

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
MAESTRIA EN ARQUITECTURA Y HÁBITAT SUSTENTABLE

Gabriela Reus Netto

SISTEMAS DE CALIFICACIÓN EDILICIA EN LATINOAMERICA

Propuesta de zonificación regional a partir de la necesidad de grados día de refrigeración y calefacción aplicada a edificios de vivienda en Latinoamérica.

LA PLATA
2017

Gabriela Reus Netto

SISTEMAS DE CALIFICACIÓN EDILICIA EN LATINOAMERICA

Propuesta de zonificación regional a partir de la necesidad de grados día de refrigeración y calefacción aplicada a edificios de vivienda en Latinoamérica.

Disertación de maestría sometida al Consejo Evaluador de la Maestría de Arquitectura y Hábitat Sustentable de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata, como requisito para la obtención del título de Magíster en Arquitectura y Urbanismo.

Director: Dr. Jorge Daniel Czajkowski

LA PLATA
2017

Dedicatoria

A mi mamá por hacerme creer que casi todo tiene solución, por ser el ejemplo de fuerza y por mostrarme el poder de una linda canción. A mi papá por enseñarme cómo caminar en la vida, por hacerme saber el valor de la dedicación y la honestidad. A mis hermanas simplemente por existir, por colorear mis días y hacerme conocer el amor incondicional. Ustedes son mi motor y despiertan mi mejor versión.

Contenido

Resumen	6
Summary	7
Listado de Figuras	8
Listado de Tablas	12
Listado de Ecuaciones	15
Listado de Acrónimos	16
PARTE I - Tema de Investigación	19
1.1 Antecedentes	20
Planteamiento del problema de investigación.....	24
Objetivos	25
PARTE II - Metodología	26
2.1 Esquema metodológico	27
2.2 Etapa I	29
Material de análisis	29
Categorías, conceptos, criterios y cumplimiento	31
2.3 Etapa II	33
Países de aplicación.....	33
Criterios de aplicación	34
Metodología de aplicación	35
Casos de estudio.....	37
2.4 Etapa III	42
Consumos energéticos	42
Propuesta de zonificación	42
PARTE III - Marco conceptual	43
3.1 Argentina	45
Etiquetado de eficiencia energética.....	46
Ley n° 13.059/03 - Condiciones de Acondicionamiento Térmico	50
Ordenanza n° 8.757 - Aspectos Higrotérmicos y Demanda Energética de las Construcciones	51

3.2 Brasil	54
PBE Edifica	57
Processo AQUA - Alta Qualidade Ambiental	61
Selo Casa Azul.....	65
3.1 Chile	69
Calificación Energética de Viviendas	70
Certificación Edificio Sustentable	73
3.2 Colombia	78
Reglamento Técnico de Construcción Sostenible	79
3.3 Costa Rica	82
Requisitos para Edificios Sostenibles en el Trópico.....	83
3.4 México	88
Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables.....	89
Norma mexicana de edificación sustentable	93
PARTE IV - Desarrollo	97
4.1 Análisis	99
Determinación de la variable comparable	99
Selección de las localidades de estudio.....	103
Procedimiento de cálculo para demanda de calefacción - IRAM 11.604/04	105
Procedimiento de cálculo para demanda de refrigeración - IRAM 11.659/07.....	106
Indicadores, Valores y Estándares.....	111
Procedimiento de cálculo para demanda de calefacción y refrigeración – Revit / Design Builder.....	117
Selección de casos de estudio	126
4.2 Resultados	130
Carga térmica	144
Correlación entre variables	153
Propuesta de zonificación regional	168
Conclusiones	170
Bibliografía	173
ANEXO I	180
ANEXO II	216
ANEXO III	224

SISTEMAS DE CALIFICACIÓN EDILICIA EN LATINOAMERICA

Propuesta de zonificación regional a partir de la necesidad de grados día de refrigeración y calefacción aplicada a edificios de vivienda en Latinoamérica.

Gabriela Reus Netto

Resumen

Los sistemas de calificación edilicia en Latinoamérica surgieron a partir del año de 2003. Algunos se centran en calificar el desempeño de forma integral, considerando aspectos sobre el agua, la energía, los materiales y residuos y la inserción urbana. En cambio otros sólo se enfocan en evaluar el desempeño energético del edificio analizando aspectos de confort térmico y eficiencia energética.

Desde los requerimientos de confort y eficiencia energética establecidos por dichos sistemas, se observa que Argentina y Brasil evalúan las ganancias y las pérdidas de calor que se dan a través de la envolvente edilicia, Chile evalúa sólo las pérdidas de calor, y México apenas las ganancias de calor. Para ello, cada sistema define indicadores de desempeño en función de las características climáticas del lugar y para distintos niveles de confort higrotérmico. Sin embargo, se observa que para un grupo de ciudades de estos países con relativa similitud climática, los indicadores de desempeño térmico establecidos por cada sistema de calificación difieren significativamente entre sí.

Este trabajo se fundamenta en analizar en nivel de relación existente entre los sistemas de calificación edilicia estudiados y las características climáticas de las ciudades en donde se insertan. Se calcularon las cargas térmicas de forma simplificada para cuatro edificios residenciales situados en distintas localidades de Argentina, Brasil, Chile y México, y mediante el uso del software Revit+Design Buidier se encontraron los valores de consumos anuales para cada caso de estudio.

Se analizaron las correlaciones entre el consumo energético y la transmitancia térmica, las temperaturas mínima y máximas de diseño y los valores de grados día necesarios para alcanzar condiciones de confort. Se verificó que los consumos en calefacción varían en función de los valores de grados días de cada localidad, registrando un índice de dependencia alto.

Se propuso una zonificación regional a partir de los valores de grados días para que sirva como base para la clasificación climática de diferentes ciudades de Latinoamérica, estimule el desarrollo de estándares en aquellos países que no disponen de un marco regulador enfocado en el confort térmico, y estandarice los sistemas de calificación en la región, enfocando en la definición de un criterio único de clasificación basado en el consumo anual para calefacción y refrigeración del edificio.

BUILDING QUALIFICATION SYSTEMS IN LATINOAMERICA

Regional zoning based on the cooling and heating degree days requirement applied to residential buildings in latinoamerica

Gabriela Reus Netto

Summary

The building qualification systems emerged in Latinoamérica since 2003. Some of them are focused on rate the building whole performance in aspects such as water, energy, materials and waste, and urban location. However other systems are only focused on building energy performance for thermal comfort and energy efficiency analysis.

Based on energy efficient and thermal comfort requirement, building qualification systems from Argentina and Brazil assess heat lose and gain through the building envelope. The Chile system assess the heat lose, and Mexico system assess just the heat gain.

Depending on the local weather conditions, each system set different performance indicators for different thermal comfort levels. However is possible to see that, for a group of countries with relative climate similarity, the thermal performance indicators set by each qualification systems are significantly different.

This work is based on analyzing the relation level existing between the building systems qualification studied and the local weather conditions where they work. The thermal loads of four residential buildings located in different locations in Argentina, Brazil, Chile and México were calculated in a simplified way; and by using Revit + Design Buider software the annual consumption values were found for each case study.

The correlations between energy consumption and thermal conductance, minimum and maximum design temperature and degree days requirement were analyzed. It was verified that the heating consumption vary according to the degree days of each locality, registering a high dependency ratio.

Based on degree days values a regional zoning was proposed as a support for a classification of different countries in Latinoamérica, to promote development in countries without building thermal performance qualification systems and to standardize the qualification systems in the region, focused on the definition of a unique classification criterion based on the building annual heating and cooling consumption.

Listado de Figuras

Figura 1: Criterios de clasificación empleado por los sistemas de calificación edilicia de Argentina, Brasil, Chile y México.	24
Figura 2: Objetivos y universos de análisis de la investigación	25
Figura 3: Esquema global del proceso de investigación	28
Figura 4: Reestructuración de los requerimientos establecidos en los sistemas de calificación edilicia estudiados. Modelo de ejemplo: caso PBE-Edifica de Brasil.	31
Figura 5: Clasificación de los niveles de cumplimiento adoptados en función de las especificidades de cada sistema.....	32
Figura 6: Planta baja del Caso de estudio I: vivienda unifamiliar de interés social.	37
Figura 7: Planta baja del Caso II: vivienda unifamiliar.	37
Figura 8: Caso III: edificio multifamiliar de interés social. Planta baja y tipo en los tres niveles. ...	38
Figura 9: Planta baja del Caso IV: vivienda multifamiliar. Planta tipo en los doce niveles.....	39
Figura 10: Planta baja del Caso IV: vivienda multifamiliar. Planta tipo en los doce niveles.....	40
Figura 11: Planta baja del Caso IV: vivienda multifamiliar. Planta tipo en los doce niveles.....	41
Figura 12: Modelo de etiqueta de eficiencia energética de calefacción.	48
Figura 13: Salón de Usos Múltiples del Instituto José Manuel Estrada etiquetado con nivel B - City Bell, La Plata. Arq. Guillermo Mariano.	49
Figura 14: Edificio Patios 16 – La Plata, Buenos Aires. Arq. Ricardo Ripari.	51
Figura 15: Edificio Nautilo en construcción - Rosario, Santa Fé. Arq. Enrique Aronson y Marcelo Gonano. Fuente: sitio web de Edificio Nautilo.....	53
Figura 16: Edificio Travertino etiquetado nivel A general - Pedra Branca, Santa Catarina. Arq. Pedra Branca Empreendimento Imobiliários S.A. Fuente: LABEEe – USFC.....	60
Figura 17: Modelo de etiqueta general para edificio residencial..	60
Figura 18: Complejo comercial Cidade Jardim Corporate Center - São Paulo, São Paulo.	64
Figura 19: Complejo Habitacional en Paraisópolis - São Paulo, São Paulo.	66

Figura 20: Modelo de sello bronce.	66
Figura 21: Edificio Candelaria - Vitacura, Santiago. Arq. Alfredo Fernández y Felipe Browne.	72
Figura 22: Modelo de Informe de Calificación Energética.	72
Figura 23: Edificio Duoc certificado como edificio sustentable – San Bernardo, Santiago. Arq. Gubbins Arquitectos & + Arquitectos. Certificado otorgado por el CES.	76
Figura 24: Edificio BAC Credomatic - San José, San José. Arq. Bruno Stagno.....	87
Figura 25: Certificado Sol RESET.	87
Figura 26: Edificio Aldana 11 – Azcapotzalco, DF. Arq. Instituto Nacional de la Vivienda del Distrito Federal y Casas GEO.	92
Figura 27: Grados días anuales para las 10 ciudades más pobladas de Argentina, Brasil, Chile y México.....	104
Figura 28: Mapa bioambiental de la Argentina.	111
Figura 29: Mapa bioambiental de Brasil.	114
Figura 30: Mapa bioambiental de Chile.....	115
Figura 31: Caso I: vivienda unifamiliar de interés social.....	117
Figura 32: Caso III: edificio multifamiliar de interés social	117
Figura 33: Caso II: vivienda unifamiliar.....	117
Figura 34: Caso IV: vivienda multifamiliar	117
Figura 35: Muro exterior, interior, cubierta y losa de entresijos del modelo actual.	118
Figura 36: <i>Schedule</i> para uso residencial, configurado para días de semana, fin de semana y vacaciones.	124
Figura 37: Espacios asignados para el Caso de estudio I	124
Figura 38: Espacios asignados para el Caso de estudio III	124
Figura 39: Espacios asignados para el Caso de estudio II	124
Figura 40: Espacios asignados para el Caso de estudio IV	124
Figura 41: Modelo Energético del Caso de estudio I	125
Figura 42: Modelo Energético del Caso de estudio III	125
Figura 43: Modelo Energético del Caso de estudio II	125
Figura 44: Modelo Energético del Caso de estudio IV.....	125
Figura 45: Unidades habitacionales contratadas por el Programa MCMV (en millares).	126
Figura 46: Estimativa de la incidencia de la población asistida por el Programa MCMV en Brasil sobre la población de los países de Latinoamérica.....	127
Figura 47: Edificios de vivienda en Argentina.	127
Figura 48: Edificios de vivienda en Chile.	128
Figura 49: Edificios de vivienda en Mexico.	128

Figura 50: Acciones instituidas en Argentina para disminuir el consumo energético y los efectos del cambio climático.	131
Figura 51: Acciones instituidas en Brasil para disminuir el consumo energético y los efectos del cambio climático.	133
Figura 52: Acciones instituidas en Chile para disminuir el consumo energético y los efectos del cambio climático.	136
Figura 53: Acciones instituidas en Colombia para disminuir el consumo energético y los efectos del cambio climático.	138
Figura 54: Esquema de las iniciativas instituidas en Costa Rica para disminuir el consumo energético y los efectos del cambio climático.	139
Figura 55: Acciones instituidas en México para disminuir el consumo energético y los efectos del cambio climático.	141
Figura 56: Carga térmica en calefacción - procedimiento simplificado.....	150
Figura 57: Carga térmica en calefacción - cálculo simulado.....	150
Figura 58: Carga térmica en refrigeración - procedimiento simplificado.....	151
Figura 59: Carga térmica en refrigeración - cálculo simulado.....	151
Figura 60: Relación entre FC y CT en refrigeración - procedimiento simulado.....	152
Figura 61: Relación entre FC y CT en refrigeración - procedimiento simplificado.....	152
Figura 62: Relación entre la Radiación solar total y la carga térmica en refrigeración - procedimiento simplificado y simulado.....	153
Figura 63: Relación entre la Radiación solar total y la carga térmica en calefacción - procedimiento simplificado y simulado.....	153
Figura 64: Relación entre la transmitancia térmica para techos y los grados día de refrigeración para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México.....	154
Figura 65: Relación entre la transmitancia térmica para muros y los grados día de refrigeración para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México.....	154
Figura 66: Relación entre la transmitancia térmica para techos y los grados día de calefacción para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México.....	154
Figura 67: Relación entre la transmitancia térmica para muros y los grados día de calefacción para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México.....	155
Figura 68: Relación entre la transmitancia térmica para muros y techos y las temperaturas máximas y mínimas de diseño para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México.	156
Figura 69: Relación entre la transmitancia térmica de muros y techos y los consumos de calefacción y refrigeración para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México - Caso I	158
Figura 70: Relación entre la transmitancia térmica de muros y techos y los consumos de calefacción y refrigeración para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México - Caso II	159

Figura 71: Relación entre la transmitancia térmica de muros y techos y los consumos de calefacción y refrigeración para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México - Caso III	160
Figura 72: Relación entre la transmitancia térmica de muros y techos y los consumos en calefacción y refrigeración para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México - Caso IV	161
Figura 73: Relación entre los consumos de calefacción y refrigeración y las temperaturas mínimas y máximas de diseño para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México - Caso I	162
Figura 74: Relación entre los consumos de calefacción y refrigeración y las temperaturas mínimas y máximas de diseño para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México - Caso II	163
Figura 75: Relación entre los consumos de calefacción y refrigeración y las temperaturas mínimas y máximas de diseño para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México - Caso III	163
Figura 76: Relación entre los consumos de calefacción y refrigeración y las temperaturas mínimas y máximas de diseño para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México - Caso IV	164
Figura 77: Relación entre los consumos de calefacción y refrigeración y los grados días de invierno y verano para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México - Caso I	165
Figura 78: Relación entre los consumos de calefacción y refrigeración y los grados días de invierno y verano para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México - Caso II	166
Figura 79: Relación entre los consumos de calefacción y refrigeración y los grados días de invierno y verano para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México - Caso III	166
Figura 80: Relación entre los consumos de calefacción y refrigeración y los grados días de invierno y verano para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México - Caso IV	167
Figura 81: Zonificación regional propuesta.	169
Figura 82: Configuración de las propiedades térmicas de los materiales en Revit	229

Listado de Tablas

Tabla 1: Reestructuración de los indicadores establecidos en los sistemas de calificación edilicia seleccionados. Modelo de ejemplo: caso Ley n° 13.059/03.	34
Tabla 2: Criterios de evaluación de la Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios.	47
Tabla 3: Niveles de eficiencia energética, según el valor de τ_m	48
Tabla 4: Criterios de evaluación de la Ley sobre Condiciones de Acondicionamiento Térmico.	50
Tabla 5: Criterios de evaluación de la Ordenanza sobre Aspectos Higrotérmicos y Demanda Energética de las Construcciones.....	52
Tabla 6: Criterios de evaluación del PBE Edifica para edificaciones residenciales.	58
Tabla 7: Criterios de evaluación del Proceso de Alta Calidad Ambiental.	62
Tabla 8: Categorías de evaluación del Sello Casa Azul. El * indica los criterios obligatorios.	67
Tabla 9: Calificación del nivel de eficiencia para la categoría de Arquitectura y para Arquitectura + Equipos + Tipo de Energía, en relación al % de consumo de energía primaria.	70
Tabla 10: Criterios de evaluación de la CEV.....	71
Tabla 11: Criterios de evaluación de la Certificación de Calidad Ambiental y Eficiencia Energética para Edificios.	74
Tabla 12: Criterios de evaluación del Reglamento de Construcción Sostenible. * Estrategias que deben ser atendidas a partir del segundo año de la implementación de la norma.....	80
Tabla 13: Categorías y conceptos de evaluación del Certificado RESET. Determinados conceptos establecen más de un criterio.....	85
Tabla 14: Criterios de evaluación del PCES.....	91
Tabla 15: Categorías y criterios de evaluación de la norma mexicana de edificación sustentable. Determinados criterios establecen más de un requisito..	94
Tabla 16: Indicadores de confort térmico y eficiencia energética requeridos por la Ley n° 13.059/03.	99

Tabla 17: Indicadores de confort térmico y eficiencia energética requeridos por el PBE-Edifica.	100
Tabla 18: Indicadores de confort térmico y eficiencia energética requeridos por el CEV.	101
Tabla 19: Indicadores de confort térmico y eficiencia energética requeridos por la Norma mexicana de edificación sustentable.	102
Tabla 20: Indicadores considerados en el cálculo de pérdidas y/o ganancias de calor a través de la envolvente edilicia de cada sistema analizado.	103
Tabla 21: Características de las zonas bioclimáticas de Argentina.	112
Tabla 22: Valores máximos de transmitancia térmica U (W/m ² .K) para condiciones de verano.	112
Tabla 23: Valores máximos de transmitancia térmica U (W/m ² .K) para condiciones de invierno.	113
Tabla 24: Temperatura interior de diseño para niveles de confort A, B y C.	113
Tabla 25: Valores de Transmitancia Térmica (W/m ³ .K), Capacidad térmica (kJ/m ² .K) y Absorción a la radiación para muros y techos.	113
Tabla 26: Características de las zonas bioclimáticas de Brasil.	114
Tabla 27: Valores de transmitancia térmica (W/m ² .K).	115
Tabla 28: Características de las zonas bioclimáticas de Chile.	115
Tabla 29: Valores de transmitancia térmica (W/m ² .K).	116
Tabla 30: Composición del muro exterior y de la cubierta.	119
Tabla 31: Composición de los cuatro modelos de muros exteriores.	120
Tabla 32: Composición de los cuatro modelos de cubiertas.	121
Tabla 33: Cuadro resumen de asignación de cerramientos para la condición de invierno.	122
Tabla 34: Cuadro resumen de asignación de cerramientos para la condición de verano.	123
Tabla 35: Cuadro resumen de parámetros y valores para cargas internas.	123
Tabla 36: Criterios síntesis de la Norma IRAM 11.900, de la Ley n° 13.059/03 y de la Ordenanza 8.757/11.	132
Tabla 37: Criterios síntesis del PBE Edifica, del Proceso AQUA y del Sello Casa Azul.	134
Tabla 38: Criterios síntesis del CEV, CES y del Reglamento de Construcción Sostenible.	137
Tabla 39: Criterios síntesis de la RESET, del PCES y de la NMX-AA-164-SCFI.	142
Tabla 40: Propuesta de acciones a desarrollar por cada país.	143
Tabla 41: Cuadro resumen con las características del Caso de estudio I aplicado a la localidad de La Plata, Argentina – cálculo simplificado.	144
Tabla 42: Carga térmica de refrigeración IRAM - Caso de estudio I aplicado a la localidad de La Plata, Argentina.	144
Tabla 43: Carga térmica de calefacción IRAM - Caso de estudio I aplicado a la localidad de La Plata, Argentina.	146
Tabla 44: Cuadro resumen con las características del Caso de estudio I aplicado a la localidad de La Plata, Argentina (simulación computacional).	146

Tabla 45: Resumen de la Zona I.	147
Tabla 46: Resumen del Espacio I - Dormitorio 1.	148
Tabla 47: Resumen del Espacio II – Dormitorio 2.	148
Tabla 48: Resumen del Espacio III – Estar Comedor.	149
Tabla 49: Configuración de los elementos constructivos en Revit.	226
Tabla 50: Definición de las propiedades térmicas de los materiales según IRAM	229

Listado de Ecuaciones

Ecuación 1: Cálculo de la variación media ponderada de la temperatura (t_m). Fuente: Norma IRAM 11.900 (2010).	47
Ecuación 2: Cálculo de la clasificación general del edificio a través de distribución de los pesos de cada sistema. Fuente: Manual Reglamento Técnico da Qualidade (RTQ) (Eletrobras, 2013).	60
Ecuación 3: Cálculo del coeficiente G de pérdidas globales de invierno. Fuente: Norma IRAM 11.604 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2004).	105
Ecuación 4: Cálculo de las pérdidas por conducción.	105
Ecuación 5: Cálculo de las pérdidas por infiltración.	106
Ecuación 6: Cálculo de la carga térmica anual de invierno. Fuente: Norma IRAM 11.604 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2004)	106
Ecuación 7: Cálculo de la carga térmica diaria de verano. Fuente: Norma IRAM 11.659 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2007).	107
Ecuación 8: Cálculo de la carga térmica por conducción a través de la envolvente.	107
Ecuación 9: Cálculo de la carga térmica solar.	107
Ecuación 10: Cálculo de la carga térmica por fuentes internas sensible.	108
Ecuación 11: Cálculo carga térmica por conducción en conductos.	109
Ecuación 12: Cálculo carga térmica por ventilación sensible.	109
Ecuación 13: Cálculo de la carga térmica por fuentes internas latente.	109
Ecuación 14: Cálculo carga térmica por ventilación latente.	110

Listado de Acrónimos

AQUA – *Alta Qualidade Ambiental*

ASHRAE - *American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers*

ASTM - *American Society for Testing and Materials*

BEAM - *Building Environmental Assessment Method*

BEPAC – *Building Environmental Performance Assessment Criteria*

BREEAM - *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*

CAMACOL - Cámara Colombiana de la Construcción

CASBEE - *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*

CEPAL - Comisión Económica para América Latina y el Caribe

CES - Certificación Edificio Sustentable

CEV – Calificación Energética de Viviendas

CFI - Corporación Financiera Internacional

CMNUCC - Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

CONAMA - Comisión Nacional del Medio Ambiente

CONPES - Consejo Nacional de Política Económica y Social

CONUEE - Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía

COREMAS - Comisiones Regionales del Medio Ambiente

CT - Capacidad Térmica

DOE - *U.S. Department of Energy*

ECDBC - Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono

ENCE - Etiqueta de Conservação de Energia

ENVS - Estrategia Nacional para la Vivienda Sustentable

EPA - *U.S. Environmental Protection Agency*

FA - Factor de Accesibilidad

FAR - Factor Solar de los Vidrios

GBC - *Green Building Challenge*

GEI - Gas de Efecto Invernadero

HQE - *Haute qualité environnementale*

IAT - Instituto de Arquitectura Tropical

IC – Instituto de la Construcción

INFONAVIT - Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores

INMETRO – Instituto Nacional de Meteorologia Qualidade e Tecnologia

INTECO - Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica

INTI - Instituto Nacional de Tecnología Industrial

IRAM - Instituto Argentino de Normalización y Certificación

LAYHS - Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable de Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de La Plata

LEED - *Leadership in Energy & Environmental Design*

LGEEPA - Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

MINVU - Ministerio de Vivienda y Urbanismo

MMA - *Ministério do Meio Ambiente*

MME - Ministerio de Minas y Energía

PAC - Planos de Aceleração de Crescimento

PAEE - Programa de Ahorro y Eficiencia Energética en Edificios Públicos

PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem

PCES - Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables

PNACC - Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático

PND - Plan Nacional de Desarrollo

PNE - Plan Nacional de Energía

PNEf - Plan Nacional de Eficiencia Energética

PROCEL - Programa de Conservação de Energia Elétrica

PROCEL EDIFICA - Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações

PRONUREE - Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía

PURE - Programa de Uso Racional de la Energía

PUREE - Programa de Uso Racional de la Energía Eléctrica

QAE - Qualidade Ambiental do Edifício

RESET - Requisitos para Edificios Sostenibles en el Trópico

RTQ - Regulação Técnica de Qualidade

SEDUE - Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología

SENER - Secretaría de Energía

SGE - Sistema de Gestão de Empreendimento

SUMe - Sustentabilidad para México

USGBC – *US Green Building Council*

PARTE I

Tema de Investigación

1.1 Antecedentes

El crecimiento de la construcción civil implica en el desarrollo de una cadena de empresas vinculadas a la producción de insumos y servicios, lo que consecuentemente torna la actividad una gran consumidora de materiales, agua, energía, y responsable por un elevado impacto ambiental. La escasez de los recursos naturales en los países desarrollados y el elevado consumo energético de las edificaciones movilizaron la discusión y la búsqueda por alternativas que minimizasen la degradación ambiental y permitiesen el mejor control y uso racional de los materiales (Neumann, Millán, & Aumente, 2005).

A partir de este contexto, surgieron los primeros procesos de certificación edilicia considerados hasta el presente, modelos de base para la aplicación de diferentes sistemas en otros países del mundo. Actualmente estas iniciativas se encuentran fuertemente difundidas e implementadas a través de etiquetados y certificaciones, que comprenden desde herramientas de apoyo al proceso proyectual hasta instrumentos de evaluación pos ocupación.

Los sistemas de calificación de edificios consisten en una herramienta para evaluar, calificar y certificar las soluciones de sustentabilidad aplicadas a la edificación y su entorno. Establecen requerimientos para alcanzar un mejor desempeño edilicio al igual que las normativas, sin embargo, las reglamentaciones usualmente se limitan a establecer un desempeño mínimo con carácter de cumplimiento obligatorio, en cuanto los sistemas de calificación proponen estándares superiores con adhesión mediante la iniciativa del emprendedor.

Metodológicamente presentan una estructura similar compuesta por la verificación del cumplimiento de criterios específicos y la concesión de un certificado que indique el nivel de desempeño alcanzado en función de las medidas adoptadas y determinada puntuación final. Se considera que estas iniciativas promueven la implementación de medidas sustentables durante el desarrollo de la obra y su etapa de uso, optimizando la calidad de vida de los usuarios, reduciendo el consumo de recursos naturales y energéticos, disminuyendo los residuos de obra, y asegurando un mejor desempeño ambiental. Los sellos, etiquetas y certificados otorgados representan un elemento

de comunicación con el usuario, estimulando la utilización de mejores prácticas en el sector inmobiliario, sea motivado por la competitividad del mercado o por el compromiso con el medio ambiente (Piccoli, Kern, González, & Hirota, 2010) (Costa & Moraes, 2012) (Grünberg, Medeiros, & Tavares, 2014).

El primer sistema de evaluación ambiental de edificios implementado fue el Método de Evaluación Ambiental, conocido como BREEAM - *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (Baldwin R. , Leach, Doggart, & Attenboroug, 1990). Instituido en el Reino Unido en 1990, su propuesta estaba orientada al mercado y su metodología ha sido adaptada a las condiciones de Estados Unidos, Canadá, Hong Kong, Dinamarca, Noruega, Australia, Nueva Zelanda y a más de mil casos en Europa, Asia y América del Norte (Silva V. G., 2003).

Consiste en el instrumento de mayor aceptación internacional y se caracteriza por especificar los criterios, métodos de evaluación y por la verificación del cumplimiento con los requerimientos por medio de una auditoría externa, ejecutada por su personal técnico. Está dirigido a edificios en general, nuevos o existentes, a proyectos urbanísticos y su sistema se actualiza periódicamente, buscando garantizar prácticas de excelencia en el momento de la evaluación.

El BREEAM se destina a proponer soluciones para minimizar los impactos del edificio en el medio ambiente y promover la salubridad y el confort en el ambiente interno. Su proceso de evaluación se divide en las etapas de i) proyecto y ejecución, ii) gestión y operación, iii) desempeño edilicio, y los créditos se distribuyen en las categorías de gestión, salud y confort, uso de energía, transporte, uso del agua, uso de materiales, uso del suelo, ecología local, y contaminación. La clasificación final del edificio se concede en función del índice de desempeño ambiental alcanzado, que no corresponde a un número determinado de medidas atendidas y si a la ponderación de los valores atribuidos a cada categoría (Baldwin R. , Leach, Doggart, & Attenboroug, 1998).

Con la aplicación exitosa de los sistemas de clasificación edilicia en Reino Unido y Canadá - BEPAC presentado a seguir, se observó que la identificación del desempeño de un edificio y su comunicación a través de un certificado, generaba un aumento de la concientización de los consumidores y la consecuente iniciativa de los constructores en producir edificios ambientalmente avanzados (Silva V. G., 2003).

En 1994, el Consejo de Edificios Verdes de Estados Unidos, conocido como *US Green Building Council* – USGBC inició el desarrollo de un sistema de clasificación y certificación ambiental direccionado al mercado de Estados Unidos con la premisa de que, en cuanto las reglamentaciones tradicionales auxilian en la mejora de las condiciones de eficiencia energética y del desempeño ambiental de edificios, los programas voluntarios estimulan el mercado para alcanzar sus metas e incentivan diversos segmentos de la industria a desarrollar productos y servicios de mejor calidad ambiental (USGBC, 2000).

Publicado como LEED, el sistema se fundamentó en las experiencias realizadas anteriormente, y buscó facilitar la transferencia de conceptos de construcción ambientalmente responsable a los profesionales y a la industria, con el objetivo de acelerar la implementación de estas prácticas en el mercado (USGBC, 2000). Actualmente consiste en una herramienta de proyecto amigable, con una estructura simple que facilita su aplicación por los proyectistas, característica que probablemente justifiquen el hecho de que sea considerado el sistema de mayor popularidad a nivel mundial. Su criterio de evaluación se basa en la especificación de desempeño en vez de criterios específicos, tomando como referencia principios ambientales y de uso de energía consolidados en normativas de credibilidad como son las ASHRAE - *American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers*, la ASTM - *American Society for Testing and Materials*, la EPA - *U.S. Environmental Protection Agency* y el DOE - *U.S. Department of Energy* (USGBC, 2000).

Las temáticas de análisis se distribuyen entre las categorías de sitio, eficiencia del agua, energía y atmosfera, calidad del ambiente interior, materiales y recursos e innovación y el proceso de evaluación consiste en la aplicación de pesos idénticos para cada aspecto analizado sin un criterio de ponderación, como los utilizados en BREEAM y en el BEPAC. Para la clasificación del desempeño del edificio establece un listado de prerrequisitos que deben ser atendidos en su totalidad, demás criterios con su respectiva puntuación, y a través de la sumatoria total de los créditos obtenidos se define el nivel alcanzado (Cohen, Standeven, & Bordass, 2001).

Como la estructura de calificación permite que el proyectista deduzca el nivel alcanzado a partir del cumplimiento de los criterios, sin la necesidad de evaluación por parte del equipo técnico, el sistema funciona como una herramienta de apoyo proyectual. Un punto desfavorable del método de evaluación empleado por LEED, comprende que al establecer la calificación a partir del cumplimiento de criterios es posible que no se conozca el desempeño real del edificio.

Las bases metodológicas para los sistemas de evaluación ambiental implementados en la década de 90, en Europa, Estados Unidos y Canadá se establecieron en función de los conceptos de análisis de ciclo de vida que surgieron en función de la búsqueda de estrategias para el cumplimiento de las metas ambientales definidas en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de Río de Janeiro/92 (Silva V. G., 2003).

En este momento, las certificaciones se direccionaban a promover prácticas de desempeño ambiental en el mercado de la construcción mediante la posibilidad de una evaluación detallada para obras existentes y otra simplificada para nuevos edificios, y fomentaban el interés de los emprendedores estableciendo un conjunto de requerimientos organizados de forma simplificada para que sean fácilmente entendidos y aplicados por los proyectistas (Silva V., 2000).

Con el tiempo se empezó a discutir sobre la metodología de evaluación empleada por estos sistemas y se cuestionaba cuan ambientales eran los edificios certificados, ya que los análisis para conceder la certificación se basaban en la aplicación de conceptos considerados ecológicos. Poco

tiempo después se constató que estos edificios consumían más energía que las edificaciones tradicionalmente construidas, y diversos investigadores, junto a instituciones gubernamentales, definieron que los procesos de evaluación para la calificación edilicia además de atender a aspectos prescriptivos deberían comparar el desempeño del edificio proyectado en su etapa de uso y operación, con el desempeño de un edificio base (Silva V. , 2000).

El primer sistema de evaluación de desempeño edilicio implementado fue el Criterios de Evaluación de Desempeño Ambiental Edificio, conocido como BEPAC – *Building Environmental Performance Assessment Criteria* (Cole, Rousseaud, & Theaker, *Building Environmental Performance Assessment Criteria: Version 1 – Office Buildings.*, 1993). Instituido en Canadá en 1993, consiste en un método completo desarrollado para edificios comerciales, nuevos o existentes, el cual se fundamenta en la promoción de prácticas de mayor responsabilidad ambiental y de mejores estándares de desempeño mediante un sistema de incentivos al mercado. Su proceso de evaluación se divide en las etapas de i) proyecto, ii) gestión y operación, y las temáticas de análisis se distribuyen en las categorías de protección de la capa de ozono, impacto ambiental del uso de la energía, calidad del ambiente interno, conservación de los recursos, y contexto de implantación y transporte (Cole R. , s.d.). Inspirado en el BREEAM, la base para evaluación del BEPAC se basa en el empleo de prácticas de excelencia para alcanzar el desempeño esperado de la institución y la clasificación final corresponde a una ponderación entre el desempeño potencial del edificio base y el proyecto analizado.

Fundamentado en las iniciativas de certificación habían sido implementadas en Reino Unido, Estados Unidos y Canadá, surgió el sistema de calificación de desempeño edilicio más innovador, el Desafío del Edificio Verde, conocido como GBC, o *Green Building Challenge*. Un programa financiado por Canadá, implementado en 1996, que se destacó por ser la primera iniciativa en desarrollar un método de evaluación de desempeño ambiental internacional basado en una estructura de análisis construida a partir de una base común. Para ello, se centra en proveer una base metodológica sólida construida a partir de estudios e investigaciones exclusivas, que permitan representar las tradiciones constructivas y las diferentes prioridades tecnológicas de cada país o región (Cole & Larsson, 2000).

El sistema de evaluación del GBC se destaca de los demás certificados en función de tres aspectos principales. Primero, busca establecer indicadores de sustentabilidad ambiental para permitir la comparación internacional de edificios. Segundo, define la puntuación final en función de una ponderación personalizada, la cual posibilita al proyectista realizar la carga de información en una planilla Excel y que el equipo de evaluación realice la evaluación. Por último, procura utilizar la mayor cantidad de criterios orientados al desempeño, emplear indicadores y modelos simplificados para garantizar resultados con mayor basamento científico. La clasificación final corresponde a una comparación entre el edificio base con el proyecto analizado y los criterios evaluados se distribuyen

entre las categorías de uso de recursos, cargas ambientales, calidad del ambiente interno, calidad de los servicios, aspectos económicos, y gestión pre ocupacional.

Sintéticamente el GBC se caracteriza como el sucesor del BEPAC, y tanto LEED como BEPAC se inspiraron en la estructura de BREEAM, así como los sistemas implementados posteriormente en Hong Kong - *HK-BEAM*, Noruega - *EcoProfile* y Japón - *CASBEE*. Al presente, prácticamente cada país europeo posee un sistema de calificación del desempeño ambiental edilicio, y el mercado de la construcción civil internacional se caracteriza por presentar una conciencia bastante consolidada en relación a la preservación de los recursos naturales y a la protección del medio ambiente (Lamberts, Triana, Fossati, & Batista, 2008).

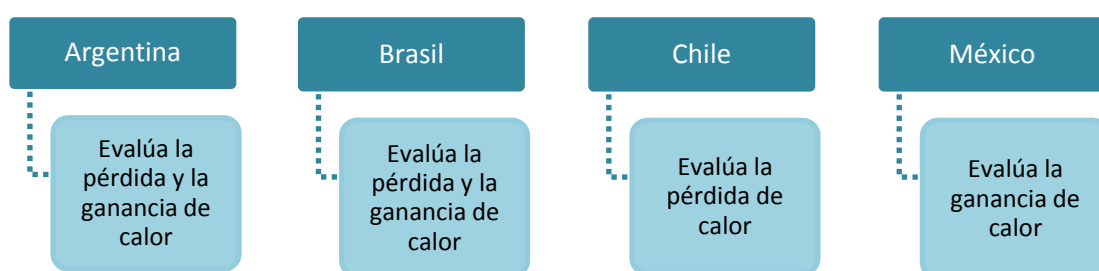
Planteamiento del problema de investigación

Las iniciativas de calificación instituidas en Latinoamérica surgieron posteriormente a los sistemas implementados en los países desarrollados y sus enfoques metodológicos se basaron en el desempeño ambiental edilicio. Además de considerar los aspectos ambientales de las edificaciones, como se aplicaba en Inglaterra, Estados Unidos y Canadá, se enfocaron en proponer soluciones para la realidad económica y social de cada país, creando etiquetados de eficiencia energética y certificaciones de sustentabilidad edilicia.

Actualmente, Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica y México son los países que disponen de un sistema de calificación edilicio construido específicamente para su contexto local. Entre las iniciativas encontradas, algunas se centran en calificar el desempeño de un edificio de forma integral, considerando aspectos sociales, de inserción urbana, sobre el agua, la energía, los materiales y residuos; en cuanto otros se enfocan en evaluar el desempeño energético de la edificación analizando aspectos de confort térmico y eficiencia energética.

Desde los requerimientos de confort y eficiencia energética establecidos por dichos sistemas, se verifica que Argentina y Brasil evalúan las ganancias y las pérdidas de calor que se dan a través de la envolvente edilicia, Chile evalúa sólo las pérdidas de calor, y México apenas las ganancias de calor (Figura 1).

Figura 1: Criterios de clasificación empleado por los sistemas de calificación edilicia de Argentina, Brasil, Chile y México.



Para ello, cada sistema define indicadores de desempeño en función de las características climáticas del lugar y para distintos niveles de confort higrotérmico. Sin embargo, se observa que para un grupo de ciudades de estos países, con relativa similitud climática, los indicadores de desempeño térmico establecidos por cada sistema de calificación difieren significativamente entre sí y consecuentemente sus consumos energéticos para alcanzar condiciones de confort, son diferentes.

Objetivos

Este trabajo se fundamenta en analizar en nivel de relación existente entre los sistemas de calificación edilicia estudiados y las características climáticas de las ciudades en donde se insertan.

Para ello (i) se examinan las iniciativas de certificación ambiental y energética, así como las normativas y etiquetados de eficiencia energética que se destinen a calificar el desempeño térmico energético de edificios en Latinoamérica; (ii) se definen los indicadores de confort térmico y de eficiencia energéticas que influyen las características constructivas de la envolvente y del diseño del edificio; (iii) se encuentra la relación existente entre los consumos energéticos de edificios de vivienda tradicionalmente empleados en la construcción civil local, construidos en diferentes localidades que presenten características climáticas similares; y (iv) se contrastan los resultados obtenidos con los valores de transmitancia térmica, temperaturas mínima y máximas de diseño y valores de grados día necesarios para alcanzar condiciones de confort (**Figura 2**).

Figura 2: Objetivos y universos de análisis de la investigación



PARTE II

Metodología

2.1 Esquema metodológico

La metodología de este trabajo se divide en tres etapas, realizando una revisión bibliográfica de orden exploratoria y cuantitativa, a partir del análisis comparativo entre los criterios e indicadores establecidos por los sistemas de calificación edilicia existentes en Latinoamérica.

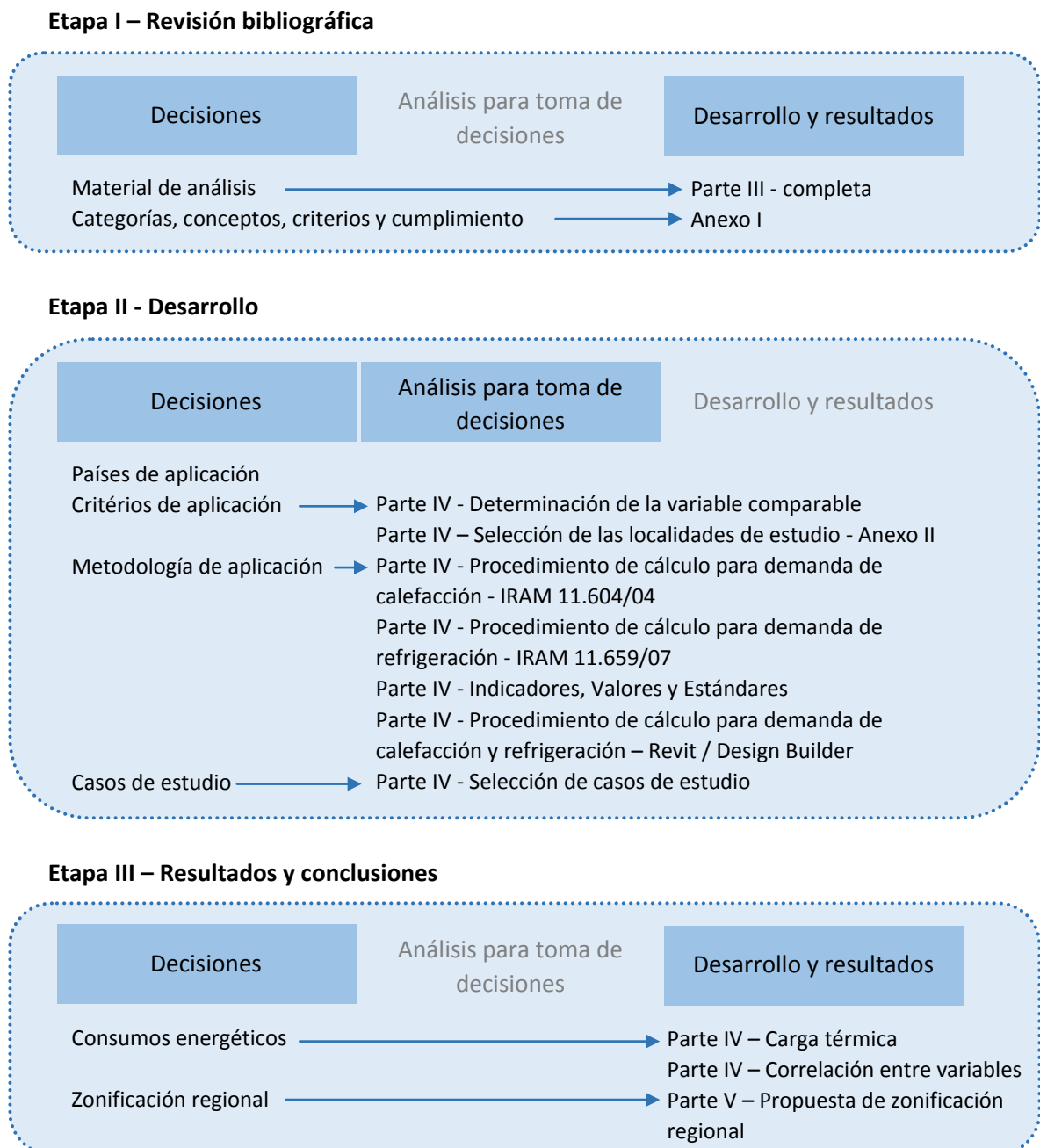
La primera parte desarrolla las actividades para la ejecución del Objetivo Específico n° 1: revisa el material de análisis e identifica la estructura general de cada sistema, para establecer sus principales características, diferencias y similitudes. Su universo de análisis se centra en las iniciativas de certificación ambiental y energética, etiquetados de eficiencia energéticas y normativas que se destinen a calificar el desempeño térmico y o energético de edificios.

La segunda etapa agrupa las actividades para la realización del Objetivo Específico n° 2 y del Objetivo Específico n° 3: primeramente compara los indicadores de confort térmico establecidos en los sistemas de calificación estudiados y encuentra criterios similares para permitir la contratación de los mismos. En seguida, calcula el consumo energético necesario para el acondicionamiento de cuatro casos de estudio, aplicados a los estándares normativos edificios de Argentina, Brasil, Chile y México. Su universo de análisis en un primer momento se fundamenta en considerar indicadores de confort térmico y aquellos criterios de eficiencia energéticas que se encuentren vinculados a una solución proyectual, influenciando las características constructivas de la envolvente y del diseño del edificio. Para el segundo momento su universo de análisis se centra en cuatro tipologías de edificios residenciales usualmente empleados en la construcción civil y en localidades de Argentina, Brasil, Chile y México que presenten características climáticas similares.

La tercera parte se fundamenta en exponer los resultados encontrados en las etapas anteriores y desarrollar el Objetivo General de la investigación. Analiza la correlación existente entre el consumo energético y la transmitancia térmica, las temperaturas mínima y máximas de diseño y los valores de grados día necesarios para alcanzar condiciones de confort. Así mismo, propone una zonificación regional a partir de los valores de grados días para que sirva como base para la clasificación climática de diferentes ciudades de Latinoamérica.

Las actividades desarrolladas para materializar cada uno de los objetivos planteados, se exponen y se vinculan entre los distintos capítulos de este trabajo (**Figura 3**). En la *Parte II - Metodología* se estructura el proceso de investigación realizado, describiendo las decisiones tomadas y los métodos empleados en función de determinado análisis/resultado obtenido en los demás capítulos. En la *Parte III - Marco conceptual* se presenta una revisión bibliográfica sobre el tema de investigación, la cual consiste en la base teórica del trabajo. En la *Parte IV - Desarrollo* se exponen las actividades realizadas para examinar determinadas informaciones, seleccionar criterios y objetos de estudio, así como los procedimientos para cada método de cálculo. También se exhiben los resultados encontrados y la propuesta de la zonificación regional.

Figura 3: Esquema global del proceso de investigación



2.2 Etapa I

Material de análisis

El análisis inferido se basó en el examen de documentos normativos y legales sobre los sistemas de calificación edilicia existentes en Latinoamérica, además del material libre disponible. A partir de la revisión de la bibliografía encontrada, se identificó que Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica y México constituyen los países latinoamericanos que han desarrollado prácticas de certificación para edificios orientadas específicamente al contexto de cada país.

Se encontró que en 2015, se implementó en Perú el Código Técnico de Construcción Sostenible, una normativa con carácter de cumplimiento voluntario que establece medidas de eficiencia para la preservación del agua y de la energía (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2015). Sin embargo, como este trabajo se enfoca en las medidas de eficiencia energética y confort térmico existentes en los sistemas de calificación, y la norma de Perú cuenta únicamente con un criterio que se inserta en el objeto de estudio¹, se optó no incluir dicha reglamentación en el universo de análisis.

De Argentina, se analizó la IRAM 11.900/10 sobre etiquetado de eficiencia energética de calefacción (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2010), el conjunto de las normas IRAM enumeradas en el Decreto 1.030/10 (Departamento de Infraestructura, 2010), que reglamenta la Ley n° 13.059/03 (Senado y Cámara de Diputados, 2003), la IRAM 11.659 sobre ahorro de energía en refrigeración (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2007), y la normativa sobre aspectos higrotérmicos y demanda energética de las construcciones de la ciudad de Rosario

¹ Los criterios establecidos por el Código Técnico de Construcción Sostenible indican que para alcanzar la eficiencia hídrica, los edificios deben instalar sistemas de tratamiento de agua residual e incluir artefactos sanitarios con tecnología de ahorro de agua. Para la categoría de eficiencia energética, las edificaciones deben cumplir con los valores de transmitancia térmica máxima establecidos en la Norma Técnica EM.110 sobre Confort térmico y lumínico con eficiencia energética. Para iluminación, todas las lámparas deben ser eficientes según indica la Norma Técnica Peruana 370.101- 2 sobre Etiquetado de eficiencia energética para lámparas fluorescentes compactas, circulares, lineales y similares de uso doméstico. Para refrigeración, todas las unidades de viviendas deben ser entregadas incluyendo artefactos de refrigeración eficientes conforme designa la Norma Técnica Peruana 399.483 sobre Eficiencia energética en artefactos refrigeradores, refrigeradores-congeladores y congeladores para uso doméstico. Para energía solar térmica, se debe instalar un sistema de calentamiento de agua con energía solar, cubriendo el 50% de la demanda en el caso de edificios educativos, de salud y de hospedaje, según indica la Norma Técnica IS.010 sobre Instalaciones sanitarias para edificaciones. Todos los calentadores solares deben ser duales y atender a las Normas Técnicas IS.010 y la EM.080 sobre Instalaciones con Energía Solar.

(Municipalidad de Rosario, 2013). El conjunto de normas detallados en el Decreto 1.030/10 consiste en la IRAM 11.601/2002 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2002) , 11.603/2012 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2012), 11.604/2001, 11.605/1996 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2001a), 11.625/2000 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2000a), y la 11.630/2000 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2000b) sobre aislamiento térmico de edificios, y la IRAM 11.507/2001 sobre carpintería de obra (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2001b).

Para Brasil se estudió el manual de aplicabilidad de los requisitos técnicos para definir el nivel de eficiencia energética de edificios residenciales - RTQ-R (Eletrobras, 2013), el referencial técnico de certificación AQUA-HQE (FCAV, 2013), la guía de buenas prácticas para habitación más sustentable (CAIXA, 2010), la NBR 15.220/08 sobre desempeño térmico de edificaciones (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008) y la NBR 15.575/2013 sobre el desempeño de edificaciones habitacionales (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013).

De Chile, se examinó el Manual de procedimientos para viviendas nuevas del sistema de Calificación Energética de Viviendas en Chile (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2016), el Manual evaluación y calificación - Sistema Nacional de Certificación de Calidad Ambiental y Eficiencia Energética para Edificios de Uso Público (Instituto de la Construcción, 2014), el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile - RITCH/2007 (Cámara Chilena de Refrigeración y Climatización, 2007) y las normas relacionadas al desempeño térmico edilicio nombradas en dicho reglamento: la NCh853/1991 sobre acondicionamiento térmico. Envoltura térmica de edificios. Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas (Instituto Nacional de Normalización, 1991); y la NCh1079/1977 sobre arquitectura y construcción. Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico (Instituto Nacional de Normalización, 1997).

Para Colombia se analizó la Guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015b), y para Costa Rica se estudió la norma Requisitos para Edificaciones Sostenibles en el Trópico (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, 2012).

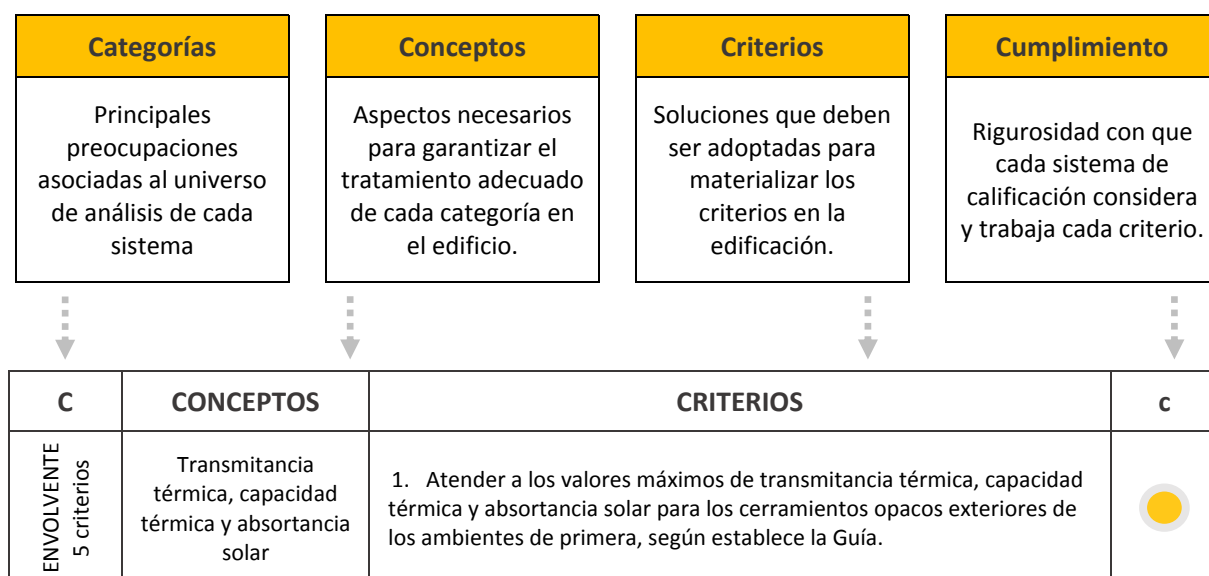
Para México se examinó la normativa NOM-008-ENER-2001 sobre eficiencia energética en edificaciones. Envoltura de edificios no residenciales (Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos, 2001), la norma NOM-020-ENER-2011 sobre eficiencia energética en edificaciones. Envoltura de edificios para uso habitacional (Secretaría de Energía, 2011), el Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables (Secretaría del Medio Ambiente , 2012) y la norma NMX-AA-164-SCFI-2013 sobre edificación sustentable (Secretaría de Economía, 2013).

