reglamentación térmica (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Chile)

El procedimiento para los suelos sin aislación consistiría en agregar un aislante térmico de aislapol de cierto espesor (identificado con negrilla en las tablas 6.6 y 6.7), que se colocaría sobre el radier, para posteriormente ser cubierto por una losa con su respectivo piso.

Al realizar esta mejora, se disminuiría la altura entre el nivel de piso terminado y el cielo en 9 cm, debido al espesor de la losa y el piso. Sin embargo, esta disminución no afecta mayormente al liceo, ya que la altura más desfavorable que alcanzarían las localidades sería de 2,91 m, lo cual es ampliamente superior a la altura mínima de 2,2 m, exigida para establecimientos educacionales por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

Tabla 6.4: Cuadro de transmitancia térmica de S 1

ELEMENTO			
S 1. Pavimento machihembrado de coigüe con aislación sobre radier			
Material	λ (W/m ² K)	e (m)	R (m ² K/W)
Resistencia térmica de superficie interior	-	-	0,17
Entablado machihembrado de coigüe	0,145	0,0254	0,18
Aislapol	0,043	0,0800	1,86
Radier H-10	1,630	0,0800	0,05
Rt (resistencia térmica total en m ² K/W)			2,26
U (transmitancia térmica en W/m²K)			0,44

Fuente: Elaboración propia

Modificación: Se aumentaría la dimensión de la plancha de Aislapol de 4 a 8 cm.

Tabla 6.5: Cuadro de transmitancia térmica de S 2

ELEMENTO			
S 2. Pavimento cerámico sobre losa			
Material	λ (W/m ² K)	e (m)	R (m ² K/W)
Resistencia térmica de superficie interior	-	-	0,17
Cerámica vitrificada	1,750	0,0090	0,01
Mortero de pega	1,400	0,0100	0,01
Aislapol	0,043	0,0800	1,86
Losa (H-10)	1,630	0,0400	0,02
Radier H-10	1,630	0,1200	0,07
Rt (resistencia térmica total en m ² K/W)			2,14
U (transmitancia térmica en W/m²K)			0,47

Fuente: Elaboración propia

Modificación: Se agregaría una plancha de Aislapol de 8 cm y una losa de 4 cm de espesor, con su respectivo piso.

Tabla 6.6: Cuadro de transmitancia térmica de S 3

ELEMENTO			
S 3. Pavimento de baldosa sobre losa			
Material	λ (W/m ² K)	e (m)	R (m ² K/W)
Resistencia térmica de superficie interior	-	-	0,17
Baldosa microvibrada (lisa estándar)	1,750	0,0260	0,01
Mortero de pega	1,400	0,0250	0,02
Aislapol	0,043	0,0800	1,86
Losa (H-10)	1,630	0,0400	0,02
Radier H-10	1,630	0,0800	0,05
Rt (resistencia térmica total en m ² K/W)			2,13
U (transmitancia térmica en W/m²K)			0,47

Fuente: Elaboración propia

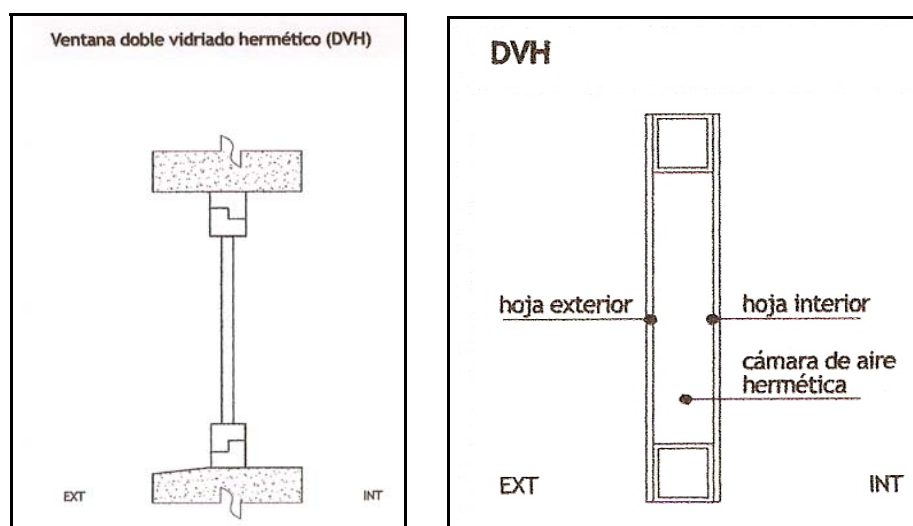
Modificación: Se agregaría una plancha de Aislapol de 8 cm y una losa de 4 cm de espesor, con su respectivo piso.