Categorías, conceptos, criterios y cumplimiento

A partir del estudio individual de los sistemas de calificación expuestos anteriormente, se identificó que cada caso presenta una estructura particular, con metodología de aplicación, evaluación y universos de análisis diferentes. Estos factores dificultarían la obtención de resultados homogéneos que representen las individualidades de cada sistema y a su vez, posibilite una comprensión de forma conjunta. Para facilitar el proceso de investigación y poder comparar los criterios establecidos por cada iniciativa, se definió una estructura común para compatibilizar la organización de los sistemas estudiados. Se reorganizó la metodología original de cada sistema en una disposición estandarizada, al igual que se simplificaron los términos y nomenclaturas, sin la modificación del contenido y de la información relevante.

La reestructuración clasificó los requerimientos de cada sistema en Categorías, con sus respectivos Conceptos y Criterios, así como el nivel de importancia definido para cada ítem (**Figura 4**). Se definió como Categoría las principales preocupaciones asociadas al universo de análisis de cada sistema, Conceptos la definición de los aspectos necesarios para garantizar el tratamiento adecuado de cada categoría en el edificio, Criterios la especificación de las soluciones que deben ser adoptadas para visualizar la materialización de los criterios en la edificación, y Cumplimiento la rigurosidad con que cada sistema de calificación considera y trabaja cada criterio.

Figura 4: Reestructuración de los requerimientos establecidos en los sistemas de calificación edilicia estudiados. Modelo de ejemplo: caso PBE-Edifica de Brasil.



La clasificación de los niveles de cumplimiento adoptados en función de las especificidades de cada sistema, se detallan a continuación (**Figura 5**).







Para el Etiquetado de eficiencia energética de calefacción para edificios en Argentina, el PBE Edifica, el AQUA - Alta Calidad Ambiental, el Selo Casa Azul, la Certificación de calidad ambiental en edificios, el Reglamento de Construcción Sostenible y la Norma mexicana de edificación sustentable

se adoptó el color amarillo para las acciones que deben ser atendidas para acceder a la certificación básica, y el color verde y azul para las acciones voluntarias y otras bonificaciones que otorgan puntaje adicional para acceder a las clasificaciones superiores.

Para la RESET, además de la clasificación base, se empleó el color naranja y rojo para definir las acciones obligatorias para acceder a la certificación intermedia y superior, y el híbrido entre los colores amarillo y naranja, para indicar las acciones comunes entre dos niveles. Se parte del concepto de que la categoría superior exige el cumplimiento de la totalidad de las acciones; luego el empleo del color amarillo representa la obligatoriedad de cumplimiento para acceder el nivel básico y superior; el color naranja indica una acción obligatoria para alcanzar el nivel intermedio y superior, pero que se exige para el nivel básico; el color rojo representa las acciones de cumplimiento exclusivo para el nivel superior y el híbrido indica las acciones exigidas para acceder al nivel básico e intermedio.

Para el Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables se indicó el puntaje otorgado a cada criterio, adicionando el símbolo + para determinar el valor máximo posible de obtener en los criterios que no presentan una valoración fija, pero varían en función de porcentajes alcanzados.

Figura 5: Clasificación de los niveles de cumplimiento adoptados en función de las especificidades de cada sistema.

Obligatorio	Voluntario	Bonificación	Intermediario	Básico e intermedio	Superior	Puntaje
						+3

El desarrollo de esta etapa permitió una comprensión exhaustiva del universo de análisis de cada sistema de calificación edilicia y de las directrices establecidas para el cumplimiento de cada criterio, lo que permitió examinar el compromiso de cada iniciativa en establecer una herramienta de calificación edilicia integral, así como el empeño en facilitar a los profesionales su entendimiento y su posterior aplicación. Para facilitar la lectura del texto, esta etapa se encuentra compilada en el *Anexo1*, en cuanto que en el cuerpo del texto de cada sistema de calificación, se exhibe una tabla sintetizada, con la definición de las categorías y conceptos.

2.3 Etapa II

Países de aplicación

A partir de la reestructuración de los requerimientos de cada sistema (*Anexo 1*), se seleccionaron los criterios relacionados específicamente con el confort térmico y la eficiencia energética, con el objetivo de reconocer la importancia de estas temáticas en el universo de análisis de cada sistema. Dicha elección se fundamentó en dos aspectos, primeramente en priorizar aquellos que estaban directamente relacionados con el confort térmico percibido por los usuarios, y en segundo lugar, en definir los criterios de eficiencia energética que representasen una solución proyectual, es decir, que incidiera en las decisiones de diseño del edificio y en las características constructivas de su envolvente, excluyendo medidas para la reducción de la demanda del edificio a partir de la potencia de artefactos, rendimiento de equipos y similares.

Con el objetivo de realizar una comparación objetiva, la selección de los sistemas de calificación edilicia aplicables al caso de estudio (detallado a continuación en *Casos de Estudio*) se fundamentó en elegir las iniciativas que establecían criterios claros, con valores e indicadores específicos.

Se encontró que en Argentina, los tres casos expuestos poseen indicadores concretos basados en las exigencias del paquete de normas IRAM sobre acondicionamiento térmico. El etiquetado de eficiencia energética de la envolvente de la ciudad de Buenos Aires - IRAM 11.900, el etiquetado nacional de eficiencia energética para viviendas - en construcción, y la normativa sobre aspectos higrotérmicos y demanda energética de las construcciones de la ciudad de Rosario, se fundamentan en las disposiciones establecidas en la Ley n° 13.059/03, motivo por el cual se decidió adoptar esta reglamentación como referencia aplicable del país.

En el caso de Brasil, el Sello Casa Azul y el Proceso AQUA sugieren el empleo de criterios de diseño que en su mayor parte, no presentan valores específicos para su cumplimiento, pudiendo llevar a que la evaluación se base en inferencias subjetivas. Los demás criterios que disponen de requerimientos cualitativos, establecen valores en función de las definiciones del RTQ-R, el manual empleado por el PBE-Edifica, razón por la cual se adoptó este sistema para representar el país.

Se verificó que en Chile, ambos sistemas presentan criterios con requerimientos cualitativos, sin embargo se eligió la Calificación Energética de Viviendas como modelo, ya que la Certificación de Calidad Ambiental en Edificios se destina a edificios pasibles de albergar alguna actividad pública y este trabajo se enfoca en edificaciones residenciales.

Los sistemas de Colombia y Costa Rica no se incluyeron en la aplicación a los casos de estudio porque definen criterios que no presentan valores específicos para su evaluación.

En México se adoptó la Norma Mexicana de Edificación Sustentable como referencia aplicable del país, ya que el Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables sugiere el empleo de criterios de diseño que no presentan valores específicos para su cumplimiento.

Criterios de aplicación

Para realizar la comparación entre la Ley n° 13.059/03 de Argentina, el PBE Edifica de Brasil, la Calificación Energética de Viviendas de Chile y la Norma Mexicana de Edificación Sustentable de México, se realizó una reestructuración de los indicadores de confort térmico y eficiencia energética definido por cada sistema. De forma similar a lo detallado en la Etapa I, se simplificó la información especificada en la columna Criterios, con la intención de definir una nomenclatura estandarizada, posible de comparar con los demás indicadores (**Tabla 1**). El desarrollo de este procedimiento se expone en la *Parte IV - Determinación de la variable comparable*.

Tabla 1: Reestructuración de los indicadores establecidos en los sistemas de calificación edilicia seleccionados. Modelo de ejemplo: caso Ley n° 13.059/03.

Categorías	Conceptos	Criterios	Indicador
Mantenida la Información original	Mantenida la Información original	Mantenida la Información original	Adapta la información de Criterios para definir indicadores comparables.
C	CONCEPTOS	CRITERIOS	INDICADOR
ENVOLVENTE	Condiciones de habitabilidad higrotérmica, de higiene, y de salubridad	1. Cumplir con los valores de transmitancia térmica K admisible (W/m^2K), para condiciones de invierno y verano, según la metodología establecida en la IRAM 11.601/96.	Transmitancia térmica para cerramientos opacos

Se encontró que las normativas y los etiquetados analizados, evalúan el cumplimiento de diversos criterios de forma particular, sin embargo, los cuatro casos se centran en calcular las pérdidas y/o las ganancias de calor a través de la envolvente de la edificación. Se decidió realizar una comparación

entre las demandas de calefacción y refrigeración requerida por una edificación construida en localidades con climas similares, de forma que al mantener las mismas características constructivas y considerar los indicadores establecidos por cada país, se puede conocer cuáles son los estándares que permiten un mejor desempeño térmico y ahorro energético.

La elección de las localidades empleadas en este estudio se fundamentó en agrupar ciudades con una población superior a 200.000 habitantes, con valores de grados días para calefacción entre 400 y 600 y entre 800 y 1000 para refrigeración (ver *Parte IV - Selección de las localidades de estudio*).

Metodología de aplicación

Para seleccionar el modelo de **cálculo simplificado** a emplear en este estudio se consideró que el procedimiento definido por la Ley 13.059/03 requiere de determinadas características climáticas del sitio en donde se sitúa la edificación, de dimensiones y propiedades físicas del edificio, de los elementos que componen su envolvente, y demás datos de uso y ocupación. Dicha información es sencilla de obtener y su cálculo puede ser realizado de forma simplificada, pudiendo ser fácilmente sistematizado partir de una plantilla en Excel.

Para los demás casos se requiere el ingreso de prácticamente la misma información, excepto que en Brasil y Chile el cálculo se realiza mediante una plantilla otorgada por la institución responsable, en la cual el profesional debe informar la zona bioambiental en que se encuentra localizado el edificio de estudio. Este factor imposibilita el cálculo del consumo energético necesario por una edificación localizada en otros países, comprometiendo el objetivo de este trabajo.

La metodología empleada en México es similar al procedimiento establecido por la norma IRAM 11.659, sin embargo, la NOM de Edificación Sustentable se enfoca solamente en la demanda de refrigeración, razón por la cual se adoptó la metodología definida por la norma IRAM 11.604 y IRAM 11.659, para calcular la carga térmica de calefacción y refrigeración respectivamente. El método de cálculo establecido por dichas normativas se detalla en la *Parte IV – Procedimiento de cálculo para demanda de calefacción - IRAM 11.604/04 y Procedimiento de cálculo para demanda de refrigeración - IRAM 11.659/07*. Los datos necesarios para ingresar en las ecuaciones, establecidos por Argentina, Brasil, Chile y México, se encuentran especificados en la *Parte IV - Indicadores, Valores y Estándares*.

Para validar los resultados obtenidos mediante el procedimiento establecido en las Normas IRAM, se realizó una simulación computacional para determinar los consumos energéticos de calefacción y refrigeración para cada caso de estudio de forma dinámica, es decir, comprendiendo que los edificios analizados se encuentran ocupados, con actividades y condiciones climáticas que varían durante los días y los meses, y que el cálculo simplificado no puede representar la evolución del comportamiento térmico interno en función del tiempo.

Para el **cálculo simulado** se utilizó el software *Revit* - Versión 2016 en conjunto con el *Design Builder* - Versión 5.0.0.137, ya que estos programas posibilitan el acceso al archivo climático de un

número de localidades significativamente superior en comparación con la base de datos disponible para el Energy Plus. El Design Builder utiliza el *DOE-2* como motor de cálculo y emplea archivos de datos climáticos horarios con el formato *EPW*. Para algunas localidades en particular, las cuales no disponían de un archivo *EPW*, se optó por utilizar la estación meteorológica suministrada por Revit. Dichas estaciones pueden ser accedidas desde la interfaz de modelización del programa y sus datos climáticos están basados en un promedio de 30 años, compilados en un archivo *TMY2* con meses típicos provenientes de diferentes años, sin extremos de temperatura (National renewable energy laboratory, 1995).

Para la ejecución de la simulación energética, primeramente se realizó un modelado detallado de los casos de estudio (expuestos en el siguiente apartado) en el programa Autodesk Revit 2016, considerando las características constructivas de cada elemento de la edificación y las propiedades físicas de cada material empleado. Se estableció una diferenciación entre los elementos de la envolvente edilicia y los muros, losas y puertas internas, así como se definió la dimensión de cada elemento en planta, corte, volumetría. Demás elementos de ambientación del espacio no se incluyeron en el modelado, ya que no poseen características térmicas reconocibles para la simulación energética. Las cargas internas correspondientes a los equipos y artefactos de iluminación, se configuraron posteriormente, en conjunto con las configuraciones del modelo energético. Sus valores se definieron en función del uso asignado a cada ambiente y mediante el uso de *Schedules* pre determinados por el programa con los estándares de la ASHRAE.

Para obtener elementos constructivos capaces de atender a los estándares de confort definido por Argentina, Brasil, Chile y México se elaboraron cinco modelos de muros y cinco modelos de techos, con diferentes materiales y características térmicas. Las variables modificadas para los materiales trabajados fueron conductividad térmica, calor específico, y densidad, considerando para las demás propiedades térmicas, valores pre definidos por la biblioteca de materiales de *Revit*. Esta etapa se encuentra detallada en la *Parte IV – Procedimiento de cálculo para demanda de calefacción y refrigeración – Revit/Design Builder*.

Posterior a la etapa de modelización se asignaron los espacios, las zonas térmicas y se configuraron los datos para la construcción del modelo energético. Se controló el tamaño y la resolución de cada espacio creado mediante la visualización y el ajuste en corte, para evitar fallas en la simulación. En la solapa *Properties* se asignó la característica de Espacio Condicionado para los ambientes de primera, Ventilado para baños, Ducto para espacios de ventilación vertical y No Condicionado para circulaciones horizontales internas. Para las características de las zonas térmicas se precisaron temperaturas de *setpoint* para calefacción en 18°C, para refrigeración en 24°C y 2 renovaciones de aire por hora.

Se realizaron simulaciones para los cuatro casos de estudio, considerando las ciudades seleccionadas y los resultados obtenidos se exponen en la *Parte IV – Resultados*.

Casos de estudio

Los casos de estudio considerados en este trabajo se centran en edificios de vivienda tradicionalmente empleados en la construcción civil regional. Se adoptaron cuatro tipologías de vivienda, un modelo de vivienda de interés social denominada Caso I (**Figura 6**), un modelo de vivienda considerada de clase media denominada Caso II (**Figura 7**), un modelo de edificio multifamiliar de interés social denominado Caso III (**Figura 8**), y un modelo de edificio multifamiliar considerado de clase media denominado Caso VI (**Figura 9, Figura 10 y Figura 11**).

Figura 6: Planta baja del Caso de estudio I: vivienda unifamiliar de interés social.

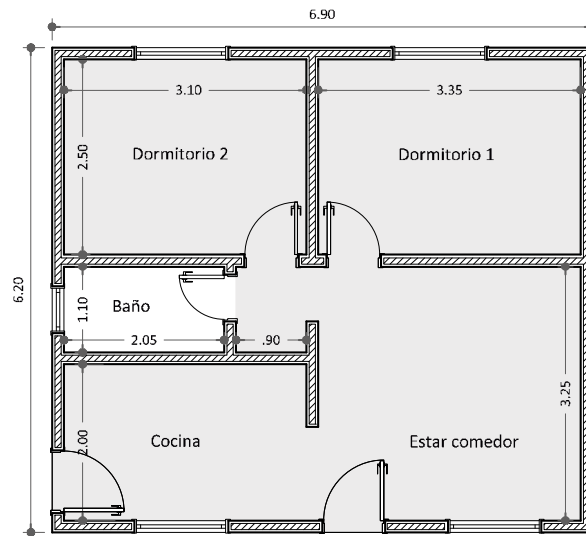


Figura 7: Planta baja del Caso II: vivienda unifamiliar.

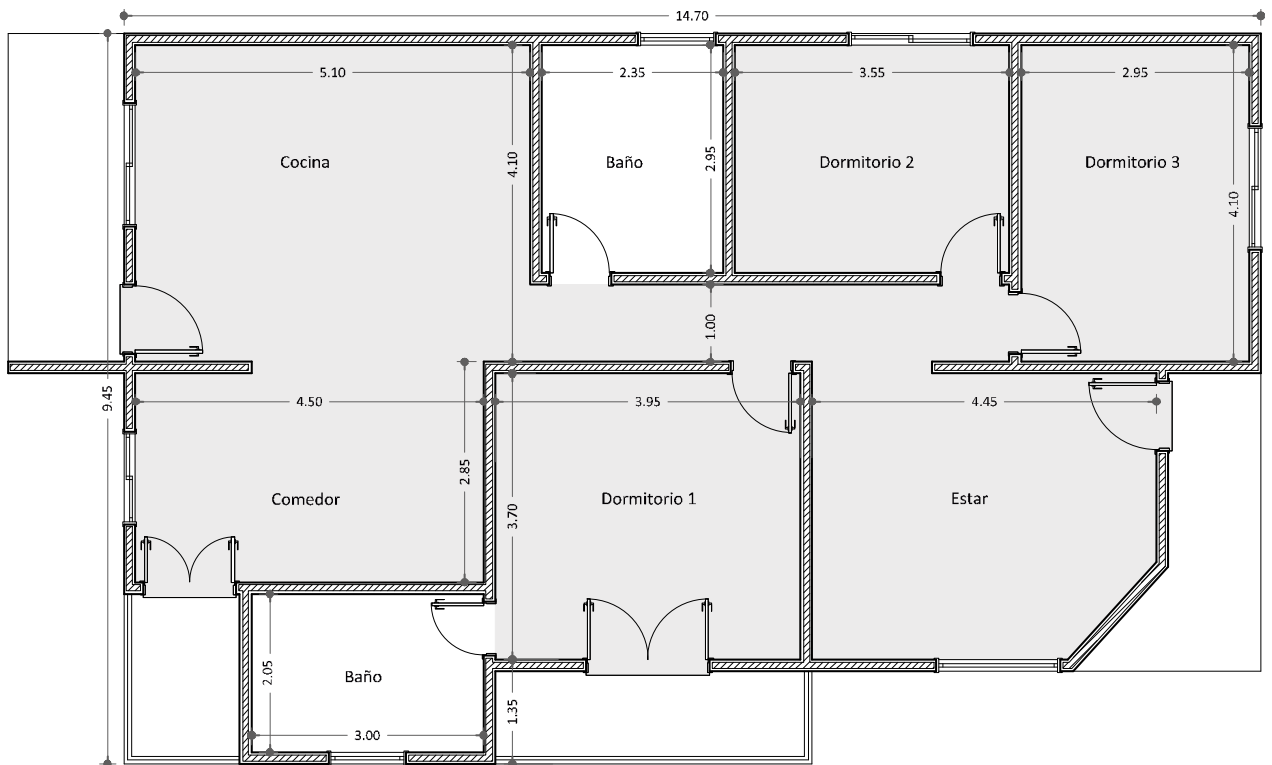


Figura 8: Caso III: edificio multifamiliar de interés social. Planta baja y tipo en los tres niveles.

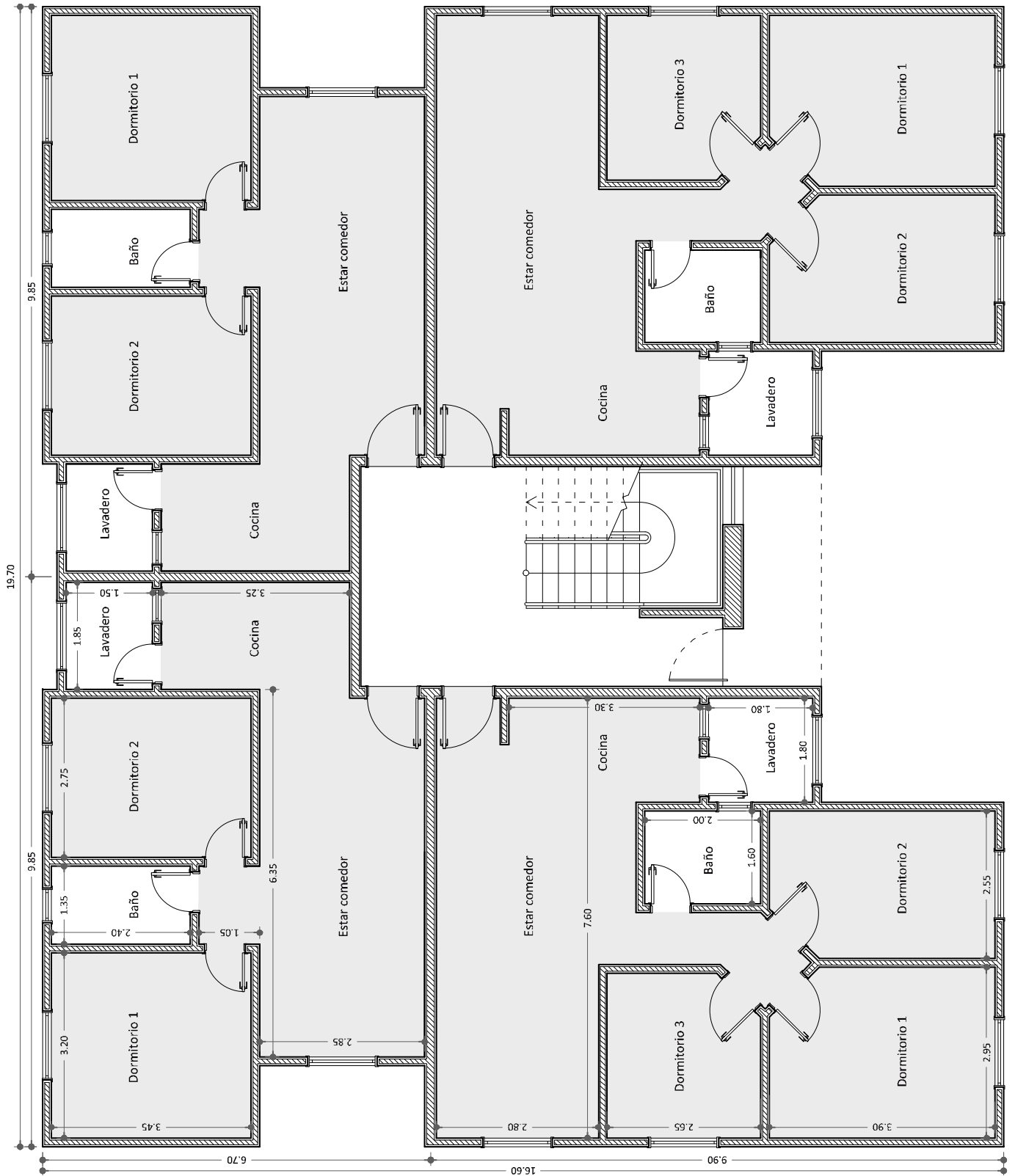


Figura 9: Planta baja del Caso IV: vivienda multifamiliar. Planta tipo en los doce niveles.
Departamentos terminados en 01 y 02.

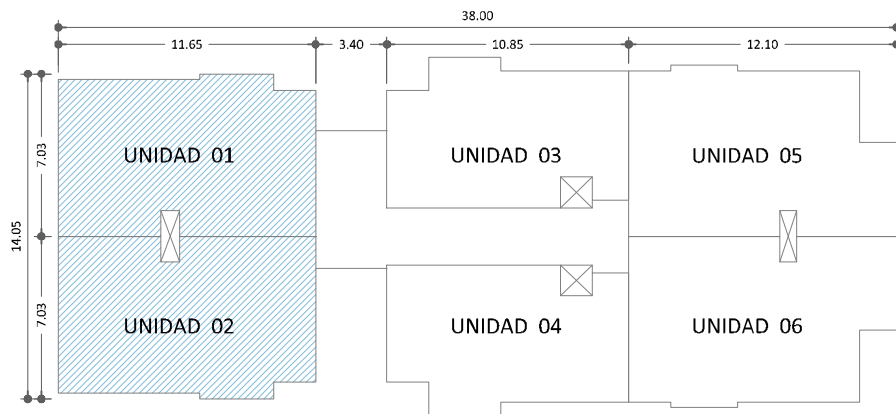
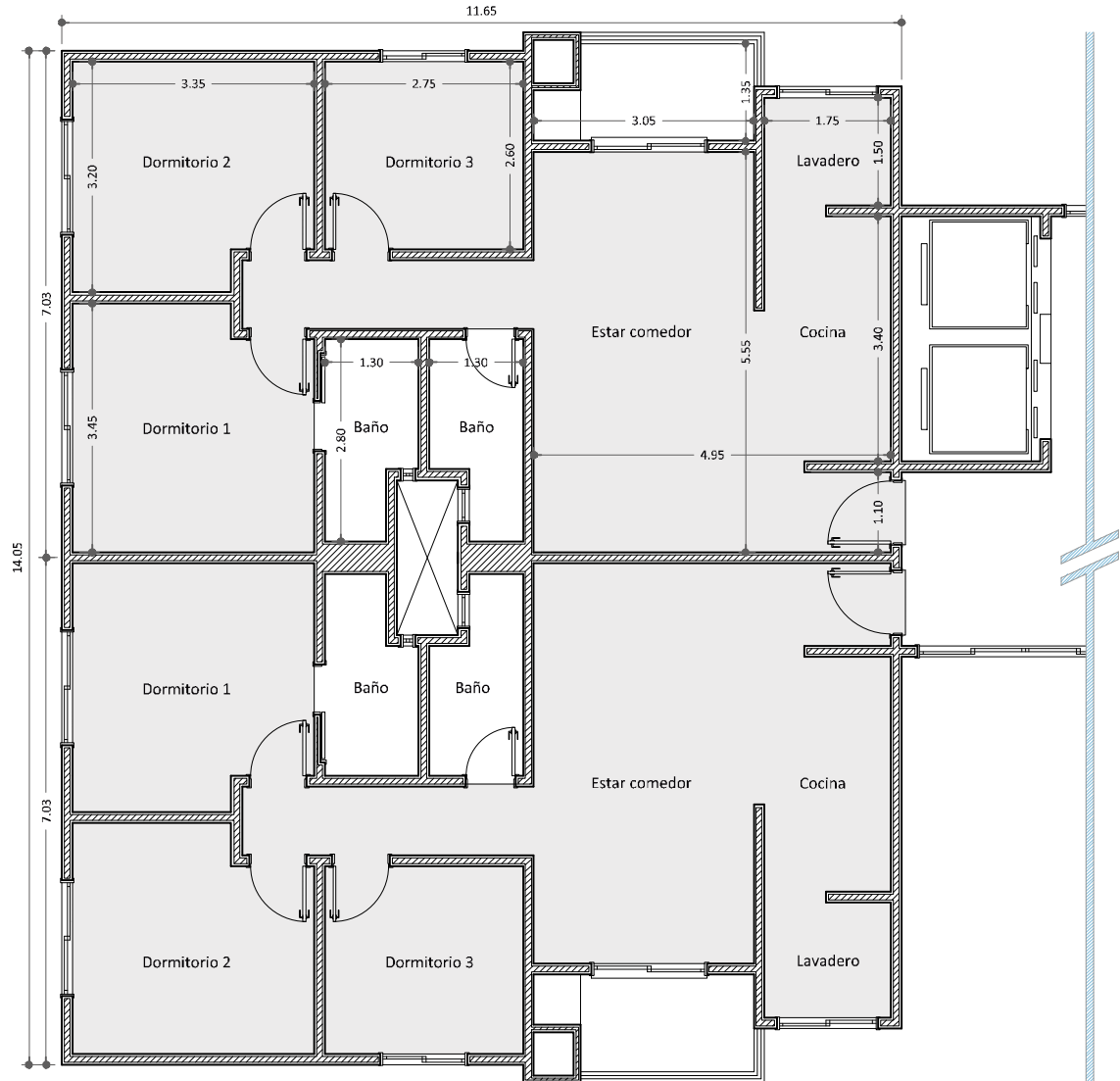


Figura 10: Planta baja del Caso IV: vivienda multifamiliar. Planta tipo en los doce niveles.
Departamentos terminados en 03 y 04.

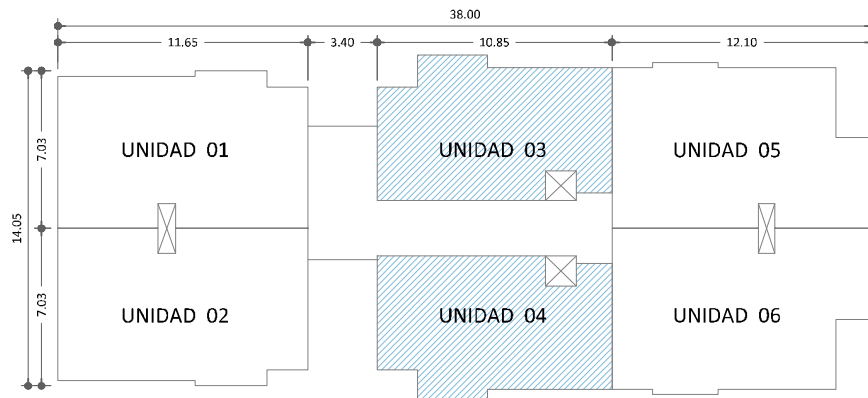
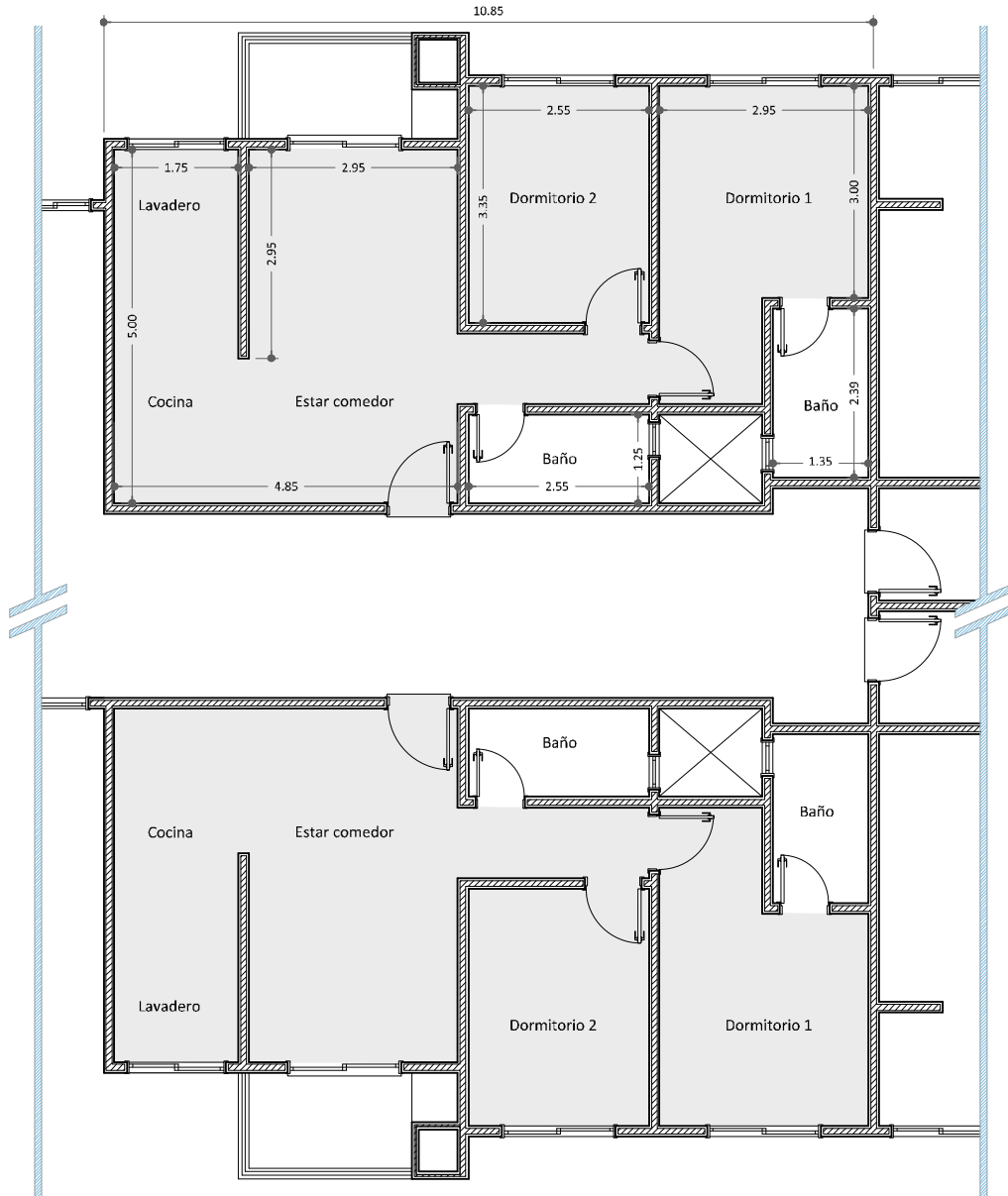
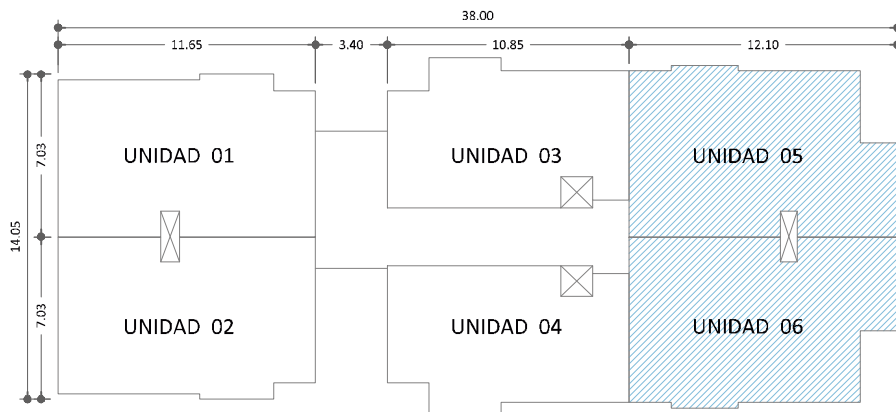
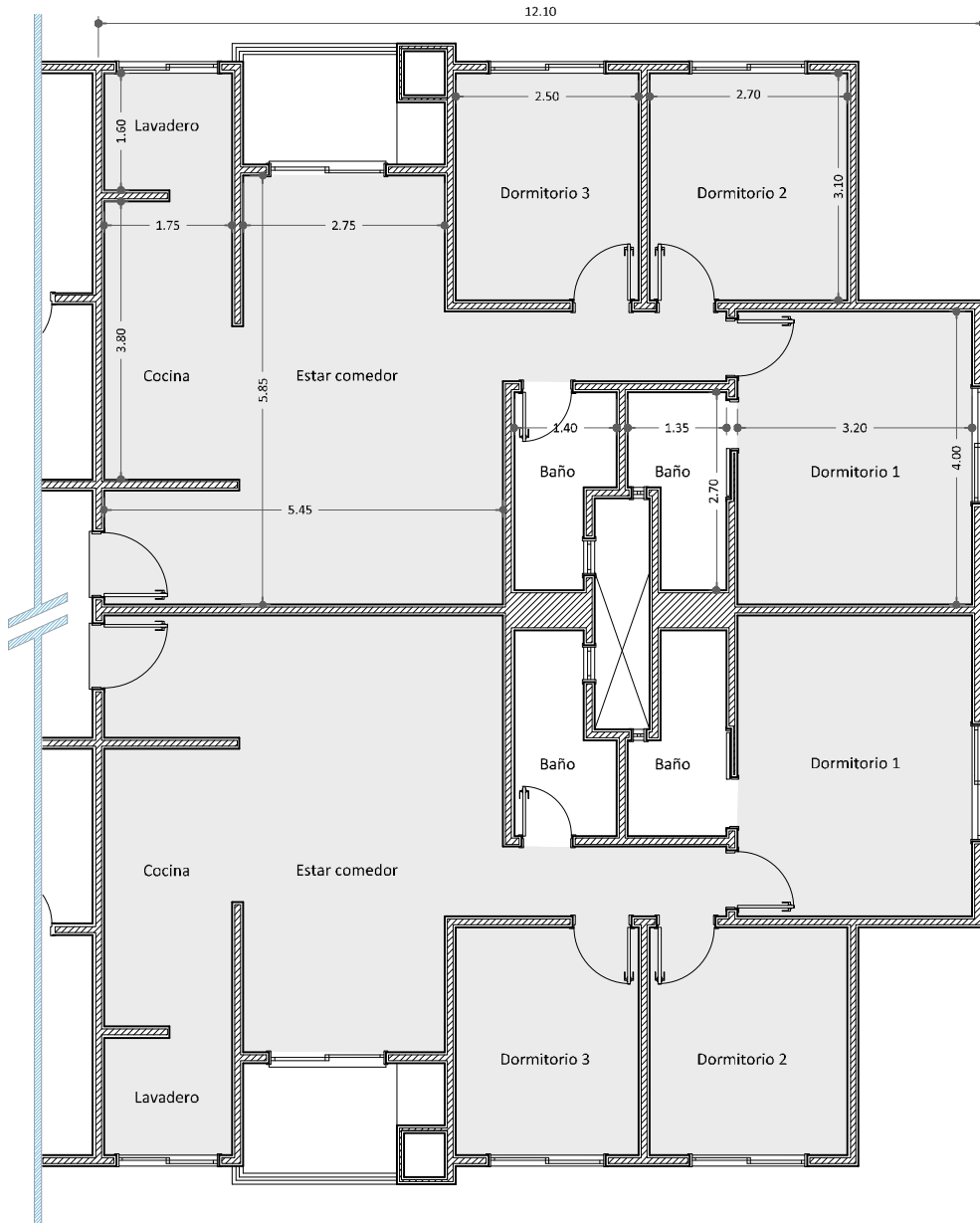


Figura 11: Planta baja del Caso IV: vivienda multifamiliar. Planta tipo en los doce niveles.
Departamentos terminados en 05 y 06.



2.4 Etapa III

Consumos energéticos

A partir de los resultados obtenidos anteriormente, se encontró la correlación entre el consumo energético y las siguientes variables: transmitancia térmica, temperaturas mínima y máximas de diseño y grados día necesarios para alcanzar condiciones de confort. Para el análisis se empleó la regresión lineal, ya que permite cuantificar la relación de dependencia existente entre dos variables, mediante una grafica de dispersión de puntos.

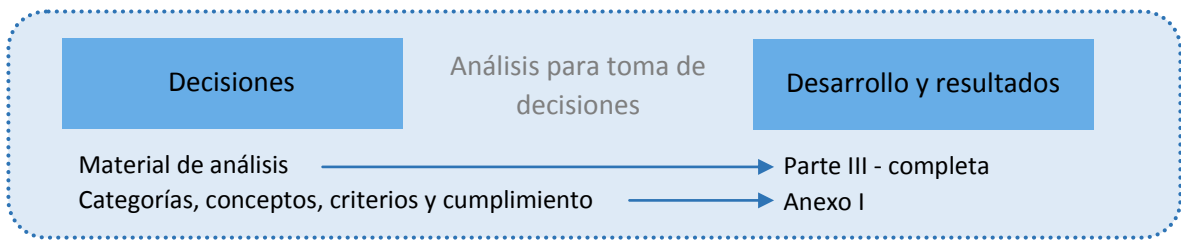
Propuesta de zonificación

Para la sectorización de las localidades, se consideró una diferenciación a cada 500 grados día, de forma que las mayores necesidades en calefacción se agrupasen con las menores necesidades de refrigeración.

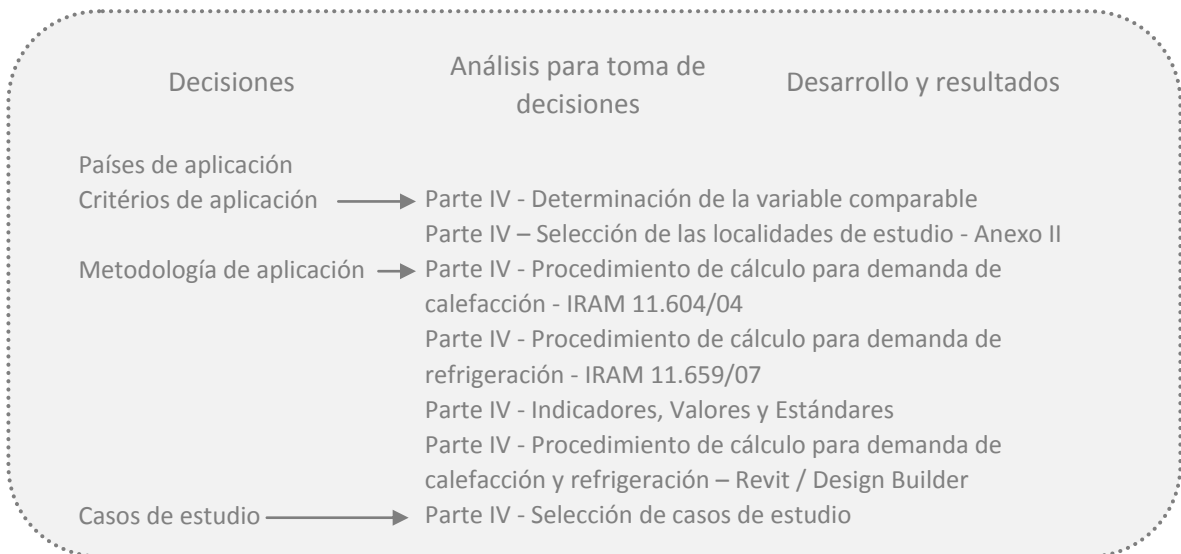
PARTE III

Marco conceptual

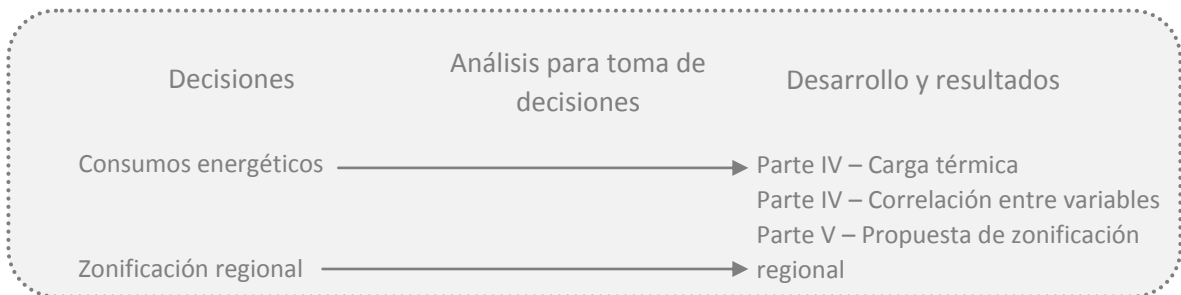
Etapa I – Revisión bibliográfica



Etapa II - Desarrollo



Etapa III – Resultados y conclusiones



3.1 Argentina

Las primeras políticas energéticas implementadas en Argentina surgieron en los años 70, con la promoción de medidas para substituir el uso del petróleo por fuentes renovables, permitiendo al país alcanzar el autoabastecimiento y una mayor diversificación de la matriz energética (Farinella, 2000). Estas iniciativas permitieron una mejora en la producción de energía del país, sin embargo no representaron un avance significativo en el campo de la eficiencia energética, llevando al surgimiento de programas y proyectos que se enfocaban en preservar la energía y garantizar una mejora en el nivel de vida. En 1985, la Secretaría de Energía instituyó el Programa de Uso Racional de la Energía, en el cual definió estrategias de ahorro de energía aplicable a los sectores residenciales y comerciales (Secretaría de Energía, 1985), sin embargo este programa, así como diversas iniciativas enfocadas en identificar potencialidades de ahorro que se registraron en la década de 80, no lograron concretarse (Farinella, 2000).

En los años 90, la reestructuración política condujo a la transferencia de funciones empresarias del Estado a actores privados y al detrimento de las políticas de eficiencia energética existentes en el país. La crisis política de 2001 produjo el deterioro del sistema social, económico e institucional, llevando a que la mitad de la población pase a estar debajo de la línea de pobreza y a la quiebra de las reformas introducidas hasta el momento. En 2003, el país alcanzó la estabilidad política y su situación energética enfrentaba un crecimiento de la demanda originada por la reactivación económica, en cuanto había una disminución de reservas de hidrocarburos en función de la falta de inversión realizada a fines de los años 90 (Farinella, 2000). La construcción civil acumuló un crecimiento de 84,5% entre los años 2002 y 2005 (Naciones Unidas, 2014) y en cumplimiento con el Decreto nº 27, la Secretaría de Energía trabajó en el desarrollo de programas de eficiencia energética y gestionó iniciativas de promoción de incentivos como ejemplo el Programa de Ahorro y Eficiencia Energética en Edificios Públicos – PAEE/2004 y el Programa de Uso Racional de la Energía – PURE/2005 (Ministerio de planificación federal, inversión pública y servicios, 2003).

Desde el punto de vista ambiental, Argentina ratificó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en 1993 (Senado y Cámara de Diputados, 1994) y el Protocolo de Kyoto en 2001 (Senado y Cámara de Diputados, 2001), en donde publicó las estrategias y acciones para el cumplimiento de las metas establecidas por dichos acuerdos.

Solamente en 2007 se alcanzó a implementar por primera vez, un plan de reconstrucción del sector energético con estrategias de ahorro, uso racional y eficiencia energética para el sector edilicio, el Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía - PRONUREE, un instrumento que estableció las estrategias políticas para proyectar la implementación del uso eficiente de la energía con carácter permanente de mediano a largo plazo (Naciones Unidas, 2014).

Instituido en 2007, por la Secretaría de Energía, dependiente del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, el PRONUREE se fundamentó en los principios definidos en el Protocolo de Kyoto, firmado por Argentina en 1994, en el contexto energético nacional y en la experiencia registrada internacionalmente (Secretaría de Energía, 2007). Uno de los principales abordajes, consistió en establecer que el empleo de estrategias eficientes a nivel nacional era imprescindible para la preservación del medio ambiente y el desarrollo de la política energética nacional. Para concretar este objetivo el programa definió que el enfoque principal debería consistir en la generación de cambios estructurales en la conducta de la sociedad y que correspondía a los actores públicos forjar estas transformaciones (Secretaría de Energía, 2007).

Con este fin, el PRONUREE estableció diferentes acciones a corto, mediano y largo plazo para para el sector residencial, industrial, comercial, educacional y público, enfocando en el desarrollo de normativas municipales que promuevan prácticas eficientes. El programa se caracterizó por la implementación de cuatro iniciativas principales; la primera destinada a optimizar la calidad de la envolvente de edificios residenciales y educativos; la segunda enfocada en la sustitución de lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas en el sector residencial, comercial y público; la tercera orientada al reemplazo de refrigeradores con etiqueta de eficiencia energética; y la cuarta caracterizada por la elaboración de la segunda versión del PURE y del PUREE, programas que mediante bonificaciones incentivaban el uso de medidas de uso racional de energía y energía eléctrica respectivamente (Secretaría de Energía, 2008). Se estimaba que el cumplimiento de las medidas y políticas de mitigación establecidas en el PRONUREE, llevaría a la reducción de la emisión de más de 60 millones de toneladas de CO₂ en un periodo de 15 a 20 años. Al presente no se encuentra información disponible que pueda indicar el desarrollo del programa.

Etiquetado de eficiencia energética

En el ámbito de la eficiencia energética edilicia, el PRONUREE buscó estimular la implementación de prácticas que posibilitasen la mejora de la calidad de la envolvente de edificios residenciales y educativos mediante la gestión de un sistema de certificación energética de viviendas.

A partir de la iniciativa de la Secretaría de Energía de la Nación, el Instituto Argentino de Normalización y Certificación - IRAM publicó en 2010, la norma IRAM 11.900 (2010) establecida para regular e instaurar el sistema de etiquetado edilicio en el país. La normativa establece una etiqueta de eficiencia energética con el objetivo de establecer índices máximos de consumo energético e informar a los usuarios la eficiencia térmica que presenta la envolvente de determinado edificio. Se aplica a todo edificio susceptible de ser calefaccionado, presenta carácter de cumplimiento voluntario, y su método de evaluación se basa en calificar la envolvente edilicia a partir del indicador Tau - τ_m , elaborado exclusivamente para su utilización en la IRAM 11.900/10 (**Tabla 2**).

Tabla 2: Criterios de evaluación de la Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios.

Fuente: (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2010).

IRAM 11.900/10		
ENVOLVENTE	1 CRITERIO	1. Variación media ponderada entre la temperatura de la superficie interior del muro y la temperatura interior de diseño - Tau (τ_m).

Este indicador define la variación media ponderada entre la temperatura de la superficie interior del muro y la temperatura interior de diseño y considera por defecto un valor de 20° C (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2010). El método de cálculo analiza las características térmicas de los materiales empleados en la envolvente y considera la resistencia térmica superficial interior y total, la transmitancia térmica de cada una de las componentes de la envolvente, y la diferencia de temperatura de diseño interior y exterior, como se describe a seguir en los términos de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Ecuación 1: Cálculo de la variación media ponderada de la temperatura (τ_m). Fuente: Norma IRAM 11.900 (2010).

$$\tau_m = \frac{\sum (\tau_i \cdot S_i)}{\sum S_i} \quad (1)$$

$$\tau_i = 0,13 \frac{m^2 \cdot k}{W} \cdot K_i \cdot \Delta t$$

$0,13 \frac{m^2 \cdot k}{W}$ - la resistencia térmica superficial interior, en °C,

K - la transmitancia térmica ($m^2 \cdot K$) $\frac{1}{R_t}$

R_t - resistencia térmica superficial total ($m^2 \cdot K/W$),

K_i - la transmitancia térmica de cada una de los componentes de la envolvente ($Wm^2 \cdot K$),

Δt - la diferencia de temperatura de diseño interior y exterior (°C), y

S_i - la superficie de cada una de las componentes de la envolvente (m^2)

El nivel de eficiencia energética alcanzado puede ser clasificado en ocho niveles, representados por la letra A, hasta la H (**Tabla 3**), y el proceso para la obtención de la etiqueta es autogestionable.

Tabla 3: Niveles de eficiencia energética, según el valor de τ_m . Fuente: IRAM 11.900 (2010).

Nivel de eficiencia	Condición
A	$\tau_m \leq 1 \text{ }^\circ\text{C}$
B	$1 \text{ }^\circ\text{C} < \tau_m \leq 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$
C	$1,5 \text{ }^\circ\text{C} < \tau_m \leq 2 \text{ }^\circ\text{C}$
D	$2 \text{ }^\circ\text{C} < \tau_m \leq 2,5 \text{ }^\circ\text{C}$
E	$2,5 \text{ }^\circ\text{C} < \tau_m \leq 3 \text{ }^\circ\text{C}$
F	$3 \text{ }^\circ\text{C} < \tau_m \leq 3,5 \text{ }^\circ\text{C}$
G	$3,5 \text{ }^\circ\text{C} < \tau_m \leq 4 \text{ }^\circ\text{C}$
H	$\tau_m > 4 \text{ }^\circ\text{C}$

En la página web del Ministerio de Energía y Minería² se suministra la Guía de Usuario, un manual que enseña cómo proceder con la gestión de la etiqueta, y posibilita el acceso a la plataforma virtual, en la cual el usuario puede ingresar los datos del edificio y calcular de la eficiencia energética. Una vez conocido el nivel alcanzado es posible imprimir la etiqueta para su utilización sin la necesidad del aval de algún órgano público para reconocer dicha clasificación.

Al presente no se encuentra información oficial disponible que indique el alcance y la aplicabilidad de este etiquetado, o registros que estimen el número de edificaciones calificadas. Se conoce algunos casos aislados de proyectos que están en conformidad con el etiquetado, en función de los trabajos de asesoría desarrollados en el Laboratorio de Arquitectura Sustentable - LAYHS de la Facultad de Arquitectura de la UNLP, y de las actividades realizadas en la Maestría de Arquitectura y Hábitat Sustentable, dictada en la misma institución (**Figura 12 y Figura 13**).

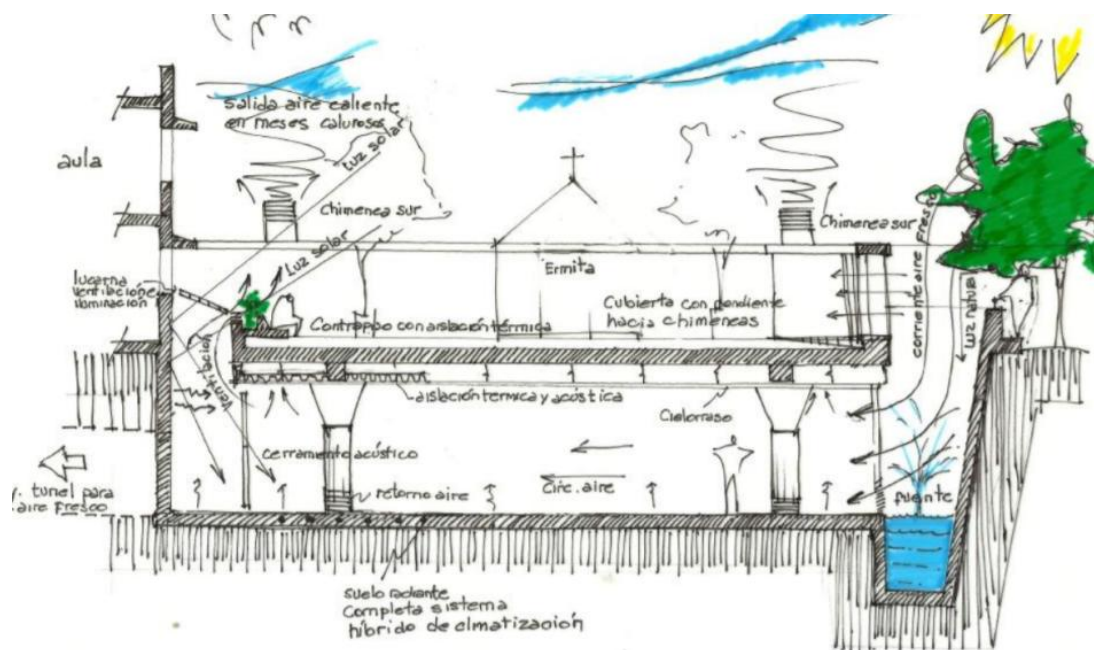
Figura 12: Modelo de etiqueta de eficiencia energética de calefacción.

Fuente: (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2010).

Energía de calefacción	
Dirección postal Identificación catastral	Envolvente edilicia
Más eficiente	B
A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	
Menos eficiente	
τ_m	$^\circ\text{C}$
K_m	$^\circ\text{C}$
Temperatura de diseño mínima exterior, según IRAM 11603	$^\circ\text{C}$
Temperatura de diseño interior	20 $^\circ\text{C}$
Superficie cubierta	m^2
Profesional responsable	
Certificado N°	
Fecha evaluación	
Fecha emisión certificado	
IRAM 11900	

² Información disponible en el sitio web del Ministerio de Energía y Minería. Accedido el 18 de febrero de 2016. <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3664>

Figura 13: Salón de Usos Múltiples del Instituto José Manuel Estrada etiquetado con nivel B - Citty Bell, La Plata. Arq. Guillermo Mariano. Fuente: (Mariano, 2016)



Desde mediados de 2016, a través de la iniciativa de la Secretaría de Energía, el INTI en conjunto con el IRAM, docentes investigadores, y representantes de empresas fabricantes, se encuentran desarrollando un etiquetado de eficiencia energética para viviendas³. Este sistema de calificación consistirá en un instrumento de aplicación voluntario, destinado a calificar la eficiencia energética de viviendas nuevas y existentes, construidas en territorio nacional. Los criterios analizados se organizan entre las temáticas de estrategias pasivas, calefacción y refrigeración, iluminación, agua caliente sanitaria, y aporte de energías renovables, y la clasificación final de la eficiencia energética se obtiene en función de la evaluación parcial de cada sistema, en donde, para estrategias pasivas se obtiene de forma cualitativa mediante un sistema de puntos, y para los demás temas de forma cuantitativa, a partir de resultados de consumo de energía primaria y de emisiones de dióxido de carbono.

³ Información incorporada mediante la participación en el Grupo de Trabajo de Estrategias Pasivas del Subcomité de Eficiencia Energética de IRAM, para la elaboración del futuro certificado de eficiencia energética para viviendas.

Ley n° 13.059/03 - Condiciones de Acondicionamiento Térmico

Paralelamente a la implementación de la norma IRAM 11.900/10, se publicó el Decreto n° 1.030/10 para reglamentar la Ley n° 13.059/03 sobre Condiciones de Acondicionamiento Térmico (Senado y Cámara de Diputados, 2003). Esta ley había sido promulgada en 2003, pero solamente con la publicación del Decreto en 2010, se aprobó oficialmente su reglamentación (Departamento de Infraestructura, 2010).

La Ley 13.059/03 busca definir las condiciones de acondicionamiento térmico exigibles en la construcción de todos los edificios públicos y privados localizados en la Provincia de Buenos Aires. Con carácter de cumplimiento obligatorio, se enfoca en que las edificaciones deben garantizar el correcto aislamiento térmico según las variables climatológicas, las características de los materiales empleados, la orientación geográfica de la construcción y otras condiciones que se determinen vía reglamentación. El Decreto 1.030/10 enumera las Normas IRAM que sirven como base para garantizar las condiciones de habitabilidad higrotérmica, de higiene, y de salubridad, y define que toda obra debe atender a los siguientes requisitos: (i) cumplir con los valores de transmitancia térmica admisible (W/m^2K), para condiciones de invierno y verano, según la metodología establecida en la IRAM 11.601/1996, (ii) verificar el Riesgo de Condensación superficial e intersticial para paños centrales y singulares, según la metodología establecida en la IRAM 11.625/2000 y 11.630/2000, (iii) comprobar el valor del Coeficiente Gadm para calefacción, según indica la IRAM 11.604/2001, (iv) verificar los valores de calidad térmica K en vidriados, según indica la IRAM 11.507/2001, y (v) cumplir con la calidad de infiltración en carpinterías, según indica la IRAM 11.507/2001 (**Tabla 4**).

Tabla 4: Criterios de evaluación de la Ley sobre Condiciones de Acondicionamiento Térmico.

Fuente: (Senado y Cámara de Diputados, 2003).

LEY 13.059/03	
ENVOLVENTE	5 CRITERIOS
	1. Transmitancia térmica K admisible (W/m^2K)
	2. Riesgo de condensación superficial e intersticial en paños centrales
	3. Riesgo de condensación superficial e intersticial en puntos singulares
	4. Gcal admisible
	5. Calidad térmica de los vidriados e infiltración de carpinterías

La verificación de cumplimiento se basa en el análisis de la documentación técnica que el profesional entregue en el momento de solicitar el permiso de inicio de obra. Dicha información debe contener planillas de verificación de riesgo de condensación, del coeficiente G, de carga térmica, además de cálculos de transmitancia térmica y una lista de los materiales utilizados en la envolvente del edificio con la indicación de los valores de conductividad térmica y su espesor. La función de verificar el total cumplimiento de las exigencias normativas es responsabilidad de la Autoridad de Aplicación, que en el caso del no atendimento de las disposiciones de dicha ley, puede no otorgar el certificado final de obra.

Al presente no se encuentra información oficial disponible que indique que los profesionales de la provincia cumplan con la Ley, al igual que no se verifica la fiscalización por parte de entidades controladoras. Se conoce algunos casos de proyectos que se encuentran en conformidad con dicha regulación, en función de los trabajos de asesoría desarrollados en el LAyHS - FAU - UNLP, y de las actividades realizadas en la Maestría de Arquitectura y Hábitat Sustentable (**Figura 14**).

Figura 14: Edificio Patios 16 – La Plata, Buenos Aires. Arq. Ricardo Ripari.

Fuente: sitio web de Ricardo Ripari y Asociados.



El Decreto 1.030/10 establece disposiciones obligatorias aplicables a la provincia de Buenos Aires y permite que los municipios, puedan adicionar además otras normativas relacionadas con la mejora del confort higrotérmico y con el ahorro energético en las edificaciones, como el caso de Rosario, que a partir del 2013, presenta una normativa local sobre regulación térmica edilicia.

Ordenanza n° 8.757 - Aspectos Higrotérmicos y Demanda Energética de las Construcciones

Enfocando en contribuir con la problemática de creciente demanda del consumo de energía en las edificaciones, la ciudad de Rosario, en 2011, publicó la Ordenanza n° 8.757 sobre aspectos higrotérmicos y demanda energética de las construcciones. Es este documento, establecía que el Departamento Ejecutivo debería formar una Comisión Especial para reglamentar e implementar dicha normativa. Su construcción contó con la participación de integrantes del Colegio de Arquitectos y docentes investigadores, los cuales trabajaron durante aproximadamente dos años para definir sus condiciones de aplicabilidad y requerimientos (Municipalidad de Rosario, 2011). En 2013, mediante la publicación del Decreto Reglamentario n° 985, Rosario se caracterizó como la primera ciudad en el país que alcanzó incorporar exigencias en su marco normativo para disminuir el consumo de energético edilicio (Bordachar, Furno, & Lattuca, 2016).

Vigente desde el año de 2013, la Ordenanza n° 8.757 se centra en determinar los parámetros constructivos que la envolvente edilicia debe presentar para garantizar las condiciones mínimas de habitabilidad higrotérmica. Se destina a edificios públicos y privados, nuevos, y existentes con una superficie mayor a 500 m², y edificaciones que presenten más del 25% del total de sus cerramientos renovados (Municipalidad de Rosario, 2013). Su carácter de cumplimiento es obligatorio para edificios que se ubiquen en la ciudad de Rosario, sin embargo, se respeta una gradualidad de aplicación entendiendo que el sector de la construcción civil necesita un periodo de adaptación, tanto para profesionales y entidades reguladoras, como para las empresas fabricantes. Para el primer año se verificará la conformidad de todos los edificios con superficies mayor a 4.000 m² cubiertos, en cuanto para el segundo año se exigirá el cumplimiento de edificios que superen los 3.000 m², y sucesivamente hasta el quinto año, donde se verificará el cumplimiento de edificios mayores a 500 m², para que en el sexto año se torne aplicable a todas las edificaciones.

Los criterios exigidos varían en función del año de aplicabilidad en que se encuentra la norma, y el procedimiento de verificación se realiza en dos instancias, la primera en la fase de proyecto y la segunda durante la construcción del edificio. En los dos primeros años de vigencia de la Ordenanza se requerirá la conformidad con los parámetros de transmitancia térmica y riesgo de condensación, en cuanto a partir del tercer año, se complementará con los criterios de permeabilidad del aire y demanda energética para refrigeración y calefacción (**Tabla 5**).

Tabla 5: Criterios de evaluación de la Ordenanza sobre Aspectos Higrotérmicos y Demanda Energética de las Construcciones. Fuente: (Municipalidad de Rosario, 2011).

ORDENANZA 8.757/11		
ENVOLVENTE	5 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Transmitancia térmica en cerramientos 2. Riesgo de condensación superficial e intersticial en paños centrales y puntos singulares 3. Permeabilidad del aire 4. Gcal admisible 5. Gref admisible

El procedimiento de verificación debe ser gestionado por el propietario del emprendimiento, mediante la presentación de la documentación requerida, en el momento de solicitar el permiso de obras en la Municipalidad. El Programa de Construcciones Sustentables y Eficiencia Energética, entidad responsable por garantizar el cumplimiento de la norma, realiza el análisis de la documentación técnica y verifica que los planos, detalles constructivos y planillas entregadas, sean equivalentes a los planos correspondientes para el inicio del permiso de edificación. En el caso de que las exigencias se cumplan, el Programa emite un certificado para ser presentado ante la Dirección General de Obras Particulares, y durante la construcción de la edificación, realiza la inspección *in situ*, durante distintas etapas de ejecución de la obra, para garantizar que las soluciones técnicas detalladas en la documentación correspondan a lo ejecutado. Una vez que se apruebe el

control de obra, la entidad otorga un segundo certificado para ser entregado ante la Dirección General de Obras Particulares y solicitar el final de obra (Bordachar, Furno, & Lattuca, 2016).

Según el Programa de Construcciones Sustentables y Eficiencia Energética, recientemente el Municipio propuso la creación del Fondo para la Promoción de la Sustentabilidad Edilicia buscando reducir la inversión necesaria para aplicar las soluciones exigidas y promover la implementación de la normativa entre los usuarios residenciales (Bordachar, Furno, & Lattuca, 2016). En el mes de marzo de 2016, se contabilizaron 39 emprendimientos presentados, y se resalta, que el trabajo interinstitucional de la Comisión Especial permitió la redacción del decreto permitiendo que la norma se aplique, sin embargo, la aplicación efectiva de dicha Ordenanza solo se alcanzó, mediante el compromiso y la decisión política de la gestión municipal (**Figura 15**).

Figura 15: Edificio Nautilo en construcción - Rosario, Santa Fé. Arq. Enrique Aronson y Marcelo Gonano.
Fuente: sitio web de Edificio Nautilo.



3.2 Brasil

El escenario de Brasil sufrió grandes impactos entre la década de 1970 y 1990 que modificaron la visión estratégica, e influenciaron las políticas energéticas y ambientales implementadas en el país. El primer evento consistió en el inicio de la discusión por cuestiones relacionadas al uso de los recursos naturales y soluciones para minimizar el impacto ambiental a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas Sobre el Medio Humano en 1972, en Estocolmo (Oliveira, 2014). El segundo, se relacionó con el incremento del valor del petróleo a nivel mundial en los años de 1973 y 1979, y el consecuente aumento del precio de la energía (Ventura Filho, 2009).

A principio de los años 80, Brasil presentaba gran dependencia energética externa, la producción nacional de petróleo abastecía al 20% de la demanda interna y las importaciones alcanzaban el 45% de la oferta nacional (Ventura Filho, 2009). Estas circunstancias condujeron a grandes dificultades económicas y financieras durante toda la década de 80, e impulsaron la revisión de las medidas que se estaban implementando en el país y la búsqueda de estrategias que permitiesen el aumento de la producción energética nacional. Para fomentar el aumento de la producción, Eletrobras⁴ apuntó a la construcción de usinas hidroeléctricas de mediano y gran porte, lo que permitió que el sistema generador de energía eléctrica funcionase prácticamente con energía hidráulica. Petrobras⁵ se destinó a la prospección de petróleo en el litoral de Brasil y a la construcción de nuevas plataformas, posibilitando la autosuficiencia energética del país en los sectores de petróleo y gas natural. Y a partir de mediados de la década de 70, los derivados de la caña de azúcar y del etanol empezaron a ser reutilizados para la producción de combustible limpio (Ventura Filho, 2009). Para impulsar la revisión de la política energética, el Instituto Nacional de Meteorología Calidad e Tecnología - INMETRO inició la discusión sobre la conservación de energía con el fin de concientizar a los ciudadanos y generar acciones para reducir la demanda de Brasil (Ministério de Minas e Energia, 2012).

⁴ Eletrobras es una empresa brasileña que actúa en el sector de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica. Es considerada la mayor compañía del sector de red eléctrica de Brasil y de Latinoamérica.

⁵ Petrobras es una empresa brasileña que actúa en el sector de exploración, producción y distribución de petróleo y gas natural. Es considerada la mayor compañía petrolera de Brasil y de Latinoamérica.

En 1984, el INMETRO creó el Programa Brasileiro de Etiquetaje - PBE con el objetivo de comunicar al usuario el gasto energético de los artefactos eléctricos producidos en el país, mediante la exposición de una etiqueta en los artículos disponibles en el mercado. La Etiqueta de Conservación de Energía - ENCE exhibe una escala de colores que varía de la letra A hasta la G e informa a los consumidores el cumplimiento del producto analizado con los requisitos de desempeño estipulados en normas y reglamentos técnicos nacionales, enfocando principalmente en la eficiencia energética. Originalmente pensado para el sector automovilístico, este programa gradualmente se desarrolló, abarcó diferentes equipos presentes en el mercado y al presente consiste un proyecto amplio, que engloba 38 subprogramas de certificación y clasificación del desempeño de cocinas, refrigeradores, vehículos y edificaciones en todo Brasil (Empresa de Pesquisa Energética, 2008).

En 1985, el Ministerio de Minas y Energía junto al Ministerio de la Industria crearon el Programa de Conservación de Energía Eléctrica - PROCEL, un proyecto direccionado para disminuir el consumo de energía eléctrica, reducir la producción y reestructurar las inversiones en el sector. Ejecutado por la Eletrobras, el PROCEL promueve el uso eficiente de la energía eléctrica enfocando en los segmentos de iluminación pública e industrial, saneamiento, educación, edificaciones públicas y privadas, además de suministrar cursos para incentivar la formación técnica. Según el boletín informativo del MME, en 20 años el PROCEL invirtió R\$ 1 billón de recursos provenientes en parte, de porcentuales derivados de las concesionarias, distribuidoras nacionales y entidades internacionales, permitiendo ahorrar 28,5 millones de MWh, el equivalente al consumo anual de energía eléctrica de aproximadamente 15 millones de residencias brasileñas (Ministério de Minas e Energia, 2011). En 2003 el enfoque del PROCEL se extendió a la preservación de los recursos naturales en los edificios con la creación del Programa Nacional de Eficiencia Energética en Edificaciones - PROCEL EDIFICA, iniciativa que posteriormente se unificó con un programa similar, derivado del PBE.

La discusión acerca de las ciudades sustentables en Brasil se impulsó a partir de las Conferencias de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y el Desarrollo Rio-92 y sobre los Asentamientos Humanos - Hábitat II - Estambul-1996. Posterior a estos encuentros se estableció un nuevo abordaje respecto la temática urbana, el cual apuntaba que las políticas de fijación de la población rural habían fracasado en todo el mundo, independiente del contexto político y económico, y que la ciudad sería la forma que las personas habían elegido para vivir en sociedad (Ministério do Meio Ambiente, 2004).

Con estos nuevos paradigmas establecidos surgió la primera iniciativa para la gestión de comunidades sustentables del país, la Agenda 21. Un instrumento de planeamiento participativo que se orientó a redefinir el modelo de desarrollo del país en base al concepto de la sustentabilidad, articulando la conservación ambiental, la justicia social y el crecimiento económico⁶. Instaurada por

⁶ Información disponible en la página web del Ministerio del Medio Ambiente de Brasil – Accedido el 07 de febrero de 2017. <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-brasileira>

el Ministerio del Medio Ambiente - MMA, la Agenda 21 se construyó entre los años de 1996 a 2002 con la colaboración de más de 40 mil personas, representando la preocupación del gobierno en elaborar un instrumento con carácter amplio, participativo y representativo (Ministério do Meio Ambiente, 2004). El documento se centró en trabajar la problemática social y urbana, estableciendo los objetivos principales para promover el desarrollo sustentable de los asentamientos urbanos; y definió que la viabilidad del programa dependía de la integración de las estrategias, que las acciones gubernamentales y los proyectos de grande y pequeña escala funcionen de forma conjunta.

Con la crisis energética del 2001, el gobierno aprobó la Ley de Eficiencia Energética sobre la Política Nacional de Conservación y Uso Racional de la Energía Lei Nº 10.295/01 (Poder Ejecutivo, 2001) con el objetivo de difundir y estimular la eficiencia energética en el país. Reglamentada por el Decreto nº 4.059/01 (Poder Ejecutivo, 2001), se definió que los niveles de consumo de energía y de eficiencia energética de edificaciones y equipos fabricados o consumidos en el país, serían establecidos por indicadores técnicos y reglamentación específica. Para formalizar lo definido, dicho Decreto instituyó el Grupo Técnico para Eficientización de Energía en las Edificaciones del País, con el objetivo de elaborar un procedimiento para la evaluación de la eficiencia energética edilicia. En 2005 el GT-Edificaciones creó la Secretaría Técnica de Edificaciones, con el objetivo de abrir espacio para discusión de la temática estudiada, entretanto, como desde el año de 2003 la Eletrobrás ya trabajaba con el PROCEL Edifica, la Secretaría técnica decidió unificarlo con el Programa Brasileiro de Etiquetaje – PBE organizando una única estructura, el PBE Edifica (Carlo & Lamberts, 2010).

En 2009, a través de la Ley nº 12.187, se definieron las Políticas Nacionales para el Cambio Climático, estableciendo la necesidad de elaborar distintas iniciativas relacionadas a la preservación del ambiente urbano, a la generación y distribución de la energía eléctrica, al fomento de las actividades de investigación y a la promoción de prácticas de concientización de la población (Presidência da República, 2009). Se implementaron diversos Planos de Adaptación y Mitigación enfocados en sectores específicos, tratando de que los programas, reglamentaciones, leyes, y acciones presentasen coherencia e integración entre sí. Desde el punto de vista ambiental, se implementó el Plan Nacional de Cambio Climático (Governo Federal, 2008), que a través de la Estrategia Nacional de Cambio Climático asumió el compromiso de reducir entre el 36,1% y el 38,9% de las emisiones de gases contaminantes para el año de 2020 (Naciones Unidas, 2014). Desde el enfoque energético se adoptó el Plan Nacional de Energía – PNE (Empresa de Pesquisa Energética, 2007), que mediante la Estrategia Nacional de Eficiencia Energética, definió como meta para 2030, la reducción del 10% del consumo energético total del país a través de acciones de optimización de la eficiencia energética en los sectores de transporte, industria y edilicio (CEPAL, 2015).

Entre los años de 1997 y 2012, el país consiguió que el 75% de la matriz de energía eléctrica fuera constituida por fuentes de energía hidráulica y redujo aproximadamente el 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero a partir del control de la deforestación (Naciones Unidas, 2014). En 2010,

en función de los Planes de Aceleración del Crecimiento - PAC, el sector de la construcción civil creció un 11,6% y en conjunto con los sectores de la industria y del transporte, se registró en el país un incremento del 21,4% de las emisiones de GEI (Naciones Unidas, 2014). En este contexto, buscando pautar un conjunto de directrices para alcanzar los valores de eficiencia energética establecidos en el PNE y articular los actores y los programas implementados en el país para ampliar los resultados, se instituyó en 2011 el Plan Nacional de Eficiencia Energética – PNEf (Ministério de Minas e Energia, 2011). Uno de los enfoques del PNEf se centró en integrar el Ministerio de Minas y Energía - MME, el Instituto Nacional de Metrología, Calidad y Tecnología – INMETRO, el Programa de Conservación de Energía Eléctrica - PROCEL, y el Programa Brasileiro de Etiquetaje - PBE, para unificar las acciones de eficiencia energética propuestas para el sector de la construcción edilicia.

Actualmente, el escenario de políticas energéticas y ambientales direccionadas al sector edilicio de Brasil, presenta una estructura integrada y el primer sistema de calificación implementado en el país, el etiquetado de eficiencia energética para edificaciones - PBE Edifica, viene gradualmente conquistando espacio. También se registró en los últimos años un aumento del interés del mercado por edificaciones eficientes, sustentables y proyectos que dispongan de un certificado avalando su desempeño edilicio. Si bien las certificaciones LEED, BREEAM e HQE son representativas en Brasil, en función de la repercusión que alcanzan en el mercado, a continuación se describe el PBE Edifica y dos sistemas de certificación establecidos para la realidad y el contexto de Brasil, el *Processo AQUA* adaptado del certificado francés HQE por la Fundación Carlos Alberto Vanzoline, y el Selo Casa Azul elaborado por el banco CAIXA específicamente para el contexto de la construcción civil nacional.

Existe en el mercado una tercera certificación de sustentabilidad adaptada a las condiciones de Brasil, el Referencial GBC Brasil Casa, desarrollado por el Comité Técnico de Green Building Council Brasil. Consiste en un certificado para edificaciones residenciales y su estructura se basa en el sistema LEED, posibilitando una sumatoria total de 110 puntos en función de las medidas adoptadas. Los criterios vinculados al contexto local de Brasil corresponden a (i) atender los requisitos de desempeño térmico de la envolvente establecidos en el PBE Edifica, (ii) utilizar fuentes de calentamiento de agua eficientes, conforme la metodología detallada en el PBE Edifica, (iii) instalar artefactos eléctricos y de iluminación artificial de bajo consumo, etiquetadas por el Procel, (iv) obtener el nivel A de la ENCE general del PBE Edifica, (v) atender a los requerimientos de confort ambiental interno según las recomendaciones de la NBR 15.220, y pueden sumar un máximo de 15 puntos. Como la influencia de las características locales es poco representativas en la clasificación del edificio, se decide no incluir este sistema en el universo de análisis.

PBE Edifica

El PBE Edifica es un programa de etiquetado de eficiencia energética edilicia que se orienta a concientizar los ciudadanos, disminuir la demanda energética en Brasil y mejorar el confort interno

de los ambientes. Creado por el INMETRO en conjunto con científicos, actores gubernamentales y representantes de empresas fabricantes, el programa establece determinadas condiciones para la clasificación del nivel de eficiencia del edificio analizado y otorga una etiqueta de conservación de energía en función de su desempeño. Se destina a edificios residenciales, comerciales y públicos, nuevos y existentes y se publicó con carácter de aplicación voluntario, con el objetivo de que el mercado se prepare y se adapte de forma gradual a la metodología utilizada. En junio de 2014, la Secretaría de Logística y Tecnología de la Información del Ministerio de Presupuesto y Gestión determinó que el etiquetado pasaría ser obligatorio para toda edificación construida o reformada con recurso federal, que tenga una superficie mayor a 500 m², debiendo alcanzar el nivel A de eficiencia (Ministério Do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2014).

Su proceso de evaluación posibilita la clasificación del edificio de forma integral o parcial, siendo que la etiqueta general evalúa el desempeño del conjunto de los sistemas, en cuanto la parcial analiza cada sistema aisladamente. Los niveles de eficiencia varían del A - más eficiente hasta el E - menos eficiente y pueden ser verificados tanto en la etapa de proyecto, como durante el uso y operación del edificio (Eletrobras, 2013).

Para la concesión de la etiqueta se debe cumplir con la metodología y los requisitos determinados en función del uso del edificio. Cuando la edificación presenta uso residencial se evalúan criterios vinculados a la envolvente y el sistema de calentamiento de agua, y cuando posee destino comercial, de servicio y público se examinan criterios relacionados a la envolvente, iluminación y acondicionamiento del aire (**Tabla 6**).

Tabla 6: Criterios de evaluación del PBE Edifica para edificaciones residenciales. Fuente: (Eletrobras, 2013).

PBE EDIFICA		
ENVOLVENTE Y ACONDICIONAMIENTO	9 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Transmitancia térmica 2. Capacidad térmica 3. Absortancia solar de las superficies 4. Ventilación natural 5. Ventilación cruzada 6. Iluminación natural 7. Iluminación artificial 8. Condicionamiento artificial del aire 9. Refrigeradores
SISTEMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA	8 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 10. Uso racional de agua 11. Instalaciones de los sistemas de calentamiento de agua 12. Sistemas de calentamiento de agua solar 13. Sistema de calentamiento de agua a gas 14. Bombas de calor 15. Sistema de calentamiento de agua eléctrico 16. Calderas a óleo 17. Medición individualizada

Los prerequisites considerados en el análisis de la envolvente se relacionan con los parámetros térmicos de (i) absorción solar, (ii) transmitancia y (iii) capacidad térmica de las superficies, bien como las características físicas relacionadas a ventilación natural e iluminación. Los valores para los aspectos térmicos (i, ii y iii) deben ser atendidos en función de la zona bioclimática que se encuentra la edificación, conforme define la NBR 15.220. Los criterios para garantizar la adecuada ventilación natural (iv) deben respetar el porcentual de superficie mínima de apertura en relación al área útil del ambiente, establecido para cada zona bioclimática en la NBR 15.575. En localidades que presenten temperaturas medias mensuales por debajo de los 20°C, las ventanas deben (v) ser posibles de cerrar, y en todas las zonas bioambientales, excepto la 1, el proyecto debe (vi) posibilitar la ventilación cruzada. El acceso a la iluminación natural en los ambientes debe ser garantizado con una o más aperturas al exterior, las cuales sumen el mínimo de 12,5% de la superficie útil del ambiente.

Por otro lado, la clasificación de la envolvente se regula a partir del indicador de grados día de resfriamiento (GH_R) y el indicador de consumo relativo para calefacción (C_A) y refrigeración (C_R), los cuales se definen en función de las características físicas y de las propiedades térmicas de la envolvente, y se calculan mediante una fórmula adecuada a cada zona bioambiental. Para el cálculo de dichos indicadores se considera (vii) las diferentes orientaciones de las aperturas en la fachada, (viii) las superficies de los elementos opacos y vidriados (muros, techos y aperturas), (ix) las áreas útiles de los ambientes, (x) los valores de absorción de los elementos opacos, (xi) el coeficiente de altura, (xii) la variable de contacto con el exterior, (xiii) la variable del nivel de capacidad térmica de los cerramientos, (xiv) el factor de apertura para ventilación, (xv) la variable que indica el nivel de aislamiento térmico de los cerramientos, (xvi) la variable que indica el tipo de contacto del piso con el suelo, (xvii) la variable que indica la presencia de protecciones solares, (xviii) los valores de transmitancia térmica de los elementos, (xiv) variable que indica la presencia de vidrio doble, y (xv) el volumen del ambiente.

El proceso de evaluación analiza el cumplimiento de los prerequisites básicos y demás indicadores que terminan de definir la clasificación alcanzada. El no cumplimiento de la totalidad de los criterios exigidos no impide la clasificación de la edificación, sin embargo implica en que el nivel máximo posible de alcanzar sea el C (**Figura 16 y Figura 17**).

La verificación puede ser realizada de forma simplificada o mediante simulación energética y varía según el momento en que se concede, si en fase de proyecto o durante la etapa de uso y operación. El método simplificado es válido para edificios condicionados y se puede realizar a través de ecuación y tablas disponibles en el Reglamento Técnico de Calidad - RTQ. El método de simulación permite comparar el desempeño del edificio estudiado con la performance de un edificio de referencia de forma más completa, incluyendo ambientes condicionados, no condicionados y la posibilidad de análisis de estrategias pasivas.

Figura 16: Edificio Travertino etiquetado nivel A general - Pedra Branca, Santa Catarina. Arq. Pedra Branca Empreendimento Imobiliários S.A. Fuente: LABEEe – USFC.



Figura 17: Modelo de etiqueta general para edificio residencial. Fuente: (Eletrabras, 2013).



El método de cálculo simplificado se basa en un sistema ponderado, el cual distribuye los pesos de los sistemas analizados en función de su jerarquía y relevancia en el resultado del desempeño global de la edificación (**Ecuación 2**). La ecuación utilizada, así como los términos empleados, se verifican a seguir y se encuentran detallados en el Manual Reglamento Técnico da Qualidade.

Ecuación 2: Cálculo de la clasificación general del edificio a través de distribución de los pesos de cada sistema. Fuente: Manual Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ) (Eletrabras, 2013).

$$PT = 0,30 \cdot \left\{ \left(EqNumEnv \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) \right\} + 0,30 \cdot (EqNumDPI) \\ + 0,40 \cdot \left\{ \left(EqNumCA \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) \right\} + b_0^1$$

0,30 y 0,40: el peso para la clasificación,

EqNumEnv: equivalente numérico de la envolvente,

AC: superficie de los ambientes condicionados,

AU: superficie útil,

APT: superficie útil de los ambientes de permanencia transitoria - no condicionados,

ANC: superficie útil de los ambientes de permanencia prolongada - no condicionados,

EqNumV: equivalente numérico de ambientes no condicionados y/o ventilados,

EqNumDPI: equivalente numérico del sistema de iluminación,

EqNumCA: Equivalente numérico del sistema de condicionamiento de aire,

b: el puntaje obtenido en las bonificaciones – varía de 0 a 1.

La información relacionada al procedimiento de cálculo, método de evaluación, indicadores y documentación obligatoria a ser entregada se encuentra detallada en los requisitos técnicos para definir el nivel de eficiencia energética de edificios comerciales, de servicio y público (RTQ-C), residenciales (RTQ-R), y sus respectivos manuales de aplicación, disponibles libremente en el sitio del Procel: <http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/comercial/manuais>.

El usuario que desee obtener la etiqueta debe iniciar la gestión mediante la presentación de la documentación necesaria para la evaluación ante un laboratorio de inspección. Éste aplica los requisitos exigidos por el etiquetado y emite la solicitud al INMETRO, el cual se responsabiliza por registrar la etiqueta y habilitar el laboratorio a expedirla el propietario. Los gastos relacionados con la obtención de la etiqueta varían entre los costos de cada entidad evaluadora y también de las características del proyecto, como su tamaño, complejidad, repetición de plantas, entre otros.

En la última década se observó un aumento de la implementación del PBE Edifica, especialmente después de la obligatoriedad del etiquetado para edificaciones públicas establecido en 2014⁷. Al presente se encuentran certificados 142 edificios comerciales, de servicio y público, 1.120 edificaciones residenciales multifamiliares y 605 unidades residenciales autónomas, totalizando 1.867 obras calificadas por el programa. Asimismo, capacitó a 1.900 profesionales y 27 inspectores, se crearon 12 laboratorios de análisis y 2 softwares de base de datos y simulación energética (Ministério de Minas e Energia, 2012).

Processo AQUA - Alta Qualidade Ambiental

El AQUA es un proceso de gestión integral que se enfatiza en alcanzar la calidad ambiental en la edificación. Adaptada por la Fundación Carlos Vanzoline entre 2007 y 2008, la versión brasileña se basa en el sistema francés HQE – Haute Qualité Environnementale y se adecua a la cultura, al clima y al marco regulatorio del país⁸. La aplicación al contexto brasileño considera los criterios base establecidos en diferentes normativas y programas nacionales implementados previamente, como ejemplo, del Programa Brasileño de Calidad y Productividad del Hábitat rescata los aspectos sociales en el lugar de trabajo; del Sistema Nacional de Evaluaciones Técnicas considera la información para demostrar la conformidad de los materiales y sistemas constructivos; del Programa Brasileño de Etiquetaje de Edificios utiliza los criterios de eficiencia energética y confort térmico, así como otras normativas de desempeño acústico, iluminación artificial y sistemas de instalaciones (Oliveira, 2014).

El AQUA presenta carácter de cumplimiento voluntario y se destina a nuevos emprendimientos, u obras que requieran optimizar su rendimiento. Su proceso de evaluación analiza el desempeño ambiental en dos etapas, una a partir del Sistema de Gestión de Emprendimiento - SGE y la segunda sobre la Calidad Ambiental de Edificio - QAE. La primera considera que la correcta gestión de la

⁷ Información suministrada por el PBE Edifica mediante contacto personal.

⁸ Información disponible en la entrevista realizada a Manuel Carlos Reis Martins, coordinador ejecutivo de la certificación sustentable Aqua-HQE en Brasil. Accedido el 09 de febrero de 2017. Disponible en el sitio web de la Fundación Vanzolini: <http://vanzolini.org.br/weblog/2014/07/03/aqua-hqe-conheca-certificacao-rede-internacional-construcoes-sustentaveis/>

edificación, garantiza niveles satisfactorios de calidad ambiental y por lo tanto, se debe presentar un informe con la descripción del nivel de calidad ambiental deseado y el compromiso en garantizar la ejecución de las medidas propuestas en la etapa QAE. La segunda consiste en demostrar cuales son las estrategias y los criterios alcanzados por el edificio en función de los requerimientos establecidos por el AQUA (**Tabla 7**). Los criterios se distribuyen entre las categorías de aspectos de salud, confort, gestión y sobre sitio y construcción, las cuales se ramifican en 14 sub categorías, cada cual con sus respectivos requerimientos (ANEXO 1).

Tabla 7: Criterios de evaluación del Proceso de Alta Calidad Ambiental. Fuente: (FCAV, 2013).

Proceso AQUA	
RELACIÓN DEL EDIFICIO CON EL ENTORNO	<p style="text-align: center;">21 CRITERIOS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Consideraciones de las ventajas y desventajas del entorno 2. Ordenamiento de la parcela para crear un ambiente exterior agradable 3. Reducción de los impactos relacionados al transporte 4. Durabilidad de la construcción 5. Impactos socio ambientales de la construcción 6. Vida útil de la construcción 7. Conservación de la construcción 8. Revestimiento de pisos para edificios de viviendas 9. Revestimiento de pisos en viviendas 10. Fabricantes de productos reglamentados 11. Flexibilidad de la unidad habitacional 12. Accesibilidad y adaptabilidad a las personas de movilidad reducida 13. Organización y planificación de la cocina 14. Sitio de obra con menor impacto ambiental 15. Limitación de las incomodidades 16. Limitación de los riesgos sanitarios y de contaminación 17. Gestión de los residuos en el sitio de obra 18. Control de los recursos de agua y energía 19. Control de los recursos de agua y energía 20. Balance del sitio de obra
GESTIÓN DE ENERGÍA, AGUA, RESIDUOS Y MANTENIMIENTO	<p style="text-align: center;">17 CRITERIOS</p> <ol style="list-style-type: none"> 21. Reducción del consumo energético 22. Energías renovables 23. Reducción del consumo energético para los sistemas mecánicos 24. Reducción del consumo energético para los sistemas de iluminación 25. Reducción del consumo energético para demás artefactos 26. Control de la eficiencia energética 27. Desempeño del sistema para producción de agua caliente 28. Reducción del consumo de agua potable 29. Gestión de aguas pluviales 30. Dimensionado del sistema de calentamiento de agua 31. Producción de residuos de uso y operación 32. Recolección interna y externa 33. Separación de los residuos 34. Optimización del sistema de recolección 35. Facilidad de acceso para la ejecución de mantenimiento 36. Equipos para garantizar el desempeño en la etapa de uso 37. Información a los ocupantes y gestores

.continua

		.continua
CONFORT	10 CRITERIOS	38. Optimización del confort térmico 39. Confort higrotérmico verano 40. Confort higrotérmico invierno 41. Confort acústico entre unidades habitacionales 42. Confort acústico entre ambientes principales y el exterior 43. Aprovechar la iluminación natural 44. Iluminación artificial interna confortable 45. Iluminación artificial externa confortable 46. Ventilación eficiente 47. Control de las fuentes de olor
CALIDAD SANITARIA Y URBANA	8 CRITERIOS	48. Buenas condiciones de higiene en los ambientes 49. Condiciones sanitarias de áreas de limpieza 50. Control de la exposición electromagnética 51. Ventilación eficiente 52. Control de las fuentes de contaminación internas 53. Control de las fuentes de contaminación externas 54. Mantenimiento de la calidad del agua 55. Riesgos de quemadura y legionelosis

El proceso de evaluación consiste verificar el cumplimiento de estas exigencias y clasificar el edificio entre los niveles de calidad ambiental alcanzado, variando entre bueno, superior o excelente. La clasificación de un desempeño bueno se verifica con el cumplimiento mínimo de todos los criterios básicos de 7 sub categorías; para la certificación superior se requiere alcanzar mínimamente todos los criterios intermedios de 4 sub categorías, y para la clasificación excelente se debe cumplir con todos los criterios superiores de 3 sub categorías como mínimo.

Las medidas de diseño que propone para alcanzar la eficiencia energética analizan (i) la mejora de la calidad de la envolvente a través de los valores de transmitancia térmica, capacidad térmica, o del cumplimiento de los niveles A, B y C de los requisitos de envolvente aplicados para el RTQ-R - sistema utilizado en el PBE Edifica; (ii) garantizar acceso de iluminación natural a los dormitorios y estar mediante una o más aperturas hacia el exterior; y (iii) la optimización del partido arquitectónico para reducir su consumo energético total en función de la aplicación de algunas medidas ejemplificadas por el AQUA para limitar las necesidades de resfriamiento e iluminación artificial.

La verificación del cumplimiento de los criterios de evaluación se basa en elementos objetivos que permitan la comparación de los valores del proyecto con valores de referencia, tanto para la etapa de proyecto, como para las fases posteriores al emprendimiento. Cuando los datos sean de orden cualitativo, como la descripción de medidas, especificaciones, elementos gráficos, el método puede ser simplificado, cuando los datos sean cuantitativos, se exige la comprobación mediante memorias de cálculo, planillas de medición y programas que indiquen la interacción entre las estrategias y su desempeño de forma integral.

El Proceso Aqua consiste en una herramienta que se enfoca en la operación del edificio, involucrando desde su etapa de proyecto hasta la fase de uso. En función de esto, el emprendedor

que desee obtener la certificación, debe presentar a la Fundación Vanzolini, entidad administradora y controladora del AQUA, el Sistema de Gestión del Empreendimento - SGE indicando el atendimento con dos formalidades. La primera residen en atender al concepto PDCA, sobre planear, ejecutar, verificar y evaluar las soluciones adoptadas para optimizar el proyecto, y la segunda consiste en confirmar el compromiso con el gerenciamiento del proyecto y la dirección de la obra, así como la responsabilidad por la correcta aplicación de las estrategias adoptadas. Una vez verificada la conformidad del SGE, la entidad controladora realizará auditorías al término de cada etapa de la obra para corroborar la ejecución según las especificaciones realizadas. Al final de la construcción emite el certificado final, indicando los estándares alcanzados (**Figura 18**).

Figura 18: Complejo comercial Cidade Jardim Corporate Center - São Paulo, São Paulo. Arq. Pablo Slemenson. Fuente: sitio web de Achou Mudou! Modelo de certificado entregado por el proceso AQUA⁹.



⁹ Información disponible en la presentación suministrada por la Fundación Vanzolini en el sitio web de Slide Share: https://es.slideshare.net/vanzolini/apresentao-do-processo-aqua?qid=9557a847-2f02-417c-8947-8c295f559d28&v=&b=&from_search=1. Accedido el 12 de mayo de 2016.

El criterio de información a los ocupantes y gestores, presente en la temática de Gestión, establece como requerimiento básico que el emprendedor debe encontrar los medios para comunicar a los usuarios y a los administradores del edificio las informaciones necesarias para garantizar el correcto uso y mantenimiento de las prácticas ambientales propuestas.

Los costos que el interesado debe abonar para obtener el certificado varían en función de la superficie del proyecto y del número de auditorías necesarias, sin contabilizar los eventuales gastos con consultorías especializadas. Según la Fundación Vanzolini¹⁰, se observa que algunos emprendedores recurren a especialistas para certificar la obra, y otros prefieren capacitar sus equipos a través de los cursos suministrados por la entidad administradora. Informa que el AQUA viene adquiriendo notoriedad en el mercado de la construcción civil de Brasil, pero resalta que para aumentar su aplicación, además de las mejoras en los procesos tecnológicos, es imprescindible promover una mayor concientización en la sociedad.

En el año de 2017 se contabilizó un total acumulado desde el año de 2009, 433 edificios certificados, 88 viviendas, 8 barrios, 1 puerto y 30 edificaciones en proceso de operación.

La información relacionada a cómo aplicar los requerimientos, la metodología de cálculo, de evaluación, así como todo dato necesario para el entendimiento del proceso AQUA, se encuentra en el Referencial Técnico de Certificación, una guía suministra de forma pública en la página web del portal Vanzolini: <http://vanzolini.org.br/aqua/referencias-e-guias/>.

Selo Casa Azul

EL Sello Casa Azul es una certificación de sustentabilidad que se enfoca en mejorar la calidad de las edificaciones, disminuir su impacto ambiental y promover la concientización de los usuarios. Instituido en 2010 por la Caixa Económica Federal¹¹, en conjunto con la Escuela Politécnica de la Universidad de San Pablo, la Universidad Federal de Santa Catarina y la Universidad Estatal de Campinas, es considerado el primer sistema de clasificación de la sustentabilidad edilicia establecido para la realidad de la construcción residencial del país (John & Prado, 2010).

El Sello se aplica a todos los edificios residenciales financiados por el banco CAIXA, presenta carácter de cumplimiento voluntario y se enfoca en reconocer los proyectos que adoptan medidas eficientes durante la construcción, su uso y operación. Clasifica el proyecto de la obra en tres categorías nombradas como bronce, plata y oro, y su método de evaluación es prioritariamente simplificado, el cual permite la presentación de toda documentación técnica, memorial descriptivo, planillas, presupuestos y cronogramas que indiquen atender a los requerimientos de cada criterio conforme especificado en la Guía **(Figura 19 y Figura 20)**.

¹⁰ Información suministrada por la Fundación Vanzolini mediante contacto personal.

¹¹ Caixa Económica Federal es una institución financiera con forma de empresa pública del gobierno de Brasil que se centra en transacciones comerciales y particularmente de carácter social. Las principales operaciones que realiza se basan en la gestión de programas de financiación de viviendas; administración de fondos de jubilación, derechos laborales y asignaciones familiares; financiación de obras públicas, y la concesión de recursos a estados y municipios.

Figura 19: Complejo Habitacional en Paraisópolis - São Paulo, São Paulo.
Arq: Elito Arquitetos Associados. Fuente: (Naciones Unidas, 2014).



Figura 20: Modelo de sello bronce. Fuente: (CAIXA, 2010).



El sistema aborda seis temáticas principales relacionadas a calidad urbana, proyecto y confort, eficiencia energética, conservación de los recursos materiales, gestión del agua y prácticas sociales (**Tabla 8**). Dichas categorías de ramifican en 53 criterios, de los cuales 19 presentan carácter obligatorios y corresponden a la certificación Bronce (ANEXO 1). Para alcanzar la clasificación Plata el emprendedor debe cumplir con los requerimientos obligatorios y también con 6 criterios voluntarios, para el nivel Oro además de los criterios obligatorios, se exige atender a 12 criterios adicionales.

Para la categoría de proyecto y confort el edificio debe obligatoriamente (i) cumplir con los valores de transmitancia térmica, capacidad térmica, absorción a la radiación solar y factor de ventilación para cerramientos exteriores e interiores, (ii) atender al porcentual de superficie vidriada para garantizar condiciones de iluminación y ventilación, (iii) aplicar dispositivos de protección solar en los ambientes, permitiendo el control de la radiación solar en invierno y verano, y (iv) adoptar las estrategias de diseño pautadas para invierno y verano. En el caso de que no se pueda entregar la documentación comprobatoria del cumplimiento de las estrategias de diseño especificadas, o se utilice un sistema constructivo que no se encuentre detallado en la Guía, su atendimento debe ser validado mediante simulación dinámica. Los requerimientos vinculados a la eficiencia energética exigen (v) utilizar lámparas de bajo consumo para edificaciones de interés social, y (vi) emplear dispositivos y sensores de presencia que permitan ahorrar energía en áreas de uso común. Como criterios voluntarios sugiere (vii) implementar sistemas de calentamiento solar que permitan reducir el consumo de energía y de gas, (viii) emplear artefactos de calentamiento de agua certificados por Procel, (ix) utilizar ascensores eficientes, (x) especificar el uso de artefactos eléctricos certificados por Procel, y (xi) posibilitar la generación de energía a través de fuentes renovables.

Tabla 8: Categorías de evaluación del Sello Casa Azul. El * indica los criterios obligatorios. Fuente: (CAIXA, 2010)

SELO CASA AZUL		
ENERGÍA	5 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Calidad del entorno - infraestructura 2. Calidad del entorno – impactos 3. Mejoras en el entorno 4. Recuperación de áreas degradadas 5. Rehabilitación de inmuebles
PROYECTO Y CONFORT	11 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 6. Paisajismo 7. Flexibilidad de proyecto 8. Relación con el entorno 9. Solución alternativa de transporte 10. Local para recolección de residuos 11. Equipamiento de juegos, sociales y deportivos 12. Desempeño térmico -cerramientos 13. Desempeño térmico 14. Iluminación natural de áreas comunes 15. Ventilación e iluminación - baños 16. Adecuación a las condiciones físicas del terreno
EFICIENCIA ENERGÉTICA	8 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 17. Lámparas de bajo consumo - interno 18. Dispositivos de ahorro 19. Sistemas de calentamiento solar 20. Sistemas de calentamiento a gas 21. Medición individualizada – gas 22. Elevadores eficientes 23. Electrodomésticos eficientes 24. Fuentes alternativas de energía
CONSERVACIÓN DE RECURSOS MATERIALES	10 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 25. Coordinación modular 26. Calidad de materiales y componentes 27. Componentes industrializados o prefabricados 28. Re utilización de encofrados 29. Gestión de residuos del edificio 30. Hormigón con medición optimizada 31. Hormigón con agregado de residuos 32. Pavimento con agregado de residuo 33. Mantenimiento de la fachada 34. Madera plantada o certificada
GESTIÓN DEL AGUA	7 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 35. Medición individualizada – agua 36. Dispositivos de ahorro – sistema de descarga 37. Dispositivos de ahorro – regulador del caudal 38. Aprovechamiento de aguas pluviales 39. Retención de aguas pluviales 40. Infiltración de aguas pluviales 41. Aguas permeables

Uno de los criterios obligatorios especificados en la categoría Prácticas Sociales incluye el suministro de un manual a los usuarios con el objetivo de garantizar la correcta orientación respecto al uso y operación del inmueble. Esta guía debe estar escrita en lenguaje sencillo y didáctico, con

información detallada, ilustraciones y explicaciones sobre las medidas y equipos adoptadas. Uno de los criterios obligatorios especificados en la categoría Prácticas Sociales incluye el suministro de un manual a los usuarios con el objetivo de garantizar la correcta orientación respecto al uso y operación del inmueble. Esta guía debe estar escrita en lenguaje sencillo y didáctico, con información detallada, ilustraciones y explicaciones sobre las medidas y equipos adoptadas.

El usuario que desee obtener el certificado debe manifestar su interés ante una agencia CAIXA, en el momento que solicita la viabilidad técnica, un estudio exigido por el banco para otorgar la financiación del emprendimiento. Para que el proyecto sea considerado válido, y la entidad evaluadora proceda con la evaluación de los criterios adoptados, el edificio debe cumplir con dos formalidades. Primeramente el inmueble a certificar no puede exceder los valores máximos establecido por unidad habitacional, que varían de 80 mil reales a 130 mil reales según el municipio. Y posteriormente se solicita que el proyecto cumpla con los lineamientos en que se basa CAIXA, relacionados a la producción formal de empleos, a la regularización agraria, a la provisión de infraestructura básica con vías de acceso, servicios urbanos, transporte público, colecta selectiva de residuos; además del cumplimiento de reglamentaciones básicas como el códigos de obras, licencia ambiental, accesibilidad y todas las demás normas de cumplimiento municipal y nacional.

La concesión del certificado, así como la visita a la obra por parte de la entidad, para posibles evaluaciones son gratuitas. La única tasa que el interesado debe abonar, corresponde a los costos del análisis técnico, y varí conforme el número de unidades habitacionales existentes en el edificio.

Toda información relacionada a cómo aplicar los requerimientos, la metodología de cálculo, de evaluación, así como los datos necesarios para la comprensión y aplicación del Selo Casa Azul, se encuentra en la guía Buenas Practicas para Habitación Más Sustentables suministrada de forma pública en la página web de Caixa: <http://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/produtos-servicos/selo-casa-azul/Paginas/default.aspx>.

3.1 Chile

Las consecuencias de los avances de la actividad industrial en Chile se acentuaron a partir de los años 50 y se establecieron como una problemática urbana entre los años de 1973 – 1989, cuando el gobierno implementó políticas de liberalización económica, permitiendo el desarrollo de iniciativas industriales sin un marco regulatorio para controlar los aspectos ambientales (Aliste & Musset, 2014).

A principio de los años 90, se comienza a discutir sobre el concepto de impacto ambiental, a partir de la publicación de investigaciones que alertaban sobre la situación de la contaminación y del deterioro del territorio nacional (Aliste & Musset, 2014). En 1994, impulsados por las repercusiones de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de Río/92, el gobierno estableció las bases de una política ambiental sustentable en la Ley n ° 19.300/1994 sobre Bases Generales del Medio Ambiente (Ministerio del Medio Ambiente, 2011). Dicho documento regula la conservación del patrimonio ambiental y natural, exponiendo que la protección del medio ambiente no debe ser un impedimento para el desarrollo económico, sino que debe consistir en un elemento del mismo. Asimismo, instituye la Comisión Nacional del Medio Ambiente – CONAMA, órgano que se descentraliza en las Comisiones Regionales del Medio Ambiente – COREMAS y ha sido responsable por los avances técnicos y de conciencia ambiental, abordando asuntos sobre la descontaminación atmosférica en la Región Metropolitana de Santiago, el tratamiento progresivo de aguas grises, y disposición final de residuos sólidos domiciliarios (Acuña, 2016).

En 2010, el gobierno instituye el Ministerio del Medio Ambiente, el cual funciona como sucesor del CONAMA, manteniendo parte de su estructura de trabajo y adoptando un carácter de coordinación y supervisión de las instituciones ambientales del país (Acuña, 2016).

En la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 2010, el Ministerio define que el país se enfocará en reducir el 20% de las emisiones de gases contaminantes para el año de 2020. En 2012 la Estrategia Nacional de Energía 2012-2030, con el objetivo de crear un plan de acción específico para reducir el 12% la demanda energética para 2020, y la Estrategia Nacional de Construcción Sustentable 2013-2020 con el propósito de reducir el 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de la construcción civil (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2013).

Paralelamente a los avances en el sector ambiental, en 1994 el Ministerio de Vivienda y Urbanismo inicia el desarrollo del Programa de Reglamentación Térmica, con el objetivo de mejorar el desempeño de las edificaciones y la calidad de vida de la población. El programa se proyectó para ser implementado en tres etapas, iniciando por establecer los requisitos para techos, en seguida para muros, pisos ventilados, y superficies máximas para ventanas, y en la tercera fase, desarrollar una certificación energética para calificar el desempeño edilicio. En 2000 se publicó la primera etapa, estableciendo por primera vez en Latinoamérica, una reglamentación con exigencias de acondicionamiento térmico para viviendas (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2006). La segunda etapa se elaboró a partir de una propuesta gestionada y dirigida por el Instituto de la Construcción¹², publicada en 2005 mediante el Artículo 4.1.10 (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2005), y en 2013 se implementó la tercera etapa, a través del inicio del funcionamiento de la Calificación Energética de Viviendas - CEV (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2016).

Calificación Energética de Viviendas

La Calificación Energética de Viviendas - CEV consiste en un etiquetado de eficiencia energética que realiza una evaluación para estimar y clasificar la demanda energética que una vivienda requiere para alcanzar una zona de confort térmico. Diseñado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo - Minvu, en conjunto con el Ministerio de Energía, este instrumento tiene el objetivo de promover la eficiencia energética a través de la entrega de información objetiva sobre el comportamiento de viviendas construidas en todo el territorio nacional.

Establecida con carácter voluntario, la CEV se destina a calificar el nivel de eficiencia que posee una vivienda en su consumo de energía primaria. Para ello, establece un nivel estándar equivalente a la demanda energética de una unidad habitacional tradicional en el país, y clasifica el desempeño de la vivienda analizada en función del ahorro obtenido comparado con el consumo estándar (**Tabla 9**).

Tabla 9: Calificación del nivel de eficiencia para la categoría de Arquitectura y para Arquitectura + Equipos + Tipo de Energía, en relación al % de consumo de energía primaria. Fuente: (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2016).