- Huecos

Para mejorar la resistencia térmica de las ventanas, se modificarían los marcos y vidrios.

Esta modificación consistiría en cambiar las ventanas existentes, por unas de marco de PVC (presenta una mayor resistencia térmica que el aluminio), con vidrio según se sugiere en el punto 2 - ventana doble vidriado hermético, del Manual de Aplicación de Reglamentación Térmica en su parte Soluciones Genéricas (Ventanas).

Figura 6.3: Solución constructiva para vidrios



Fuente: Manual de aplicación reglamentación térmica (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Chile)

Tabla 6.7: Cuadro de transmitancia térmica de H 1

ELEMENTO	
H 1. Marco de ventana de aluminio	
U (transmitancia térmica en W/m²K)	2,20

Fuente: CCTE_CL v2 (Bustamante *et al.*)

Modificación: Se cambiaría el marco de aluminio por uno de PVC

Tabla 6.8: Cuadro de transmitancia térmica de V 1

ELEMENTO	
V 1. Vidrio de ventana	
U (transmitancia térmica en W/m²K)	1,80

Fuente: Manual de aplicación reglamentación térmica (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Chile)

Modificación: Se cambiaría el vidrio simple por un doble vidriado hermético

En cuanto al vidrio existente en la puerta de madera, igualmente que en el caso de las ventanas, se cambiaría por un doble vidriado hermético, según lo señalado en el Manual de Aplicación de Reglamentación Térmica en su parte Soluciones Genéricas (Ventanas).

Tabla 6.9: Cuadro de transmitancia térmica de V 2

ELEMENTO	
V 2. Vidrio de puerta	
U (transmitancia térmica en W/m²K)	1,80

Fuente: CCTE_CL v2 (Bustamante *et al.*)

Modificación: Se cambiaría el vidrio simple, por un doble vidriado hermético

En cuanto a los otros elementos, como los marcos y las hojas de puerta de madera, no sufrirían modificación alguna, ya que sus valores de transmitancia térmica cumplen con lo exigido en la normativa española

Tabla 6.10: Cuadro de transmitancia térmica de H 2

ELEMENTO	
H 2. Marco de madera	
U (transmitancia térmica en W/m²K)	2,50

Fuente: CCTE_CL v2 (Bustamante *et al.*)

Se mantiene

Tabla 6.11: Cuadro de transmitancia térmica de P 1

ELEMENTO	
P 1. Hoja de puerta	
U (transmitancia térmica en W/m ² K)	3,00

Fuente: CCTE_CL v2 (Bustamante *et al.*)

Se mantiene

6.3 Verificación de cumplimiento de valores límites de pérdidas de energía térmica

En los siguientes puntos se realizarán las comprobaciones de las transmitancias térmica medias y por elementos del Liceo Técnico-Industrial Mirasol, con las soluciones sugeridas en el punto 6.2 incorporadas.

6.3.1 Comprobación de transmitancias térmicas de componentes (U_{MAX}).

En este punto se comparará los valores obtenidos al calcular las transmitancias térmicas de los elementos constructivos, con sus respectivas modificaciones, con los valores límites establecidos en la tabla 3.5 del capítulo III.

Tabla 6.12: Cuadro de comprobación de transmitancia térmica límite de componentes.