Nivel de eficiencia	Arquitectura			A + E + TE
	Zona 1 y 2	Zona 3, 4 y 5	Zona 6 y 7	Todas las zonas
A	0 - 30	0 - 40	0 - 55	0 - 30
B	31 a 40	41 a 50	56 a 65	31 a 45
C	41 a 55	51 a 65	66 a 85	46 a 60
D	56 a 75	66 a 85	86 a 95	61 a 80
E	76 a 110	86 a 110	96 a 110	81 a 110
F	111 a 135	111 a 135	111 a 135	110 a 135
G	136 o mayor	136 o mayor	136 o mayor	136 o mayor

¹² El Instituto de la Construcción es un organismo fundado en 1997, representante de diferentes actores relevantes de la construcción, con el fin de articular esfuerzos públicos y privados orientados a mejorar la calidad, productividad y sustentabilidad del sector de la construcción civil en el país.

La clasificación de los niveles de eficiencia varían del A - más eficiente, al G - menos eficiente, dónde la letra E corresponde al estándar actual de la construcción, los niveles F y G representan viviendas con un consumo de energía superior, y los niveles comprendidos entre A y D indican viviendas que presentan ahorro en su demanda energética.

Los criterios analizados para definir el consumo de energía primaria varían en función del proceso de calificación, el cual puede ser realizado para obtener la etiqueta de precalificación y de calificación (**Tabla 10**). En la primera etapa el sistema se enfoca en verificar el cumplimiento de requerimientos de diseño proyectual, determinando la energía necesaria para calefacción e iluminación en función de las ganancias solares, del nivel de aislamiento térmico de la envolvente, y la zona bioambiental que se encuentra ubicada la vivienda. La segunda etapa se centra, además de los requisitos para diseño proyectual, en los equipos y en el tipo de energía utilizado, determinando la demanda requerida para calefacción, agua caliente sanitaria e iluminación, en función del rendimiento energético de los equipos, del tipo de energía primaria, y del aporte de energías renovables no convencionales para calefacción, agua caliente sanitaria e iluminación.

Tabla 10: Criterios de evaluación de la CEV. Fuente: (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2016).

CEV		
DEMANDA	1 CRITERIO	1. Reducción del consumo energético de la vivienda en función del estándar actual de la construcción.

La evaluación de los requerimientos de diseño proyectual se fundamenta en el análisis de las características térmicas de la envolvente, considerando la superficie y la transmitancia térmica de cada elemento, el sombreado y la orientación de las ventanas, el coeficiente de accesibilidad de la ventana - FA, el factor de accesibilidad respecto a elementos de sombra cercanos y remotos - FAV y FAR, el factor solar de los vidrios y el factor del marco de la ventana. Para los equipos y tipo de energía, se centra en las características del sistema instalado considerando el rendimiento general del equipo, el tipo de energético utilizado, la corrección por distribución, pérdidas y control, superficie total y propiedades de los colectores, y ángulo de inclinación y azimut de colectores.

La CEV permite la realización del cálculo de la demanda energética a través del modelo estático y dinámico, especificando que viviendas que presenten una relación de superficie vidriadas y opacas superior a 0,7, solo se permite el cálculo en base al método dinámico. Para ello, el sistema incluye una Herramienta Excel que puede ser descargada y utilizada libremente como un instrumento informativo, y una Herramienta Web con carácter operativo, que sirve como base para que los Evaluadores Energéticos puedan emitir las etiquetas y los informes.

El proceso de gestión de la etiqueta se inicia cuando el propietario disponga del Permiso de Edificación Municipal y entregue, ante un Evaluador Energético, la documentación necesaria para su

evaluación. En el caso de verificada la conformidad, la entidad evaluadora emite la Precalificación, con carácter transitorio y referencial, válido hasta el momento en que se emita la Calificación Energética. Una vez que se concluya la construcción de la obra y el usuario obtenga la Recepción Municipal Definitiva de Obras, se puede dar inicio a la gestión de la Calificación Energética. En este caso, el Evaluador Energético realizará una inspección visual con el fin de comprobar la aplicación de los principales aspectos informados en la primera etapa. En el caso de verificada la conformidad, la entidad evaluadora emite la etiqueta de Calificación Energética con una vigencia de 10 años, o hasta el momento en que la vivienda sea objeto de modificaciones (**Figura 21 y Figura 22**).

Figura 21: Edificio Candelaria - Vitacura, Santiago. Arq. Alfredo Fernández y Felipe Browne. Fuente: sitio web de Efizity.



Figura 22: Modelo de Informe de Calificación Energética. Fuente: (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2016).



La información relacionada a cómo utilizar las herramientas y demás datos necesarios para el entendimiento del sistema de Calificación Energética de Viviendas, se encuentra detallada en la Resolución Exenta n° 7.250/16 sobre Manual de procedimientos para viviendas nuevas del sistema de Calificación Energética de Viviendas en Chile, suministrada de forma pública en la página web del CEV: www.calificacionenergetica.cl, así como demás material técnico y curso de capacitación para evaluadores. Según el informe técnico del 16 de enero de 2017 disponible en el sitio web, se registró una sumatoria de 29.038 viviendas evaluadas y calificadas por el CEV. El nivel E, considerado el edificio estándar de la construcción en el país, representó el 42,43% de las viviendas calificadas en cuanto las viviendas con una demanda energética por debajo de los valores del edificio base correspondían al 51,68% de las etiquetas emitidas¹³.

¹³ Según el informe técnico del 16 de enero de 2017, se registró una sumatoria de 29.038 viviendas evaluadas, dónde el 0,66% corresponde al nivel G, el 5,23% al F, el 42,43% al E, el 31,60% al D, el 15,90% al C, el 3,10 al B y el 1,08 al nivel A.

Certificación Edificio Sustentable

Encauzado en la misma temática, el Instituto de la Construcción - IC proyectaba desarrollar un sistema de certificación de sustentabilidad para edificios públicos desde su creación en 1997. Una vez decidido enfocarse en el desarrollo del certificado y buscando fundamentar la propuesta en las experiencias internacionales, en 2007 el IC firmó un Convenio de Cooperación Técnica con el centro técnico y científico de la edificación de Francia - *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment*, el instituto responsable por la elaboración del certificado francés HQE – *Haute Qualité Environnementale*, también considerado referencia para la construcción del sistema AQUA Brasil (Instituto de la Construcción, 2014).

En 2008 se constituyó el Comité denominado Certificación de Calidad Ambiental en Edificaciones, el cual en conjunto con el Ministerio de Obras Públicas y la participación formal de 20 instituciones de carácter público y privado trabajaron en la formulación del proyecto de Diseño e Implementación de Sistema Nacional de Certificación de Calidad Ambiental y Eficiencia Energética para Edificios de Uso Público. Dicho proyecto fue premiado en el Concurso InnovaChile Bienes Públicos para la Competitividad del año 2012, lo que permitió su financiación y posterior publicación en 2014 (Instituto de la Construcción, 2014).

La Certificación Edificio Sustentable consiste de una herramienta para evaluar la calidad ambiental interior y la eficiencia energética para edificios públicos, buscando estimular la construcción con criterios de sustentabilidad e impulsar su valoración en el mercado. Otorga un certificado de desempeño ambiental en función de la capacidad del edificio de alcanzar niveles adecuados de calidad ambiental interior, con el uso eficiente de los recursos y la baja generación de residuos y emisiones. Su carácter de cumplimiento es voluntario y se destina a edificaciones pasibles de albergar actividades de uso público, como edificios de oficinas, servicios, educación y salud.

El sistema de clasificación posibilita la obtención de tres modelos de certificados con el objetivo de posibilitar la introducción de mejoras en el edificio aún en su diseño, corroborar las estrategias adoptadas una vez que la edificación se encuentre construida, y controlar la gestión y el uso de la obra. El pre-certificado Edificio Sustentable analiza las medidas de diseño pasivo y activo utilizadas en el proyecto del edificio, el certificado Edificio Sustentable verifica que el edificio construido, así como sus instalaciones, materiales y características de la envolvente térmica cumplan con las descripciones mencionadas en la etapa de proyecto, y el sello Plus Operación evalúa la gestión del edificio durante su operación mediante la entrega de un informe de auto-diagnostico.

El sistema de clasificación se basa en una estructura organizada en función de que los indicadores no responden únicamente a una división de categorías, sino que considera la relación existente entre ellos. Los criterios evaluados se agrupan en las categorías de calidad del ambiente interior, energía, agua, residuos y gestión, se dividen en requerimientos obligatorios y voluntarios, dónde cada criterio voluntario recibe un puntaje ponderado según su importancia en el conjunto del edificio (**Tabla 11**).

Tabla 11: Criterios de evaluación de la Certificación de Calidad Ambiental y Eficiencia Energética para Edificios.

Fuente: (Instituto de la Construcción, 2014).

CERTIFICACIÓN DE CALIDAD AMBIENTAL EN EDIFICIOS		
CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR	18 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reducción del discomfort 2. Factor luz día / Iluminancia útil 3. Aporte luz natural 4. Áreas con acceso visual al exterior 5. Superficie practicable de ventana / Renovaciones de aire hora 6. Renovaciones de aire hora 7. Concentración de COV 8. Aislación acústica de la fachada 9. Aislamiento acústico de la fachada y entre ambientes 10. Inteligibilidad de la palabra y tiempo de reverberación 11. Caudal de diseño del sistema de ventilación mecánica 12. Eficiencia mínima de filtraje 13. Sistemas de calefacción utilizados 14. Monitoreo de la concentración de CO2 15. Valores máximos de nivel sonoro 16. Diseño mínimo de iluminación artificial 17. Condiciones de diseño de climatización 18. Control del sistema de climatización
ENERGÍA	13 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 19. Transmitancia térmica / Factor solar modificado 20. Reducción de la demanda anual 21. Especificación apropiada de sellos 22. Permeabilidad al aire en la envolvente 23. Energía incorporada en los materiales estructurales 24. Consumo anual de energía 25. Potencia instalada 26. Sistemas de control 27. Espesor aislación térmica de cañerías y conductos 28. Relación de la potencia requerida e instalada 29. Requerimiento nominal 30. Otros consumos 31. Energías renovables
AGUA	5 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 32. Disminución de la evapotranspiración 33. Agua incorporada en los materiales 34. Consumo de agua potable 35. Dureza del agua 36. Consumo de agua para riego
GESTIÓN Y RESIDUOS	5 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 37. Separación, control y reciclaje de residuos 38. Equipamiento para el manejo de residuos durante la operación 39. Plan de separación de residuos 40. Diseño integrado de anteproyecto 41. Operación y mantenimiento

Desde el punto de vista de los requerimientos relacionados a la eficiencia energética y al confort térmico, la certificación establece diferentes medidas que se encuentran agrupadas en las categorías de calidad del ambiente interior y energía. Para la temática de calidad del ambiente interior, la CES

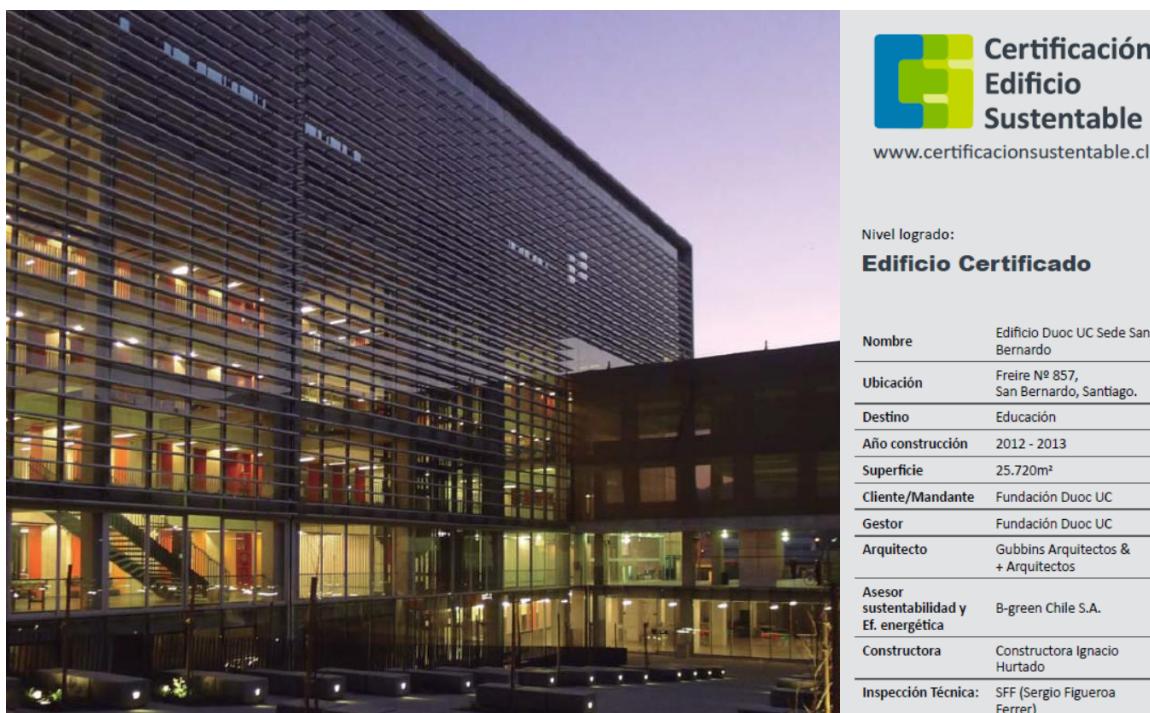
define ser obligatorio (i) garantizar un caudal mínimo de ventilación para establecer condiciones aceptables de concentración de CO₂, por medio de la descripción de la superficie practicable de ventanas, (ii) maximizar el aporte de luz natural para aumentar los niveles de confort visual y disminuir los consumos energéticos en iluminación artificial, mediante el control de los niveles de factor luz día, iluminancia útil y deslumbramiento, y (iii) diseñar los sistemas de climatización pautados en las condiciones de diseño definidas a partir de los valores de temperatura de bulbo seco y húmedo de invierno, verano, humedad relativa, propiedades térmicas de la envolvente. Y como requerimientos voluntarios propone (iv) disminuir el periodo de tiempo en el cual los usuarios se encuentren fuera del rango de confort térmico, a través del registro de la temperatura del aire y de humedad relativa, (v) aumentar el caudal de aire externo o realizar la extracción forzada de aire en ambientes con aire contaminante, (vi) posibilitar que cada zona térmica disponga de un control individual de temperatura, o implementar el uso de sensores y timers operados manualmente.

Para el criterio de energía es necesario (vii) reducir la demanda de energía necesaria para la calefacción, refrigeración e iluminación de un edificio, en base a atender los valores de transmitancia térmica y factor solar de la envolvente, (viii) minimizar la demanda de energía para calefacción y enfriamiento de los ambientes interiores del edificio, y aumentar los niveles de confort higrotérmico, limitando las infiltraciones a través de la adecuada especificación de carpinterías, y (ix) garantizar la correcta aislación térmica en las redes de conducción de líquido y aire del sistema de climatización. Como opciones voluntarias expone (x) mejorar los valores de transmitancia térmica y factor solar de la envolvente mediante información técnica, o disminuir la demanda energética del edificio presentando una evaluación dinámica, (xi) verificar la hermeticidad de la envolvente del edificio a través de la utilización de carpinterías certificadas y un ensayo que indique las infiltraciones por la envolvente y la permeabilidad del aire por las ventanas, (xii) utilizar materiales con baja energía incorporada en los elementos que componen la estructura del edificio, considerando los valores establecidos en la Etiqueta ambiental tipo I, III, o manteniendo un porcentual del sistema estructural principal de un edificio existente, (xiii) alcanzar una disminución en el indicador de consumo de energía del edificio evaluado, incluyendo todos los usos finales de energía del edificio, es decir, reducir mínimamente el 10% de la potencia eléctrica instalada, que los sistemas de control de iluminación cubran el 80% de la potencia instalada, que las instalaciones térmicas y de climatización sean diseñadas para cubrir la potencia requerida para producir y mantener las condiciones requeridas de temperatura y calidad del aire, utilizar equipos de climatización con elevado rendimiento nominal y demás artefactos que posean etiqueta de eficiencia energética, y (xiv) utilizar energías renovables no convencionales para abastecer mínimamente 2% de la demanda de energía primaria del edificio.

La verificación del cumplimiento de los requerimientos se fundamenta en que la calidad del ambiente interior de un edificio será mejor representada a partir de un análisis dinámico de las

variables del proyecto. Entretanto, se permite la evaluación simplificada para edificios de baja complejidad que presenten datos y medios suficientes para realizar una buena aproximación de su desempeño integral. La condición para la obtención del certificado es dada por el cumplimiento de la totalidad de los requerimientos obligatorios y por la obtención de un puntaje mínimo de 30 puntos, mediante la sumatoria de los criterios voluntarios adoptados (**Figura 23**).

Figura 23: Edificio Duoc certificado como edificio sustentable – San Bernardo, Santiago. Arq. Gubbins Arquitectos & + Arquitectos. Certificado otorgado por el CES. Fuente: (Instituto de la Construcción, 2014).



La gestión para la obtención del certificado varía según la etapa del proyecto, sin embargo, involucra los mismos actores. Primeramente el interesado suministra la documentación necesaria para evaluación ante la entidad evaluadora, ya sea acompañado de un equipo de especialistas, por un asesor inscrito en el registro de entidad evaluadoras, o solo. A continuación, la entidad evaluadora verifica el cumplimiento de los requerimientos y emite la solicitud del certificado a la entidad administradora, la cual otorga el certificado al cliente, supervisa el proceso de certificación, mantiene los registros y la documentación actualizada, así como genera la difusión necesaria para fomentar la aceptación e implementación del sistema.

El proceso para la certificación previa a la construcción consiste en que el cliente presente a la entidad evaluadora, un Manual de Operación indicando las informaciones del proyecto requeridas para su evaluación. Dicha entidad realiza la verificación de los criterios exigidos y emite un informe con el resultado de la evaluación, el cual debe ser mantenido para obtener la certificación una vez que la obra se encuentre construida. El proceso para el certificado debe ser iniciado una vez que la municipalidad otorgue el permiso de ocupación de la obra. El cliente debe entregar a la entidad

evaluadora una declaración de cumplimiento con los criterios definidos en la pre certificación y solicitar la revisión final del diseño y construcción. Tal entidad realiza la evaluación final mediante una visita al sitio de la obra, dónde puede analizar la correcta ejecución de los aspectos considerados. Para el sello Plus Operación, el cliente debe presentar una declaración firmada por los propietarios y por el administrador del edificio, indicando su compromiso en cumplir con las condiciones establecidas por el certificado. Entre los 12 y 18 meses posteriores a la emisión del sello, el cliente debe presentar a la entidad evaluadora un informe con medidas correctivas, así como información relacionada al consumo de agua, energía, emisión de gases y residuos. Para conservar el sello de pos ocupación, el cliente debe realizar la entrega de informes de mantenimiento a cada 12 meses posterior a la entrega del primer reporte, durante 3 años consecutivos; una vez cumplida esta formalidad la entidad evaluadora procederá a renovar la entrega del sello.

Según la página web de la CES, en 2017 había un total acumulado desde el año de 2014, 20 edificios certificados y 41 en proceso de evaluación.

La información relacionada a cómo aplicar los requerimientos, la metodología de evaluación, la clasificación bioambiental de Chile y todo dato necesario para el entendimiento de la Certificación Edificio Sustentable, se encuentra en el Manual de Evaluación y Calificación, suministrado de forma pública en la página web de la CES: <http://certificacionsustentable.cl/descarga-de-documentos>.

3.2 Colombia

La primera iniciativa direccionada a reglamentar las actividades relacionadas con el uso y preservación del medio ambiente en Latinoamérica, surgió en Colombia con la publicación del Código de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente en 1974 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014). Impulsado por los principios de desarrollo sustentable, impacto ambiental y recursos naturales instituidos en la Conferencia de las Naciones Unidas Sobre el Medio Humano, en Estocolmo/72; el Código Nacional pauta la creación de la legislación ambiental del país y estableció las disposiciones generales de política ambiental y sus medios de desarrollo.

El concepto de sustentabilidad asociado a la actividad de la construcción civil solo empezó a ser discutido con la promulgación de la Ley n° 388 sobre desarrollo territorial, donde se definió que la utilización del suelo debería ser racional, en armonía con la función social y ecológica de la edificación, enfocando en el desarrollo sostenible (Senado de la República, 1997). Posteriormente, el país aprobó el Protocolo de Kyoto (Senado de la República, 2000) y promovió, mediante la publicación de la Ley n° 697 (Senado de la República, 2001), el fomento del uso racional y eficiente de la energía y la utilización de energía proveniente de fuentes alternativas.

En la búsqueda de materializar los lineamientos de desarrollo sostenible, el Consejo Nacional de Política Económica y Social - CONPES desde el año de 2002, viene orientando, proponiendo metas y estrategias para encontrar la solución a las necesidades económicas y sociales del país. En el 2005 se verifica la propuesta de medidas de desarrollo sustentable para el ámbito del agua, del ambiente y del desarrollo territorial (Departamento Nacional de Planeación, 2005). De forma conjunta, en la Conferencia Internacional sobre el Cambio Climático de Copenhague/09, Colombia se comprometió a reducir las emisiones de gases contaminantes para el año de 2020 mediante la reducción de la deforestación a cero, la instalación de fuentes de energías renovables para cubrir el 77% de la capacidad de energía instalada, y la promoción del crecimiento de biocombustibles para suplir el 20% de la producción de energía del país (Naciones Unidas, 2010).

Colombia desarrolló un marco regulador ambiental amplio y consistente y a pesar de que se hayan realizado iniciativas en concepto de sustentabilidad edilicia, vinculadas a la preservación de recursos naturales y eficiencia energética, el país solo alcanzó la aplicación efectiva de las medidas propuestas, a partir de la publicación del Plan Nacional de Desarrollo¹⁴ de 2010, el cual definió las pautas para asegurar el crecimiento sustentable (Departamento Nacional de Planeación, 2010). El PND/10 reconoció instituyó el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático - PNACC y la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono - ECDBC con el objetivo de definir medidas de adaptación y mitigación al cambio climático, reconociendo la eficiencia energética y la construcción sostenible como estrategias clave para el cumplimiento de las metas. En el marco de la Estrategia de Desarrollo - ECDBC, el Ministerio de Vivienda estableció en 2014 el Plan de Acción Sectorial de Mitigación de Vivienda y Desarrollo Territorial, el cual propone el desarrollo de un proyecto de ley que fomente la construcción sostenible y define que se adoptará el Reglamento Técnico de Construcción Sostenible como estrategia para aumentar el nivel de desempeño de las edificaciones y evitar la explotación de los recursos (Ministerio de Vivienda, 2014). Dicho reglamento venía siendo desarrollado por el Ministerio de Vivienda desde 2011, con la colaboración de la Cámara Colombiana de la Construcción - CAMACOL y el apoyo de la Corporación Financiera Internacional - CFI y apuntaba a promover la aplicación de medidas de eficiencia para el uso de la energía y agua en las edificaciones. En 2015, se definieron los parámetros y lineamientos de construcción sostenible del Reglamento Técnico (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015a)¹⁵ y se publicaron los requerimientos y sus condiciones de aplicación (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015b).

Reglamento Técnico de Construcción Sostenible

El Reglamento Técnico de Construcción Sostenible consiste en la primera iniciativa enfocada en la transformación del sector residencial y del desarrollo territorial del país y se enfoca en mejorar la calidad de vida de los habitantes, reducir los consumos de recursos naturales y fomentar la sustentabilidad de las construcciones (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015b).

Instituido con carácter de cumplimiento obligatorio, excepto para los edificios de viviendas de interés social y prioritario donde su atendimento es optativo, el reglamento se fundamenta en promover la eficiencia energética y el uso racional del agua para todo edificio nuevo construido en el país. Su implementación efectiva se proyectó en dos etapas, primeramente en los municipios con más de 1.2 millones de habitantes - Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla - y posterior al segundo año de la publicación de la norma, a las demás localidades.

¹⁴ El Plan Nacional de Desarrollo consiste en un instrumento legal donde se expone la base de las políticas gubernamentales de los presidentes de Colombia. Ha sido implementado a principio de los años 50, y actualmente resulta en una práctica de planificación por medio de la cual se presentan los objetivos de gobierno, sus estrategias de gestión y resultados.

¹⁵ El texto publicado en el Decreto n° 1.285/2015 ha sido incorporado como una modificación de la parte 2 del Decreto n° 1.077/2015 - Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio. El texto añadido constituye el Título 7 - Urbanización y construcción sostenible, página 493. Fuente: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2015). Decreto n° 1.077 - Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio. Bogotá.

Su proceso de evaluación se basa en el cumplimiento de porcentajes mínimos de ahorro en el consumo de agua y energía, que varían según el tipo de edificación y el clima en que se encuentre. Para alcanzar los niveles establecidos, el reglamento sugiere la incorporación de medidas de diseño pasivo y activo, y suministra en el Anexo 1, la Guía de Construcción Sostenible para brindar soporte técnico y aportar soluciones como referencia proyectual. El método de análisis es simplificado y la verificación de cada medida se fundamenta en la documentación entregada por el proyectista.

La Guía se centra en la reducción de los consumos de agua y energía, mediante la definición de pautas de diseño que deben ser adoptadas durante la etapa de proyecto y de medidas eficientes relacionadas a los sistemas mecánicos y eléctricos (**Tabla 12**). Se establece inicialmente un listado con diversas medidas pasivas y activas, sin embargo, con el fin de establecer metas alcanzables, medibles y de fácil aplicación se especificaron solamente las estrategias más viables en función del periodo de retorno de la inversión, de la facilidad de inclusión y disponibilidad en el mercado, del potencial de ahorro generado en los consumos de agua y energía y del costo de implementación en comparación con las técnicas tradicionalmente utilizadas en la construcción civil nacional.

Tabla 12: Criterios de evaluación del Reglamento de Construcción Sostenible. * Estrategias que deben ser atendida a partir del segundo año de la implementación de la norma.

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015b).

REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE		
MEDIDAS PASIVAS	5 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Relación entre superficie vidriada y superficie de muro * 2. Elementos de protección solar 3. Reflectividad de la cubierta * 4. Ventilación natural * 5. Vidrios de control solar
MEDIDAS ACTIVAS	16 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 6. Luz día y control luz día * 7. Iluminación de energía eficiente 8. Economizadores de aire 9. Coeficiente de desempeño COP 10. Variable de velocidad – torres de enfriamiento * 11. Variable de velocidad – bombas * 12. Recuperación de calor de aire de retorno * 13. Sensores de monóxido de carbono para estacionamientos * 14. Controles: sensores de ocupación 15. Control de iluminación exterior 16. Sub-medidores de electricidad * 17. Corrección de factor de potencia 18. Agua caliente solar 19. Accesorios de conservación 20. Tratamiento de aguas residuales y reciclaje de agua * 21. Recolección de aguas de lluvia y reutilización
BUENAS PRÁCTICAS	6 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 22. Ventilación 23. Separación de residuos 24. Estacionamiento de bicicletas 25. Reducción de superficies impermeables 26. Orientación 27. Luz del día

Cada tipo de edificación, en función de la zona climática en que se encuentre situada, debe cumplir con la totalidad de las medidas establecidas, teniendo en cuenta que durante el primer año de implementación de la norma, los porcentajes exigibles varían entre el 10% y el 15% con respecto a la línea base definida en la Guía, y a partir del segundo año en adelante, los valores se incrementan de forma gradual (ANEXO 1). En función de la necesidad de alcanzar un mayor porcentaje de ahorro para el segundo período de adaptación a la norma, se permite que el cumplimiento de determinadas medidas se verifique a partir del segundo año. De forma complementaria e instructiva la Guía sugiere la adopción de buenas prácticas direccionadas a minimizar el impacto ambiental del sector de la construcción civil.

Desde el punto de vista del confort térmico y de la eficiencia energética las edificaciones deben (i) presentar una proporción de superficies vidriadas que no supere el 40% de la superficie del muro, (ii) permitir el control solar en los momentos del día en que las temperaturas internas superen los 25, sin comprometer la ganancia directa necesaria para invierno, (iii) implementar vidrios con valores de SHGC máximo de 0,6, (iv) instalar sensores con detector de presencia para el monitoreo de ocupación en los ambientes, (v) incorporar sensores fotoeléctricos para el mejor control de la intensidad de la luz, y (vi) cubrir mínimamente el 80% de la instalación eléctrica con lámparas compactas fluorescentes, lámparas T5 y T8, o lámparas LED.

Las estrategias definidas como buenas prácticas sugieren (vii) analizar las condiciones de los vientos predominantes, considerando las barreras existentes, (viii) ubicar los espacios de primera direccionados al barlovento y los espacios de servicio al sotavento, (ix) asegurar que los ambientes posean mínimamente una ventana y potenciar la ventilación cruzada, (x) monitorear los consumos de energía eléctrica y de agua para poder comparar los porcentajes de ahorro, (xi) orientar el edificio en sentido este/oeste y reducir las fachadas norte/sur para potenciar la ganancia solar, e inversamente caso de que el objetivo sea evitar el ingreso del sol, (xii) definir la ubicación de los ambientes en función de optimizar las condiciones de insolación, ventilación y protección solar asociados al tiempo de uso y el momento del día, y (xiii) definir la forma del edificio y las estrategias de iluminación natural en función de estudios de la incidencia solar y de sombras.

La conformidad con los requisitos establecidos debe ser manifestada por el constructor ante las entidades responsables, según las medidas adoptadas. Para las soluciones activas el interesado debe presentar ante la empresa prestadora de servicio, una declaración de cumplimiento en conjunto con los documentos para la aprobación de la instalación de agua y energía. Para las medidas pasivas el diseñador debe entregar junto a la solicitud de licencia de construcción, una certificación indicando los porcentajes alcanzados. La medida adoptada debe ser debidamente registrada en el Formulario Único Nacional de radicación de licencias urbanísticas, instrumento que será actualizado y controlado por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

3.3 Costa Rica

Desde principio de los años 70 Costa Rica ha realizado iniciativas para regular aspectos vinculados al cambio climático y particularmente relacionados con la mitigación de emisiones de gases generada en el sector constructivo. En 1973 se publicó la Ley General de Salud, la cual exige que los propietarios de las edificaciones deben ser responsables por adoptar medidas y sistemas para evitar emisiones y desechos que contribuyan a la contaminación atmosférica (Asamblea Legislativa, 1973). A partir de este momento, surgieron normativas destinadas a regular distintos elementos del ambiente, enfocando en la preservación del agua, del aire, de los bosques y áreas protegidas. Entretanto, dichas iniciativas presentaban una aplicación específica para cada elemento del ambiente, generando un marco regulador segregado y con poca efectividad de cumplimiento. En 1994, impulsado por los acuerdos y compromisos procedentes de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de Río/92, se realizó la reforma constitucional política de Costa Rica y se incluyó en el sistema jurídico ambiental, el derecho humano a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado¹⁶.

A partir de este hecho, se buscó reestructurar el marco regulador ambiental del país buscando establecer la integralidad y la coherencia entre las reglamentaciones existentes sobre la conservación de los recursos naturales, del ambiente y del suelo. Se implementó la Regulación del Uso Racional de la Energía (Ministerio de Ambiente y Energía, 1994) sobre los mecanismos para alcanzar el uso eficiente de la energía y la preservación del medio ambiente; la Ley Orgánica del Ambiente (Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas, 1995) que regula la agricultura ecológica, distintas actividades que puedan generar contaminación y las evaluaciones de impacto ambiental; y la Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1998) sobre el manejo integrado y sostenible de los suelos en armonía con los demás recursos y riquezas naturales en todo el territorio.

¹⁶ Información disponible en el artículo “18 años de la Ley Orgánica del Ambiente”, publicado en el sitio web de La Nación: http://www.nacion.com/opinion/foros/anos-Ley-Organica-Ambiente_0_1331666900.html. Accedido el 30 de abril de 2017.

En concordancia con las leyes promulgadas anteriormente, en 2007 se conformó el Comité de Eficiencia Energética, el cual se responsabilizó por elaborar diferentes normativas relacionadas a la instalación de sistemas de iluminación, refrigeración, y programas de certificación de motores y demás artefactos eléctricos (UNEP, 2014). En 2010, el Ministerio de Planificación Nacional y Política implementó el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2015, donde asumió el compromiso de convertirse en un país neutral en emisiones de carbono y utilizar energías de fuentes 100% fuentes renovables para el año de 2021 (Ministerio de Planificación Nacional y Política, 2010).

En este momento, el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica - INTECO constituyó el Sub Comité Técnico de Construcción Sostenible con el objetivo de elaborar una normativa para promover la eficiencia energética y la construcción sostenible. Como el Instituto de Arquitectura Tropical - IAT¹⁷ venía desde 2009 desarrollando una normativa de evaluación ambiental edilicia destinada a edificaciones construidas en el trópico, cedió dicho documento al Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica – INTECO con la intención de transformarlo en una herramienta de utilización nacional y de alcance masivo en el ámbito de la construcción del país. Se adoptó dicha herramienta como base para la elaboración de la normativa nacional de edificaciones sostenibles del país, y en 2012, se publicó la norma Requisitos para Edificios Sostenibles en el Trópico - RESET (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, 2012).

La RESET contó con la participación de diversos profesionales y organizaciones, como la Cámara Costarricense de la Construcción y de Consultores de Arquitectura e Ingeniería, la Universidad de Costa Rica, la Fundación para el Desarrollo Urbano, la Asociación para el Fomento del Desarrollo Sostenible AFODESOS, y el Instituto de Fomento y Asesoría Municipal IFAM; y se destacó por ser una iniciativa que busca establecer los requisitos de sustentabilidad edilicia a partir de la aplicación de medidas bioclimáticas, priorizando el diseño ambiental ante la tecnología. En el año de 2013 la Unión Internacional de Arquitectos - UIA comunicó que la norma RESET se encontraba en proceso de adaptación y traducción al inglés y al francés, con el objetivo de posteriormente ceder la normativa a los países miembros de la UIA y generar una herramienta proyectual posible de ser aplicable a todas las localidades ubicadas en la latitud tropical. En agosto de 2017, se publicó en el sitio del Instituto de Arquitectura Tropical la última versión de la norma RESET disponible en español, inglés y francés.

Requisitos para Edificios Sostenibles en el Trópico

La normativa presenta carácter de cumplimiento voluntario y se destina a promover la sustentabilidad de edificios en general, en construcciones individuales y colectivas, así como también en procesos relacionados con el ciclo de vida de las edificaciones. No cuantifica emisiones de gases

¹⁷ Instituido en 1994, el Instituto de Arquitectura Tropical (IAT) consiste en una organización sin fines de lucro, compuesta por arquitectos y demás profesionales, para promover la discusión y difusión de estudios sobre arquitectura y urbanismo adaptados al trópico.

invernaderos y ahorros de consumo en cifras, sino que los resultados se otorgan a partir de las modificaciones realizadas en el proyecto original, de las mejoras en su desempeño y de la mitigación del impacto en el entorno. Su criterio de clasificación depende de la envergadura del proyecto, la cual está definida por la sumatoria final de los ítems presentes en la hoja de contexto, una planilla que reúne diferentes circunstancias en que se puede encontrar un edificio y debe ser completada para dar a conocer sus particularidades de inserción, uso e impacto sobre el entorno. A partir del resultado de la hoja de contexto se determina la cantidad de puntos que el proyecto necesita mejorar o atender para recibir el certificado de edificación sustentable.

La RESET provee una herramienta para facilitar y revisar las decisiones de proyecto, indicando las pautas y las soluciones bioclimáticas adecuadas a seguir (ANEXO 1). Se centra en valorar las decisiones de proyecto en las etapas de diseño, construcción y/u operación a través de la información suministrada por el usuario, de los datos de gestión socioeconómica del proyecto y de los registros pertinentes de cada fase. Los criterios evaluados se agrupan en las categorías de calidad y bienestar espacial, aspectos socioeconómicos, entorno y de transporte, suelos y paisajismo, materiales y recursos, uso eficiente del agua y optimización energética y suman un total de 120 criterios posibles de alcanzar, de los cuales 69 se evalúan en la etapa de diseño y 51 en la etapa de construcción (**Tabla 13**).

Los requerimientos vinculados a mejorar el confort térmico definen que el proyecto debe (i) generar espacios intermedios entre el interior y el exterior para minimizar las intemperies, (ii) se fundamente en la tipología arquitectónica tradicional del lugar, (iii) incorporar estrategias pasivas, (iv) implantar el edificio de manera que permita optimizar los recursos naturales, (v) utilizar la sombra como estrategia de acondicionamiento, (vi) incorporar elementos en la envolvente que posibilite controlar la radiación, el ruido, la humedad y el viento, (vii) adoptar vidrios de elevado desempeño térmico, (viii) utilizar vegetación para mitigar los efectos de temperatura, humedad y contaminación, (ix) determinar el rango de confort en función de la vestimenta de los usuarios, (x) reducir el efecto de isla de calor, mediante el empleo de cubiertas y pavimentos con baja absorción térmica, (xi) aplicar aislamiento térmico en los pisos en contacto con el suelo, (xii) utilizar el agua como estrategia reguladora de temperatura, humedad y confort, (xiii) emplear estrategias de inercia térmica, caso el edificio necesite, (xiv) priorizar la utilización de ventiladores ante equipos de aire acondicionado, (xv) utilizar equipos de aire acondicionado eficientes, con refrigerantes no halogenados, (xvi) considerar el ingreso de luz natural no directa, (xvii) promover el confort mediante estrategias de ventilación natural, y (xviii) posibilitar al usuario el control de la temperatura y de la ventilación, a través de la implementación de dispositivos accesibles. Los criterios relacionados a optimizar el uso de la energía se fundamentan en que el proyecto debe (xix) utilizar energía renovable proveniente de fuentes limpias, (xx) realizar los procesos de calentamiento del agua con fuente de energía renovable, (xxi) prever espacios para el secado de la ropa de forma pasiva, (xxii) emplear artefactos etiquetados por

la normativa de eficiencia energética de Costa Rica, (xxiii) diseñar circuitos de iluminación artificial para cubrir la demanda del 50% de la superficie de la edificación entre las 7:00 y 17:00 y (xxiv) diseñar un sistema de iluminación artificial que cumpla con los valores de iluminancia para el desempeño de la actividad.

Tabla 13: Categorías y conceptos de evaluación del Certificado RESET. Determinados conceptos establecen más de un criterio. Fuente: (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, 2012).

REQUISITOS PARA EDIFICIOS SOSTENIBLES EN EL TRÓPICO		
ASPECTOS SOCIO - ECONOMICOS	6 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mecanismos financieros justos e inversiones a largo plazo 2. Desarrollo local 3. Trato equitativo entre los diferentes actores del proyecto 4. Inclusión de PMC en la edificación 5. Seguridad de los usuarios del edificio 6. Visión socio-cultural del comportamiento y de hábitos locales
ENTORNO Y TRANSPORTE	10 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 7. Zonas de interés natural o cultural 8. Evitar zonas de riesgo 9. Integración del edificio con su entorno espacial, físico y geográfico 10. Identidad cultural y cohesión social 11. Educación, comunicación y medidas ambientales 12. Control de la cobertura de la edificación y de la alta densidad del proyecto 13. Contaminación ambiental del entorno durante el proceso de construcción 14. Medios de transporte de bajo impacto ambiental 15. Medios de transporte de baja emisión y eficiencia energética 16. Consumo de energía en equipos de transporte mecanizado dentro del edificio
CALIDAD Y BIENESTAR ESPACIAL	11 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 17. Diseñar espacios pro-ambientales 18. Confort de los usuarios en forma pasiva 19. Sistemas mecánicos para el confort térmico 20. Iluminación natural en la edificación 21. Ventilación natural de los ambientes 22. Conexión visual del usuario con el exterior 23. Ruido entre recintos y edificaciones 24. Control del confort de los espacios que habitan 25. Materiales de baja emisión de contaminantes tóxicos y VOC 26. Humo de tabaco ambiental
SUELO Y PAISAJISMO	6 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 27. Sustitución de suelos 28. Conservación de suelos, y recuperación de hábitats 29. Erosión y contaminación de suelos durante proceso de la construcción 30. Paisajismo como recurso de diseño que conserva el ambiente biótico 31. Fertilizantes, herbicidas, pesticidas y aditivos químicos nocivos 32. Agua potable para riego
MATERIALES	7 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 33. Material y componentes de construcciones existentes 34. Manejo adecuado de desechos de la construcción 35. Reducción del uso de materiales a través de un diseño eficiente 36. Ciclo de vida del edificio 37. Soporte a las economías locales 38. Materiales eco etiquetados 39. Maderas de cultivo responsable

.continua

		.continua
OPTIMIZACIÓN EN EL USO DE AGUA Y ENERGÍA	8 CRITERIOS	40. Consumo de agua potable y la demanda sobre las redes públicas
		41. Conciencia del usuario sobre su ahorro
		42. Reducción del agua residual
		43. Contaminación por aguas servidas
		44. Infiltración y reutilización de aguas pluviales
		45. Energías renovables
		46. Equipos eficientes
		47. Sistema de iluminación artificial eficiente

Los requerimientos vinculados a mejorar el confort térmico definen que el proyecto debe (i) generar espacios intermedios entre el interior y el exterior para minimizar las intemperies, (ii) se fundamente en la tipología arquitectónica tradicional del lugar, (iii) incorporar estrategias pasivas, (iv) implantar el edificio de manera que permita optimizar los recursos naturales, (v) utilizar la sombra como estrategia de acondicionamiento, (vi) incorporar elementos en la envolvente que posibilite controlar la radiación, el ruido, la humedad y el viento, (vii) adoptar vidrios de elevado desempeño térmico, (viii) utilizar vegetación para mitigar los efectos de temperatura, humedad y contaminación, (ix) determinar el rango de confort en función de la vestimenta de los usuarios, (x) reducir el efecto de isla de calor, mediante el empleo de cubiertas y pavimentos con baja absorción térmica, (xi) aplicar aislamiento térmico en los pisos en contacto con el suelo, (xii) utilizar el agua como estrategia reguladora de temperatura, humedad y confort, (xiii) emplear estrategias de inercia térmica, caso el edificio necesite, (xiv) priorizar la utilización de ventiladores ante equipos de aire acondicionado, (xv) utilizar equipos de aire acondicionado eficientes, con refrigerantes no halogenados, (xvi) considerar el ingreso de luz natural no directa, (xvii) promover el confort mediante estrategias de ventilación natural, y (xviii) posibilitar al usuario el control de la temperatura y de la ventilación, a través de la implementación de dispositivos accesibles. Los criterios relacionados a optimizar el uso de la energía se fundamentan en que el proyecto debe (xix) utilizar energía renovable proveniente de fuentes limpias, (xx) realizar los procesos de calentamiento del agua con fuente de energía renovable, (xxi) prever espacios para el secado de la ropa de forma pasiva, (xxii) emplear artefactos etiquetados por la normativa de eficiencia energética de Costa Rica, (xxiii) diseñar circuitos de iluminación artificial para cubrir la demanda del 50% de la superficie de la edificación entre las 7:00 y 17:00 y (xxiv) diseñar un sistema de iluminación artificial que cumpla con los valores de iluminancia para el desempeño de la actividad. Cada temática establece los objetivos, los criterios posibles de alcanzar, los valores de referencia exigidos para su cumplimiento, y suministra una planilla para cada solución, la cual debe ser completada conforme las medidas empleadas en el proyecto y entregada junto con la documentación comprobatoria ante el INTECO, la entidad evaluadora que analizará la posibilidad de otorgar la certificación. En el caso que se solicite un certificado para la etapa de operación, el

equipo técnico de INTECO realizará visitas al proyecto, a fin de verificar el cumplimiento de los criterios y la conformidad con la documentación escrita.

El proceso de evaluación consiste en verificar el cumplimiento de la documentación y de los valores de referencia establecidos para cada una de las 120 soluciones posibles y otorgar el Sol RESET al edificio que cumpla con dichas exigencias. Para las edificaciones que comprueben cumplir con los requerimientos de factor de infraestructura, se analiza la posibilidad de la entrega de dos certificados adicionales, el sol Plus y el dos soles Plus (**Figura 24 y Figura 25**).

Figura 24: Edificio BAC Credomatic - San José, San José. Arq. Bruno Stagno.

Fuente: sitio web de Bruno Stagno.



Figura 25: Certificado Sol RESET.

Fuente: INTECO.



La información necesaria para aplicar las normas Reset se encuentra en el manual Requisitos para Edificaciones Sostenibles en el Trópico, suministrado de forma pública en la página web del Instituto de Arquitectura Tropical: <http://www.arquitecturatropical.org/reset2.htm>.

Para fomentar la aceptación de los usuarios y la implementación de la norma, el INTECO, el IAT y el CFIA se comprometieron a suministrar cursos y seminarios para que los profesionales estén capacitados a evaluar los criterios establecidos por la RESET. Uno de los criterios definidos en la temática de aspectos socioeconómicos sugiere que el interesado en obtener el certificado debe responsabilizarse por facilitar charlas, cursos, foros o cualquier otro mecanismo de enseñanza para capacitar a los a los participantes del proyecto en los temas concernientes a su concepto y operación.

3.4 México

Los conceptos de bioclimatismo y confort térmico edilicio han sido introducidos en el ámbito de la construcción civil de México desde mediados de los años 60, a través de la elaboración de proyectos con estrategias de aprovechamiento de la energía solar y de estudios sobre las características climáticas de algunas ciudades del país. Durante los años 80 se observó el aumento de iniciativas impulsadas por equipos de investigadores de distintas universidades del país, así como un avance importante relacionado al empleo de estrategias de diseño bioclimático y de medidas para optimizar el confort de las edificaciones, motivando el surgimiento de instrumentos destinados a regular y auxiliar el desarrollo de nuevas iniciativas (Morillón, 2011).

La Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología - SEDUE, instituida en 1982, posibilitó el espacio para la creación de una secretaría dedicada exclusivamente a cuestiones ambientales, que juntamente con Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente - LGEEPA, promovieron el desarrollo de normativas asociadas a técnicas bioclimáticas (Pere & Peña, 2008).

A partir del crecimiento económico y poblacional del periodo 1990-2002, las emisiones de gases contaminantes en México aumentaron un 30%, direccionando el país a crear medidas de adaptación al cambio climático, a participar de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de Río de Janeiro en 1992, y a firmar el Protocolo de Kyoto en 1998 (UNEP, 2014).

Impulsada por las iniciativas de certificación edilicia implementadas internacionalmente, la Secretaría de Energía - SENER publicó en 2001, la primera normativa relacionada a la eficiencia energética edilicia, la NOM-008-ENER-2001 (Secretaría de Energía, 2001). Dicha normativa se destina a pautar estrategias para mejorar la envolvente de la edificación, optimizar el confort térmico y reducir el consumo energético de los edificios no-residenciales. Con la publicación de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía en 2008, se instituyó la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía - CONUEE, entidad responsable por la elaboración de la normativa de eficiencia energética edilicia destinada al sector residencial, la NOM-020-ENER-2011 (Secretaría de Energía, 2011)

La primera reglamentación de carácter nacional que define pautas de sustentabilidad para la construcción de viviendas sociales, surgió en 2006 con la promulgación de la Ley de Vivienda, impulsando el desarrollo de programas de financiamientos como Hipoteca Verde y Esta es tu Casa en el año de 2007 (UNEP, 2014). Estos instrumentos crediticios se caracterizan por posibilitar a las familias de escasos recursos acceder a una vivienda construida con pautas de eficiencia energética, soluciones de aprovechamiento del agua y equipadas con eco tecnologías. La implementación del Programa Hipoteca Verde se destaca por haber reportado importantes porcentajes de ahorro energético en el consumo de agua, gas y electricidad, motivo por el cual sido adoptado como modelo por Colombia y reconocido por la ONU con el Premio Hábitat 2012 (UNEP, 2014).

Paralelo al desarrollo de normativas y programas de financiación, en 2005, Estados Unidos, Canadá y México se reunieron en Montreal para generar un documento que normalizara las características de las edificaciones en América del Norte. Dicho instrumento buscaba difundir las buenas prácticas que se estaban implementando en cada país y para ello, Estados Unidos se enfocó en establecer pautas para edificios de oficinas, Canadá para edificaciones industriales, y México en la sustentabilidad de viviendas. A partir de la divulgación de este documento, el gobierno del Distrito Federal empezó a exigir que las construcciones que estaban bajo su jurisdicción deberían cumplir con las medidas sustentables pautadas, impulsando la creación del Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables - PCES¹⁸, detallado a continuación.

En 2007, se instituyó el Plan Nacional de Desarrollo - PND 2007-2012 el cual estableció la sustentabilidad ambiental como uno de los cinco ejes prioritario de trabajo, pautó las bases para la promulgación de la Ley General de Cambio Climático/12 y definió la necesidad de elaborar una norma federal de edificación sustentable, posteriormente publicada como NMX-AA-164-SCFI-2013 (Secretaría de Economía, 2013).

Finalmente, en 2013 se elaboró la Estrategia Nacional para la Vivienda Sustentable - ENVS, un instrumento de planificación institucional destinado a integrar y articular estrategias, programas e iniciativas nacionales existentes, con el fin de lograr una visión unificada y permitir el desarrollo de estas iniciativas hacia un objetivo común (UNEP, 2014).

Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables

El Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables consiste en un instrumento de autorregulación proyectual elaborado con el objetivo de promover el uso eficiente de los recursos naturales, reducir la emisión de gases contaminantes y mejorar la calidad de vida de los habitantes. Establecido con carácter de cumplimiento voluntario, el PCES promueve la aplicación de medidas de

¹⁸ Información disponible en la entrevista realizada a Guillermo Casar, profesor ingeniero en la UNAM desde hace 25 años, ha estado en contacto con la edificación sustentable desde sus inicios en México. Accedido el 11 de abril de 2017. Disponible en el sitio web de Mundo HVAC&R: <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2014/03/certificaciones-mundiales-para-mexico/> estudios estratégicos sobre energía y medio ambiente.

sustentabilidad y eficiencia energética en edificios residenciales y de oficinas ubicados en Distrito Federal, mediante la entrega de un certificado y la concesión de incentivos económicos.

El PCES evalúa el cumplimiento de 46 criterios que se encuentran distribuidos entre las temáticas de energía, agua, residuos sólidos, calidad de vida y responsabilidad social, e impacto ambiental y otros impactos (**Tabla 14**). Cada criterio recibe un puntaje ponderado, según su importancia relativa en el conjunto del edificio, resultando en una sumatoria de 120 puntos. El Programa otorga un certificado de Cumplimiento a los edificios que alcancen mínimamente 21 puntos, una certificación de Eficiencia para una sumatoria entre 51 y 80 puntos, y una calificación de Excelencia para edificios que sumen valores igual o superior a 81 puntos (ANEXO 1).

El método de análisis es predominantemente simplificado, y la verificación de cada criterio se fundamenta en la presentación de la documentación técnica, memorial descriptivo, planillas, presupuestos y cronogramas detallados en la guía. Para los criterios de diseño bioclimático y acondicionamiento ambiental, el PCES sugiere que su cumplimiento pueda ser comprobado a partir de un análisis dinámico. Una vez comprobado su cumplimiento y en función del nivel alcanzado, pueden recibir hasta 25 y 8 puntos respectivamente.

Desde el punto de vista de los requerimientos relacionados al confort térmico el PCES define que la edificación debe (i) promover la alta capacidad de conservar la energía y reducir el consumo de energía para calefacción y enfriamiento, mediante el cumplimiento de los requisitos establecidos en las normas NOM-008-ENER-2001 y NOM-020-ENER-2011, (ii) eliminar o reducir la utilización del aire acondicionado o calefacción, y optimizar el desempeño de la iluminación natural, y (iii) posibilitar el uso de ventilación natural o elementos pasivos que permitan reducir el empleo del aire acondicionado. Desde el enfoque de la eficiencia energética establece que requiere (iv) aprovechar las condiciones climáticas de la ciudad de México para generar energía eléctrica por medio de la energía solar fotovoltaica, (v) utilizar la energía solar térmica para reducir la energía para el calentamiento de agua, (vi) emplear equipos de refrigeración, calefacción y artefactos eléctricos eficientes, (vii) alcanzar un uso eficiente de la energía y de los sistemas de instalación eléctrica cumpliendo con las especificaciones establecidas en la norma NOM-007-ENER-2004, (viii) promover el uso eficiente de la energía en el empleo de motores y bombas de agua, e (ix) implementar el uso de dispositivos de detección de movimiento y temporizadores.

Uno de los requisitos para cumplir con los criterios de (i) campañas sobre el uso eficiente y cultura especificado en la categoría agua; (ii) difusión, programa de sensibilización en la separación de los residuos, (iii) mantenimiento adecuado y oportuno de la categoría de residuos sólidos; y (iv) generar una cultura de participación en la sustentabilidad de la categoría calidad de vida y responsabilidad social, consiste en la entrega de un manual al usuario con la información necesaria para poder realizar el mantenimiento adecuado de las propuestas durante la etapa de operación del edificio. La guía debe ser descriptiva, educativa y puede ser suministrada para uso individual o colectivo.

Tabla 14: Criterios de evaluación del PCES. Fuente: (Secretaría del Medio Ambiente , 2012).

PROGRAMA DE CERTIFICACIÓN DE EDIFICACIONES SUSTENTABLES		
ENERGÍA	8 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Eficiencia de la envolvente 1.1. Diseño bioclimático 2. Energía solar fotovoltaica o eólica 3. Calentadores solares 4. Acondicionamiento ambiental 5. Iluminación eficiente 6. Motores 7. Equipos 8. Sistemas de control lumínico
AGUA	7 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 9. Capacitación y uso de aguas pluviales 10. Infiltración de aguas pluviales 11. Tratamiento de aguas residuales y reúso 12. Utilización de agua residual tratada por la red municipal 13. Eliminación de fugas 14. Uso de tecnología eficiente para consumo de agua potable 15. Uso eficiente y cultura del agua
RESIDUO SOLIDOS	7 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 16. Infraestructura para el almacenamiento temporal 17. Señalamientos 18. Mobiliario para el manejo adecuado interno 19. Separación de residuos valorizables 20. Disposición final adecuada 21. Difusión 22. Manejo de residuos de manejo especial
CALIDAD DE VIDA Y RESPONSABILIDAD SOCIAL	11 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 23. Naturación de azoteas 24. Accesibilidad 25. Facilidades de transporte a usuarios permanentes 26. Construcción de bahías de ascenso y descenso de transporte 27. Control del ruido dentro de las edificaciones 28. Mantenimiento adecuado y oportuno 29. Instalación de estacionamiento para bicicletas 30. Cultura de participación en la sustentabilidad 31. Provisión de áreas verdes 32. Estacionamiento para bicicletas 33. Ciclovía interna
IMPACTO AMBIENTAL Y OTROS IMPACTOS	13 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 34. Accesibilidad de estacionamiento 35. Materiales locales 36. Uso de materiales biodegradables para mantenimiento 37. Materiales y acabados bajos en compuestos orgánicos volátiles (cov) 38. Uso de materiales reciclados en la construcción 39. Reciclaje de estructuras existentes 40. Reconversión de uso de suelo y remediación 41. Respeto a los árboles existentes 42. Control de contaminantes al interior 43. Madera certificada 44. Eliminación de refrigerantes a base de clorofluorocarbonos (cfc) 45. Áreas permeables en vialidades 46. Compras verdes

La entidad certificadora otorga el certificado una vez que el edificio se encuentre en operación, sin embargo, es posible inscribir al Programa un proyecto que se encuentre en etapa de desarrollo ya que las estrategias de sustentabilidad incorporadas en el diseño y/o construcción, se verificarán durante su operación (**Figura 26**).

A través del cumplimiento de los requerimientos ambientales especificados en la guía de aplicación del PCES, el usuario puede obtener descuentos sobre el impuesto municipal del inmueble, el impuesto sobre nómina, y respecto la tasa de suministro de agua, los cuales varían entre un 10% y 80%. Dichos incentivos se gestionan de forma particular en cada organismo competente, y los costos para su gestión, así como los gastos relacionados a la gestión del certificado, deben ser abonados por el interesado.

El interesado en obtener la certificación debe solicitar la inscripción al Programa, mediante la entrega de la documentación requerida ante la Dirección General de Regulación Ambiental. Una vez que la obra se encuentre inscrita en el PCES, el interesado debe realizar la etapa de diagnóstico en una de las entidades evaluadoras acreditadas por el Comité Promotor de Edificaciones Sustentable. Dichos organismos se responsabilizan por verificar el cumplimiento de los requisitos en todas las etapas del proyecto, y emitir el informe de diagnóstico con el nivel de certificación alcanzado. Toda la documentación entregada por la entidad evaluadora debe ser presentada ante la entidad certificadora, la cual corrobora el cumplimiento con el Programa, las normativas aplicables y emite la solicitud de certificación a la Dirección General de Regulación Ambiental. Los gastos para la gestión del certificado, así como para los incentivos, deben ser abonados por el interesado.

Figura 26: Edificio Aldana 11 – Azcapotzalco, DF. Arq. Instituto Nacional de la Vivienda del Distrito Federal y Casas GEO. Fuente: sitio web de Instituto Nacional de la Vivienda del Distrito Federal.



Según la Sustentabilidad para México - SUMe, una asociación sin fines de lucro, en 2014 Distrito Federal tenía 12 edificios certificados con el PCES. La información relacionada a cómo aplicar los requerimientos, la metodología de evaluación y todo dato necesario para el entendimiento del PCES, se encuentra en Libros Blancos - Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables, suministrado de forma pública en la página web <http://martha.org.mx/una-politica-con-causa/libros-blancos-2006-2012/>.

Norma mexicana de edificación sustentable

En 2010, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en conjunto con la Secretaría de Desarrollo Social, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, el Centro de Análisis de ciclo de vida y Diseño Sustentable y el Centro Mario Molina y demás instituciones, conformaron un grupo de trabajo para elaborar una normativa sobre edificios sustentables.

Publicada en 2013 por la Secretaría de Economía, la norma mexicana de edificación sustentable - NMX-AA-164-SCFI actúa como un instrumento proyectual para inducir el empleo de soluciones de planificación sustentable a todas las edificaciones ubicadas dentro del territorio nacional. Establecida con carácter de cumplimiento voluntario, la normativa consiste de una herramienta para alcanzar la sustentabilidad edilicia y trabaja en conjunto con 40 normas de desarrollo previo y específico para cada criterio. Elaborada a partir de la cooperación de actores gubernamentales, empresariales, sociales y académicos, la norma define requerimientos generales y particulares que deben ser atendidos por la edificación, desarrollando una estructura que se asemeja a los sistemas de certificación (ANEXO 1).

Para atender a los requisitos generales el cliente debe cumplir con las disposiciones legales, así como con las normativas federales y locales, generar información estadística de consumo de agua y energía, y ofrecer información y orientación a los usuarios de la edificación a través de un manual de operación. Los requisitos particulares se encuentran agrupados en las categorías de suelo, energía, agua, materiales y residuos, calidad ambiental y responsabilidad social y pueden ser de carácter obligatorio o voluntario (**Tabla 15**).

Las soluciones de diseño que propone para garantizar el confort higrotérmico consisten en (i) mantener una temperatura entre los 18°C y 25°C en el interior del edificio, (ii) posibilitar la ventilación natural, y/o artificial de manera que sean controladas por el usuario, y (iii) utilizar los elementos verdes naturales, como árboles y vegetación, como estrategias para climatización pasiva, generando sombras, protección contra el exceso de radiación y vientos y permitiendo su paso cuando deseado. Las medidas que propone para alcanzar la eficiencia energética consisten en (iv) limitar la ganancia de calor a través de la envolvente, (v) reducir la ganancia de calor en el edificio, (vi) cumplir con los niveles de aislamiento térmico establecidos en la norma específica, (vii) cubrir el 10% de la demanda energética del edificio con energía de fuente renovable, (viii) utilizar equipos de

calentamiento de agua eficientes, (ix) emplear artefactos de iluminación artificial que cumplan con los niveles de eficacia de las normas específicas, (x) utilizar electrodomésticos y acondicionadores de aire normalizados por las normativas específicas, y con la mayor eficiencia especificada, (xi) realizar instalaciones de circuitos eléctricos con una eficiencia igual o superior a 98,5%, (xii) respetar los valores mínimos aceptables para el rendimiento energético de los edificios, (xiii) mantener los consumos de energía iguales o inferiores a lo establecido, (xiv) diseñar la edificación con criterios bioclimáticos que favorezcan la iluminación natural.

Tabla 15: Categorías y criterios de evaluación de la norma mexicana de edificación sustentable. Determinados criterios establecen más de un requisito. Fuente: (Secretaría de Economía, 2013).

NORMA MEXICANA DE EDIFICACIÓN SUSTENTABLE		
SUELO	12 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inserción urbana 2. Áreas de riesgo y de protección 3. Uso mixto de la Edificación 4. Plantas bajas activas 5. Mantener los uso del edificio 6. Gestión de materiales de excavación 7. Ocupación de obras deterioradas o contaminadas 8. Áreas libres 9. Estacionamientos 10. Reducción de isla de calor 11. Movilidad 12. Manejo de infiltraciones en el subsuelo
ENERGÍA	7 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 13. Aislación térmica 14. Energías renovables 15. Instalaciones y equipos eficientes 16. Consumo anual de energía 17. Registro del consumo total de energía 18. Mitigación del impacto de la iluminación externa 19. Iluminación natural dentro del edificio
AGUA	13 CRITERIOS	<ol style="list-style-type: none"> 20. Sistemas hidráulicos eficientes 21. Cuantificación del consumo de agua 22. Utilización de aguas subterráneas o superficiales 23. Sistema de captación de agua de lluvia 24. Sistemas de recarga artificial 25. Aguas residuales 26. Sistema de tratamiento 27. Aprovechamiento del gas 28. Tratamiento del agua 29. Señalización de instalaciones de agua tratada 30. Sistemas de riego eficientes 31. Escurrimientos naturales del terreno 32. Contaminación del suelo y el entorno

.continua

MATERIALES Y RESIDUOS	7 CRITERIOS	33. Normativas aplicables
		34. Análisis de ciclo de vida de los materiales
		35. Reutilización e impacto ambiental de los materiales
		36. Separación de residuos
		37. Reutilización de material de poda
		38. Materiales peligrosos
		39. Promoción de prácticas de reciclaje
BIODIVERSIDAD	7 CRITERIOS	40. Preservación de elementos naturales
		41. Integración de la edificación al entorno natural
		42. Elección y localización de elementos naturales
		43. Elementos de naturación añadidos
		44. Utilización de árboles y vegetación
		45. Sembrado de árboles
		46. Proceso de remoción de vegetación
PAISAJE	5 CRITERIOS	48. Impacto visual de la fachada
		49. Acceso al edificio
		50. Relación espacio interior-exterior
		51. Mantenimiento de la iluminación y ventilación
		52. Elementos artísticos
CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR	9 CRITERIOS	53. Confort térmico
		54. Confort acústico
		55. Concentración de gases contaminantes
		56. Regulación de ventilación
		57. Ocupación y uso del edificio
		58. Cuidado de mascotas
		59. Iluminación natural
		60. Calidad del aire interior
		RESPONSABILIDAD SOCIAL
62. Servicio de limpieza		
63. Protección contra incendios		
64. Capacitación en sostenibilidad		
65. Mejoras de confort y habitabilidad		
66. Espacio vital necesario para usuarios		
67. Servicios para los trabajadores		
68. Proceso de diseño colaborativo		

Para que la obra sea considerada sustentable, se debe cumplir con seis criterios obligatorios de la temática de suelos y cinco criterios opcionales adicionales, en una relación de 6/5. Para la categoría de agua los valores son de 13/2, para energía 13/1, para materiales y residuos 6/4, y para calidad ambiental interior y responsabilidad social 11/11 respectivamente, totalizando 49 criterios obligatorios y 23 opcionales. El interesado puede verificar la conformidad y el grado de cumplimiento con la norma, mediante la contratación de una unidad de evaluadora, la cual se responsabiliza por analizar el cumplimiento de los criterios establecidos y emitir el dictamen de verificación. Dicho

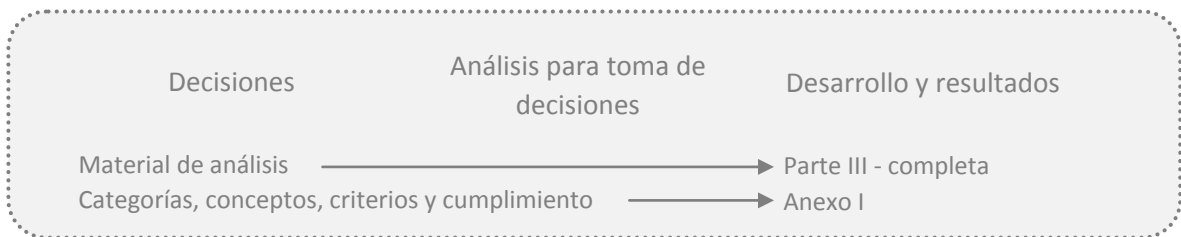
documento posee validez por tres años y debe ser revalidado por el cliente, mediante la presentación de informes y planillas de consumo. El cumplimiento de los requerimientos se verifica con la entrega de la documentación comprobatoria solicitada para cada criterio, debidamente detallada en cuerpo de la norma, a través de visitas a la obra por parte de la entidad de verificación, cuando necesario.

La información necesaria para aplicar la normativa se encuentra en la Norma Mexicana de Edificación Sustentable, suministrada de forma pública en la página web de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales:
<http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/DO3156.pdf>.

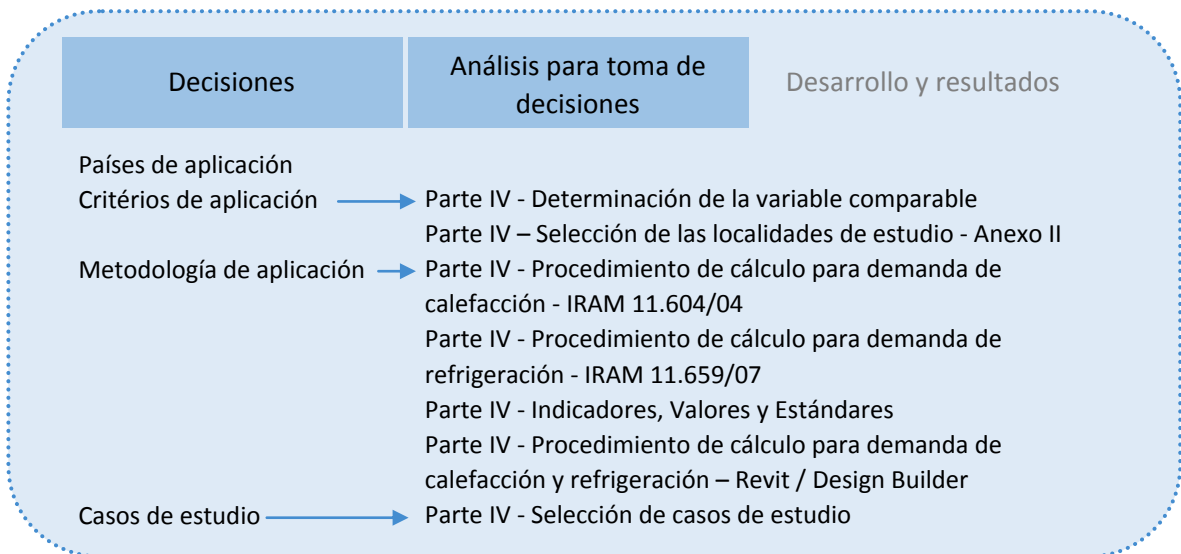
PARTE IV

Desarrollo

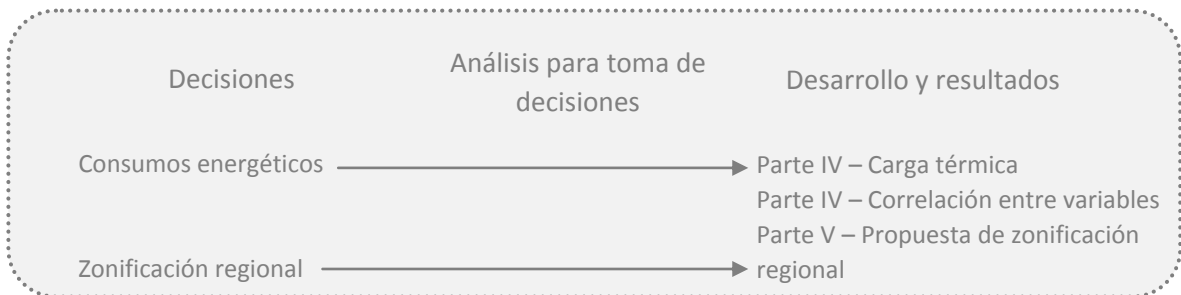
Etapa I – Revisión bibliográfica



Etapa II - Desarrollo



Etapa III – Resultados y conclusiones



4.1 Análisis

Determinación de la variable comparable

Para determinar la variable comparable se investigó acerca de los indicadores de confort térmico y eficiencia energética definidos en la Ley n° 13.059/03 de Argentina, en el PBE Edifica de Brasil, en la Calificación Energética de Viviendas de Chile y en la Norma Mexicana de Edificación Sustentable de México, y se realizó una reestructuración de dichos criterios buscando obtener una disposición estandarizada.

Para el caso de Argentina, se definió que la Ley n° 13.059/03 establece 5 criterios para garantizar condiciones de habitabilidad higrotérmica y su cumplimiento se verifica a partir de atender a los valores definidos para la (i) transmitancia térmica para cerramientos opacos, la (ii) transmitancia térmica para superficies vidriadas, el (iii) riesgo de condensación, el (iv) coeficiente de pérdidas globales, y el (v) coeficiente de infiltración de aire (**Tabla 16**).

Tabla 16: Indicadores de confort térmico y eficiencia energética requeridos por la Ley n° 13.059/03.

Fuente: (Senado y Cámara de Diputados, 2003)

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	INDICADOR
ENVOLVENTE 5 criterios	Condiciones de habitabilidad higrotérmica, de higiene, y de salubridad	1. Cumplir con los valores de transmitancia térmica K admisible (W/m^2K), para condiciones de invierno y verano, según la metodología establecida en la IRAM 11.601/96.	Transmitancia térmica para cerramientos opacos
		2. Verificar las condiciones higrotérmicas de los paños centrales, riesgo de condensación superficial e intersticial, según la metodología establecida en la IRAM 11.625/00.	Riesgo de condensación
		3. Verificar las condiciones higrotérmicas de puntos singulares, riesgo de condensación superficial e intersticial, según la metodología establecida en la IRAM 11.630/00.	Riesgo de condensación
		4. Verificar el coeficiente Gcal admisible, según la metodología establecida en la IRAM 11.604/01.	Coeficiente de pérdidas globales
		5. Verificar los valores de calidad térmica en vidriados y cumplir con la calidad de infiltración en carpinterías, según indica la IRAM 11.507/01.	Transmitancia térmica para vidrios Coeficiente de infiltración de aire

En el caso de Brasil, el PBE - Edifica clasifica la envolvente del edificio a partir de indicadores de consumo relativo para calefacción (C_A), refrigeración (C_R) y grados día resfriamiento (GH_R), a través de una ecuación que distribuye el peso de las características físicas y propiedades térmicas analizadas, considerando la sensibilidad de cada indicador en la eficiencia final de la envolvente. Se consideró que los indicadores requeridos por el PBE-Edifica para definir la eficiencia energética de la envolvente edilicia son la (i) transmitancia térmica, (ii) capacidad térmica, (iii) absortancia solar para cerramientos opacos, (iv) factor de proporción entre superficies opacas y vidriadas, y (v) factor de ventilación natural (**Tabla 17**).

Tabla 17: Indicadores de confort térmico y eficiencia energética requeridos por el PBE-Edifica.

Fuente: (Eletrobras, 2013).


C	CONCEPTOS	CRITERIOS	INDICADOR
ENVOLVENTE 4 criterios	Condiciones de habitabilidad higrotérmica, de higiene, y de salubridad	1. Atender a los valores máximos de transmitancia térmica, capacidad térmica y absortancia solar para los cerramientos opacos exteriores de los ambientes de primera, según establece la Guía.	Transmitancia térmica para cerramientos opacos
			Capacidad térmica en cerramientos opacos
			Absortancia solar en cerramientos opacos
		2. Cumplir con los valores mínimos de superficies de ventilación para los ambientes de primera, según establece la Guía. Permitir el cerramiento de las aperturas durante la noche para ciudades con temperatura media mensual por debajo de los 20°C.	Factor de proporción superficies vidriadas
			Factor de ventilación natural
		3. Permitir la ventilación cruzada en edificios ubicados entre las zonas bioclimáticas 2 y 8, respetando la proporción: $A_2/A_1 \geq 0,25$ de salida de aire entre dos aperturas de distintas fachadas. Donde A1 es la sumatoria de las superficies efectivas de la fachada con mayor apertura para ventilación y A2 para las demás orientaciones.	Factor de proporción superficies vidriadas
			Factor de ventilación natural
		4. Permitir que el 50% de los baños existentes en la unidad habitacional presenten ventilación natural.	Factor de proporción superficies vidriadas
			Factor de ventilación natural

Para el caso de Chile, la CEV define que la vivienda analizada debe reducir su consumo energético anual en comparación al valor de la demanda del estándar actual del país. Su método de evaluación se centra en el cálculo de la demanda para calefacción e iluminación, a través de un procedimiento que considera criterios de aislamiento térmico y aspectos relacionados con la orientación y la protección solar. Se estableció que los indicadores requeridos por la CEV para definir la demanda de calefacción, dado que algunos parámetros que no presentan un valor específico, son (i) transmitancia térmica para vidrios, (ii) transmitancia térmica de cerramientos opacos, (iii) transmitancia térmica para pisos, (iv) factor solar del vidrio, y (v) coeficiente de infiltración de aire (**Tabla 18**).

Tabla 18: Indicadores de confort térmico y eficiencia energética requeridos por el CEV.

Fuente: (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2016).

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	INDICADOR
DEMANDA	Reducción del consumo energético de la vivienda	1. Reducir el consumo energético de la vivienda en función del estándar actual de la construcción.	-



Transmitancia térmica de ventanas	Transmitancia térmica para vidrios
Transmitancia térmica de techos, muros, pisos ventilados y puertas	Transmitancia térmica para cerramientos opacos
Transmitancia térmica de piso en contacto con el terreno	Transmitancia térmica para pisos
Sombreamiento y orientación de ventanas	Informativo
Coefficiente de accesibilidad de la ventana (FA)	Informativo
Factor de accesibilidad respecto a elementos de sombra cercanos (FAV)	Informativo
Factor de accesibilidad respecto a elementos de sombra remotos (FAR)	Informativo
Factor solar del vidrio (FS)	Factor solar del vidrio
Factor del marco de la ventana (FM)	Coefficiente de infiltración de aire

En el caso de México, la norma mexicana de edificación sustentable define que la vivienda analizada debe limitar las ganancias de calor a través de la envolvente, atendiendo a tres normativas sobre aislamiento térmico y consumo energético. La NOM-018-ENER-2011 se centra en la aplicación de aislamientos térmicos a las edificaciones y no establece un valor específico que deba ser atendido. La NOM-008-ENER-2001 se destina a edificios no residenciales, mientras la NOM-020-ENER-2011 a edificaciones residenciales, y ambas definen las condiciones para calcular la ganancia de calor por conducción y radiación a través de la envolvente, estableciendo algunos indicadores específicos y otros informativos. Se consideró que los indicadores requeridos por la NMX para calcular la las ganancias de calor a través de la envolvente, considerando que emplea algunos parámetros informativos, son (i) rango de confort, (ii) transmitancia térmica para cerramientos opacos, (iii) transmitancia térmica en vidrios, y (iv) mejoramiento de la transmitancia térmica para cerramientos opacos (**Tabla 19**).

Tabla 19: Indicadores de confort térmico y eficiencia energética requeridos por la Norma mexicana de edificación sustentable. Fuente: (Secretaría de Economía, 2013).

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	INDICADORES
ENERGÍA	Aislación térmica	Calcular el presupuesto energético en base a las normas NOM- 008-ENER-2001 o NOM-020-ENER-2011 para limitar la ganancia de calor a través de la envolvente.	Detallado a continuación
		Reducir el 10% de la ganancia de calor con respecto al edificio base establecido en la norma NOM-008-ENER-2001 o NOM-020- ENER-2011.	Detallado a continuación
		Atender a las especificaciones de la norma NOM-018-ENER-2011 para la aplicación de aislamientos térmicos en la edificación.	Informativo
	Consumo anual de energía	Atender a los niveles máximos de consumo anual de energía establecidos en la norma.	Detallado a continuación
CALIDAD AMBIENTAL INTERIOR	Confort térmico	Mantener los parámetros de confort térmico con temperaturas entre los 18 y 25°C, favoreciendo las soluciones bioclimáticas sobre las mecánicas.	Rango de confort
	Regulación de ventilación	Permitir la opción de ventilación natural, mecánica y aire acondicionado en las edificaciones que requieran climatización.	Informativo



NOM-020-ENER-2011 - Eficiencia energética en edificaciones. Envolvente de edificios para uso habitacional.	
Coeficiente global de transferencia de calor elemento opaco	Transmitancia térmica para cerramientos opacos
Coeficiente global de transferencia de calor elemento transparente	Transmitancia térmica para vidrios
Coeficiente global de transferencia de calor elemento colindante	Mejoramiento de la transmitancia térmica para cerramientos opacos
Barrera de vapor	Informativo
Coeficiente de sombreado del vidrio	Informativo
Ganancia de calor solar por orientación	Informativo
Factor de corrección por sombreado exterior	Informativo

Se encontró que las normativas y los etiquetados analizados, evalúan el cumplimiento de diversos criterios de forma particular, donde el único indicador común es la transmitancia térmica. Entretanto, observando los indicadores en conjunto, se verifica que los cuatro casos se centran en calcular las pérdidas y/o las ganancias de calor a través de la envolvente de la edificación (**Tabla 20**). La Ley 13.059/03 de Argentina propone el cumplimiento de los niveles máximos admisibles para pérdidas

globales, el PBE - Edifica calcula la demanda de calefacción y refrigeración, la CEV define los consumos para calefacción, y la norma mexicana de eficiencia energética en edificaciones calcula la demanda de refrigeración.

Tabla 20: Indicadores considerados en el cálculo de pérdidas y/o ganancias de calor a través de la envolvente edilicia de cada sistema analizado.

INDICADORES	ARG	BRA	CHI	MEX
1. Transmitancia térmica en cerramientos opacos	●	●	●	●
2. Transmitancia térmica en vidrios	●		●	●
3. Transmitancia térmica para pisos	●		●	
4. Capacidad térmica en cerramientos opacos		●		
5. Absortancia solar en cerramientos opacos		●		
6. Factor de proporción superficies vidriadas		●		
7. Factor de ventilación natural		●		
8. Factor solar del vidrio	●		●	
9. Coeficiente de infiltración de aire	●		●	
10. Riesgo de condensación	●			
11. Coeficiente de pérdidas globales	●			
12. Rango de confort				●
13. Mejoramiento de la transmitancia térmica para cerramientos opacos				●

Selección de las localidades de estudio

Mediante el análisis de los indicadores considerados por cada sistema estudiado, se buscó encontrar localidades en los cuatro países que respondieran a características climáticas similares. Como el criterio común de análisis entre los sistemas de calificación estudiados consiste en las pérdidas y ganancias de calor que ocurren a través de la envolvente, se encontró los valores de grados día necesarios para alcanzar la condición de confort térmico en invierno y verano para las ciudades situadas en dichos países que posean una población superior a 200.000 habitantes. Dicha información se recolectó a partir de los censos realizados por cada país y se encuentra detallada en el *Anexo II*. Los datos de grados día correspondientes a cada localidad se extrajeron del sitio web de la NASA¹⁹ a partir del ingreso de la latitud y la longitud de cada ciudad. Se estimó la exactitud de los datos obtenidos con los valores de grados día establecidos en las normas IRAM para las localidades de Argentina y se registró un porcentaje de diferencia del orden de 12%.

¹⁹ Información disponible en el sitio web de la Nasa – camino de acceso: Meteorology and Solar Energy - Data tables for a particular location. <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov>

Para la realización del cálculo simplificado de la carga térmica, mediante la metodología definida en las normas IRAM 11.604 y la IRAM 11.659, se agruparon las 10 ciudades más pobladas de cada país, se encontró la sumatoria de grados día de calefacción y refrigeración para cada localidad, y se seleccionaron las ciudades que presentaran valores de grados días anuales con una diferenciación a cada 250 GD totales, buscando incluir los 4 países (**Figura 27**).

Figura 27: Grados días anuales para las 10 ciudades más pobladas de Argentina, Brasil, Chile y México.

Localidades	GD Ref.	GD Cal.	GD anual
Iquique	373	180	553
Antofagasta	155	462	617
Ciudad de México	176	634	810
Ecatepec	176	643	819
Guadalajara	767	112	879
Zapopan	767	112	879
León	228	660	888
Nezahualcóyotl	246	705	951
La Serena	378	575	953
Puebla	442	592	1034
Valparaíso	373	776	1149
Curitiba	887	358	1245
San Miguel de Tucumán	318	982	1300
Salta	48	1405	1453
Belo Horizonte	1514	33	1547
Tijuana	1552	0	1552
Porto Alegre	1179	409	1588
San Pablo	1489	103	1592
Monterrey	1010	644	1654
Concepción	10	1693	1703
Rio de Janeiro	1679	47	1726
Córdoba	803	932	1735
Mar del Plata	326	1438	1764
Rosario	1000	792	1792
Santa Fé	1102	695	1797
La Plata	839	983	1822
Buenos Aires	855	982	1837
Lanús	855	982	1837
Brasília	2040	1	2041
Corrientes	1715	331	2046
Talca	187	2029	2216
Juárez	871	1657	2528
Temuco	79	2540	2619
Salvador	2645	0	2645
Recife	2823	0	2823
Santiago	37	2850	2887
Rancagua	46	2933	2979
Fortaleza	3102	0	3102
Manaos	3387	0	3387
Puerto Montt	10	3590	3600

Para el cálculo de la carga térmica mediante simulación computacional, se optó por ampliar la muestra de las ciudades y realizar una diferenciación entre la necesidad de energía para refrigeración y calefacción. Se encontraron los valores de grados día para las 455 localidades exhibidas en el Anexo II y se seleccionaron las ciudades que poseen valores de grados día de refrigeración entre 800 y 1000, y aquellas con requerimiento de grados día de calefacción entre 400 y 600. Buscando abarcar la mayor cantidad de países y obtener una muestra más representativa en la condición de invierno, se decidió incluir las ciudades de Concepción, Valparaíso, Chillán y Copiapó para el caso de Chile, y Paraná, Rosario, Córdoba, Buenos Aires y La Plata para Argentina.

Procedimiento de cálculo para demanda de calefacción - IRAM 11.604/04

Como definido en la Metodología, la comparación entre los consumos energéticos se realiza con el cálculo de la carga térmica de calefacción y refrigeración mediante el procedimiento definido en las normas IRAM 11.604 y la IRAM 11.659 del conjunto de normas sobre acondicionamiento térmico de Argentina. A continuación se detalla el método de cálculo establecido en la norma IRAM 11.604 para definir la carga térmica de invierno para el Caso de Estudio IV definido en este trabajo, considerando que se encuentre situado en la localidad de La Plata - Argentina.

Ecuación 3: Cálculo del coeficiente G de pérdidas globales de invierno. Fuente: Norma IRAM 11.604 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2004)

$$G_{CAL} = Q_c + Q_i$$

Dónde:

Gcal = Cantidad de calor perdido total del local analizado (W)

Q_c = Cantidad de calor perdido por conducción a través de la envolvente (W)

Q_i = Cantidad de calor perdido por infiltración de aire exterior al local (W)

Ecuación 4: Cálculo de las pérdidas por conducción.

$$Q_c = \frac{(\sum A \cdot C_K \cdot K) + (P \cdot P_p)}{V}$$

Donde:

Q_c = Carga térmica por conducción a través de la envolvente (W)

Área = Superficie del cerramiento (m²)

Coef. K = Coeficiente de mejoramiento de la transmitancia térmica para cerramientos opacos. Considerado 1 cuando el muro se encuentre en contacto con el aire exterior, y 0,5 cuando en contacto con un ambiente calefaccionado.

K = Transmitancia térmica de la envolvente - muros, techos, pisos, ventanas (W/m².K). Valores de referencia en la IRAM 11.605/1996.

P = Perímetro de la envolvente

Pp = Pérdidas por el piso en contacto con el terreno, según aislación y zona bioambiental.

V = Volumen (m³)

PÉRDIDAS POR CONDUCCIÓN Q _c					
N°	Designación	Sup (m ²)	Coef. K	K (W/K.m ²)	qc (W)
1	Sup. Opaca - Muros	3.281,40	1	2,51	8.236,31
2	Sup. Opaca - Techos	470,60	1	1,96	922,38
3	Sup. Translucida - Puerta	8,00	1	5,6	44,80
4	Sup. Translucida - Vidrio	789,10	1	5,6	4.418,96
Pérdidas Totales por Conducción, Q _c (i)					13.622,45
Pérdidas por el piso en contacto con el terreno (ii) = P . P _p (128 * 1.38)					176,64
Pérdidas totales por conducción (iii) = (i + ii) / Volumen a calefaccionar (13.622,45 + 176,64) / 11.524,30					1,20

Ecuación 5: Cálculo de las pérdidas por infiltración.

$$Q_i = 0,35 \cdot N$$

Donde:

Q_i = Cantidad de calor perdido por infiltración de aire exterior al local (W)

0,35 = Constante del calor específico del aire en (W/m³ °C)

N = número renovaciones de aire en el local (adimensional).

Pérdidas volumétricas por el aire(iv) = calor específico del aire *renovaciones / hora (0,35 * 2)	0,70
COEFICIENTE G CAL V = (iii + iv)	1,90

Ecuación 6: Cálculo de la carga térmica anual de invierno. Fuente: Norma IRAM 11.604 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2004)

$$Q_G = \frac{n \cdot GD \cdot G_{CAL} \cdot V}{1000}$$

Dónde:

QG = Carga térmica anual de invierno (KWh/año)

n = Número de horas a calefaccionar por día (hs)

GD = Grados días con base a la temperatura de confort deseada (°C)

G_{CAL} = Coeficiente volumétrico de pérdidas totales

V = Volumen a calefaccionar (m³)

CARGA TÉRMICA ANUAL DE INVIERNO Q _G				
N (hs)	GD (°C)	G _{CAL}	V (m ³)	Q _G (KWh/año)
24	983	1,90	11.524,30	516.574,44

Procedimiento de cálculo para demanda de refrigeración - IRAM 11.659/07

A continuación se detalla el método de cálculo establecido en la norma IRAM 11.659 para definir la carga térmica de verano para el Caso de Estudio IV definido en este trabajo, considerando que se encuentre situado en la localidad de La Plata - Argentina.

Ecuación 7: Cálculo de la carga térmica diaria de verano. Fuente: Norma IRAM 11.659 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2007).

$$Q_R = Q_C + Q_S + (Q_O + Q_{cc} + Q_a)$$

Donde:

Q_R = Carga térmica total (W)

Q_C = Carga térmica por conducción a través de la envolvente (W)

Q_S = Carga térmica solar (W)

Q_O = Carga térmica por fuentes internas - personas + equipamiento + iluminación (W)

Q_{cc} = Carga térmica por conducción en conductos (W)

Q_a = Carga térmica por ventilación aportado por el aire exterior (W)

Ecuación 8: Cálculo de la carga térmica por conducción a través de la envolvente.

$$Q_C = \sum A \cdot K \cdot \Delta t$$

Donde:

Q_C = Carga térmica por conducción a través de la envolvente (W)

Área = Superficie del cerramiento (m^2)

K = Transmitancia térmica de la envolvente - muros, techos, pisos, ventanas ($W/m^2.K$). Valores de referencia en la IRAM 11.605/1996.

Δt = ($t_e - t_i$)

t_e = Temperatura exterior de diseño ($^{\circ}C$) - Es la temperatura máxima media del mes más cálido, acrecida de $3,5^{\circ}C$.

t_i = Temperatura interior ($^{\circ}C$) - Es la temperatura del aire interior, según el nivel de confort establecido.

CARGA TÉRMICA POR CONDUCCIÓN Q_c					
N°	Designación	Área total (m^2)	K ($W/K.m^2$)	Δt ($^{\circ}C$)	q_c (W)
1	Sup. Opaca - Muros	3.281,40	2,51	9	74.126,83
2	Sup. Opaca - Techos	470,60	1,96	9	8.301,38
3	Sup. Translúcida - Puerta	8,00	5,6	9	403,20
4	Sup. Translúcida - Vidrio	789,10	5,6	9	39.770,64
Carga Térmica Por Conducción, Q_c (i)					122.602,05

Ecuación 9: Cálculo de la carga térmica solar.

$$Q_S = \sum A \cdot I_S \cdot F_{es}$$

Donde:

Q_S = Carga térmica solar (W)

Área = Superficie vidriada (m^2)

I_S = Radiación solar a las 13hs en (W/m^2) - Es la radiación global incidente en un determinado plano, según el lugar en que se encuentra la obra. Posible de calcular con Geosol (Hernández, 2003)

F_{ES} = Factor de exposición solar del vidrio o la carpintería, según la protección que posea el vidrio o la carpintería. Valores de referencia en la IRAM 11.659/2007.

CARGA TÉRMICA SOLAR Q_s					
N°	Designación	Área (m ²)	I_s (W/m ²)	F_{es}	q_s (W)
1	Ventanas al Norte	339,8	370	1	125.726,0
2	Ventanas al Sur	331	268	1	83.348,0
3	Ventanas al Este	92,15	268	1	24.696,2
4	Ventanas al Oeste	46,1	360	1	16.596,0
5	Puertas al Norte	0	370	1	0,0
6	Puertas al Sur	0	268	1	0,0
7	Puertas al Este	8	268	1	2.144,0
8	Puertas al Oeste	0	360	1	0
Carga Térmica Solar, Q_s (ii)					250.366,2
TOTAL CALOR SENSIBLE EXTERNO (iii = i + ii)					375.112,25

Ecuación 10: Cálculo de la carga térmica por fuentes internas sensible.

$$Q_{Os} = N_{PERS} \cdot q_{PERS} + A \cdot CT \cdot q_{ILUM} \sum N_{ART} \cdot P_{ART}$$

Donde:

Q_{Os} = Carga térmica por fuentes internas (W)

N_{PERS} = Cantidad de persona en el local según el uso. Valores de referencia en la IRAM 11.659/2007.

q_{PERS} = Disipación de calor por persona según actividad. Valores de referencia en la IRAM 11.659/2007.

Área = Superficie ocupada (m²)

CT = Coeficiente térmico de la iluminación. Valores de referencia en la IRAM 11.659/2007.

q_{ILUM} = Niveles de iluminación recomendados por IRAM según tipo de local y tipo de iluminación.

N_{ART} = Cantidad de artefactos.

P_{ART} = Potencia del artefacto. Valores de referencia en la IRAM 11.659/2007.

CARGA TÉRMICA POR FUENTES INTERNAS Q_{Os} - SENSIBLE					
N°	Calor interno - personas	N PERS	Q PERS (W/PERS)	Q PERS (W)	
1	Edificio de viviendas	288	63,8	18.374,4	
N°	Calor interno - iluminación	Área (m ²)	CT	q ILUM (W/m ²)	Q ILUM (W)
1	Iluminación interior fluorescente	5.640	1,25	12	84.600,0
N°	Calor interno - artefactos	N ART	P ART (W/ART)	Q ART (W)	
1	Heladera	72	310	22.320,0	
2	Horno	72	6977	502.344,0	
3	Maquina lavar ropas	72	300	21.600,0	
4	Computadora	144	300	43.200,0	
5	Televisión	72	300	21.600,0	
Subtotal de Ganancias de Calor Sensible por Fuentes Internas (iv)					714.038,4
Qo = Q pers + Q ilum + Q art					

Ecuación 11: Cálculo carga térmica por conducción en conductos.

$$Q_{cc} = (Q_C + Q_S + Q_O) \cdot 4\%$$

Ganancia de calor en conductos (v) = (iii + iv) * 4%	43.566,03
(714.038,4 + 375.112,25) * 4%	

Ecuación 12: Cálculo carga térmica por ventilación sensible.

$$Q_{Vs} = N_{PERS} \cdot CA \cdot 0,25 \cdot \Delta t$$

Donde:

N_{PERS} = Cantidad de personas en el local según el uso.

CA = Caudal de aire de ventilación por persona en m³/h pers. Valores de referencia en la IRAM 11.659/2007.

0,25 = Constante resultante del cociente entre el calor específico del aire húmedo a 21°C y 50% HR y el volumen específico de la misma mezcla de aire (W/m³ °C)

$$0,25 = C_e \cdot n$$

C_e = calor específico del aire (21°C y 50%): 0,211 W/kg °C

n = volumen específico del aire (21°C y 50%): 0,845 m³/kg

$$\Delta t = (t_e - t_i)$$

Carga térmica por ventilación sensible = CAR x 0,25 x Δt (vi)	
(N personas * caudal de aire * 0,25 * Δt)	9.720,0
(288*15m ³ /h * 0,25 * 9°C)	

TOTAL CALOR SENSIBLE INTERNO (vii = iv + v + vi)	767.324,43
---	-------------------

TOTAL CALOR SENSIBLE (viii = iii + vii)	1.142.437
--	------------------

Ecuación 13: Cálculo de la carga térmica por fuentes internas latente.

$$Q_{OI} = N_{PERS} \cdot q_{PERS} + A \cdot CT \cdot q_{ILUM} \sum N_{ART} \cdot P_{ART}$$

Donde:

Q_{OI} = Carga térmica por fuentes internas latente (W)

N_{PERS} = Cantidad de persona en el local según el uso. Valores de referencia en la IRAM 11.659/2007.

q_{PERS} = Disipación de calor por persona según actividad. Valores de referencia en la IRAM 11.659/2007.

N_{ART} = Cantidad de artefactos.

P_{ART} = Potencia del artefacto. Valores de referencia en la IRAM 11.659/2007.

CARGA TÉRMICA POR FUENTES INTERNAS Q_{OI} - LATENTE				
N°	Calor interno - personas	N PERS	Coefficiente (W/PERS)	Q PERS (W)
1	Edificio de viviendas	288	46	13.248,00
N°	Calor interno - artefactos	N ART	Qs (W/ART)	Q ART (W)
1	Heladera	72	0,00	0,00
2	Horno	72	3.373,00	242.856,00
3	Maquina lavar ropas	72	0,00	0,00
4	Computadora	144	0,00	0,00
5	Televisión	72	0,00	0,00
Subtotal de Ganancias de Calor Latente por Fuentes Internas (viii) $Q_o = Q_{pers} + Q_{ilum} + Q_{art}$				256.104,00

Ecuación 14: Cálculo carga térmica por ventilación latente.

$$Q_{VI} = N_{PERS} \cdot CA \cdot 0,61 \cdot \Delta w$$

Donde:

N_{PERS} = Cantidad de personas en el local según el uso.

CA = Caudal de aire de ventilación por persona en m^3/h pers. Valores de referencia en la IRAM 11.659/2007.

0,61 = Constante resultante del cociente entre el valor medio de la cantidad de calor cedida por la condensación de un gramo de vapor de agua y el volumen específico de la misma mezcla de aire (W/m^3g)

$$0,61 = C_v \cdot n$$

C_v = calor cedido por condensación de 1 g vapor agua: 0,516 W/kg g

n = volumen específico del aire (21°C y 50%): 0,845 m^3/kg

$$\Delta w = (w_e - w_i)$$

w_e = humedad específica del aire exterior (g/kg)

w_i = humedad específica del aire interior (g/kg)

Valores de referencia del diagrama psicrométrico para las mezclas de aire exterior e interior

Carga térmica por ventilación latente = $CA \cdot N \cdot 0,61 \cdot \Delta w$ (ix) (N personas * caudal de aire * 0,61 * Δw) (288*15 m^3/h * 0,61 * 13,6 gr/kg)	35.838,72
TOTAL CALOR LATENTE (x = viii + ix)	291.942,72
CARGA TÉRMICA TOTAL REFRIGERACIÓN (xi = viii + x)	1.434.0379,1 7

Indicadores, Valores y Estándares

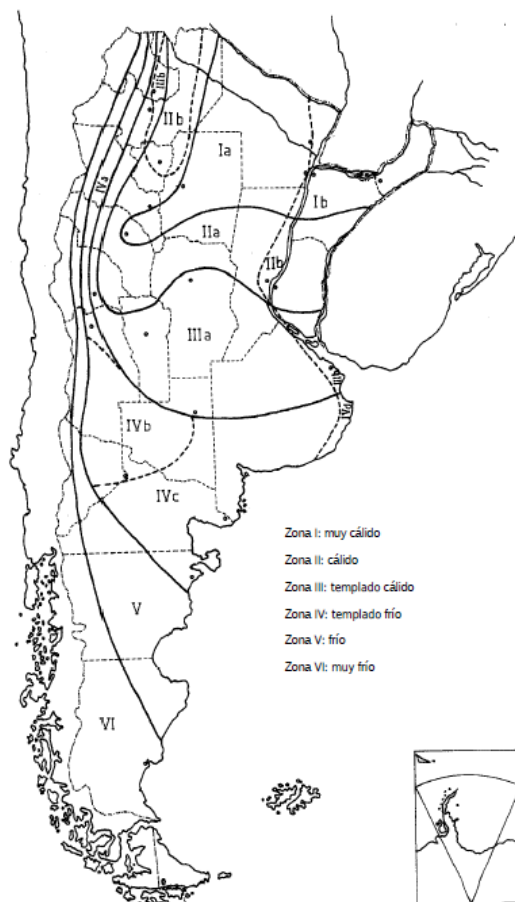
A continuación se mencionan los datos necesarios para ingresar en las ecuaciones detalladas anteriormente, establecidos para diversas localidades de Argentina, Brasil, Chile y México.

Argentina

Para Argentina los valores admisibles para la transmitancia térmica (W/m^2K) de los elementos de la envolvente, varían en función de la zona bioclimática en que la edificación se encuentra situada. Conforme indica el mapa bioambiental disponible en la norma IRAM 11.603 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2012), el territorio argentino se encuentra dividido en 6 zonas (**Figura 28**), las cuales se clasifican en función de características climáticas similares (**Tabla 21**).

Figura 28: Mapa bioambiental de la Argentina.

Fuente: (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2012).



Para definir los valores de transmitancia térmica, la norma IRAM 11.605 titulada Acondicionamiento térmico de edificios - Condiciones de habitabilidad en edificios - Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2001a), clasifica el desempeño edilicio en tres niveles de confort, A - recomendado, B - medio, y C - mínimo, según la condición de verano o invierno. Dichos niveles establecen los valores de transmitancia térmica máximos admisibles que deben ser atendidos por los elementos opacos de

la envolvente, es decir que para cumplir con la norma, la transmitancia térmica de aire a aire de los techos, muros y pisos deberá ser menor o igual a la transmitancia térmica máxima admisible correspondiente.

Tabla 21: Características de las zonas bioclimáticas de Argentina.

Fuente: (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2012).

Clasificación	Zona	Temperatura efectiva corregida (TEC)	Amplitud Térmica
I - Muy cálida	A	Centro este del norte del país	Verano: Mayores a 26,3°C
	B		Invierno: Mayores a 12°C
II - Cálida	A	Extensión este - oeste del norte del país	Verano: Mayores a 24°C
	B		Invierno: Entre 8°C y 12°C
III - Templada cálida	A	Predominancia en el centro del país	Verano: Entre 20°C y 26°C
	B		Invierno: Entre 8°C y 12°C
IV - Templada fría	A	Predominancia en el centro sur del país	18°C
	B		17°C
	C		16°C
	D		15°C
V - Fría	Extensión norte - sur de la cordillera y la región central de la Patagonia	Verano: 16°C Invierno: 4°C	-
VI - Muy fría	Altas cumbres de la Cordillera de los Andes y el extremo Sur de la Patagonia	Verano: Menores a 12°C Invierno: Máximo 4°C	-

La verificación debe realizarse simultáneamente en condiciones de verano e invierno, excepto para las zonas bioambientales V y VI, donde solo se exige que se cumpla con la condición de invierno, y debe atender al nivel B, ya que el nivel C se destina a viviendas de interés social.

Para la condición de verano, los valores máximos admisibles están definidos según se trate de muros o techos y en función de cada zona bioambiental, conforme se verifica en la **Tabla 22**. Estos valores están dados para todos elementos cuya superficie exterior presente un coeficiente de absorción de la radiación solar de 0,6 a 0,8. Para coeficientes menores que 0,6, se acrecienta al valor de U el 20% para muros y 30% para techos, en cuanto para los coeficiente superiores a 0,8, se disminuye el valor de U en 15% y 20%, para muros y techos respectivamente.

Tabla 22: Valores máximos de transmitancia térmica U (W/m².K) para condiciones de verano.

Fuente: (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2001a).

Zona bioambiental	Muros			Techos		
	Nivel A	Nivel B	Nivel C	Nivel A	Nivel B	Nivel C
I y II	0,45	1,10	1,80	0,18	0,45	0,72
III y IV	0,50	1,25	2,00	0,19	0,48	0,76

Para la situación de invierno, los valores máximos admisibles están definidos en función de la temperatura exterior de diseño - TED del proyecto, la cual se define en función del nivel de confort que se pretende alcanzar en los ambientes internos, es decir, en función de la temperatura interior de diseño que se considera como base menos el valor de la temperatura media mínima exterior (Tabla 23 y Tabla 24).

Tabla 23: Valores máximos de transmitancia térmica U (W/m².K) para condiciones de invierno.

Fuente: (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2001a).

TED (°C)	Muros			Techos		
	Nivel A	Nivel B	Nivel C	Nivel A	Nivel B	Nivel C
-5	0,31	0,83	1,45	0,27	0,69	1,00
-4	0,32	0,87	1,52	0,28	0,72	1,00
-3	0,33	0,91	1,59	0,29	0,74	1,00
-2	0,35	0,95	1,67	0,30	0,77	1,00
-1	0,36	0,99	1,75	0,31	0,80	1,00
>0	0,38	1,00	1,85	0,32	0,83	1,00

Tabla 24: Temperatura interior de diseño para niveles de confort A, B y C.

Fuente: (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2001a).

Nivel	A (°C)	B (°C)	C (°C)
Para verificar la no existencia de condensación superficial	22	20	18
Para el confort a través de la diferencia de temperatura interior de diseño y superficial de un cerramiento	1	2,5	4

Brasil

En Brasil los valores admisibles para la transmitancia térmica (W/m²K) de los elementos de la envolvente, así como para capacidad térmica y absorción a la radiación, varían en función de la zona bioclimática en que la edificación se encuentra situada, conforme indica la (Tabla 25).

Tabla 25: Valores de Transmitancia Térmica (W/m².K), Capacidad térmica (kJ/m².K) y Absorción a la radiación para muros y techos. Fuente: (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013).

Zona bioambiental	Muros			Techos			
	Transmitancia Térmica	Capacidad Térmica	Absorción a la radiación	Transmitancia Térmica			Absorción a la radiación
				M	I	S	
1 y 2	≤ 2,5	≥ 130	-	≤ 2,3	≤ 1,5	≤ 1,0	-
3, 4, 5 y 6	≤ 3,7	≥ 130	α ^a ≤ 0,6	≤ 2,3	≤ 1,5	≤ 1,0	α ≤ 0,6
	≤ 2,5	≥ 130	α ^a > 0,6	≤ 1,5	≤ 1,0	≤ 0,5	α > 0,6
7 y 8*	≤ 3,7	≥ 130	α ^a ≤ 0,6	≤ 2,3 FV	≤ 1,5 FV	≤ 1,0 FV	α ≤ 0,4
	≤ 2,5	≥ 130	α ^a > 0,6	≤ 1,5 FV	≤ 1,0 FV	≤ 0,5 FV	α > 0,4

El mapa bioambiental de Brasil se encuentra disponible en la NBR 15.220 (2008) y divide el territorio nacional en 8 zonas (**Figura 29**), según las características bioclimáticas mencionadas en la (**Tabla 26**).

Figura 29: Mapa bioambiental de Brasil. Fuente: (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008).

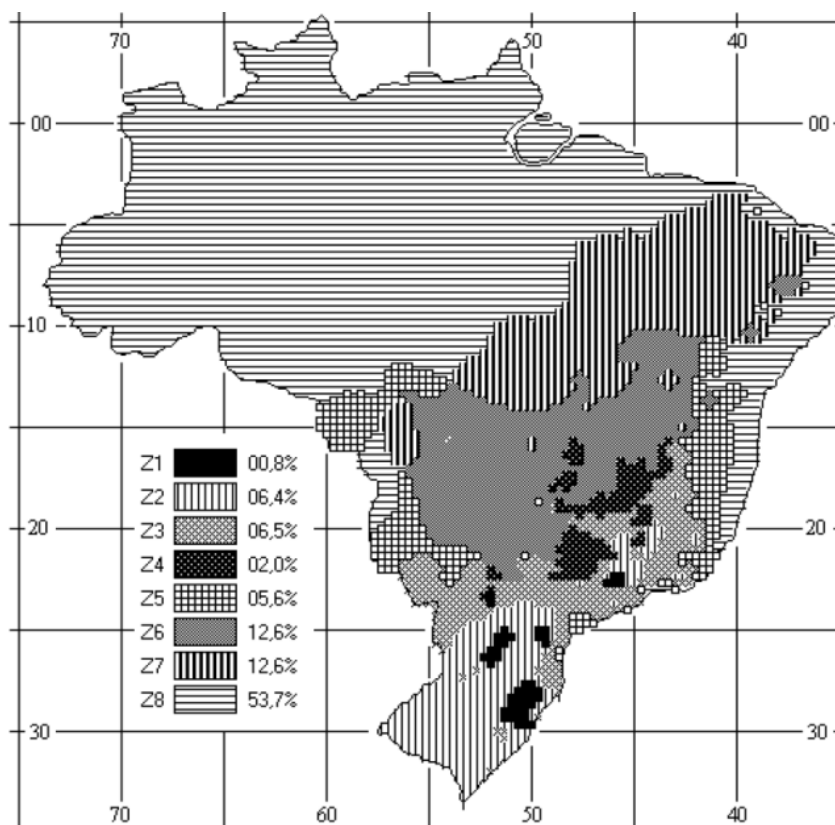


Tabla 26: Características de las zonas bioclimáticas de Brasil.

Fuente: (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008).