		Proyecto	Máxima	
		U (W/m ² K)		Resultado
Cerramientos y particiones interiores				
Muros de fachada	M 1	0,47	≤ 0.74	Cumple
	M 2	0,60	≤ 0.74	Cumple
	M 3	0,54	≤ 0.74	Cumple
Suelos	S 1	0,44	≤ 0.62	Cumple
	S 2	0,47	≤ 0.62	Cumple
	S 3	0,47	≤ 0.62	Cumple
Cubiertas	C 1	0,35	≤ 0.46	Cumple
Vidrios de huecos y lucernarios	V 1	1,80	≤ 3.10	Cumple
	V 2	1,80	≤ 3.10	Cumple
Marcos de huecos y lucernarios	H 1	2,20	≤ 3.10	Cumple
	H 2	2,50	≤ 3.10	Cumple
	P 1	3,00	≤ 3.10	Cumple
Medianerías	M 1	0,47	≤ 1.00	Cumple
	M 2	0,60	≤ 1.00	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos son positivos, ya que en caso de realizarse las modificaciones al edificio, todos sus elementos constructivos, aprobarían los límites de transmitancia térmica exigidos por la normativa española.

En algunos elementos constructivos los valores de transmitancia térmica alcanzados son inferiores en un gran porcentaje al de los valores límites, debiéndose esto a que se tuvo que aumentar los espesores de los aislamientos térmicos hasta alcanzar las dimensiones existentes en el comercio.

6.3.2 Cálculo de transmitancia térmica media.

Se calculará la media de las transmitancias térmicas de los diferentes componentes de la envolvente del edificio, la que se obtendrá ponderando las transmitancias correspondientes a cada cerramiento según su fracción de área en relación con el área total de la categoría a la que pertenece.

Tabla 6.13: Cuadro de transmitancia térmica media de muros de fachada del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.

Transmitancia limite de muros de fachada					
Ubicación	Elemento	Área (m ²)	U (W/m ² °K)	A x U (W/°K)	Resultados
N	M 1	157,7	0,47	74,12	$\sum A = 179,00$
	M 3	21,3	0,54	11,5	$\sum A \cdot U = 85,62$
	Transmitancia media de muros				$\sum A \cdot U / \sum A = 0,48$
E	M 1	291,69	0,47	137,09	
	M 2	84,09	0,60	50,45	$\sum A = 421,32$
	M 3	45,54	0,54	24,59	$\sum A \cdot U = 212,13$
	Transmitancia media de muros				$\sum A \cdot U / \sum A = 0,50$
O	M 1	494,69	0,47	232,5	
	M 2	124,69	0,6	74,81	$\sum A = 624,66$
	M 3	5,28	0,54	2,85	$\sum A \cdot U = 310,16$
	Transmitancia media de muros				$\sum A \cdot U / \sum A = 0,50$
S	M 1	76,25	0,46	35,08	$\sum A = 76,25$
					$\sum A \cdot U = 35,08$
	Transmitancia media de muros				$\sum A \cdot U / \sum A = 0,46$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.14: Cuadro de transmitancia térmica media de suelos del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.

Transmitancia limite de suelos				
Elemento	Área (m ²)	U (W/m ² °K)	A x U (W/°K)	Resultados
S 1	301,63	0,44	132,72	
S 2	1195,67	0,47	561,96	$\sum A = 1964,69$
S 3	467,39	0,47	219,67	$\sum A \cdot U = 914,35$
Transmitancia media de suelos				$\sum A \cdot U / \sum A = 0,47$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.15: Cuadro de transmitancia térmica media de cubierta del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.

Transmitancia limite de cubiertas					
Elemento	Área (m2)	U (W/m2°K)	A x U (W/°K)	Resultados	
C 1	1993,1	0,35	697,59	$\sum A =$	1993,10
				$\sum A \cdot U =$	697,59
Transmitancia media de suelos				$\sum A \cdot U / \sum A =$	0,35

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.16: Cuadro de transmitancia térmica media de huecos del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.

Transmitancia limite de huecos					
Ubicación	Elemento	Área (m2)	U (W/m2°K)	A x U (W/°K)	Resultados
N	H 1	23,63	2,2	51,99	
	V 1	70,45	1,8	126,81	$\sum A =$ 99,48
	V 2	5,4	1,8	9,72	$\sum A \cdot U =$ 188,52
	Transmitancia media de huecos				$\sum A \cdot U / \sum A =$
E	H 1	41,48	2,2	91,26	$\sum A =$ 200,05
	V 1	158,57	1,8	285,43	$\sum A \cdot U =$ 376,69
	Transmitancia media de huecos				$\sum A \cdot U / \sum A =$
O	H 1	70,82	2,2	155,80	
	P 1	12,32	3,5	43,12	$\sum A =$ 358,06
	V 1	274,92	1,8	494,86	$\sum A \cdot U =$ 693,78
	Transmitancia media de huecos				$\sum A \cdot U / \sum A =$
S	H 1	7,22	2,2	15,88	$\sum A =$ 23,78
	V 1	16,56	1,8	29,81	$\sum A \cdot U =$ 45,69
	Transmitancia media de huecos				$\sum A \cdot U / \sum A =$

Fuente: Elaboración propia

6.3.3 Comprobación de transmitancias térmicas medias (U_{lim}).

Por último se compararán los valores obtenidos en el punto anterior, con los valores límites establecidos en las tablas 3.6 y 3.7 del capítulo III.

Tabla 6.17: Cuadro de comprobación de transmitancia térmica media de cerramientos y particiones interiores del Liceo Técnico-Industrial Mirasol.

Cerramientos y particiones interiores	Orientación	UM (W/m2K)		Resultado
		Proyecto	Máxima	
Muros de fachada	Norte	0,48	$\leq 0,57$	Cumple
	Este	0,50	$\leq 0,57$	Cumple
	Oeste	0,50	$\leq 0,57$	Cumple
	Sur	0,46	$\leq 0,57$	Cumple
Suelos	-	0,47	$\leq 0,48$	Cumple
Cubiertas	-	0,35	$\leq 0,35$	Cumple

Huecos (valores para un % de huecos del 36%)	Norte	1,90	$\leq 3,10$	Cumple
	Este	1,88	$\leq 2,40$	Cumple
	Oeste	1,94	$\leq 3,10$	Cumple
	Sur	1,92	$\leq 2,20$	Cumple

Fuente: Elaboración propia

En esta última comparación, se reafirma la aprobación de las soluciones constructivas sugeridas, ya que tras cumplir con la comparación de transmitancia térmica por elemento constructivo, también se cumplieron con todos los valores de transmitancia térmica media.

CAPITULO VII: NORMATIVA CHILENA

7.1 Generalidades

Como se mencionó en el capítulo 2, en Chile, la limitación de pérdidas de energía térmica, se trata únicamente en el artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, en donde se establecen valores límites solamente para viviendas.

En este capítulo se estudiará el hipotético caso que los valores límites exigidos por la O.G.U.C se puedan aplicar a edificios, y a la vez, se compararán con los límites establecidos por la normativa española, y con los valores obtenidos por el Liceo Técnico-Industrial Mirasol

7.2 Comparación de valores límites de transmitancia térmica por elementos entre normativa española y chilena

En este punto compararemos los valores límites de transmitancia térmica, por elementos de muros, techumbre y vidrios, para la zona climática de Puerto Montt, entre la normativa española y la chilena.

Tabla 7.1: Cuadro de comparación de transmitancia térmica límite de muros y cubierta entre normativa española y chilena.

	Transmitancia térmica por elemento U (W/m ² K)	
	Máxima normativa España	Máxima normativa Chile
Cerramientos y particiones interiores		
Muros de fachada	≤ 0.74	$\leq 1,1$
Cubiertas	≤ 0.46	$\leq 0,28$
Medianerías	≤ 1.00	$\leq 1,1$

Fuente: Elaboración propia

Al realizar la comparación se puede apreciar que los valores límites de transmitancia térmica de muros de la normativa Chilena, son un poco más flexible que la española, produciéndose la diferencia más alta en los muros de fachada de un 50 %. Esto contrasta totalmente de lo exigido en cubiertas, ya que en este, los límites establecidos por la normativa chilena, son mucho más rígidos que los de la española, exigiéndose un valor 40 % mas bajo,

lo cual es de suma relevancia, ya que se estima que por el complejo de cubierta se pierde un 30 % o más del calor existente en un recinto.