Clasificación	Zona	Temperatura media diaria *	Amplitud media anual **
I - Más fría	Pequeñas localidades en el sur	Entre 0,7°C y 31,4 °C	9,0 °C
II	Sur del país	Medias de 18 °C**	11,0 °C
III	Predominancia en el centro sur	Entre 6,0°C y 35,9 °C	8,0 °C
IV	Pequeñas localidades en el centro oeste	Entre 10,0°C y 31,2 °C	11,0 °C
V	Franjas de extensión norte-sur en el centro oeste y centro leste	Medias de 22°C**	8,0 °C
VI	Predominancia en el centro	Entre 9,6°C y 34,6 °C	11,5 °C
VII	Predominancia en el nordeste del país	Entre 11,4°C y 37,8 °C	11,5 °C
VIII - Caliente y húmedo	Predominancia en la zona Amazónica con una extensión por la costa nordeste	Entre 11,9°C y 37,9 °C	8,5 °C

*Las temperaturas medias fueron tomadas como promedio de las localidades disponibles en la NBR 15.220.

** Por no disponer de datos en la NBR 15.220 se tomaron las temperaturas medias promedio y las amplitudes medias anuales establecidos en la Classificação de climas do Brasil – Versão 2 (Roriz, 2013).

Chile

Los valores admisibles para la transmitancia térmica (W/m^2K) de los elementos de la envolvente, varían en función de la zona bioclimática en que la edificación se encuentra situada, conforme indica la (Tabla 27).

Tabla 27: Valores de transmitancia térmica ($W/m^2.K$). Fuente: (Instituto Nacional de Normalización, 1997).

Zona	Muros	Techos
NL	2,6	0,8
ND	2,1	0,8
NVT	2,1	0,8
CL	2,0	0,9
CI	1,9	0,9
SL	1,8	1,0
SI	1,7	0,9
SE	1,6	0,7
An	1,6	0,7

Conforme el mapa bioambiental disponible en la norma NCh1079/2000 (CITA), el territorio chileno se encuentra dividido en 9 zonas bioclimáticas (Figura 30), según las características bioclimáticas mencionadas en la (Tabla 26).

Figura 30: Mapa bioambiental de Chile.

Fuente: (Instituto Nacional de Normalización, 1997).



Tabla 28: Características de las zonas bioclimáticas de Chile. Fuente: (Instituto Nacional de Normalización, 1997)

Clasificación	Zona	Temperatura media *	Amplitud media anual
NL	Norte Litoral	Entre 17,7°C y 15 °C	7,3 °C baja
ND	Norte Desértica	Entre 15 °C y 12,3 °C	17,6 °C alta
NVT	Norte Valle Transversal	Entre 15°C y 15,9 °C	16,2 °C alta
CL	Central Litoral	Entre 12,8°C y 14,6 °C	9,2 °C baja
CI	Central Interior	Entre 13,7°C y 14,3 °C	17,0 °C alta
SL	Central Interior	Entre 12 °C y 12,6 °C	14,2 °C media
SI	Sur Interior	Entre 10,6°C y 12,7 °C	16 °C alta
SE	Sur Extremo	Entre 6,7°C y 10,8 °C	6,5 °C baja
An	Andina	Entre 8,5°C y 11,1 °C	8,5 °C baja

*Las temperaturas medias fueron tomadas como promedio de las localidades disponibles en la NCh1079/2000.

**Para valores de amplitud se consideró la situación más desfavorable, según datos de la NCh1079/2000.

México

En México, a diferencia de Argentina, Brasil y Chile, los valores de transmitancia térmica están definidos para cada localidad, de manera que el país no posee oficialmente un mapa bioambiental. A continuación se exhibe algunos valores admisibles para techos y muros, según la ciudad en que se encuentre y el nivel de pisos que posea la edificación (**Tabla 29**).

Tabla 29: Valores de transmitancia térmica (W/m².K). Fuente: (Secretaría de Energía, 2011)

Ciudad	Hasta 3 niveles	+ de 3 niveles		Ciudad	Hasta 3 niveles	+ de 3 niveles	
		Techos	Muros			Techos	Muros
Ciudad de México	0,9	0,9	0,9	Jalapa	0,71	0,71	0,90
Ecatepec	0,9	0,9	0,9	Mazatlán	0,52	0,52	0,62
Tijuana	0,71	0,71	0,90	Nuevo Laredo	0,52	0,52	0,55
Puebla	0,83	0,83	0,90	Xico	0,9	0,9	0,9
Guadalajara	0,71	0,71	0,90	Villahermosa	0,52	0,52	0,55
León	0,71	0,71	0,90	Cuernavaca	0,71	0,71	0,90
Juárez	0,62	0,62	0,83	Tepic	0,71	0,71	0,90
Monterrey	0,55	0,55	0,71	Ixtapaluca	0,9	0,9	0,9
Nezahualcóyotl	0,9	0,9	0,9	Victoria	0,52	0,52	0,62
Chihuahua	0,62	0,62	0,9	Obregón	0,52	0,52	0,62
Naucalpan de Juárez	0,9	0,9	0,9	Tampico	0,52	0,52	0,62
Mérida	0,52	0,52	0,62	Villa Nicolás Romero	0,9	0,9	0,9
San Luis Potosí	0,83	0,83	0,90	Ensenada	0,9	0,9	0,9
Aguascalientes	0,83	0,83	0,90	San Francisco Coacalco	0,9	0,9	0,9
Hermosillo	0,47	0,47	0,52	Uruapan	0,83	0,83	0,90
Saltillo	0,83	0,83	0,90	Los Mochis	0,52	0,52	0,62
Mexicali	0,47	0,47	0,55	Pachuca de Soto	0,90	0,90	0,90
Culiacán Rosales	0,52	0,52	0,62	Oaxaca de Juárez	0,71	0,71	0,90
Acapulco de Juárez	0,52	0,52	0,62	Tehuacán	0,71	0,71	0,90
Tlalnepantla de Baz	0,9	0,9	0,9	Ojo de Agua	0,9	0,9	0,9
Cancún	0,52	0,52	0,62	Coatzacoalcos	0,52	0,52	0,62
Santiago de	0,83	0,83	0,90	San Francisco de Campeche	0,52	0,52	0,62
Chimalhuacán	0,9	0,9	0,9	Monclova	0,52	0,52	0,62
Torreón	0,52	0,52	0,62	La Paz	0,52	0,52	0,71
Morelia	0,83	0,83	0,90	Heroica Nogales	0,71	0,71	0,90
Reynosa	0,52	0,52	0,62	Buenavista	0,9	0,9	0,9
Tuxtla Gutiérrez	0,55	0,55	0,83	Puerto Vallarta	0,52	0,52	0,62
Victoria de Durango	0,83	0,83	0,90	Tapachula	0,52	0,52	0,71
Toluca de Lerdo	0,9	0,9	0,9	Chilpancingo	0,71	0,71	0,90
Cd López Mateos	0,9	0,9	0,9	Guanajuato	0,71	0,71	0,90
Cuautitlán Izcalli	0,9	0,9	0,9	Chetumal	0,52	0,52	0,62
Heroica Matamoros	0,55	0,55	0,83	Zacatecas	0,90	0,90	0,90
Veracruz	0,52	0,52	0,62	Colima	0,55	0,55	0,90
Tlaxcala	0,90	0,90	0,90				

Procedimiento de cálculo para demanda de calefacción y refrigeración – Revit / Design Builder.

La modelización de cada caso de estudio se realizó de forma detallada, dibujando los elementos constructivos de la edificación, asignando espacios y zonas térmicas, en vez de utilizar el modelado conceptual por masas (**Figura 31, Figura 32, Figura 33 y Figura 34**).

Figura 31: Caso I: vivienda unifamiliar de interés social

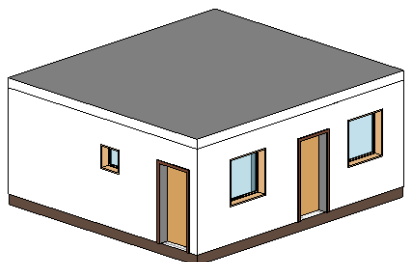


Figura 32: Caso III: edificio multifamiliar de interés social



Figura 33: Caso II: vivienda unifamiliar.

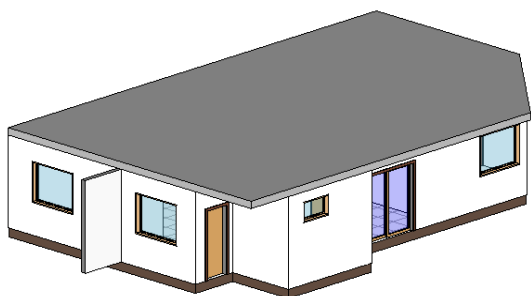


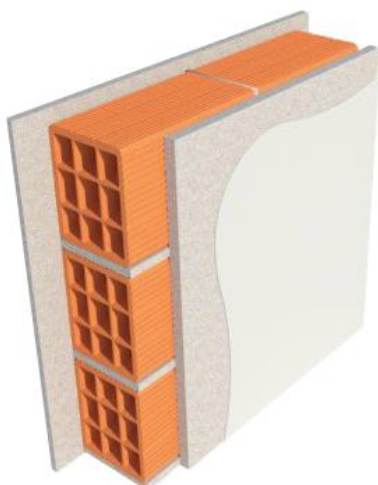
Figura 34: Caso IV: vivienda multifamiliar



Se consideró inicialmente el empleo de una tipología constructiva tradicional, con estructura de hormigón armado, muros de ladrillo cerámico hueco revestido con revoque y pintura, carpinterías de aluminio y vidrio simple, sin protección, y cubierta de losa con teja de aluzinc (**Figura 35**).

Figura 35: Muro exterior, interior, cubierta y losa de entrepisos del modelo actual.

Muro en contacto con el aire exterior - ladrillo hueco de 15 cm



$$U = 2,51 \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

Losa en contacto con el aire exterior - losa de hormigón de 15 cm



$$U = 1,96 \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

Muro en contacto con ambientes calefaccionados- ladrillo hueco 12cm



$$U = 2,85 \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

Losa en contacto con ambientes calefaccionados - losa de hormigón de 12cm



$$U = 2,88 \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

Se definieron las propiedades térmicas de los materiales, la composición de los elementos constructivos y se obtuvieron los siguientes valores de transmitancia térmica ($\text{W/m}^2\text{K}$): 2,51 para el muro exterior, 2,85 para muros interiores, 1,96 para la cubierta, 2,88 para losa de entrepisos, y 5,6 para carpinterías y puertas exteriores (**Tabla 30 y Anexo III**).

Para que los valores de consumo calculados sean acordes a los estándares de confort definidos por cada país, se elaboraron 4 modelos diferentes para el muro exterior y 4 modelos distintos para la cubierta, estableciendo una diferenciación entre los valores de transmitancia térmica de cada elemento. Se aplicaron diferentes espesores de lana de vidrio y poliestireno expandido con el objetivo de alcanzar los valores de transmitancia térmica admisibles para cada localidad de estudio, y según la disponibilidad encontrada en el mercado (**Tabla 31 y Tabla 32**).

Tabla 30: Composición del muro exterior y de la cubierta.

Muro exterior	Espesor e (m)	Coefficiente de Conductividad λ (W/mk)	Resistencia Térmica R (m^2k/W) = e/λ
Resistencia superficial interna	-	-	0.120
Revoque interno	0.02	1.3	0.015
Ladrillo cerámico	0.15	0.75	0.200
Revoque externo	0.03	1.3	0.023
Resistencia superficial externa	-	-	0.040
Resistencia térmica total			0.398 (m^2K/W)
Coefficiente de transmitancia térmica U (1/R)			2.510 (W/m^2K)

Losa cubierta	Espesor e (m)	Coefficiente de Conductividad λ (w/mk)	Resistencia Térmica R (m^2k/w) = e/λ
Resistencia superficial interna	-	-	0.120
Teja aluzinc	0.03	58	0.001
Aire	0.005	0.026	0.192
Losa hormigón	0.15	1.1	0.136
Revoque externo	0.025	1.3	0.019
Resistencia superficial externa	-	-	0.040
Resistencia térmica total			0.508 (m^2K/W)
Coefficiente de transmitancia térmica U (1/R)			1.967 (W/m^2K)

Muro Interior	Espesor e (m)	Coefficiente de Conductividad λ (w/mk)	Resistencia Térmica R (m^2k/w) = e/λ
Resistencia superficial interna	-	-	0.120
Revoque interno	0.02	1.3	0.015
Ladrillo cerámico	0.12	0.75	0.160
Revoque interno	0.02	1.3	0.015
Resistencia superficial externa	-	-	0.040
Resistencia térmica total			0.351 (m^2K/W)
Coefficiente de transmitancia térmica U (1/R)			2.851 ($W/m2K$)

Losa Interior	Espesor e (m)	Coefficiente de Conductividad λ (w/mk)	Resistencia Térmica R (m^2k/w) = e/λ
Resistencia superficial interna	-	-	0.120
Piso	0.035	0.9	0.039
Argamasa de asentamiento	0.03	1.3	0.023
Losa hormigón	0.12	1.1	0.109
Revoque	0.02	1.3	0.015
Resistencia superficial externa	-	-	0.040
Resistencia térmica total			0.346 (m^2K/W)
Coefficiente de transmitancia térmica U (1/R)			2.886 ($W/m2K$)

Tabla 31: Composición de los cuatro modelos de muros exteriores.

Muro II	Espesor e (m)	Coefficiente de Conductividad λ (W/mk)	Resistencia Térmica R (M^2k/W) = E/λ
Resistencia superficial interna	-	-	0.120
Revoque interno	0.02	1.3	0.015
Ladrillo cerámico	0.15	-	0.360
Poliestireno expandido 30Kg/m ³	0.05	0.032	1.563
Malla y adhesivo (cemento adhesivo)	0.008	0.2	0.040
Revoque externo	0.03	1.3	0.023
Resistencia superficial externa	-	-	0.040
Resistencia térmica total			2.161 (m²K/W)
Coefficiente de transmitancia térmica U (1/R)			0.463 (W/m²K)

Muro III	Espesor e (m)	Coefficiente de Conductividad λ (w/mk)	Resistencia Térmica R (m^2k/w) = e/λ
Resistencia superficial interna	-	-	0.120
Revoque interno	0.02	1.3	0.015
Ladrillo cerámico	0.15	-	0.360
Lana de vidrio	0.035	0.043	0.814
Revoque externo	0.03	1.3	0.023
Resistencia superficial externa	-	-	0.040
Resistencia térmica total			1.372 (m²K/W)
Coefficiente de transmitancia térmica U (1/R)			0.729 (W/m²K)

Muro IV	Espesor e (m)	Coefficiente de Conductividad λ (w/mk)	Resistencia Térmica R (m^2k/w) = e/λ
Resistencia superficial interna	-	-	0.120
Revoque interno	0.02	1.3	0.015
Ladrillo cerámico	0.12	-	0.410
Aragamasa	0.02	1.3	0.015
Ladrillo cerámico	0.12	-	0.410
Revoque externo	0.03	1.3	0.023
Resistencia superficial externa	-	-	0.040
Resistencia térmica total			0.914 (m²K/W)
Coefficiente de transmitancia térmica U (1/R)			1.094 (W/m²K)

Muro V	Espesor e (m)	Coefficiente de Conductividad λ (w/mk)	Resistencia Térmica R (m^2k/w) = e/λ
Resistencia superficial interna	-	-	0.120
Revoque interno	0.02	1.3	0.015
Ladrillo cerámico	0.18	-	0.470
Revoque externo	0.03	1.3	0.023
Resistencia superficial externa	-	-	0.040
Resistencia térmica total			0.548 (m²K/W)
Coefficiente de transmitancia térmica U (1/R)			1.823 (W/m²K)

Tabla 32: Composición de los cuatro modelos de cubiertas.

Techo II	Espesor e (m)	Coefficiente de Conductividad λ (W/mk)	Resistencia Térmica R (M^2k/W) = e/λ
Resistencia superficial interna	-	-	0.120
Teja aluzinc	0.03	58	0.001
Losa hormigón	0.15	1.1	0.136
Lana de vidrio	0.035	0.043	0.814
Placa de PVC	0.01	0.16	0.063
Resistencia superficial externa	-	-	0.040
Resistencia térmica total			1.173 (m^2K/W)
Coefficiente de transmitancia térmica U (1/R)			0.852 (W/m^2K)

Techo III	Espesor e (m)	Coefficiente de Conductividad λ (w/mk)	Resistencia Térmica R (m^2k/w) = e/λ
Resistencia superficial interna	-	-	0.120
Teja aluzinc	0.03	58	0.001
Losa hormigón	0.15	1.1	0.136
Lana de vidrio	0.05	0.043	1.163
Placa de PVC	0.01	0.16	0.063
Resistencia superficial externa	-	-	0.040
Resistencia térmica total			1.522 (m^2K/W)
Coefficiente de transmitancia térmica U (1/R)			0.657 (W/m^2K)

Techo IV	Espesor e (m)	Coefficiente de Conductividad λ (w/mk)	Resistencia Térmica R (m^2k/w) = e/λ
Resistencia superficial interna	-	-	0.120
Teja aluzinc	0.03	58	0.001
Losa hormigón	0.15	1.1	0.136
Poliestireno expandido 30Kg/m ³	0.05	0.032	1.563
Placa de PVC	0.01	0.16	0.063
Resistencia superficial externa	-	-	0.040
Resistencia térmica total			1.922 (m^2K/W)
Coefficiente de transmitancia térmica U (1/R)			0.520 (W/m^2K)

Techo IV	Espesor e (m)	Coefficiente de Conductividad λ (w/mk)	Resistencia Térmica R (m^2k/w) = e/λ
Resistencia superficial interna	-	-	0.120
Teja aluzinc	0.03	58	0.001
Losa hormigón	0.15	1.1	0.136
Lana de vidrio	0.08	0.043	1.860
Placa de PVC	0.01	0.16	0.063
Resistencia superficial externa	-	-	0.040
Resistencia térmica total			2.220 (m^2K/W)
Coefficiente de transmitancia térmica U (1/R)			0.450 (W/m^2K)

Para definir la composición de los nuevos modelos de muros y cubiertas, se encontraron primeramente los valores máximos admisibles definido por cada reglamentación, se agruparon en 5 grupos con rangos de transmitancia térmica similares, y se construyeron los nuevos elementos buscando atender a los valores de cada localidad (**Tabla 33 y Tabla 34**).

Tabla 33: Cuadro resumen de asignación de cerramientos para la condición de invierno.

	Localidad	GD cal	Valor de U Muros	U Muros caso I y II México	Cumple U actual U = 2,51	N°	N° caso I y II México	Valor de U Techos	Cumple U actual U = 1,96	N°
Argentina	Santiago del Estero	350	0.827		No	III		0.68	No	IV
	Catamarca	447	0.9		No	III		0.73	No	IV
	Paraná	632	0.99		No	III		0.8	No	IV
	Rosario	651	0.87		No	III		0.72	No	IV
	La Rioja	381	0.93		No	III		0.755	No	IV
	Córdoba	703	0.858		No	III		0.711	No	IV
	Buenos Aires	793	1		No	III		0.83	No	IV
La plata	992	0.93		No	III		0.83	No	IV	
Chile	Concepción	2010	1.8		No	V		1	No	IV
	Valparaíso	1434	2		No	V		0.9	No	IV
	La Serena	1581	2.6		Sí	I		0.8	No	IV
	Antofagasta	612	2.6		Sí	I		0.8	No	IV
	Arica	189	2.6		Sí	I		0.8	No	IV
	Chillán	1338	2		No	V		0.9	No	IV
	Copiapó	435	2.1		No	V		0.8	No	IV
México	Ciudad de Mexico	333	0.9	0.9	No	III	III	0.9	No	V
	Monterrey	990	0.71	0.55	No	II	II	0.55	No	III
	León	189	0.9	0.71	No	III	II	0.71	No	IV
	Puebla	429	0.9	0.83	No	III	III	0.83	No	IV
	Aguascalientes	423	0.9	0.83	No	III	III	0.83	No	IV
	Hermosillo	230	0.52	0.47	No	II	II	0.47	No	II
	Nuevo Laredo	428	0.55	0.52	No	II	II	0.52	No	III
	Victoria	72	0.62	0.52	No	II	II	0.52	No	III
Pachuca de Soto	318	0.9	0.9	No	III	III	0.9	No	V	
Brasil	Porto Alegre	372	3.7		Sí	I		2.3	Sí	I
	Caxias do Sul	852	2.5		Sí	I		2.3	Sí	I
	Pelotas	672	2.5		Sí	I		2.3	Sí	I
	Canoas	469	2.5		Sí	I		2.3	Sí	I
	Ponta Grossa	432	2.5		Sí	I		2.3	Sí	I
	Santa Maria	444	2.5		Sí	I		2.3	Sí	I
	Viamão	409	2.5		Sí	I		2.3	Sí	I
	Novo Hamburgo	390	2.5		Sí	I		2.3	Sí	I
	Chapecó	387	3.7		Sí	I		2.3	Sí	I

Tabla 34: Cuadro resumen de asignación de cerramientos para la condición de verano.

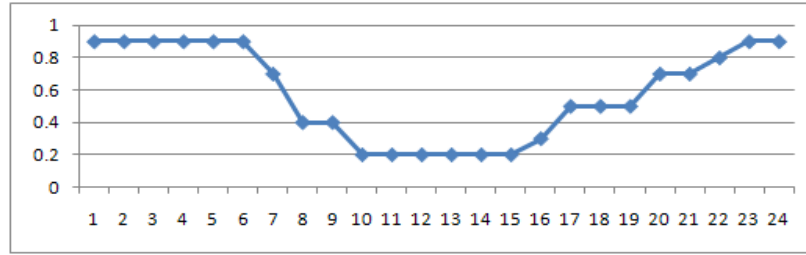
	Localidad	GD cal	Valor de U Muros	U Muros caso I y II México	Cumple U actual U = 2,51	N°	N° caso I y II México	Valor de U Techos	Cumple U actual U = 1,96	N°
Argentina	Buenos Aires	855	1,25		No	IV		0,48	No	III
	Córdoba	869	1,25		No	IV		0,48	No	III
	Rosario	1000	1,25		No	IV		0,48	No	III
	La Plata	839	1,25		No	IV		0,48	No	III
	Lanús	855	1,25		No	IV		0,48	No	III
	Pilar	855	1,25		No	IV		0,48	No	III
	San Isidro	855	1,25		No	IV		0,48	No	III
	La Rioja	899	1,1		No	IV		0,45	No	III
México	Tijuana	632	0,90	0,71	No	III	II	0,71	No	IV
	Pachuca de Soto	685	0,90	0,90	No	III	III	0,90	No	V
	Guadalajara	767	0,90	0,71	No	III	II	0,71	No	IV
	Monterrey	1010	0,71	0,55	No	II	II	0,55	No	III
	Juárez	871	0,83	0,62	No	III	II	0,62	No	III
	Victoria	919	0,62	0,52	No	II	II	0,52	No	III
	Ensenada	837	0,9	0,9	No	III	III	0,9	No	V
	Oaxaca de Juárez	959	0,9	0,71	No	III	II	0,71	No	IV
	Heroica Nogales	957	0,9	0,71	No	III	II	0,71	No	IV
Brasil	Curitiba	887	2,5		Sí	I		2,3	Sí	I
	Blumenau	878	3,7		Sí	I		2,3	Sí	I
	Pelotas	975	2,5		Sí	I		2,3	Sí	I
	Gravataí	1001	2,5		Sí	I		2,3	Sí	I
	Colombo	887	2,5		Sí	I		2,3	Sí	I
	Chapecó	877	3,7		Sí	I		2,3	Sí	I
	Criciúma	854	3,7		Sí	I		2,3	Sí	I

La carga interna correspondiente a ocupación, equipos y artefactos de iluminación, se configuró mediante el uso de parámetros y *Schedules* pre determinados por Revit, considerando el uso de una residencia familiar (**Tabla 35 y Figura 36**).

Tabla 35: Cuadro resumen de parámetros y valores para cargas internas.

Parametros	Valores por defecto
Schedule de ocupación	Hogar - 24 hrs
Schedule de Iluminación y equipamientos	6 am - 11 pm
Personas / 100 m2	2.5
Personas - Actividad	Sentado, trabajo liviano, caminando
Personas - Calor sensible (W/persona)	73
Personas - Calor latente (W/persona)	59
Iluminación - densidad (W/ m2)	0.70
Equipamiento - densidad (W/ m2)	1.00
Tipo de acondicionamiento	Calefacción y refrigeración

Figura 36: *Schedule* para uso residencial, configurado para días de semana, fin de semana y vacaciones.



Para la configuración de los espacios se ejecutó la operación para cada ambiente de la edificación, y se determinó el uso para cada uno de ellos considerando: Dormitorio para dormitorios, Living para estar comedor, Preparo de Alimentos para cocinas, Área de Aseo para baños y lavaderos, Pleno para ductos, y Corredor para circulaciones internas (**Figura 37, Figura 38, Figura 39 y Figura 40**).

Figura 37: Espacios asignados para el Caso de estudio I

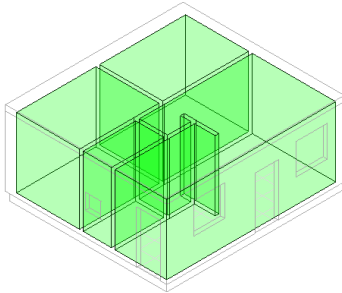


Figura 38: Espacios asignados para el Caso de estudio III

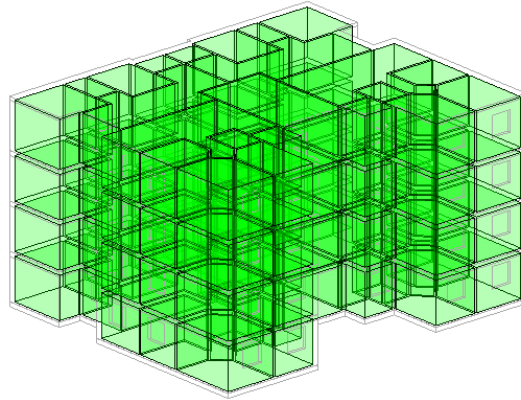


Figura 39: Espacios asignados para el Caso de estudio II

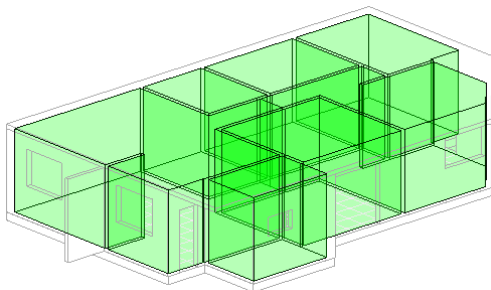
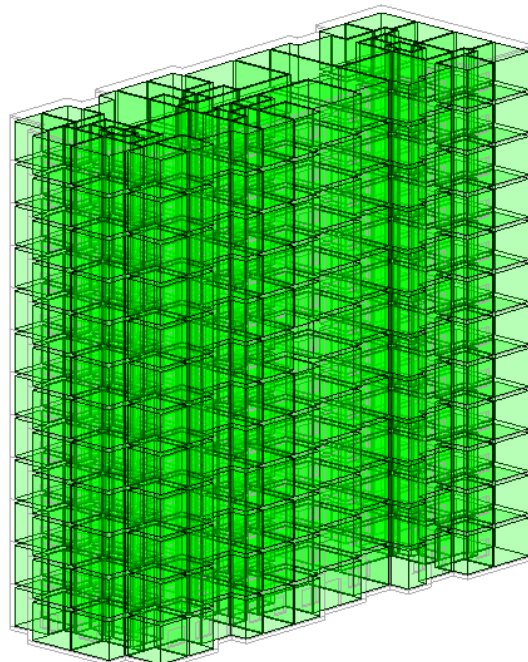


Figura 40: Espacios asignados para el Caso de estudio IV



Las características de acondicionamiento térmico se definieron mediante la configuración de cada zona. Para ello, se consideró inicialmente la condición de espacio condicionado para dormitorios y living comedor, espacio ventilado naturalmente para baños, ducto para espacios de ventilación vertical y no condicionado para circulaciones horizontales. Posteriormente se agruparon los espacios condicionados en una zona específica, respetando la sectorización por unidad habitacional y se precisaron las temperaturas de *setpoint* en 18°C para invierno, 24°C para verano, con una limitación de 2 renovaciones de aire por hora.

Se exportaron los modelos energéticos al Design Builder, donde se se controló el tamaño de cada espacio, la resolución de cada zona térmica mediante la visualización y el ajuste en corte y planta, y se registraron los consumos energéticos de cada Caso de Estudio aplicado a diferentes localidades, respetando los estándares de desempeño térmico propuestos por cada país.

Figura 41: Modelo Energético del Caso de estudio I

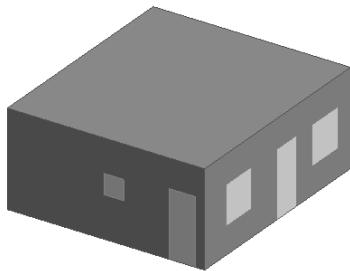


Figura 42: Modelo Energético del Caso de estudio III

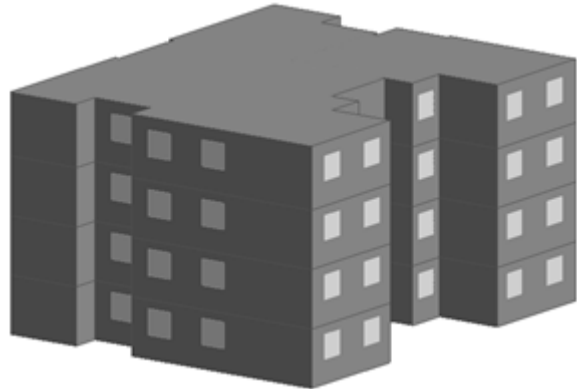


Figura 43: Modelo Energético del Caso de estudio II

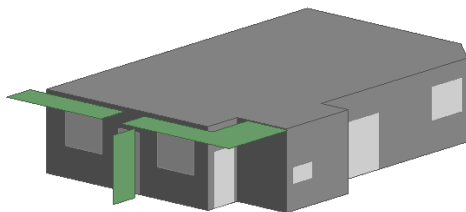
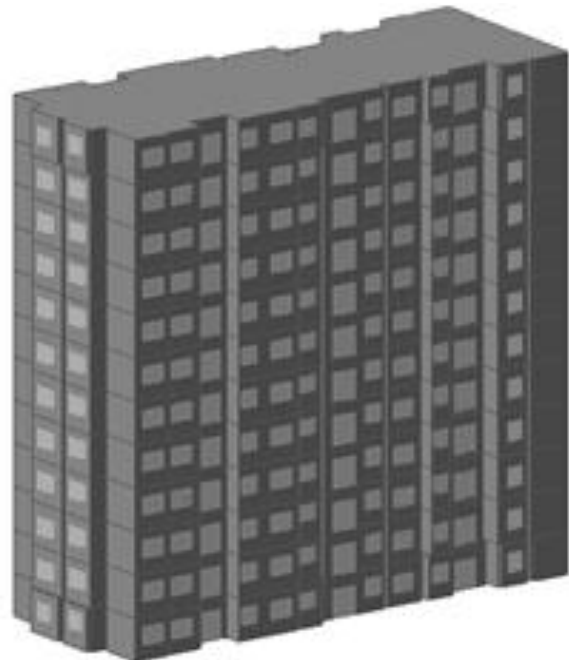


Figura 44: Modelo Energético del Caso de estudio IV

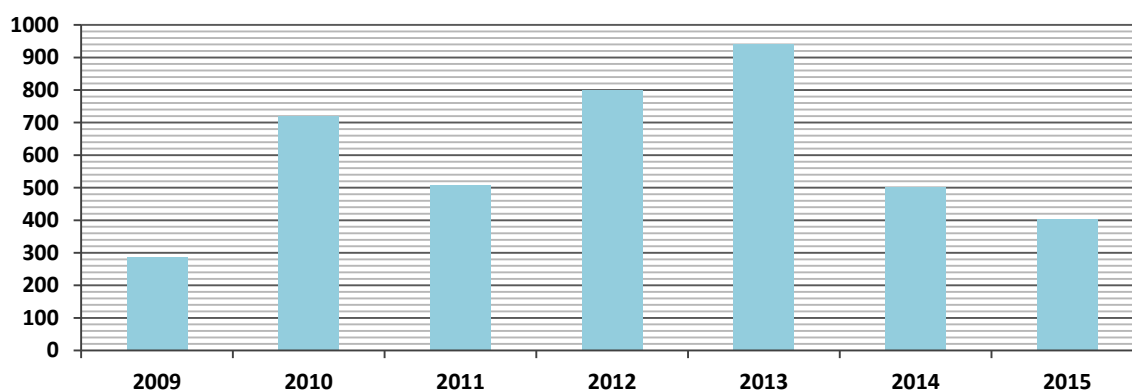


Selección de casos de estudio

La selección de los casos de estudio se fundamentó en elegir modelos representativos del parque edilicio construido en la región, de forma que las conclusiones obtenidas en este trabajo puedan influenciar en la calidad de vida de un número significativo de usuarios. Para ello, se consideró que la inversión en vivienda realizada por los países latinoamericanos representa un promedio del 1.5% del PIB de cada país, destacando la actuación de México y Brasil con una inversión pública de 1.91 y 2.07 respectivamente. Se observó la relación existente entre los niveles de inversión pública y la necesidad habitacional de cada país, y se verificó que Brasil y Panamá invierten mayores niveles de recursos públicos que Colombia y Perú para atender a niveles similares de déficit habitacional en comparación con el tamaño de su población (CAMACOL, 2011).

El principal programa enfocado en la problemática habitacional en Brasil, es el Minha Casa Minha Vida, implementado en 2009 con el objetivo de construir un millón de viviendas para familias con un ingreso mensual igual o menor a 3 salarios mínimos (900 dólares). Según la Secretaria Nacional de Habitação del Ministério das Cidades de Brasil²⁰ entre los años de 2009 y 2015, el programa MCMV recibió la contratación de 3.988.932 unidades habitacionales en todo el país (**Figura 45**).

Figura 45: Unidades habitacionales contratadas por el Programa MCMV (en millares).



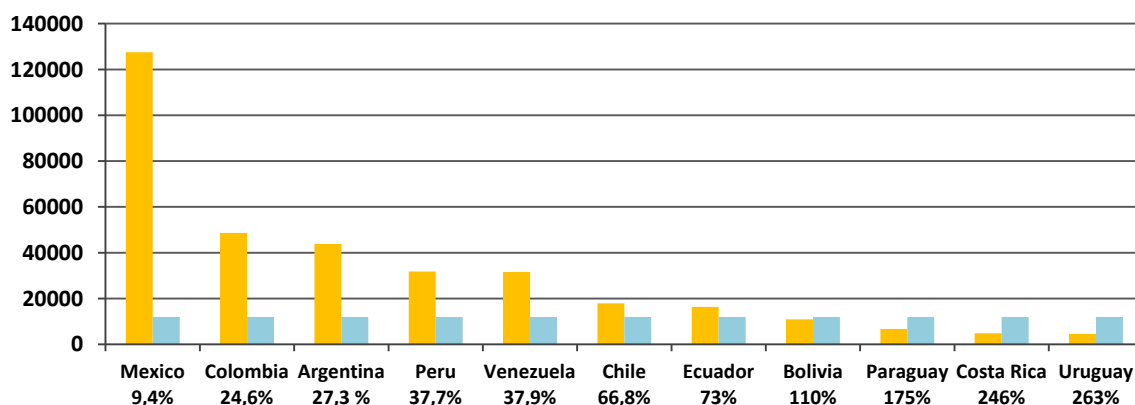
Al considerar un promedio de 2 habitantes para la mitad de las unidades contratadas durante los años de 2009 y 2015, y 4 habitantes para la segunda mitad, llegaríamos a la posibilidad de cubrir el déficit habitacional para aproximadamente 12 millones de personas cuando se concluyan las obras. Esta estimativa corresponde a un 5% de la población de Brasil, 9% de la población de México, 27% de la población de Argentina, y más de la mitad de la población de Chile, como exhibe la **Figura 46**.

Los Casos de estudio exhibidos desde la Figura 4 hasta la Figura 9, constituyen tipologías de viviendas estandarizadas por el Programa Minha Casa Minha Vida y su representatividad se verifica en distintos programas habitacionales implementados en Argentina, Chile y México (**Figura 47**, **Figura 48** y **Figura 49**). Poseen características similares de implantación en el terreno y se repiten de forma indiscriminada en el territorio, sin priorizar orientaciones adecuadas, ya que respetan módulos funcionales ajustados, variando en algunos casos el sentido de la puerta de acceso principal en

²⁰ Información obtenida mediante contacto personal.

relación a la disposición de la línea municipal. Usualmente son exentas en la parcela, respetando los retiros mínimos de tasa de ocupación e infiltración, presentan un factor de forma compacto, un porcentaje de superficie vidriado opaco del orden del 20%, y un sistema constructivo tradicional, constituido de una estructura simple de hormigón armado *in loco*, con cerramientos de ladrillo cerámico hueco y carpinterías con vidrio simple, sin protección.

Figura 46: Estimativa de la incidencia de la población asistida por el Programa MCMV en Brasil sobre la población de los países de Latinoamérica.



Por lo anterior mencionado se definieron para los Casos I y III modelos de edificaciones de interés social estándar del MCMV, en cuanto para los Casos II y IV, modelos de edificios que se encuadran en la segunda categoría del Programa, destinada a familias con ingreso entre 3 y 6 salarios mínimos (Arruda, 2009).

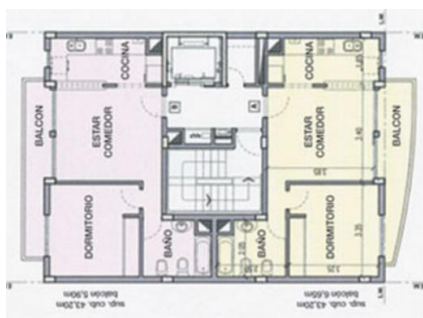
Figura 47: Edificios de vivienda en Argentina. Fuente: Emaco, Credil y Grupo Nisen.



Viviendas en Don Bosco



Conjunto de vivienda para la Armada en Martínez



Edificio Credil XXX en La Plata



Edificio Azcuénaga en La Plata

Figura 48: Edificios de vivienda en Chile. Fuente: Portal tu vivienda del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.



Casas de Padre Hurtado Poniente en P. Hurtado



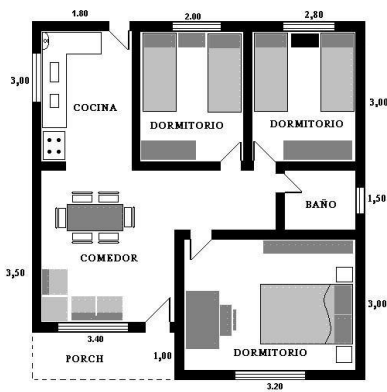
Condominio Santa Sofía en la Granja



Condominio San Pedro en Puente Alto



Figura 49: Edificios de vivienda en Mexico. Fuente: Portal Infonavit.



Plano de vivienda del Condominio Los Heroes



Colonia Esperanza en Durango

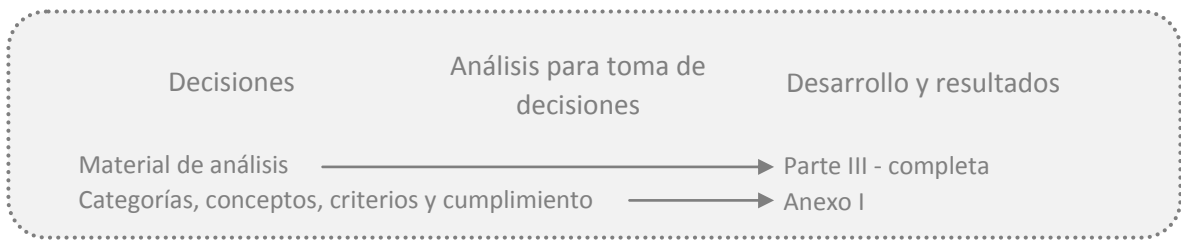


Condominio Los Heroes en Mérida

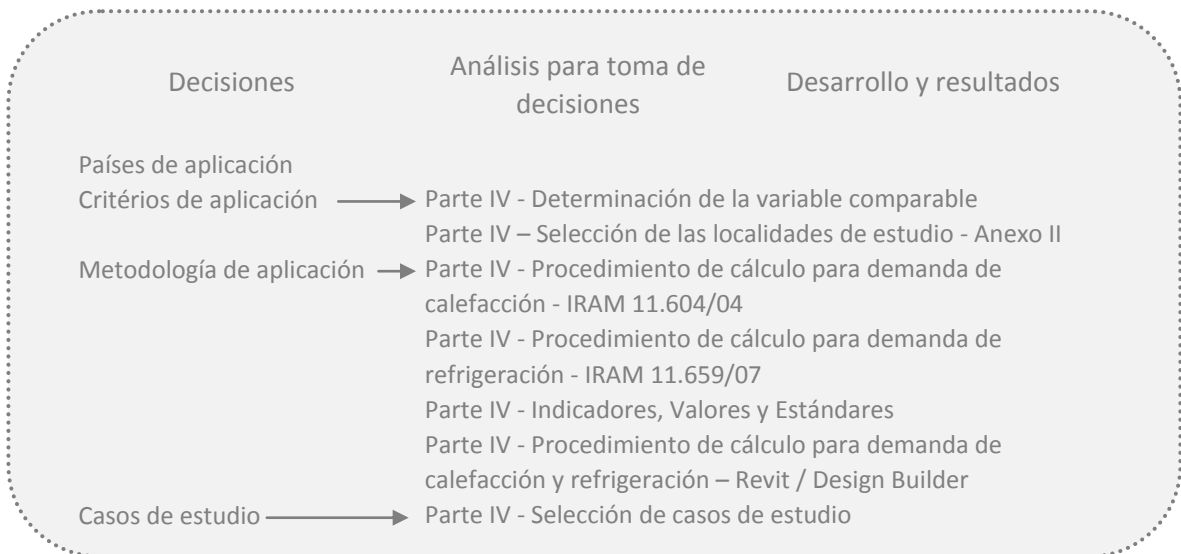


Desarrollo Bosque Real en Gómez Palacio en Gómez Palacio

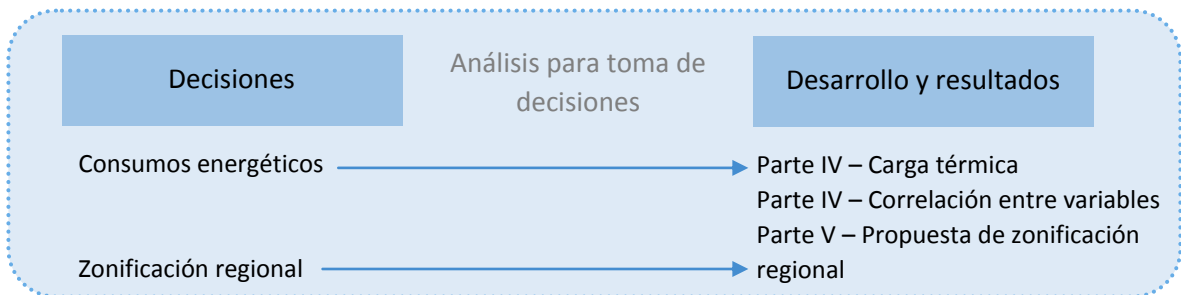
Etapa I – Revisión bibliográfica



Etapa II - Desarrollo



Etapa III – Resultados y conclusiones



4.2 Resultados

El desarrollo de iniciativas enfocadas en promover la eficiencia energética y el confort térmico en el sector de la construcción civil de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica y México, han surgido a partir de la implementación de políticas públicas direccionadas a disminuir los consumos energéticos y los efectos del cambio climático.

Impulsados principalmente por los conceptos introducidos en las Conferencias de las Naciones Unidas sobre Medio Humano de 1972, Medio Ambiente y Desarrollo de 1992 y Cambio Climático de 2010, cada país fomentó la discusión a respecto del elevado consumo de recursos naturales y energéticos para la producción y operación de las edificaciones y en función de cada contexto político, socioeconómico y ambiental, se construyeron distintos instrumentos de aplicación para fomentar la construcción sustentable.

De forma general, al presente se observa un mayor número de programas gubernamentales destinados a promover la eficiencia energética en las edificaciones, un conjunto más sólido de estrategias que motiven la construcción de un marco regulatorio sobre el desempeño edilicio y un mayor interés por parte del mercado en adoptar prácticas de construcción sustentable; indicando que el escenario actual de Latinoamérica ha logrado consolidar la necesidad de modificar los procesos empleados tradicionalmente en la construcción civil.

En Argentina, los conceptos de confort térmico y eficiencia energética edilicia han sido trabajados desde 1973 con la publicación del libro Orientación de viviendas y radiación solar en la Argentina, enfocando en mejorar la calidad de las edificaciones (Bouwcentrum, 1973). Al presente, se observa que el país presenta un importante desarrollo del marco regulatorio direccionado a la promoción de medidas de eficiencia energética en la envolvente edilicia; y que las acciones implementadas más relevantes se vinculan con la aplicación de leyes y programas de eficiencia energética, destacando la elaboración del conjunto de normas IRAM sobre acondicionamiento térmico, la institución del etiquetado de eficiencia energética de calefacción para edificios, y la aplicación de la Ordenanza 8.757/11 sobre aspectos higrotérmicos y demanda energética de las construcciones (**Figura 50**).

Figura 50: Acciones instituidas en Argentina para disminuir el consumo energético y los efectos del cambio climático.



A partir del análisis del contexto de surgimiento de los sistemas estudiados en Argentina, se observa aunque el conjunto de normas IRAM de acondicionamiento térmico presente carácter de cumplimiento obligatorio en la provincia de Buenos Aires, el cumplimiento efectivo de dicha reglamentación no se verifica en el territorio nacional.

La publicación de la Ordenanza 8.757/11 de la ciudad de Rosario, también de carácter de cumplimiento obligatorio, consiste en una importante iniciativa de aplicabilidad de la reglamentación vigente además de un ejemplo para impulsar la utilización de la normativa existente a otras localidades del país. Desde su contexto de implementación, se rescata que la Municipalidad realiza el control de la conformidad con las exigencias de la Ordenanza 8.757/11 en el momento de otorgar el permiso de obra, y que la institución de la normativa solo ha sido posible mediante el compromiso y la decisión política de la gestión municipal.

Las reglamentaciones y las iniciativas de calificación edilicia existentes poseen enfoque energético, evaluando el desempeño del edificio de forma parcial e integral (**Tabla 36**). La Ley 13.059/03 analiza la demanda energética para calefacción de edificios construidos en la Provincia de Buenos Aires, en cuanto la Ordenanza 8.757/11 considera la demanda requerida para calefacción y refrigeración de los edificios situados en la ciudad de Rosario. El Etiquetado de eficiencia energética de calefacción para edificios – IRAM 11.900/10 se centra en las características de la envolvente edilicia, en cuanto el Certificado de eficiencia energética para viviendas, tiene el objetivo de realizar una evaluación del desempeño energético considerando aspectos relacionados al empleo de estrategias pasivas, energías renovables, y características de los sistemas de calefacción y refrigeración, iluminación y agua caliente sanitaria.

El Etiquetado presenta carácter de cumplimiento voluntario y no exige que la etiqueta obtenida en el sitio de la Secretaría de la Energía sea avalada o reconocida por determinado órgano público.

Este factor permite mayor facilidad de acceso a la herramienta por parte de los usuarios, disminuye los costos y los tiempos requeridos con procesos administrativos y facilita su empleo, entretanto, la falta de una entidad responsable por el otorgamiento de la etiqueta puede conducir a que el documento impreso posea un carácter poco confiable, comprometiendo la efectividad de su aplicación. Actualmente, no se encuentran registros que puedan indicar su implementación.

Tabla 36: Criterios síntesis de la Norma IRAM 11.900, de la Ley n° 13.059/03 y de la Ordenanza 8.757/11.
Fuente: (Departamento Nacional de Planeación, 2005) (Departamento de Infraestructura, 2010)
(Municipalidad de Rosario, 2011).

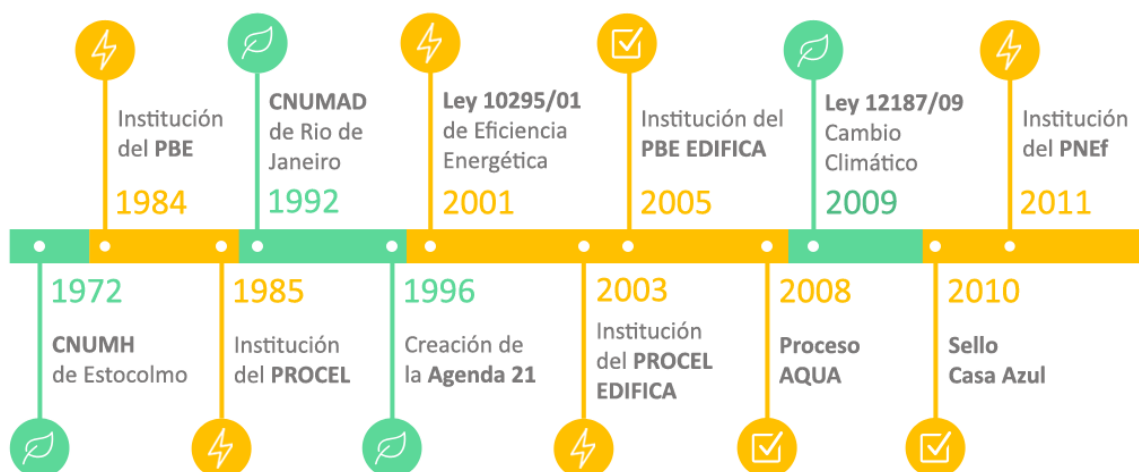
CRITERIOS	ARGENTINA		
	IRAM 11.900	Ley n° 13.059/03	Ordenanza 8.757/11
1. Tipo de sistema	Etiquetado de eficiencia energética de calefacción para edificios	Ley sobre Condiciones de Acondicionamiento Térmico	Ordenanza sobre aspectos higrotérmicos y demanda energética de las construcciones
2. Año	2010	2010	2013
3. Alcance	Ciudad de Buenos Aires	Provincia de Buenos Aires	Ciudad de Rosario
4. Responsable por la elaboración	Secretaría de Energía en conjunto con IRAM	Departamento de Infraestructura	Municipalidad de Rosario, investigadores y Colegio de Arquitectos
5. Objetivo General	Considerar la eficiencia energética imprescindible para la política energética y la preservación del medio ambiente nacional	Garantizar las condiciones de habitabilidad higrotérmica, de higiene, y de salubridad	Contribuir con la problemática de creciente demanda del consumo de energía en las edificaciones
6. Destino	Edificio susceptible de ser calefaccionado, nuevos y existentes	Edificios en general	Edificios en general
7. Cumplimiento	Voluntario	Obligatorio	Obligatorio
8. Indicador de clasificación	Desempeño de la envolvente: • Tau (τ_m)	Desempeño energético del edificio: Gcal	Desempeño energético del edificio: Gcal y Gref
9. Cumplimiento	Sistema único: Alcanzar valores menores a 4 °C	Atener a las exigencias	Atener a las exigencias
10. Nivel de clasificación	De la A hasta la H	Cumple / No Cumple	Cumple / No Cumple
11. Método de cálculo	Simplificado	Simplificado	Simplificado
12. Proceso de obtención	Autogestionable mediante plataforma virtual	Gestionable en el órgano controlador	Gestionable en el órgano controlador
13. Costo de gestión	Gratuito	Gratuito	Gratuito
14. Certificaciones	-	-	39
15. Capacitación	Proyectistas - guía disponible libremente.	-	Proyectistas - reglamentación disponible libremente

Argentina exhibe diversas iniciativas que buscan promover el desarrollo de un marco legislativo que solvete estrategias y soporte técnico para una forma de construir más consciente, entretanto, se estima que el nivel de implementación de las acciones existentes en el país es bajo, y que no hay un seguimiento por parte de las instituciones responsables. Por estas conclusiones, se considera que para fomentar la aplicación del marco regulatorio presente y garantizar la utilización del Certificado en desarrollo, sería importante que el país pueda (i) fomentar la divulgación de los instrumentos existentes a través de cursos de capacitación direccionados a los actores involucrados en el sector de la construcción civil; (ii) introducir contenidos de formación técnica a los planes de estudio de escuelas técnicas, terciarios, y facultades orientadas a la construcción civil; (iii) otorgar bonificaciones a los desarrolladores y usuarios que empleen medidas de construcción sustentable; (iv) viabilizar incentivos financieros a las familias de escasos recursos para acceder a viviendas eficientes energéticamente; e (v) incluir las acciones de eficiencia energética existentes en las políticas públicas, y promover su desarrollo integral a nivel nacional, provincial y municipal.

En Brasil, los aspectos de construcción sustentable y eficiencia energética edilicia han sido desarrollados y trabajados de forma gradual desde 1984 y se basaron en una política que pretendía que las acciones implementadas, a nivel nacional y municipal, actuasen de forma conjunta e integral. Se entiende que los instrumentos desarrollados en el país se enfocaron en una visión a largo plazo, integrando las políticas estratégicas independiente de la ideología de los gobiernos, permitiendo articular leyes, normas, sistemas de calificación, programas y estrategias. Estos factores han sido de fundamental importancia para concretar las iniciativas elaboradas y establecer un amplio soporte de estrategias políticas, marco regulatorio y programas fundamentados en el contexto local.