En el caso de los vidrios, la normativa chilena no establece límites en cuanto a valores de transmitancia térmica, aunque sí exige un porcentaje máximo de superficie vidriada, con respecto a los paramentos verticales de la envolvente térmica. Para la zona climática 6, a la que pertenece la ciudad de Puerto Montt, se permite hasta un 14 % de superficie vidriada en vidrio monolítico y un 37 % en caso de ser un doble vidriado hermético.

7.3 Análisis de transmitancia térmica por elemento constructivo del Liceo Técnico-Industrial Mirasol con normativa chilena

A continuación se realizará la comparación de los valores límites establecidos por la normativa Chilena para viviendas, en un supuesto uso de estas exigencias para edificios, con los resultados obtenidos del análisis térmico realizado al Liceo Técnico-Industrial Mirasol.

Este análisis se realizará con el proyecto sin las mejoras propuestas en el capítulo anterior.

Tabla 7.2: Cuadro de comprobación de transmitancia térmica límite de componentes (normativa chilena).

		Transmitancia térmica U (W/m ² K)				
		Proyecto	Máxima España	Resultado 1	Máxima Chile	Resultado 2
Cerramientos y particiones interiores						
Muros de fachada	M 1	3,33	≤ 0.74	No cumple	≤ 1,1	No cumple
	M 2	3,45	≤ 0.74	No cumple	≤ 1,1	No cumple
	M 3	2,22	≤ 0.74	No cumple	≤ 1,1	No cumple
Cubiertas	C 1	0,23	≤ 0.46	Cumple	≤ 0,28	Cumple
Medianerías	M 1	3,33	≤ 1.00	No cumple	≤ 1,1	No cumple
	M 2	3,45	≤ 1.00	No cumple	≤ 1,1	No cumple

Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos de los elementos de muro de fachada y de medianerías, al igual que la comparación realizada con los valores límites de España, no cumplen con lo establecido en la normativa chilena, existiendo una diferencia en los valores, de mínimo un 230 %, a excepción de M 3, que es de un 120 %. Esto nos llevaría a realizar mejoras considerables en los muros, en el caso que se establecieran los valores exigidos por la O.G.U.C a edificios.

A diferencia de los muros, la techumbre, además de cumplir con el valor límite establecido en la normativa española, también cumple con la normativa Chilena, encontrándose bajo el límite un 20 %.

En el caso de los vidrios, el proyecto alcanza un 36 % de superficie vidriada, el cual supera en un 160 % al porcentaje límite exigido por la normativa chilena en el caso de ocuparse vidrio del tipo monolítico

El resultado del análisis de limitación de transmitancia térmica por elemento constructivo, arrojó que de toda la envolvente térmica del edificio, solamente el complejo de techumbre cumplió con las exigencias, mientras que los demás (muros, suelos, huecos y medianeros) obtuvieron valores inferiores a los exigidos por la normativa.

Para que estos elementos cumplan las exigencias establecidas en la normativa chilena, deberían realizarse mejoras del mismo tipo, que las propuestas en el capítulo VI.

CONCLUSIÓN

- Al ocupar el procedimiento de limitación de pérdidas de energía térmica de la normativa DB HE 1 del Código Técnico de Edificación de España en el análisis del Liceo Técnico Industrial Mirasol de la ciudad de Puerto Montt, se comprueba que es totalmente aplicable a los edificios del país, teniendo que realizarse una adaptación de la ciudad en la que se encuentre emplazado a las zonas climáticas de España, de manera de obtener así los valores exigidos en la normativa, necesitándose previamente para esto los datos de radiación global y temperaturas medias para los periodos de invierno y verano de la localidad, las cuales se pueden obtener de bibliografías como también de instituciones dedicadas a llevar este tipo de estadísticas.
- Al obtener los valores límites de transmitancia térmica exigidos en la normativa española para el análisis del edificio en Puerto Montt y compararlos con los valores existentes en la normativa chilena para vivienda, se obtiene una diferencia mínima entre estos, inclusive siendo algunos valores más estrictos que en España, por lo que se podrían utilizar como parámetros para la elaboración de proyectos de edificios, a falta de una normativa que sugiera el mejoramiento del comportamiento térmico de estos.
- El resultado del análisis realizado al establecimiento educación arrojó resultados negativos al no cumplir con la mayoría de los valores exigidos por la normativa utilizada, lo cual es resultado de una envolvente térmica deficiente, que al estar en altos porcentajes por debajo de los límites establecidos, trae como consecuencia grandes pérdidas de energía térmica, que conllevan a la necesidad de los usuarios de compensar parte de estas con una mayor utilización de calefacción para los distintos espacios del edificio y finalmente un aumento de la demanda energética. Este caso refleja la necesidad de crear una normativa que establezca limitaciones para las pérdidas de energía térmica en edificios públicos.