Entre las políticas ambientales y de eficiencia energética implementadas en Brasil, las más relevantes se destinan a modificar la matriz energética mediante la introducción de fuentes de energía hidráulica, y a reducir la demanda energética nacional a través de la implementación de programas y leyes (**Figura 51**).

Figura 51: Acciones instituidas en Brasil para disminuir el consumo energético y los efectos del cambio climático.



Los sistemas de calificación edilicia expuestos exhiben un enfoque ambiental y energético, evaluando el edilicio de forma parcial e integral (**Tabla 37**).

Tabla 37: Criterios síntesis del PBE Edifica, del Proceso AQUA y del Sello Casa Azul.

Fuente: (Eletrobras, 2013) (FCAV, 2013) (CAIXA, 2010).

CRITERIO	BRASIL		
	PBE Edifica	Proceso AQUA	Sello Casa Azul
1. Tipo de sistema	Programa de etiquetado de eficiencia energética edilicia	Certificado de gestión de alta calidad ambiental	Certificado de sustentabilidad edilicia
2. Año	2003	2008	2010
3. Alcance	Nacional	Nacional	Nacional
4. Responsable por la elaboración	Eletrobras en conjunto con el INMETRO	Fundación Vanzoline en conjunto con entidades públicas y privadas	Caixa en conjunto con la Escuela Politécnica de la UPS, UFSC y UNICAMP
5. Objetivo	Concientizar los ciudadanos, disminuir la demanda energética y mejorar el confort de los ambientes.	Alcanzar la calidad ambiental en la edificación	Promover la calidad edilicia, la educación de los usuarios y disminuir el impacto ambiental
6. Destino	Edificios residenciales, comerciales y públicos, nuevos y existentes	Edificios en general, nuevos o existentes	Edificios residenciales financiados por el banco CAIXA
7. Cumplimiento	A principio voluntario; obligatorio para edificios públicos.	Voluntario	Voluntario
8. Indicador de clasificación	Desempeño de los sistemas: Envoltante, Calentamiento de agua, Acondicionamiento de aire e Iluminación	Desempeño del edificio: Gestión, Salud, Confort y Construcción	Desempeño del edificio: calidad urbana, proyecto y confort, gestión del agua, prácticas sociales, recursos materiales y eficiencia energética
9. Cumplimiento	Sistema único y parcial: cumplir con cada sistema; o envoltante y un segundo sistema	Sistema único: cumplir con los requisitos obligatorios y demás criterios a elegir	Sistema único: cumplir con los requisitos obligatorios y demás criterios a elegir
10. Nivel de clasificación	De la A hasta la E	Bueno, Superior o Excelente	Bronce, Plata y Oro
11. Método de cálculo	Simplificado y simulado	Simplificado y simulado	Simplificado
12. Proceso de obtención	Gestionable en el órgano controlador	Gestionable en el órgano controlador	Gestionable en el órgano controlador
13. Costo de gestión	Variable según entidad evaluadora y proyecto	Variable según proyecto	Gratuito
14. Certificaciones	780	560	-
15. Capacitación	Proyectistas - guía disponible libremente. Usuarios - manual proveído por constructor	Proyectistas - guía disponible libremente. Usuarios - manual proveído por constructor	Proyectistas - guía disponible libremente. Usuarios - manual proveído por constructor

El etiquetado PBE Edifica se destina a evaluar la eficiencia energética de la envolvente edilicia y de los sistemas de iluminación, agua caliente sanitaria y acondicionamiento, en cuanto los certificados Proceso AQUA y el Sello Casa Azul analizan en el desempeño integral edilicio, basándose en conceptos de sustentabilidad.

Las tres iniciativas estudiadas poseen carácter de cumplimiento voluntario, con excepción de la obligatoriedad exigida por el PBE para edificios públicos, y se aplican a todo territorio nacional. El PBE Edifica se destina al sector residencial, comercial y público, el AQUA a edificaciones en general y el Sello Casa Azul a edificios residenciales financiados por el CAIXA. Desde el punto de vista de la implementación de los sistemas estudiados se observa que a partir de la promoción de cursos de capacitación y de material técnico de soporte, el PBE Edifica y el Proceso AQUA vienen adquiriendo mayor difusión y aplicabilidad. En el caso del Sello Casa Azul, aunque haya sido el primer sistema implementado para calificar edificios sustentables y los criterios exigidos sean accesibles, se estima que su utilización en el país es baja.

Se considera que el país presenta un desarrollo significativo de programas y estrategias nacionales relacionadas a la mejora de la calidad de los edificios, a la construcción sustentable y a la eficiencia energética, pero carece de una implementación efectiva a todo el territorio nacional. Para fomentar la aplicación de las acciones presentes y consolidar la creación de una política nacional integradora, sería importante que el país pueda (i) introducir contenidos de formación técnica a los planes de estudio de escuelas técnicas, terciarios, y facultades orientadas a la construcción civil; (ii) otorgar bonificaciones a los desarrolladores y usuarios que empleen medidas de construcción sustentable; (iii) viabilizar incentivos financieros a las familias de escasos recursos para acceder a viviendas eficientes energéticamente; (iv) instituir un organismo para controlar, evaluar y monitorear la aplicación de programas, normativas, sistemas de calificación vigentes en el país; y (v) desarrollar un instrumento de planificación nacional que se destine a unificar las iniciativas existentes y a pautar objetivos a desarrollar fundamentados en una visión integrada.

En Chile, las políticas ambientales y energéticas han sido desarrolladas desde los años 90, y con un objetivo similar a Brasil, el país se enfocó en establecer iniciativas que funcionasen de forma integrada (**Figura 52**). El proceso de institución de las acciones gubernamentales ha sido gradual y continuo, indicando que Chile posee la capacidad para elaborar y concretar con eficiencia las políticas propuestas, sirviendo de modelo para demás países Latinoamericanos. Desde el punto de vista de la construcción en el país, se destaca la implementación de normativas sobre eficiencia energética, diseño bioclimático, iluminación, acondicionamiento térmico y sobre el uso de tecnologías, sistemas para calificar la eficiencia energética de viviendas y la sustentabilidad de edificios destinados a actividades públicas, programas de eficiencia energética para edificios públicos, y de salud, programas de subsidio para el reacondicionamiento térmico de viviendas y para la recuperación de barrios a través de la mejora de la envolvente edilicia, entre otros.

Figura 52: Acciones instituidas en Chile para disminuir el consumo energético y los efectos del cambio climático.



Entre las iniciativas desarrolladas se resalta la institución del Programa de Reglamentación Térmica y de la Estrategia Nacional de Construcción Sustentable, su carácter de planificación a largo plazo y la constancia con que se ejecutan sus etapas. El Programa de Reglamentación Térmica regula la actividad de la construcción civil a través de la implementación de normativas de acondicionamiento térmico y del sistema de calificación energética de viviendas, se enfoca en reducir la demanda energética nacional en el sector residencial, comercial y público y ofrece incentivos financieros a las edificaciones que adhieran a la CEV. La Estrategia Nacional de Construcción Sustentable define las bases y estrategias para alinear las prácticas de construcción sustentable a otros programas y planes intersectoriales, exhibiendo una amplia comprensión del desarrollo sustentable a través de los objetivos pautados a nivel ambiental y energético. Estas iniciativas consisten en importantes instrumentos de planificación para aplicar conceptos de eficiencia energética de forma integral al sector de la construcción civil y solidifican la estructura de políticas gubernamentales que ha desarrollado el país.

Las dos iniciativas de calificación edilicia existentes poseen un enfoque energético y ambiental, evaluando el ahorro de la demanda energética y el desempeño ambiental del edificio (**Tabla 38**). La CEV realiza un análisis parcial, analizando el ahorro en el consumo de calefacción, iluminación e instalación de agua caliente sanitaria de viviendas, mientras que la CES considera aspectos de calidad del ambiente interior, energía, agua, residuos y gestión, calificando el desempeño edilicio de forma integral. En cuanto a la implementación de dichos sistemas, se observa que ambas iniciativas presentan carácter de cumplimiento voluntario y se destaca el nivel de aplicabilidad que ha logrado alcanzar la CEV en relación a la CES. Al presente se registra que la CEV ha etiquetado en 4 años aproximadamente 30.000 viviendas, en cuanto la CES certificó a 20 edificios y cuenta con 41 proyectos en proceso de evaluación. Se estima que el mecanismo de incentivos financieros ofrecido por el Programa de Reglamentación Térmica fomenta la adopción de la Etiqueta por parte de los

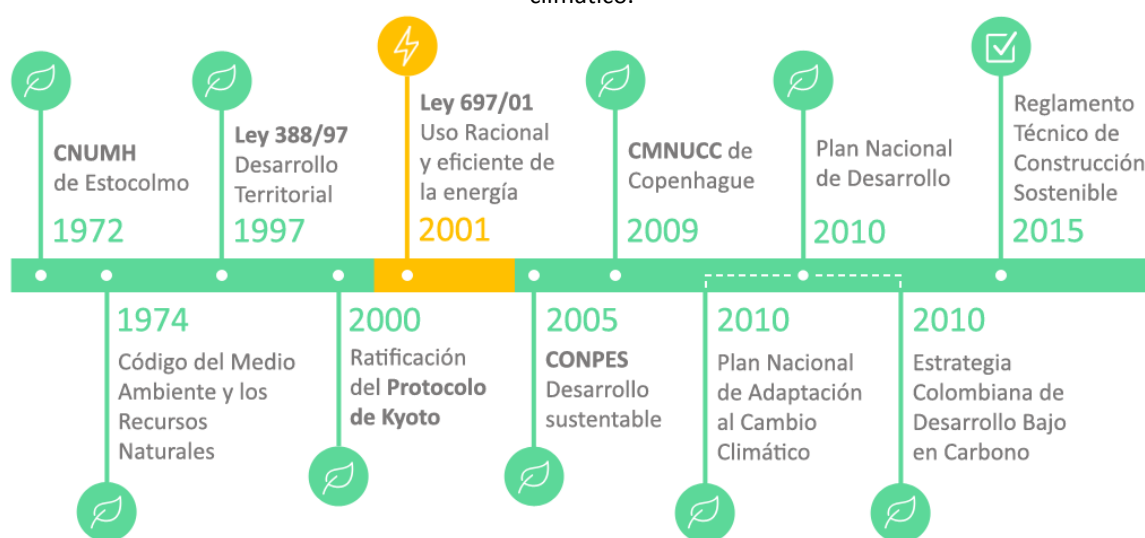
usuarios, sirviendo como una estrategia modelo para otras acciones. Estas iniciativas consisten en importantes instrumentos de planificación para aplicar conceptos de eficiencia energética de forma integral a la construcción civil y solidifican la estructura de políticas que ha desarrollado el país.

Tabla 38: Criterios síntesis del CEV, CES y del Reglamento de Construcción Sostenible. Fuente: (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2016) (Instituto de la Construcción, 2014) (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015b).

CRITERIO	CHILE		COLOMBIA
	CEV	CES	-
1. Tipo de sistema	Etiqueta de Calificación Energética de Viviendas	Certificación Edificio Sustentable	Reglamento de Construcción Sostenible
2. Año	2013	2014	2015
3. Alcance	Nacional	Nacional	Nacional
4. Responsable por la elaboración	Ministerio de Vivienda y Urbanismo y Ministerio de Energía	Ministerio de Obras Públicas en conjunto con el IC, organismos públicos y privados	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio
5. Objetivo	Promover la eficiencia energética sobre el comportamiento de viviendas	Promover la calidad edilicia; el uso eficiente de los recursos y reducir residuos y emisiones	Promover la eficiencia energética y el uso racional del agua
6. Destino	Viviendas	Edificios destinados a actividad pública, nuevos y existentes	Edificios en general
7. Cumplimiento	Voluntario	Voluntario	Obligatorio
8. Indicador de clasificación	Ahorro en la demanda energética: Diseño, calefacción, iluminación y agua caliente sanitaria.	Desempeño del edificio: Calidad del ambiente interior, Energía, Agua, Residuos y Gestión.	Ahorro de recursos: porcentajes mínimos de ahorro en el consumo de agua y energía
9. Cumplimiento	Sistema único: Alcanzar porcentajes mínimos de ahorro en el consumo energético	Sistema único: cumplir con los requisitos obligatorios y el mínimo de 30 puntos a elegir	Sistema único: cumplir con los requisitos obligatorios
10. Nivel de clasificación	Precalificación y Calificación energética	Pre-certificado, Edificio Sustentable y Plus Operación	Conformidad de cumplimiento
11. Método de cálculo	Simplificado y simulado	Simplificado y simulado	Simplificado
12. Proceso de obtención	Gestionable en el órgano controlador	Gestionable en el órgano controlador	Gestionable en la empresa prestadora de servicio
13. Costo de gestión	-	-	-
14. Certificaciones	29.038	61	-
15. Capacitación	Proyectistas y evaluadores - guía disponible libremente.	Proyectistas - guía disponible libremente. Usuarios – firman un compromiso de acciones	Proyectistas - guía disponible libremente

En Colombia, las políticas ambientales han sido desarrolladas desde 1974 y a diferencia de Argentina y Brasil, los conceptos de construcción sustentable y eficiencia energética edilicia adquieren relevancia en el país, a partir de la publicación de una estrategia de adaptación al cambio climático, en 2010. Al presente, se observa que Colombia presenta un importante desarrollo de estrategias direccionadas a la preservación de los recursos naturales y a la mitigación del cambio climático; y que las acciones de mayor relevancia se vinculan con la aplicación del Plan Nacional de Desarrollo y el CONPES. Estos instrumentos actualizan periódicamente las estrategias establecidas en función de los resultados obtenidos y de los objetivos propuestos, lo que permite garantizar la continuidad de las políticas gubernamentales (**Figura 53**).

Figura 53: Acciones instituidas en Colombia para disminuir el consumo energético y los efectos del cambio climático.



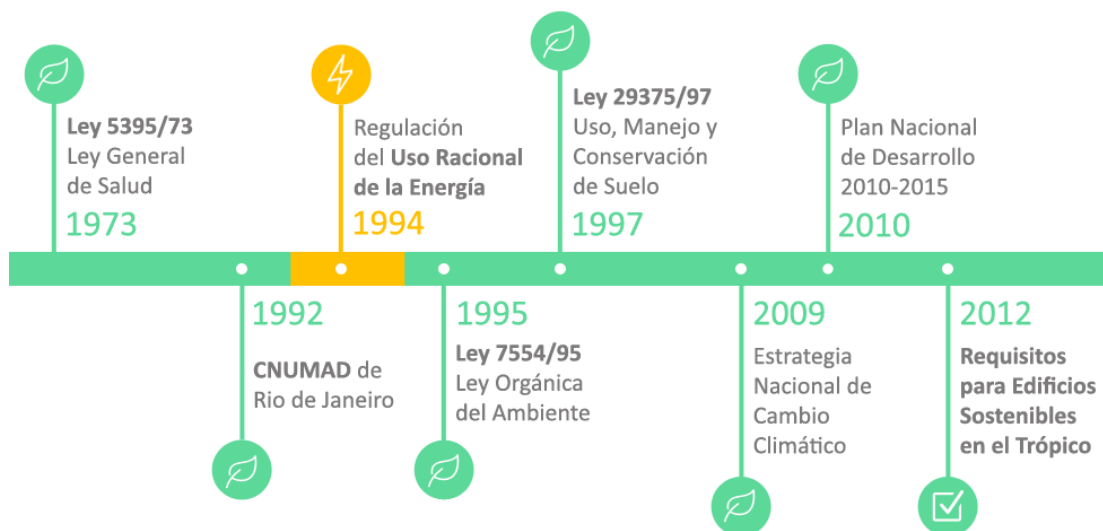
Se considera que Colombia dispone de una significativa capacidad institucional para concretar estrategias, programas y leyes, entretanto, la implementación de acciones para la creación de estándares y una base normativa enfocada a disminuir el consumo de recursos en la edificación en el país, es reciente. Se observa que hasta la publicación del Plan Nacional de Desarrollo no existían instrumentos para establecer una política de construcción sustentable a nivel nacional y las reglamentaciones existentes presentaban un carácter vulnerable de implementación.

La consecuente publicación del Reglamento Técnico de Construcción Sustentable instituyó la primera normativa con carácter de aplicación obligatorio a todos los edificios del país, excepto para viviendas de interés social y prioritario, y representó uno de los principales proyectos elaborados para impulsar la aplicación de estrategias y tecnologías eficientes para el sector de la construcción civil. Dicho reglamento presenta enfoque ambiental y se destina a alcanzar porcentajes mínimos de ahorro en el consumo de agua y energía en todos los edificios construidos en el territorio nacional (**Tabla 38**). Al presente no se encuentra información que indique el nivel de aplicación alcanzado por la primera etapa de la normativa, y la segunda fase de su ejecución se encuentra en implementación.

Se entiende que el país posee un marco regulador ambiental amplio y consistente y que se encuentra en fase de desarrollo de las iniciativas y políticas gubernamentales enfocadas en el desempeño edilicio. Dado este contexto, se considera importante que el país pueda fomentar la aplicación del marco regulatorio presente y promover el desarrollo de una iniciativa que aborde aspectos de eficiencia energética vinculada al confort térmico y al concepto de desempeño térmico edilicio. Para ello se recomienda (i) fomentar la divulgación de los instrumentos existentes a través de cursos de capacitación direccionados a los actores involucrados en el sector de la construcción civil; (ii) introducir contenidos de formación técnica a los planes de estudio de escuelas técnicas, terciarios, y facultades orientadas a la construcción civil; (iii) otorgar bonificaciones a los desarrolladores y usuarios que empleen medidas de construcción sustentable; (iv) incentivar la creación de grupos de trabajo y comisiones de estudio para la elaboración de nuevos instrumentos y normativas; y (v) crear una entidad gubernamental que se apropie de la capacidad institucional existente para estimular el desarrollo de programas de eficiencia energética y desempeño edilicio.

En Costa Rica las estrategias ambientales han sido desarrolladas desde 1973, y así como en Colombia, han adquirido mayor relevancia en las agendas gubernamentales que las políticas energéticas (**Figura 54**).

Figura 54: Esquema de las iniciativas instituidas en Costa Rica para disminuir el consumo energético y los efectos del cambio climático.



Se entiende que a partir de la publicación de la Ley General de la Salud, las iniciativas desarrolladas se orientaron a preservar el medio ambiente a través de instrumentos específicos, dificultando el establecimiento de un marco regulatorio integrado, y que en función de las discusiones provenientes de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, el país se enfocó en establecer instrumentos con objetivos más alineados.

Desde el punto de vista energético, las regulaciones implementadas se destinaron a promover la ejecución de proyectos de uso racional de la energía en empresas, a controlar los equipos y sus

instalaciones, y a establecer un sistema de etiquetado para informar el consumo energético de los productos. El surgimiento de aspectos de eficiencia energética edilicia se vinculó con las pautas definidas en la norma Requisitos para Edificios Sostenibles en el Trópico para alcanzar confort térmico e impulsar la construcción sustentable (**Tabla 39**).

La RESET presenta enfoque ambiental, evaluando el desempeño integral del edificio a través del atendimento de aspectos socioeconómicos, de entorno y transporte, calidad y bienestar espacial, suelos y paisajismo, materiales y recursos, uso eficiente del agua y optimización energética. Posee carácter de cumplimiento voluntario, se destina a edificios construidos en el territorio nacional y se destaca por priorizar el diseño ambiental ante la tecnología. Se observa que la normativa define pautas poco precisas, llevando a una adopción subjetiva de conceptos y sobre el atendimento de los criterios establecidos. Actualmente no se encontraron registros que puedan indicar la aplicabilidad del sistema.

Se considera importante profundizar el desarrollo de la RESET definiendo medidas específicas para facilitar el entendimiento y la aplicación por parte del profesional, y ampliar el marco regulatorio existente, incorporando normativas destinadas a promover el desempeño térmico y la eficiencia energética en el sector de la construcción civil del país. Para ello, se recomienda (i) fomentar la divulgación de los instrumentos existentes a través de cursos de capacitación direccionados a los actores involucrados en el sector de la construcción civil; (ii) introducir contenidos de formación técnica a los planes de estudio de escuelas técnicas, terciarios, y facultades orientadas a la construcción civil; (iii) incentivar la creación de grupos de trabajo y comisiones de estudio para la elaboración de nuevos instrumentos y normativas; (iv) otorgar incentivos financieros a las instituciones que desarrollen proyectos y promuevan la creación de una base normativa para el país; y (v) crear una entidad gubernamental que estimule el desarrollo de programas de eficiencia energética y desempeño edilicio.

En México las políticas ambientales y energéticas han adquirido relevancia principalmente a partir de la década de 2000, y con una visión similar a Brasil y Chile, el país ha realizado un proceso gradual y continuo. Las políticas públicas implementadas se enfocaron en el desarrollo de acciones integradas y permitieron concretar con eficacia diferentes iniciativas de construcción sustentable y eficiencia energética edilicia (**Figura 55**).

Se destaca la estructura de integración realizada por la Estrategia Nacional de Vivienda Sostenible, la cual agrupa estrategias y programas nacionales de vivienda de interés social en las temáticas de financiamiento, evaluación edilicia y definición de estándares, conduciendo el desarrollo de estas iniciativas hacia un objetivo nacional unificado. La ENVs consiste en unas de las acciones más significativas instituidas en México y sirve como modelo para generar una modificación en los conceptos y procesos empleados tradicionalmente en la construcción civil de Latinoamérica.

Desde el punto de vista de la construcción civil, el país ha logrado implementar normativas sobre eficiencia energética de edificios y de envolvente edilicia, sistemas para calificar la eficiencia energética de edificios residenciales, no residenciales y la sustentabilidad de edificios residenciales y de oficina, programas de financiamiento y subsidio para fomentar la mejora de la envolvente edilicia y posibilitar que familias de escasos recursos accedan a una vivienda eficiente, entre otros.

Figura 55: Acciones instituidas en México para disminuir el consumo energético y los efectos del cambio climático.



El Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables y la Normativa de Edificación Sustentable NMX-AA-164-SCFI exhiben enfoque ambiental y evalúan el desempeño del edificio de forma integral mediante la aplicación de criterios de sustentabilidad. Ambas iniciativas poseen carácter de cumplimiento voluntario, el PCES se destina a edificios residenciales y de oficinas ubicados en la Ciudad de México, mientras que la NMX-AA-164-SCFI se aplica a todos los edificios construidos en el país. Al presente no se encontró información suministrada por parte de la Secretaría de Medio Ambiente, que indique la evolución de estas iniciativas (**Tabla 39**).

México ha conseguido publicar cinco comunicaciones nacionales en las Conferencias de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y dispone de 50 normas para regular la eficiencia energética y manejo del agua, de las cuales 10 se destinan a eficiencia energética en las edificaciones indicando la capacidad y compromiso del país para ejecutar las acciones propuestas.

Estas conclusiones se obtuvieron de la investigación acerca de los procesos de implementación de programas, reglamentaciones y políticas de cada país y se fundamentaron en la documentación encontrada libremente. Probablemente no logra representar la totalidad de acciones instituidas en cada caso, sin embargo busca esbozar una síntesis del panorama actual de iniciativas de calificación edilicia y del marco regulatorio destinado a promover el buen desempeño de las edificaciones, ya sea buscando reducir su impacto ambiental, el consumo de recursos naturales, o enfocando en la mejora del confort para los usuarios.

Tabla 39: Criterios síntesis de la RESET, del PCES y de la NMX-AA-164-SCFI. Fuente: (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, 2012) (Secretaría de Economía, 2013) (Secretaría del Medio Ambiente , 2012).

CRITERIO	COSTA RICA	MEXICO	
	RESET	PCES	NMX-AA-164-SCFI
1. Tipo de sistema	Requisitos para Edificios Sostenibles en el Trópico	Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables	Normativa de Edificación Sustentable
2. Año	2012	2008	2013
3. Alcance	Nacional	Distrito Federal	Nacional
4. Responsable por la elaboración	Instituto de Arquitectura Tropical	Secretaría de Medio Ambiente	Secretaría de Medio Ambiente en conjunto con la Secretaría de Economía
5. Objetivo	Alcanzar la sostenibilidad edilicia y priorizar el diseño bioclimático ante la tecnología	Promover el uso eficiente de los recursos, mejorar la calidad de vida de los usuarios y reducir la emisión de gases contaminantes	Inducir el empleo de prácticas sustentables en las edificaciones
6. Destino	Edificios en general	Edificios residenciales y de oficina	Edificios en general
7. Cumplimiento	Voluntario	Voluntario	Voluntario
8. Indicador de clasificación	Desempeño del edificio: aspectos socioeconómicos, entorno y transporte, calidad y bienestar espacial, suelos y paisajismo, materiales y recursos, uso eficiente del agua y optimización energética	Desempeño del edificio: energía, agua, residuos sólidos, calidad de vida y responsabilidad social, e impacto ambiental y otros impactos	Desempeño del edificio: suelo, energía, agua, materiales y residuos, calidad ambiental y responsabilidad social
9. Cumplimiento	Sistema único: cumplir el número de criterios en función del nivel de impacto	Sistema único: alcanzar mínimamente 21 puntos	Sistema único: cumplir con los requisitos obligatorios y demás criterios a elegir
10. Nivel de clasificación	Sol RESET, Sol Plus y Dos soles Plus	Cumplimiento, eficiencia y excelencia	Conformidad de cumplimiento
11. Método de cálculo	Simplificado	Simplificado	Simplificado y simulado
12. Proceso de obtención	Gestionable en el órgano controlador	Gestionable en el órgano controlador	Gestionable en el órgano controlador
13. Costo de gestión	-	-	-
14. Certificaciones	-	12	-
15. Capacitación	Proyectistas – guía disponible libremente y cursos. Equipo de obra – firman un compromiso de acciones	Proyectistas - guía disponible libremente. Usuarios - Manual proveído por el emprendedor	Proyectistas - reglamentación disponible libremente

Al estudiar la estructura de implementación de las acciones propuestas en cada país, se encontró que algunas estrategias que tuvieron éxito en su uso y aplicabilidad, podrían servir como modelo para países que aún enfrentan dificultades en consolidar iniciativas y un marco regulatorio integrado. En función del panorama actual de cada país analizado, y estimando que el contexto regional presenta una realidad socio económica similar, se propuso en la **Tabla 40** un breve lineamiento de acciones a desarrollar a corto, mediano y largo para cada país.

Tabla 40: Propuesta de acciones a desarrollar por cada país.

ACCIONES		ARG	BRA	CHI	COL	COS	MEX
CORTO PLAZO	Viabilizar incentivos financieros a las familias de escasos recursos para acceder a viviendas eficientes energéticamente.	●	●	●	●	●	●
	Otorgar bonificaciones a los desarrolladores y usuarios que empleen medidas de construcción sustentable.	●	●	●	●	●	●
	Fomentar la divulgación de los instrumentos existentes a través de cursos de capacitación direccionados a los actores involucrados en el sector de la construcción civil.	●	●	●	●	●	●
MEDIANO PLAZO	Incentivar la creación de grupos de trabajo y comisiones de estudio para la elaboración de nuevos instrumentos y normativas.	●	●	●	●	●	●
	Crear una entidad gubernamental que estimule el desarrollo de programas de eficiencia energética y desempeño edilicio.	●	●	●	●	●	●
	Otorgar incentivos financieros a las instituciones que desarrollen proyectos y promuevan la creación de una base normativa para el país.	●	●	●	●	●	●
	Instituir un organismo para controlar, evaluar y monitorear la aplicación de programas, normativas, sistemas de calificación vigentes en el país.	●	●	●	●	●	●
LARGO PLAZO	Introducir contenidos de formación técnica a los planes de estudio de escuelas técnicas, terciarios, y facultades orientadas a la construcción civil.	●	●	●	●	●	●
	Incluir las acciones de eficiencia energética existentes en las políticas públicas, y promover su desarrollo integral a nivel nacional, provincial y municipal.	●	●	●	●	●	●
	Desarrollar una estrategia nacional que fomente la implementación gradual de iniciativas, incentivando el uso de normativas, herramientas de calificación, para generar una mayor concientización en el mercado de la construcción civil.	●	●	●	●	●	●
	Desarrollar un instrumento de planificación nacional que se destine a unificar las iniciativas existentes y a pautar objetivos a desarrollar fundamentados en una visión integrada.	●	●	●	●	●	●

●
Acciones existentes

●
Acciones inmediatas

●
Acciones a futuro

Carga térmica

Se calcularon las cargas térmicas de refrigeración y las cargas térmicas de calefacción para las localidades de Antofagasta, Guadalajara, Puebla, San Miguel de Tucumán, Porto Alegre, Monterrey, Concepción, Juárez y La Plata como se exhibe en los ejemplos a continuación (**Tabla 41 y Tabla 42**).

Tabla 41: Cuadro resumen con las características del Caso de estudio I aplicado a la localidad de La Plata, Argentina – cálculo simplificado.

CASO I					
Localidad	La Plata		Zona Bioambiental		III b
Provincia	Buenos Aires		ASNM (M)		15
Largo	6	m	Temperatura Interior - $T_{Di\text{ Cal}}$	18	°C
Ancho	6.2	m	Temperatura Interior - $T_{Di\text{ Ref}}$	25	°C
Perimetro	24	m	Humedad Interior - Hr_{Di}	50	%
Altura	2.5	m	Temperatura Exterior - T_{Dmn}	1	°C
Pisos	1		Temperatura Exterior - T_{Dmx}	34	°C
Superficie Total	37.2	m ²	Humedad Exterior - Hr_{De}	71	°C
Volumen	93.00	m ³	Humedad Absoluta Interior (Wi)	9.9	g/kg
Carga Total - Q_{ref}	17755.35	W/m ³	Humedad Absoluta Exterior (We)	23.5	g/kg
Coeficiente G Ref	190.92	W/m ³	$\Delta t\text{ CAL} = (T_{DMIN} - T_{Di})$	17.00	°C
Carga Total - Q_{cal}	3574.09	W/m ³	$\Delta t\text{ REF} = (T_{DMAX} - T_{Di})$	9	°C
Coeficiente G Cal	38.43	W/m ³	$\Delta w = (we - wi)$	13.6	%

Tabla 42: Carga térmica de refrigeración IRAM - Caso de estudio I aplicado a la localidad de La Plata, Argentina.

CARGA TÉRMICA POR CONDUCCIÓN Q_c					
N°	DESIGNACIÓN	ÁREA TOTAL (m ²)	K (W/K.m ²)	Δt (°C)	q_c (W)
1	Sup. Opaca - Muros	50.80	1	9	457.20
2	Sup. Opaca - Techos	34.80	0.83	9	259.96
3	Sup. Opaca - Puerta	3.80	5.6	9	191.52
4	Sup. Translucida - Vidrio	4.40	5.6	9	221.76
CARGA TÉRMICA POR CONDUCCIÓN TOTAL, Q_c (i)					1,130.44
CARGA TÉRMICA SOLAR, Q_s					
I_s es la radiación solar total sobre el plano y F_{es} es el factor de exposición solar					
N°	DESIGNACIÓN	A (m ²)	I_s (W/m ²)	F_{es}	q_s (W)
1	Ventanas al Norte	2	370	1	740.0
2	Ventanas al Sur	2	268	1	536.0
3	Ventanas al Este	0	268	1	0.0
4	Ventanas al Oeste	0.4	360	1	144.0
5	Puertas al Norte	0	370	1	0.0
6	Puertas al Sur	1.9	268	1	509.2
7	Puertas al Este	0	268	1	0.0
8	Puertas al Oeste	1.9	360	1	684.0
CARGA TÉRMICA SOLAR TOTAL, Q_s (ii)					2,613.2
TOTAL CALOR SENSIBLE EXTERNO (iii = i + ii)					3,743.64

CARGA TÉRMICA POR FUENTES INTERNAS (CALOR SENSIBLE) Q_{os}					
N°	CALOR INTERNO (PERSONAS)	N_{PERS}	M (W/PERS)	$Q_{PERS}S$ (W)	
1	Edificios de viviendas	4	63.8	255.2	
N°	CALOR INTERNO (ILUMINACIÓN)	A (m ²)	C_T	q_{ilum} (W/m ²)	Q_{ilum} (W)
1	Iluminación fluorescente	37.2	1.25	12	558.0
N°	CALOR INTERNO (ARTEFACTOS)	N_{ART}	Q_S (W/ART)	$Q_{ART}S$ (W)	
1	Heladera	1	310	310.0	
2	Horno	1	6977	6,977.0	
3	Maquina lavar ropas	1	300	300.0	
4	Computadora	2	300	600.0	
5	Televisión	1	300	300.0	
$QoS = Q_{pers}S + Q_{ilum}S + Q_{art}S$ (iv)				9,300.2	
Ganancia de calor en conductos (v) = (iv) + (iii)*4%				521.75	
Carga térmica por ventilación sensible (vi)= CAR * 0,25 * Δt				135	
TOTAL DE CALOR SENSIBLE INTERNO (vii) = (vi) + (v) + (iv)				9,956.95	
CARGA TÉRMICA POR FUENTES INTERNAS (CALOR LATENTE) Q_o					
N°	POR FUENTES INTERNAS	UNIDAD	COEFICIENTE	W	
1	Ocupantes	4	46.00	184.00	
2	Heladera	1	0.00	0.00	
3	Horno	1	3,373.00	3,373.00	
4	Maquina lavar ropas	1	0.00	0.00	
5	Computadora	2	0.00	0.00	
6	Televisión	1	0.00	0.00	
TOTAL CALOR LATENTE INTERNO (viii)				3,557.00	
Carga térmica por ventilación latente (ix)= CAR * 0,61 * Δw				497.76	
TOTAL CALOR LATENTE (x = viii + ix)				4,054.76	
CARGA TOTAL DIARIA DE VERANO					
Calor sensible externo (iii)				3,743.64	
Calor sensible interno (vii)				9,956.95	
CARGA TOTAL CALOR SENSIBLE				13,701	
CARGA TOTAL CALOR LATENTE				4,055	
CARGA TOTAL				17,755	
VOLUMEN A REFRIGERAR				93.00	
COEFICIENTE Gref				190.92	

Tabla 43: Carga térmica de calefacción IRAM - Caso de estudio I aplicado a la localidad de La Plata, Argentina.

PÉRDIDAS POR CONDUCCIÓN Q_o					
N°	Designación	Sup (m ²)	Coef.	K (W/K.m ²)	qo (W)
1	Sup. Opaca - Muros	50.80	1	1	50.80
2	Sup. Opaca - Techos	34.80	1	0.83	28.88
3	Sup. Translucida - Puerta	3.80	1	5.6	21.28
4	Sup. Translucida - Vidrio	4.40	1	5.6	24.64
Pérdidas por Conducción, Q_o (i)					125.60
Pérdidas por el piso en contacto con el terreno (ii) = P . Pp (1.38*24)					33.672
Pérdidas totales por conducción (iii) = (i + ii)					159.28
Volumen a Calefaccionar					93
Pérdidas totales por conducción					1.71
Pérdidas volumétricas por el aire(iv) = calor específico del aire * renovaciones / hora (0.35*2.0)					0.70
Coficiente Gcal					2.41

CARGA TÉRMICA ANUAL DE INVIERNO Q_G				
N horas a calefaccionar (hs)	GD (°C)	G_{CAL}	V (m ³)	Q_G (KWh/año)
24	983	2.41	93.00	5,293.48

Tabla 44: Cuadro resumen con las características del Caso de estudio I aplicado a la localidad de La Plata, Argentina (simulación computacional)

Location and Weather		Calculated Results	
Report Type	Detailed	Peak Cooling Total Load (W)	11,595
Latitude	-34.90°	Peak Cooling Month and Hour	January
Longitude	-57.95°	Peak Cooling Sensible Load (W)	10,095
Summer Dry Bulb	34 °C	Peak Cooling Latent Load (W)	1,500
Summer Wet Bulb	24 °C	Peak Cooling Airflow (L/s)	484.8
Winter Dry Bulb	2 °C	Peak Heating Load (W)	12,672
Mean Daily Range	12 °C	Peak Heating Airflow (L/s)	541.5
Inputs		Checksums	
Building Type	Multi Family	Cooling Load Density (W/m ²)	341.31
Area (m ²)	34	Cooling Area / Load (m ² /kW)	26.37
Volume (m ³)	92	Heating Load Density (W/m ²)	373.05

Tabla 45: Resumen de la Zona I.

Location and Weather		Calculated Results	
Area (m ²)	34	Peak Cooling Total Load (W)	11,595
Volume (m ³)	92	Peak Cooling Month and Hour	January
Cooling Setpoint	18 °C	Peak Cooling Sensible Load (W)	10,095
Heating Setpoint	18 °C	Peak Cooling Latent Load (W)	1,500
Supply Air Temperature	12 °C	Peak Cooling Airflow (L/s)	484.8
Number of People	4	Peak Heating Load (W)	12,672
Infiltration (L/s)	13.2	Peak Heating Airflow (L/s)	541.5
Air Volume Calculation Type	Split System(s) with Natural Ventilation	Checksums	
Relative Humidity	44.00%	Cooling Load Density (W/m ²)	341.31
		Cooling Area / Load (m ² /kW)	26.37
		Heating Load Density (W/m ²)	373.05

Cooling	Total (W)	Percentage	North	South	East (W)	West
Wall	4,821	41.59%	675	1104	2148	897
Window	1,602	13.82%	747	855	0	0
Door	438	3.79%	0	222	0	219
Roof	0	0.00%	-	-	-	-
Skylight	0	0.00%	-	-	-	-
Partition	0	0.00%	-	-	-	-
Infiltration	495	4.27%	-	-	-	-
Ventilation	2,424	20.92%	-	-	-	-
Lighting	600	5.17%	-	-	-	-
Power	855	7.38%	-	-	-	-
People	168	1.44%	-	-	-	-
Plenum	0	0.00%	-	-	-	-
Fan Heat	189	1.62%	-	-	-	-
Reheat	0	0.00%	-	-	-	-
Total	11,595	100%	1422	2181	2148	1113

Heating	Total (W)	Percentage	North	South	East (W)	West
Wall	7,269	57.35%	1980	1749	2100	1440
Window	909	7.18%	456	456	0	0
Door	699	5.53%	0	351	0	351
Roof	0	0.00%	-	-	-	-
Skylight	0	0.00%	-	-	-	-
Partition	0	0.00%	-	-	-	-
Infiltration	753	5.94%	-	-	-	-
Ventilation	3,042	24.00%	-	-	-	-
Total	12,672	100%	2433	2553	2100	1791

Tabla 46: Resumen del Espacio I - Dormitorio 1.

Location and Weather		Calculated Results	
Area (m ²)	8	Peak Cooling Total Load (W)	1,752
Volume (m ³)	21	Peak Cooling Sensible Load (W)	1,692
Number of People	2	Peak Cooling Latent Load (W)	63
Infiltration (L/s)	3.2	Peak Cooling Airflow (L/s)	94.8
Lighting Load (W)	171	Peak Heating Load (W)	2,277
Power Load (W)	246	Peak Heating Airflow (L/s)	128.1

Cooling Components	Total (W)	Percentage	North (W)	South (W)	East (W)	West (W)
Wall	897	51.11%	321	0	0	573
Window	372	21.29%	372	0	0	0
Door	0	0.00%	0	0	0	0
Roof	0	0.00%	-	-	-	-
Skylight	0	0.00%	-	-	-	-
Partition	0	0.00%	-	-	-	-
Infiltration	120	6.83%	-	-	-	-
Lighting	135	7.67%	-	-	-	-
Power	192	10.96%	-	-	-	-
People	39	2.14%	-	-	-	-
Plenum	0	0.00%	-	-	-	-
Total	1,752	100%	696	0	0	573

Heating Components	Total (W)	Percentage	North (W)	South (W)	East (W)	West (W)
Wall	1,866	81.99%	945	0	0	921
Window	2,28	9.99%	228	0	0	0
Door	0	0.00%	0	0	0	0
Roof	0	0.00%	-	-	-	-
Partition	0	0.00%	-	-	-	-
Skylight	0	0.00%	-	-	-	-
Infiltration	183	8.02%	-	-	-	-
Total	2,277	100%	1,173	0	0	921

Tabla 47: Resumen del Espacio II – Dormitorio 2.

Location and Weather		Calculated Results	
Area (m ²)	8	Peak Cooling Total Load (W)	2,187
Volume (m ³)	22	Peak Cooling Sensible Load (W)	2,121
Number of People	2	Peak Cooling Latent Load (W)	66
Infiltration (L/s)	3.3	Peak Cooling Airflow (L/s)	118.2
Lighting Load (W)	186	Peak Heating Load (W)	2,373
Power Load (W)	267	Peak Heating Airflow (L/s)	135.5

Cooling Components	Total (W)	Percentage	North (W)	South (W)	East (W)	West (W)
Wall	1,296	59.19%	351	0	942	0
Window	372	17.06%	372	0	0	0
Door	0	0.00%	0	0	0	0
Roof	0	0.00%	-	-	-	-
Skylight	0	0.00%	-	-	-	-
Partition	0	0.00%	-	-	-	-
Infiltration	126	5.71%	-	-	-	-
Lighting	147	6.66%	-	-	-	-
Power	207	9.52%	-	-	-	-
People	42	1.86%	-	-	-	-
Plenum	0	0.00%	-	-	-	-
Total	2,187	100%	726	0	942	0

Heating Components	Total (W)	Percentage	North (W)	South (W)	East (W)	West (W)
Wall	1,956	82.39%	1035	0	921	0
Window	228	9.59%	228	0	0	0
Door	0	0.00%	0	0	0	0
Roof	0	0.00%	-	-	-	-
Partition	0	0.00%	-	-	-	-
Skylight	0	0.00%	-	-	-	-
Infiltration	189	8.02%	-	-	-	-
Total	2,373	100%	1,260	0	921	0

Tabla 48: Resumen del Espacio III – Estar Comedor.

Location and Weather		Calculated Results	
Area (m ²)	18	Peak Cooling Total Load (W)	5,040
Volume (m ³)	49	Peak Cooling Sensible Load (W)	4,905
Number of People	2	Peak Cooling Latent Load (W)	135
Infiltration (L/s)	6.6	Peak Cooling Airflow (L/s)	272.1
Lighting Load (W)	408	Peak Heating Load (W)	4,980
Power Load (W)	585	Peak Heating Airflow (L/s)	279.9

Cooling Components	Total (W)	Percentage	North (W)	South (W)	East (W)	West (W)
Wall	2631	51.11%	0	1104	1203	324
Window	855	21.29%	0	855	0	0
Door	438	0.00%	0	222	0	219
Roof	0	0.00%	-	-	-	-
Skylight	0	0.00%	-	-	-	-
Partition	0	0.00%	-	-	-	-
Infiltration	249	6.83%	-	-	-	-
Lighting	318	7.67%	-	-	-	-
Power	456	10.96%	-	-	-	-
People	90	2.14%	-	-	-	-
Plenum	0	0.00%	-	-	-	-
Total	5,040	100%	0	2,181	1,203	540

Heating Components	Total (W)	Percentage	North (W)	South (W)	East (W)	West (W)
Wall	3444	81.99%	0	1749	1179	519
Window	456	9.99%	0	456	0	0
Door	699	0.00%	0	351	0	351
Roof	0	0.00%	-	-	-	-
Partition	0	0.00%	-	-	-	-
Skylight	0	0.00%	-	-	-	-
Infiltration	381	8.02%	-	-	-	-
Total	4,980	100%	0	2,553	1,179	867

En la **Figura 56**, **Figura 57**, **Figura 58** y **Figura 59** se observa que los valores de carga térmica computados por la norma IRAM son superiores a aquellos calculados por Revit, tanto en la condición de invierno como verano.

Figura 56: Carga térmica en calefacción - procedimiento simplificado

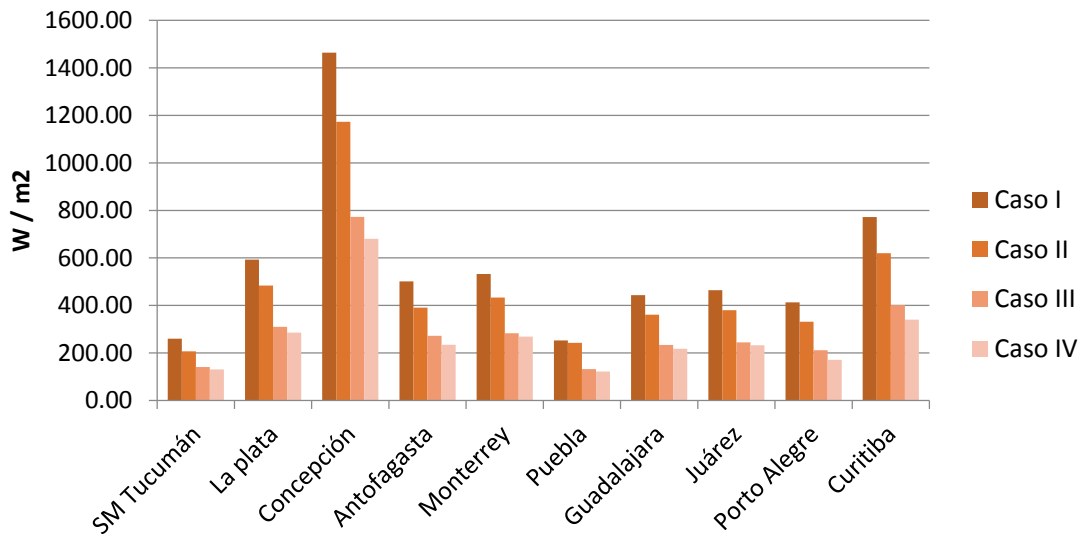
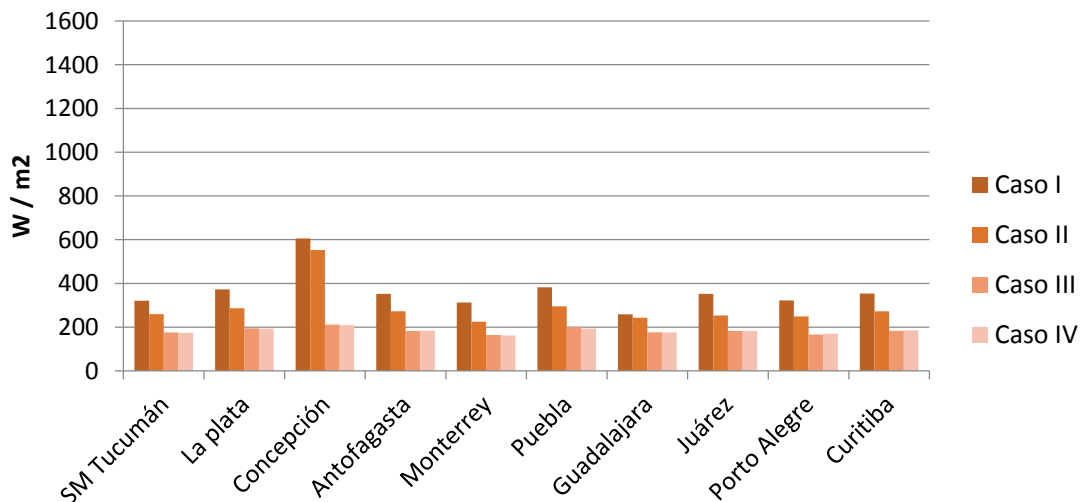


Figura 57: Carga térmica en calefacción - cálculo simulado



El valor promedio de CT en calefacción para las viviendas del Caso I - IRAM, son un 25% superiores a los totales entregados por Revit. Es decir que el cálculo simulado estima que la misma edificación, situada en la misma localidad, necesita 3/4 de la carga térmica considerada por IRAM para estar en confort. La relación para los demás casos es que IRAM estima un 28% más que Revit para el Caso II, 24% para el Caso III, y 16% para el Caso IV. Se observan importantes diferencias entre los casos de Concepción y Curitiba, lo que sugiere que los valores de grados días insertados en la ecuación simplificada sean distintos a los datos climáticos utilizados en la simulación.

El valor promedio de CT en refrigeración para las viviendas del Caso I - IRAM, son un 26% superiores a los totales entregados por Revit, 23% mayores en el Caso II, 26% en el Caso III, y 18% en el Caso IV.

Figura 58: Carga térmica en refrigeración - procedimiento simplificado

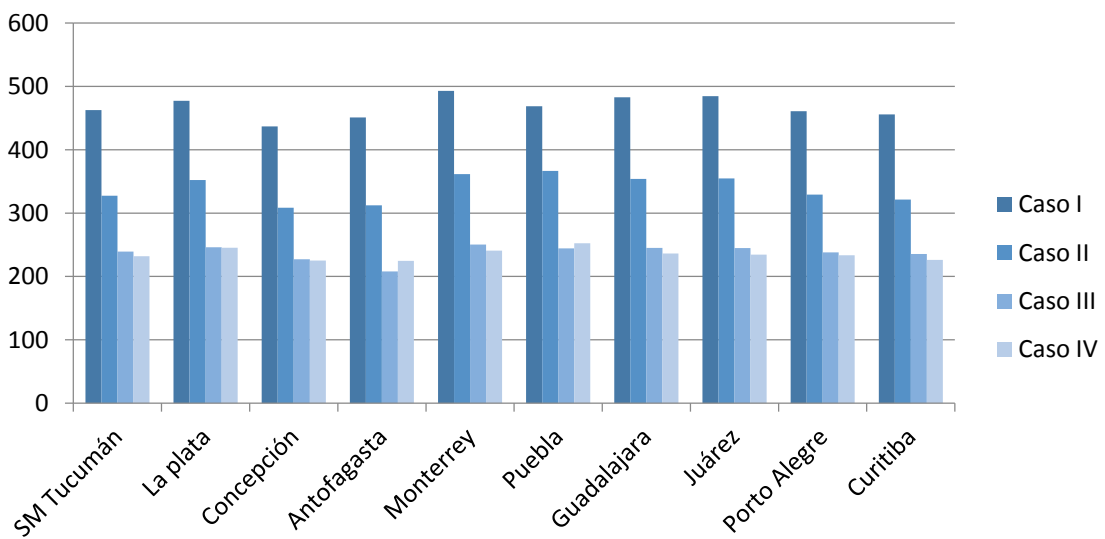
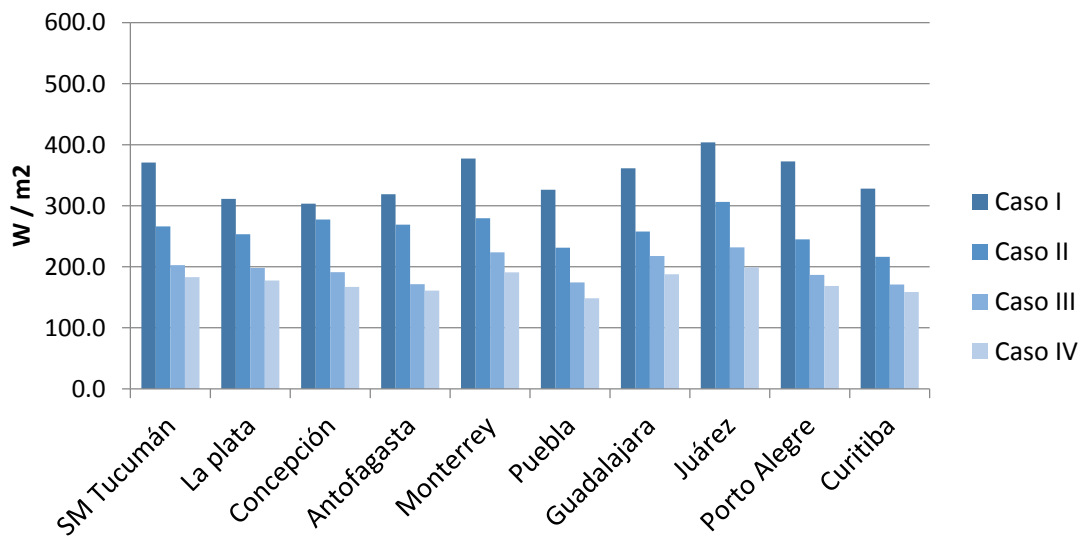


Figura 59: Carga térmica en refrigeración - cálculo simulado



La carga térmica calculada para cada Caso de estudio es proporcional al factor de compacidad que presenta el edificio estudiado, tanto para invierno como verano. Se constata que las viviendas poseen necesidades superiores de energía para alcanzar condiciones de confort en comparación los edificios multifamiliares. A su vez, los edificios y viviendas de interés social requieren de menos energía que las tipologías consideradas de clase media (**Figura 60 y la Figura 61**).