- Para el caso específico del Liceo Técnico Industrial Mirasol de Puerto Montt, las modificaciones que deben hacerse, para que sea un edificio con pérdidas de energía térmica limitada, de acuerdo a la normativa española, son las siguientes:

a) A los 1020,33 m² de muro de hormigón armado con revoque exterior e interior de mortero de cemento, se les deberá adosar al exterior planchas de aislapol de 8 cm de espesor, para posteriormente ser revestidas con planchas de acero Panel Colordek 460.

b) A los 208,78 m² de muro de hormigón armado con revoque exterior de mortero de cemento y revestimiento interior de cerámica, se les deberá adosar al exterior planchas de aislapol de 6 cm de espesor, para posteriormente ser revestidas con planchas de acero Panel Colordek 460.

c) A los 72,12 m² de muro de hormigón armado con revoque exterior de mortero de cemento y revestimiento interior de pino oregón, se les deberá adosar al exterior planchas de aislapol de 6 cm de espesor, para posteriormente ser revestidas con planchas de acero Panel Colordek 460.

d) A los 301,63 m² de radier con aislación de aislapol y pavimento machihembrado de coigüe, se les deberá aumentar el espesor del aislamiento, de 4 a 8 cm.

e) A los 1195,67 m² de losa con pavimento cerámico, se les deberá adosar en la superficie planchas de aislapol de 8 cm, para posteriormente adicionarles una losa de 4 cm, con su respectivo pavimento

f) A los 467,39 m² de losa con pavimento de baldosa, se les deberá adosar en la superficie planchas de aislapol de 8 cm, para posteriormente adicionarles una losa de 4 cm, con su respectivo pavimento

g) Los 72,62 m² de marcos de aluminio y los 520,5 m² de vidrio monolítico, deberán ser cambiados por marcos de PVC y vidrio doble Float incoloro de 4mm con cámara de aire de 12 mm.

h) Los 5,4 m² de de vidrio monolítico para puerta de madera, deberán ser cambiados por vidrio doble Float incoloro de 4mm con cámara de aire de 12 mm.

BIBLIOGRAFIA

- **MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA (ESPAÑA).** 2007. Real Decreto 47/2007. Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción. Ministerio de la Presidencia.
- **PARLAMENTO EUROPEO Y CONSEJO.** 2002. Directiva 2002/91/CE. Relativa a la eficiencia energética de los edificios.
- **MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA.** 1988. Real Decreto 1751/1998. Aprobación del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE).
- **MINISTERIO DE VIVIENDA (ESPAÑA).** Real Decreto 314/2006. Aprobación de Código Técnico de la Edificación. DB HE Ahorro de Energía. Ministerio de Vivienda.
- **INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION (CHILE).** Norma chilena 853.Of91. Acondicionamiento térmico - Envoltura térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.
- **MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO (CHILE).** 1992. Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.
- **MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO (CHILE).** 2006. Manual de Aplicación Reglamentación Térmica.
- **ECOAMERICA.** 2007. Construcción sustentable: un espacio para la eficiencia energética. Ecoamerica. (69): 57-59.
- **GARCIA, X.C.** 2004. Regulación y certificación energética de edificios: asignatura pendiente en España. Madrid. 137 p.
- **BUSTAMANTE, W; F. ENCINAS; Y. ROSAS; F. VICTORERO.** 2007. Desarrollo de la herramienta de certificación del comportamiento térmico de edificios de Chile (CCTE_CL v2). Fundamentos técnicos.

- **CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO.** 2007. Manual de buenas prácticas para instalaciones solares térmicas. 135p.