Figura 60: Relación entre Factor de Compacidad y CT en refrigeración - procedimiento simulado

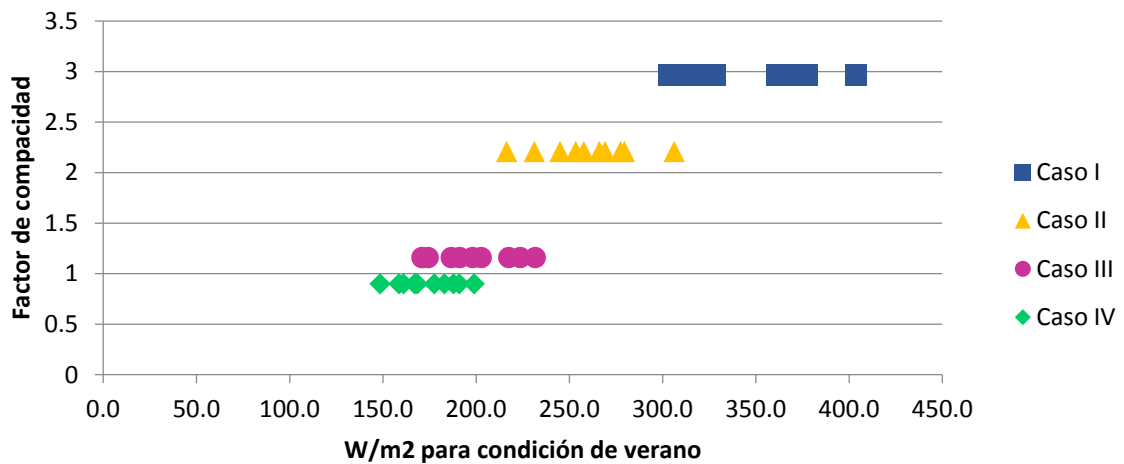
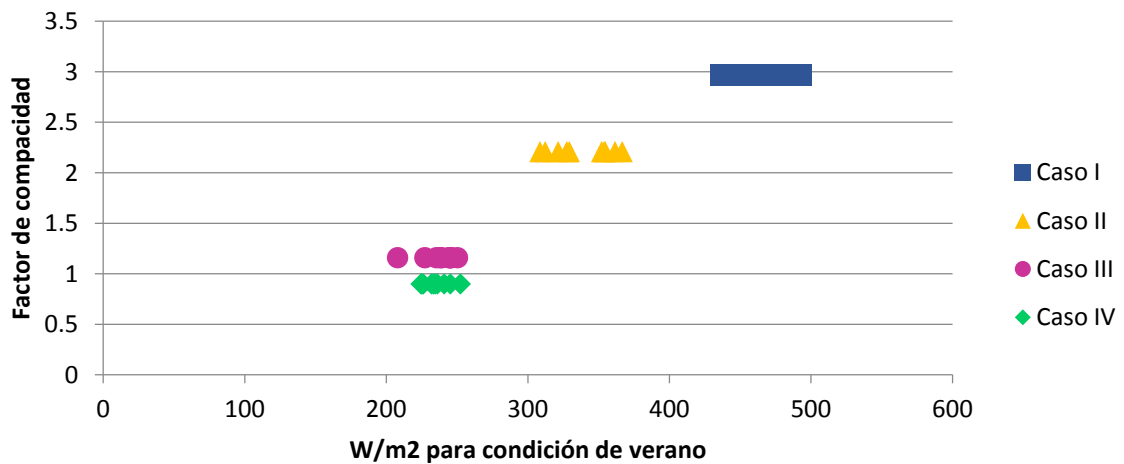


Figura 61: Relación entre Factor de Compacidad y CT en refrigeración - procedimiento simplificado



Se estima que la diferencia encontrada entre los rangos de calefacción, corresponda a las ganancias solares directas en invierno consideradas por Revit, ya que el cálculo simplificado de IRAM no incluye características de la radiación solar. Entre tanto, analizando la relación entre la capacidad térmica de cada caso de estudio, con los valores de radiación solar total incidente a las 13 horas del 15 de enero en cada localidad, no se verificó una correlación, sino que la nube de puntos se graficó de forma bastante dispersa (**Figura 62 y Figura 63**).

Figura 62: Relación entre la Radiación solar total y la carga térmica en refrigeración - procedimiento simplificado y simulado

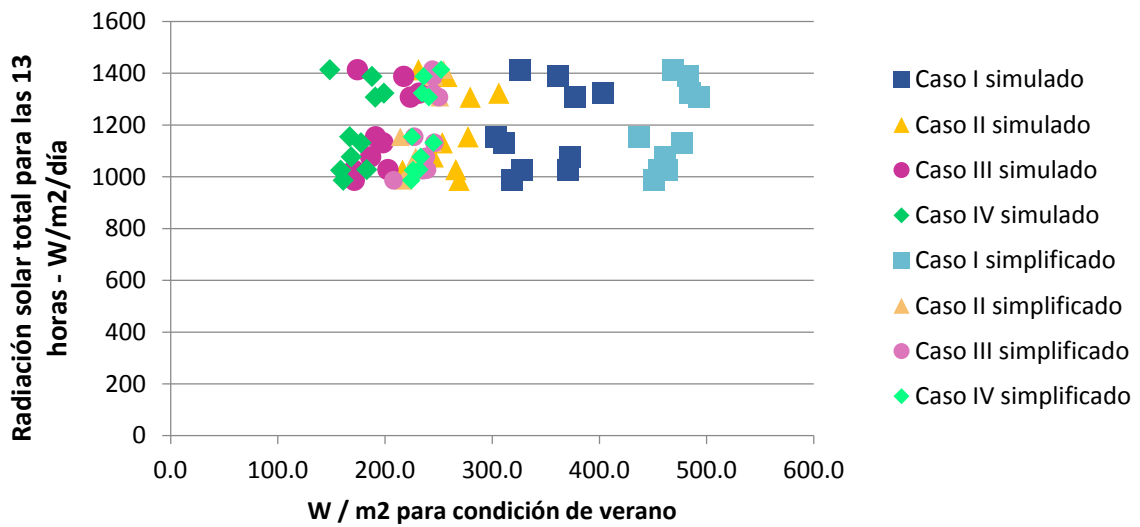
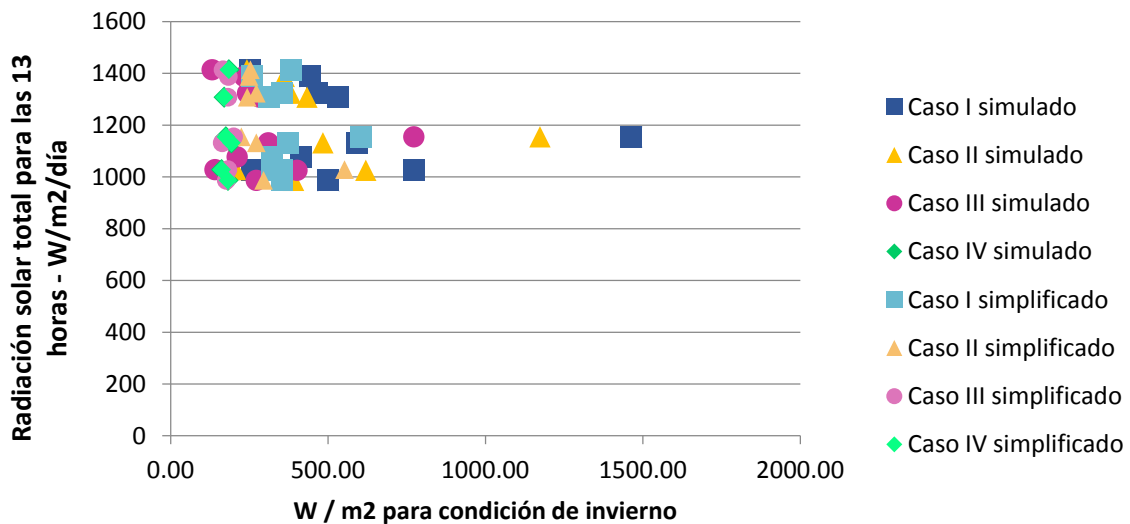


Figura 63: Relación entre la Radiación solar total y la carga térmica en calefacción - procedimiento simplificado y simulado



Correlación entre variables

A partir de este estudio se aumentó la muestra de estudio, seleccionando un mayor número de localidades de forma que los resultados obtenidos pudieran ser más precisos, y más representativos de los estándares propuestos por cada país. Se realizaron los cálculos mediante simulación computacional para las ciudades exhibidas en el *Anexo II*, y se buscó conocer la relación entre diferentes variables.

Se compararon los grados día de calefacción y refrigeración con los valores de transmitancia térmica definido por Argentina, Brasil, Chile y México para cada localidad seleccionada (**Figura 64**, **Figura 65**, **Figura 66** y **Figura 67**).

Figura 64: Relación entre la transmitancia térmica para techos y los grados día de refrigeración para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México.

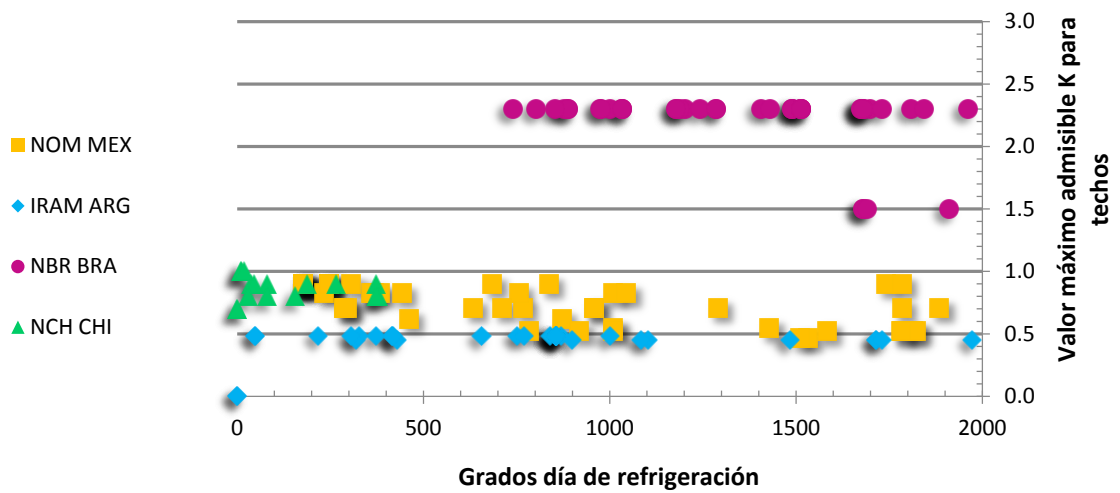


Figura 65: Relación entre la transmitancia térmica para muros y los grados día de refrigeración para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México.

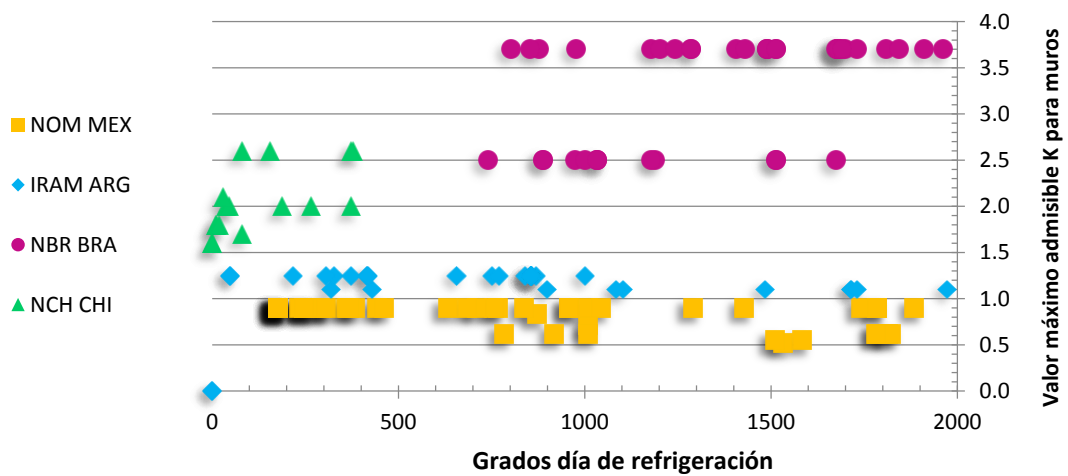


Figura 66: Relación entre la transmitancia térmica para techos y los grados día de calefacción para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México.

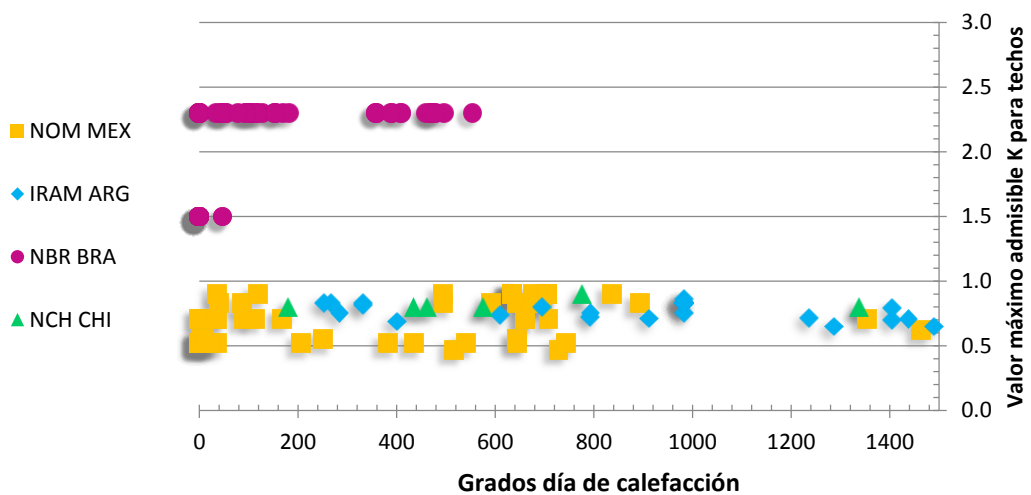
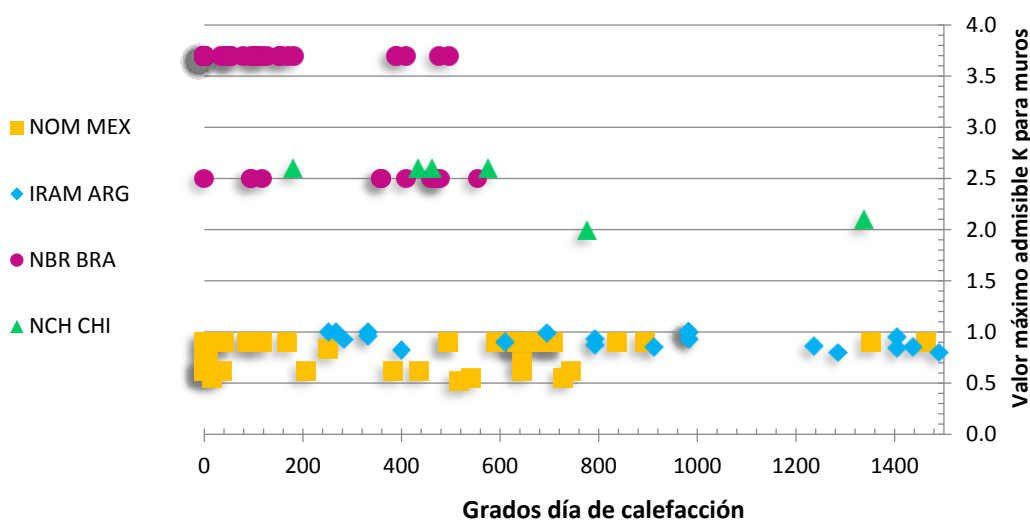


Figura 67: Relación entre la transmitancia térmica para muros y los grados día de calefacción para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México.



Se verifica un rango en donde coinciden los valores de grados días de algunas ciudades de los cuatro países y a la vez se contrasta, que los valores máximos de transmitancia térmica son bastante diferentes. Los valores definidos por las normativas de Brasil, en general son significativamente superiores en comparación a los demás valores límites. Argentina, Chile y México precisan valores de transmitancia térmica similares para techos, tanto en invierno como verano, y algunos valores definidos para muros de la normativa de Chile se asemejan a los valores de la normativa de Brasil, tanto para invierno, como para verano.

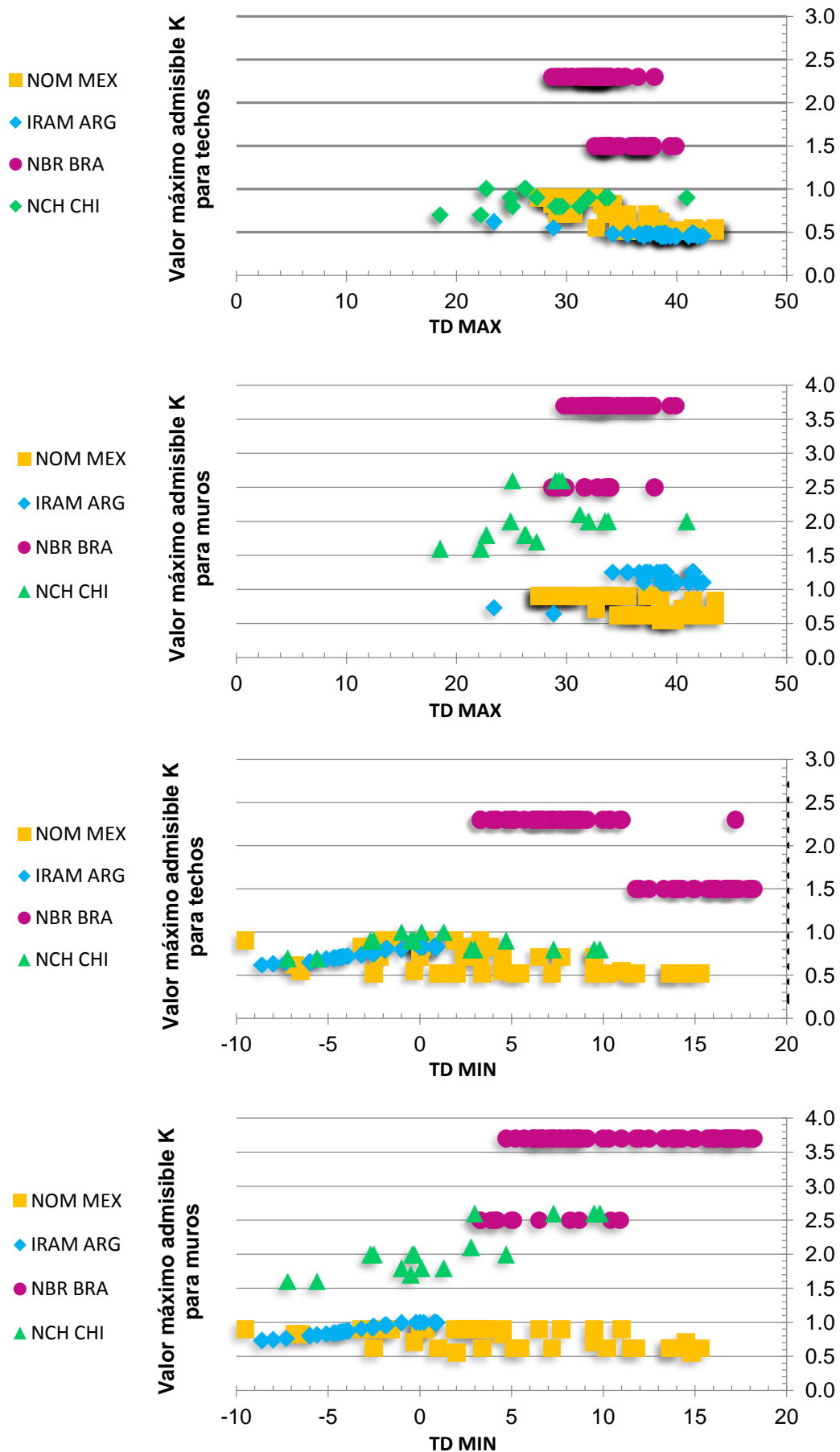
Se infiere que la NBR es un 108% más permisiva que las IRAM en verano y 177% y 257% en invierno, para techos y muros respectivamente. Es decir que las IRAM son 2 veces más exigente respecto los valores de Transmitancia Térmica requeridos para muros y techo en la NBR en verano y 3,5 veces más exigentes para los valores de K de muros en invierno.

Se buscó verificar si la diferencia entre los valores de transmitancia térmica se relacionaban con la poca rigurosidad del clima de las localidades de Brasil, es decir si algunas ciudades presentaban inviernos cortos y severos a la par de otras con inviernos prolongados y poco extremos.

Se compararon las temperaturas mínimas y máximas de diseño de cada localidad con los respectivos índices de transmitancia térmica y se encontró una relación similar al estudio anterior. Se verificó que los cuatro países poseen localidades con necesidad similar de calefacción y/o refrigeración para estar en confort, y que los valores de transmitancia térmica de la NBR son más permisivos que las demás reglamentaciones (**Figura 68**).

Se analizó la relación de los estándares de transmitancia térmica establecidos por cada país con sus consumos anuales de acondicionamiento térmico, ya que se estima que los edificios que presentan mayor posibilidad de cambio de calor a través de su envolvente, presentarían mayores consumos para alcanzar condiciones de confort durante el año.

Figura 68: Relación entre la transmitancia térmica para muros y techos y las temperaturas máximas y mínimas de diseño para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México.



La **Figura 69**, **Figura 70**, **Figura 71** y **Figura 72** indican la relación encontrada entre los límites de transmitancia térmica establecido para cada localidad seleccionada y el consumo energético ($m^2/año$) para obtener confort en invierno y verano. De forma general, los valores propuestos por Argentina para la condición de verano se corresponden con los consumos de las edificaciones. En los casos de ciudades localizadas en Brasil no se verificó correspondencia. Los índices para muros y techos definidos por Chile y México se correlacionan con sus consumos de invierno.

En el Caso I, el cual analiza una vivienda unifamiliar de interés social, se verifica que a medida que los valores de transmitancia térmica para muros de localidades en Chile reducen, los consumos en calefacción aumentan, registrando un índice de dependencia moderado de -0,64. Cuando los valores de U para techos aumentan, los consumos en calefacción aumentan, con una correlación positiva moderada de 0,48. Para la condición de verano, los valores establecidos por Argentina para los muros presentan un alto índice de dependencia con los consumos energéticos de refrigeración, con un $R^2= 0,85$. Los demás casos marcan una codependencia muy baja y se deduce que los valores de transmitancia térmica no son influyentes en sus variaciones de consumo, sino que existen otras variables que afectan de forma más significativa el consumo de este caso de estudio (**Figura 69**).

En el caso II, el cual examina una vivienda unifamiliar considerada de clase media, exhibe resultados similares a los mencionados en el Caso I. Se entiende que Chile establece valores de U para muros y techos que se relacionan de forma moderada con los consumos de la vivienda en calefacción, registrando un $R^2= - 0,62$ y $R^2= 0,68$ respectivamente. En este Caso también se verifica que los valores de U establecidos por México tanto para muros, como techos, se correlaciona de forma moderada con el consumo en calefacción, en ambos caso con un $R^2=0,59$ (**Figura 70**).

Para el Caso III, el cual analiza un edificio vivienda multifamiliar de interés social, la relación encontrada para los elementos en Chile se reduce a $R^2=0,59$ en ambos casos, y la codependencia de los valores para muros y techos de México pasan de moderada a alta y muy alta, con un $R^2= 0,84$ para muros y $R^2= 0,97$ para techos. La normativa de México propone valores diferentes de transmitancia térmica para muros en los edificios que posean 3 pisos o más, lo que indica la posibilidad de que estos valores sean más acertados, así como también se puede discutir sobre el factor de forma que presenta el Caso III y compararlo con el Caso II. La correlación para los techos aumenta de forma significativa, sugiriendo que la aplicación de aislación térmica en la cubierta de edificios compactos contribuye a la reducción del consumo energético. En este caso, los valores U de muros y techos establecidos por Argentina presentan un alto índice de dependencia con los consumos energéticos de refrigeración, con un $R^2= -0,88$ en ambos casos. Las IRAM también definen límites admisibles diferentes para los elementos en función de la condición de verano o invierno, se puede estimar que las ciudades analizadas requieren de mayor energía para refrigeración, o que los valores definidos por la normativa buscan limitar las ganancias solares en verano (**Figura 71**).

Figura 69: Relación entre la transmitancia térmica de muros y techos y los consumos de calefacción y refrigeración para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México - **Caso I**

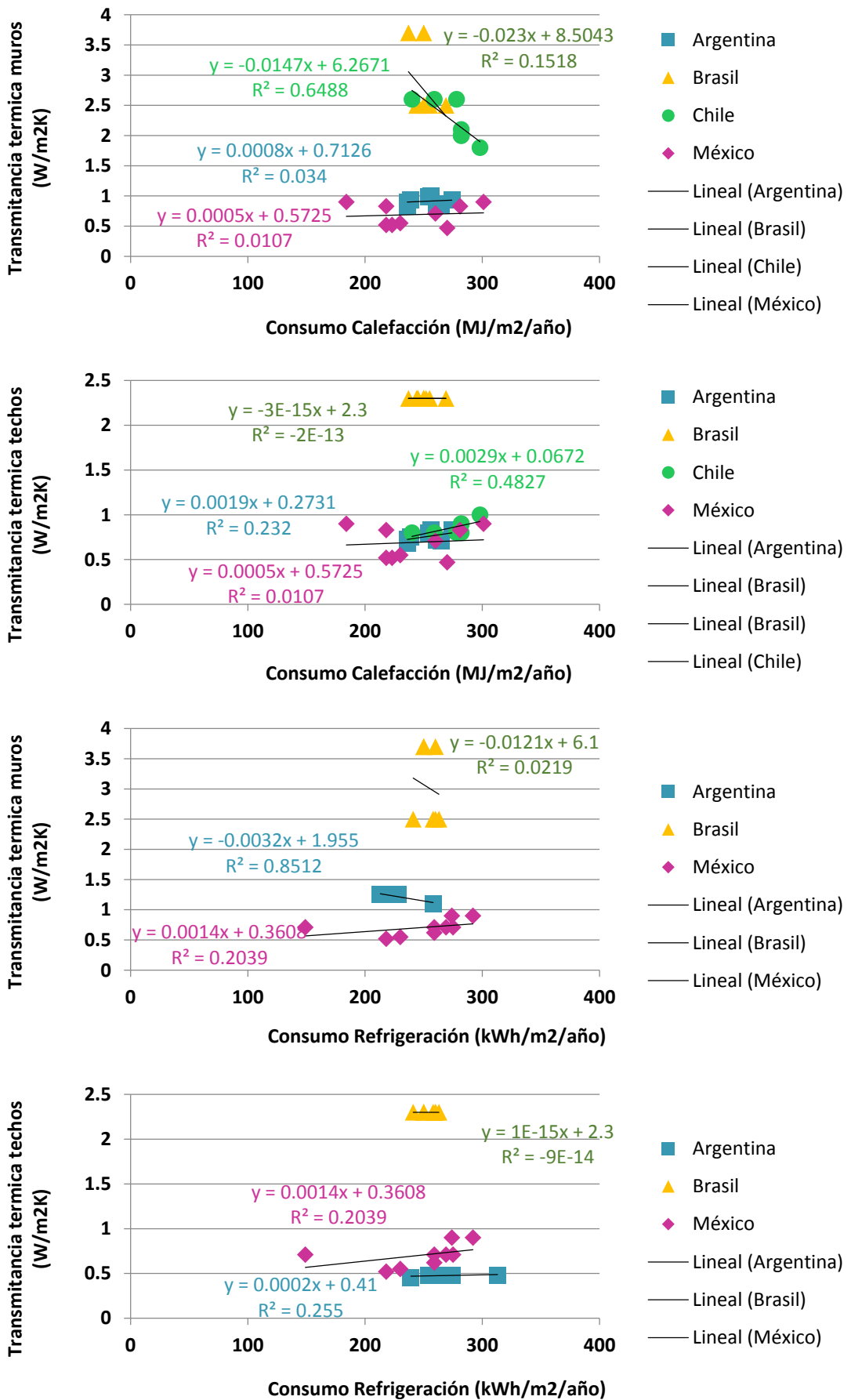


Figura 70: Relación entre la transmitancia térmica de muros y techos y los consumos de calefacción y refrigeración para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México - **Caso II**

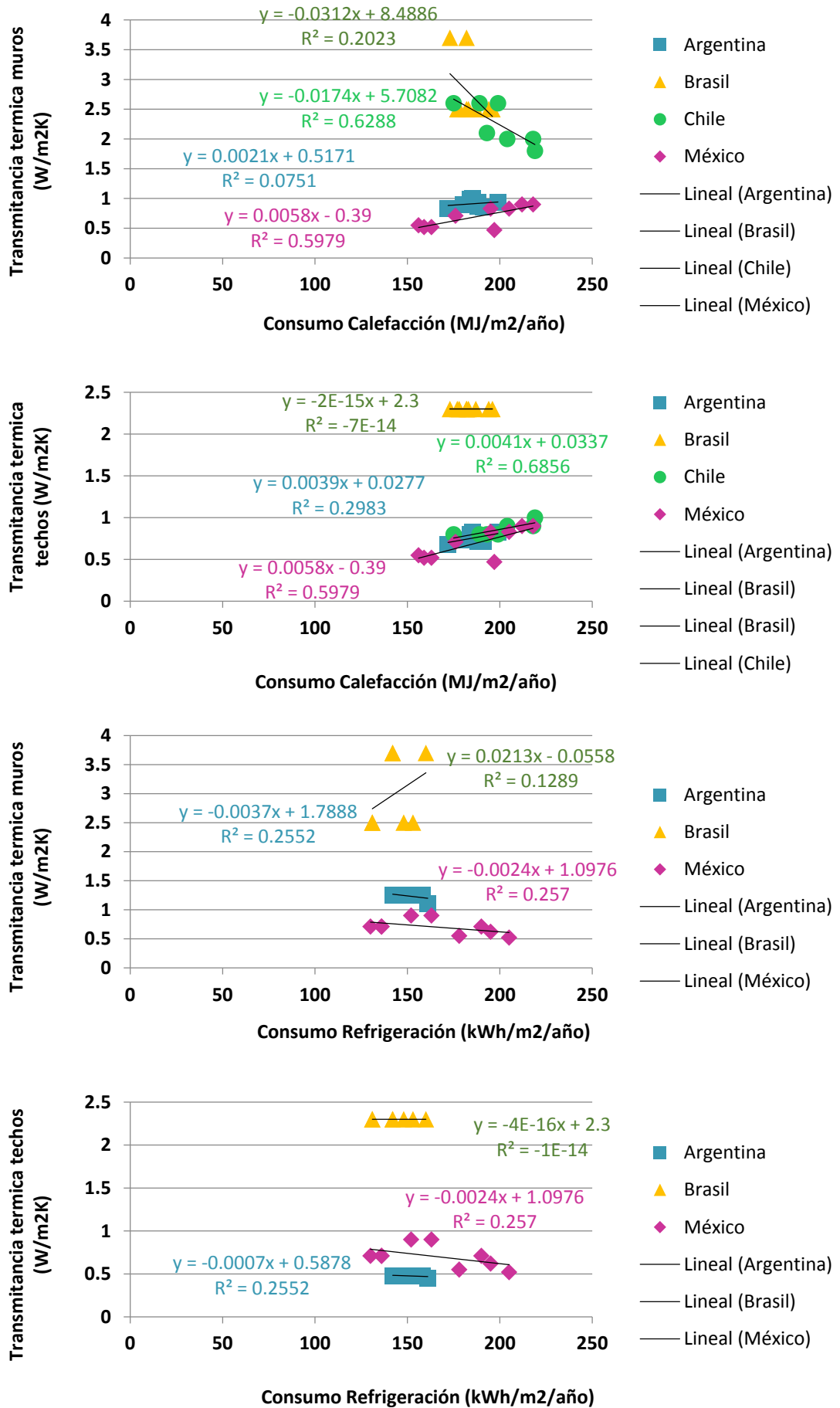


Figura 71: Relación entre la transmitancia térmica de muros y techos y los consumos de calefacción y refrigeración para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México - **Caso III**

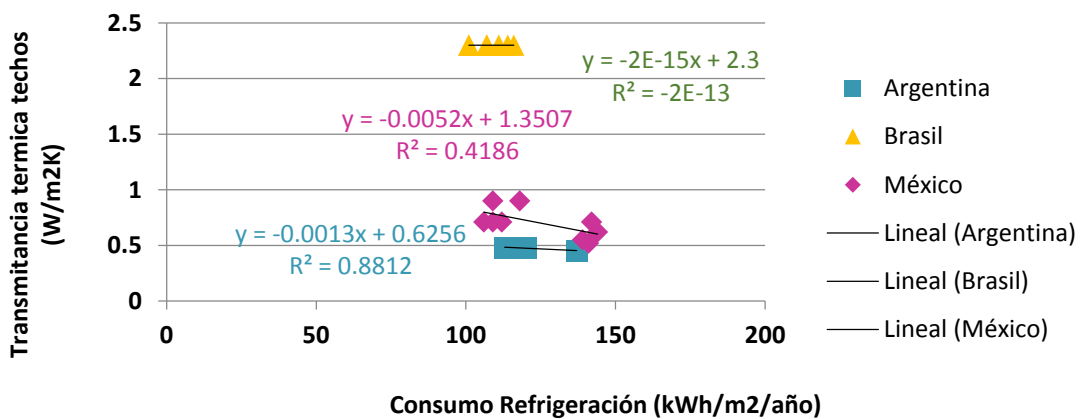
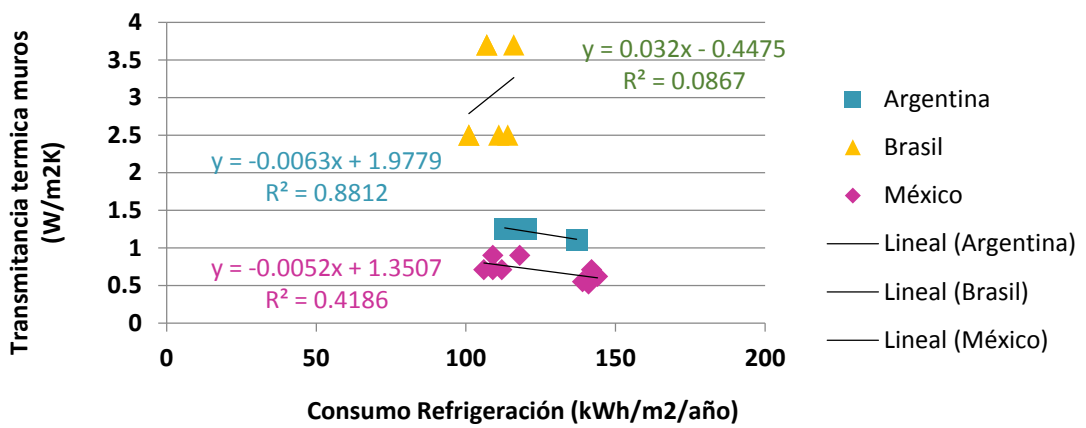
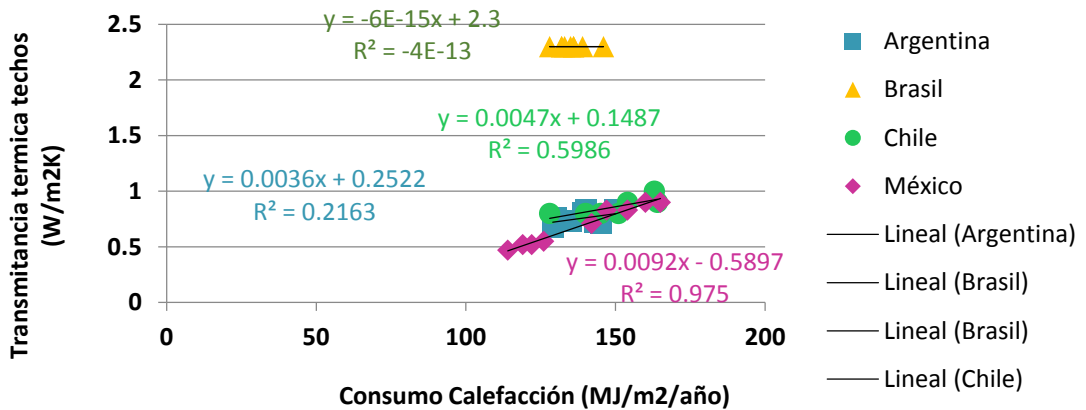
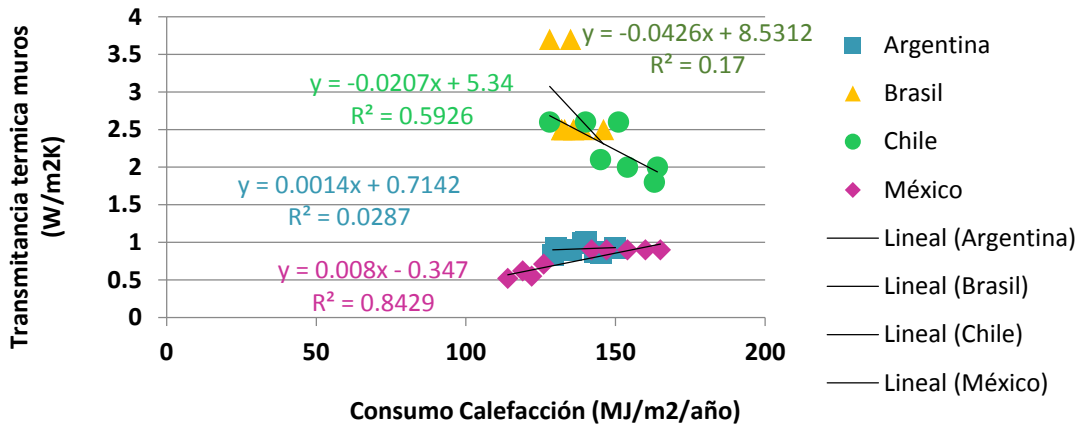
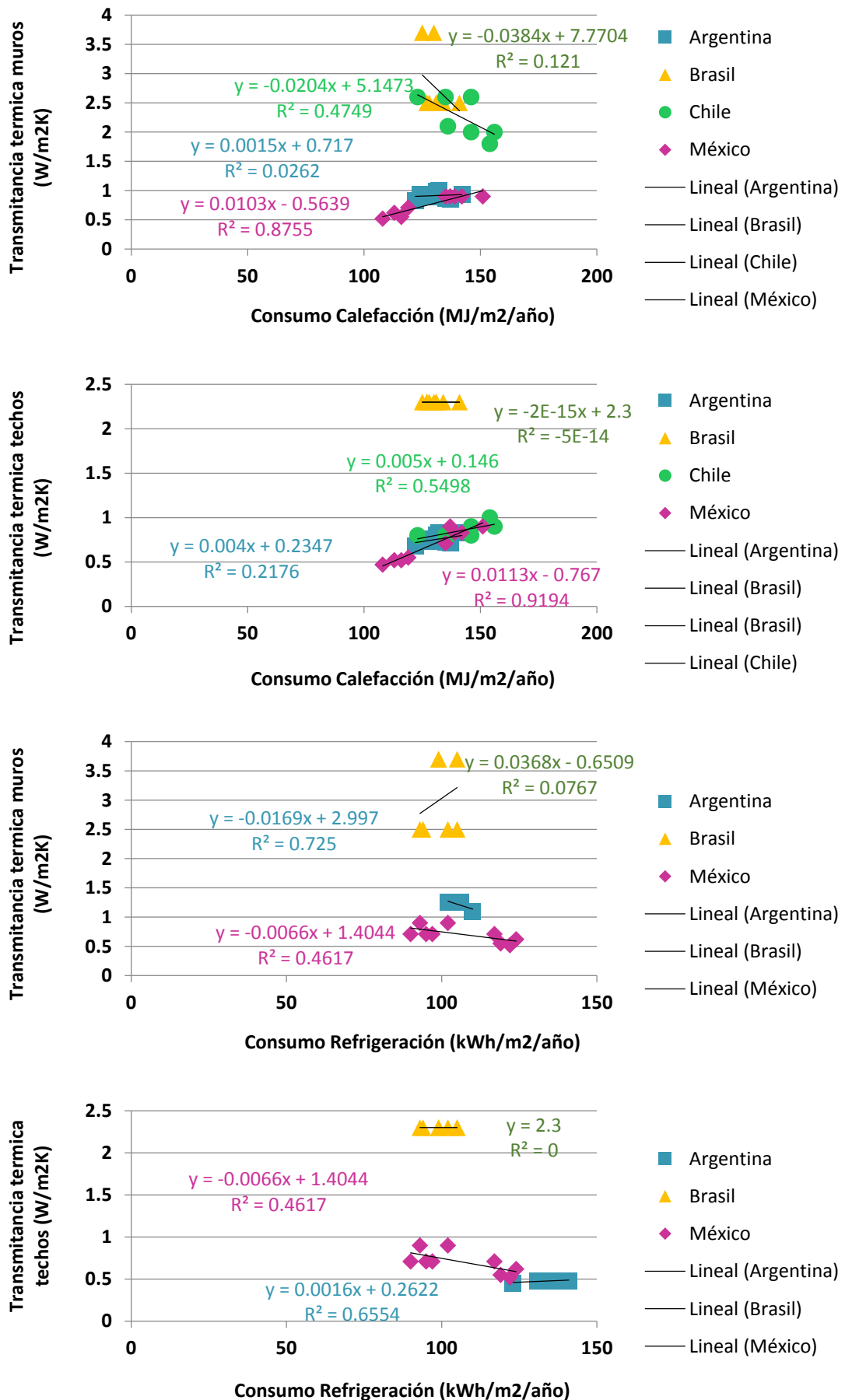


Figura 72: Relación entre la transmitancia térmica de muros y techos y los consumos en calefacción y refrigeración para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México - **Caso IV**



Para el Caso IV, el cual examina un edificio vivienda multifamiliar considerado de clase media, la relación encontrada para los elementos en Chile se reduce a $R^2 = -0,47$ para muros y a $R^2 = 0,54$ para techos, y la codependencia de los valores para muros y techos de México se mantienen en alta y muy alta, con un $R^2 = 0,87$ y $R^2 = 0,91$ respectivamente. Se analiza que las NCh poseen mayor codependencia entre los valores U y sus consumos energéticos en edificios residenciales poco compactos, en cuanto las NOM presentan mayor relación en las edificaciones residenciales más compactas (**Figura 72**).

La **Figura 73**, **Figura 74**, **Figura 75** y la **Figura 76** exhiben la relación entre el consumo para calefacción y refrigeración y las temperaturas mínimas y máximas de diseño para los cuatro Casos de Estudio aplicados a localidades de Argentina, Brasil, Chile y México. Así como en los estudios previos, las dependencias encontradas son predominantemente muy bajas, destacando el caso de Chile donde presenta una relación alta y muy alta entre sus valores de temperaturas mínimas de diseño y consumo en calefacción, y Brasil con una correlación moderada para los consumos en refrigeración.

Figura 73: Relación entre los consumos de calefacción y refrigeración y las temperaturas mínimas y máximas de diseño para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México - **Caso I**

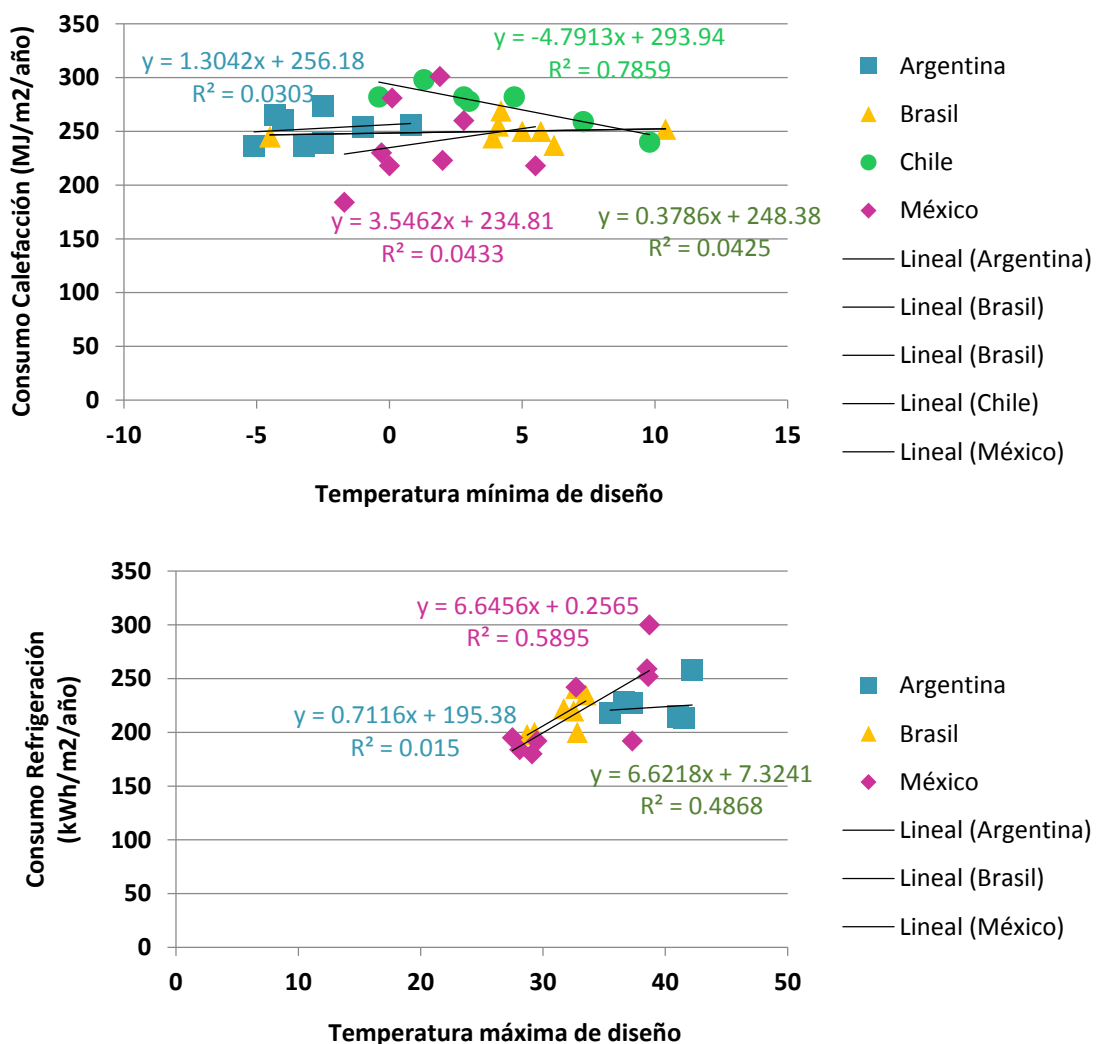


Figura 74: Relación entre los consumos de calefacción y refrigeración y las temperaturas mínimas y máximas de diseño para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México - **Caso II**

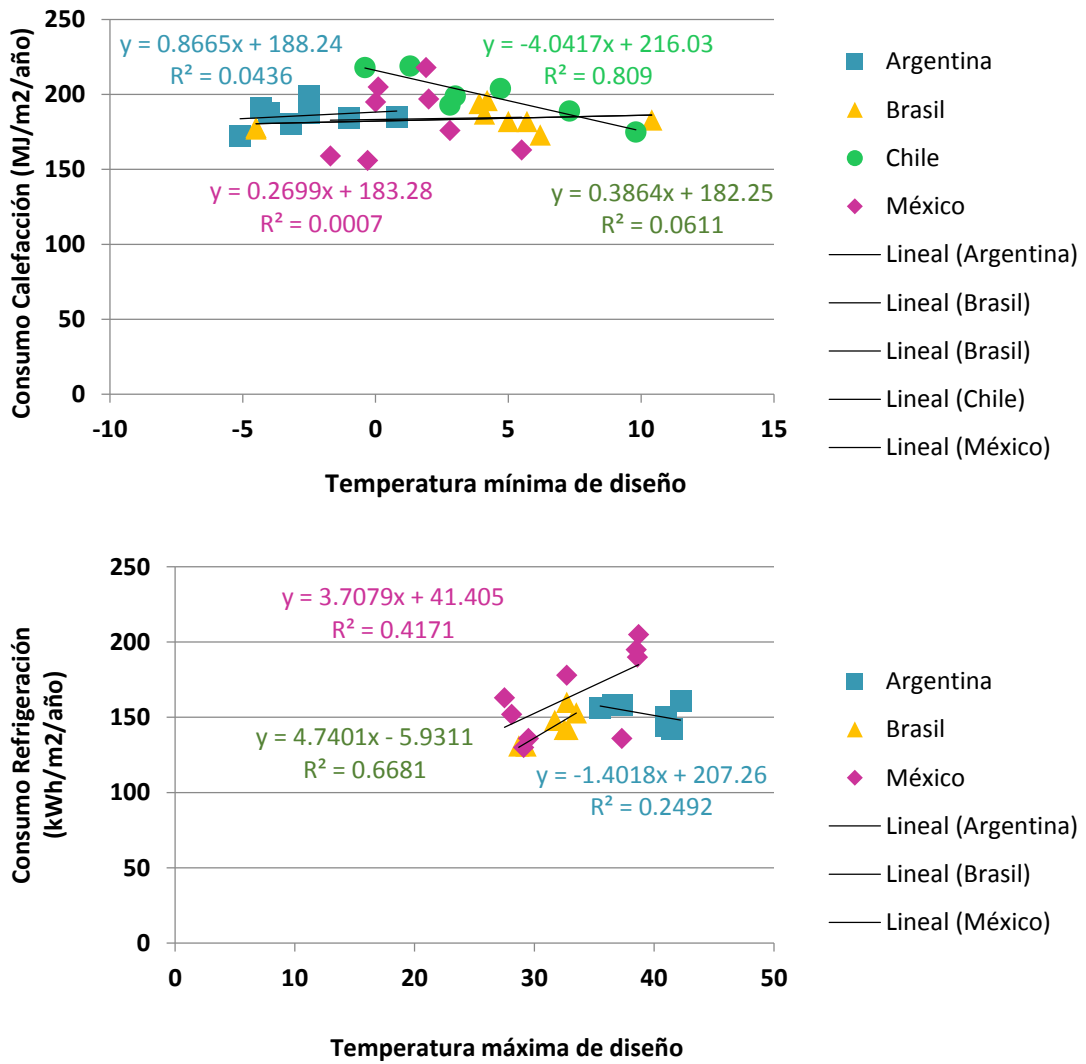
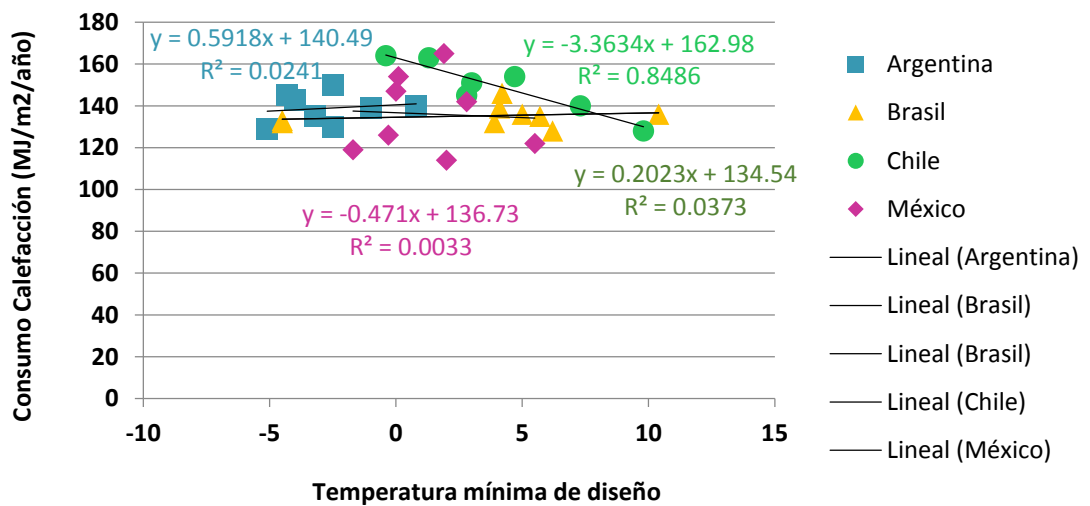


Figura 75: Relación entre los consumos de calefacción y refrigeración y las temperaturas mínimas y máximas de diseño para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México - **Caso III**



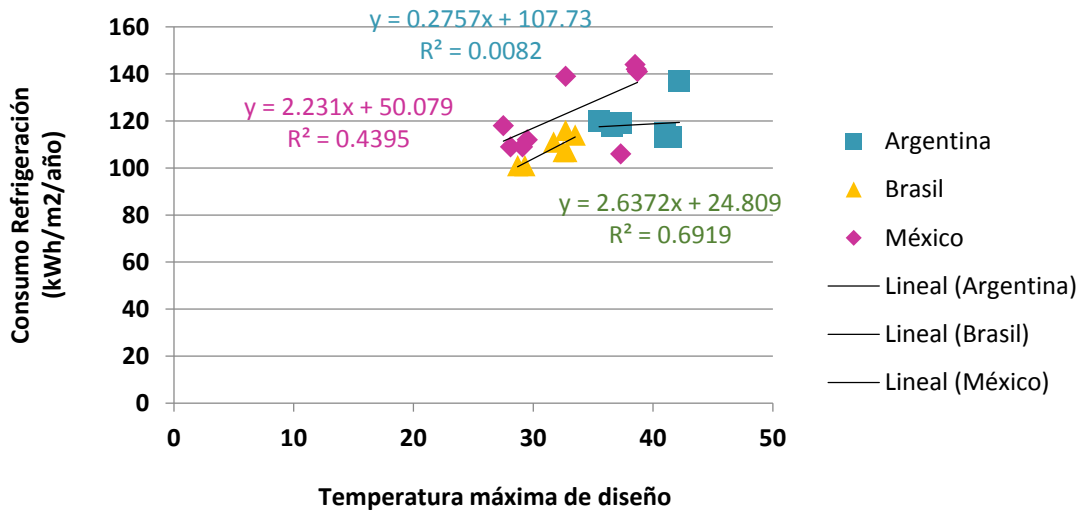
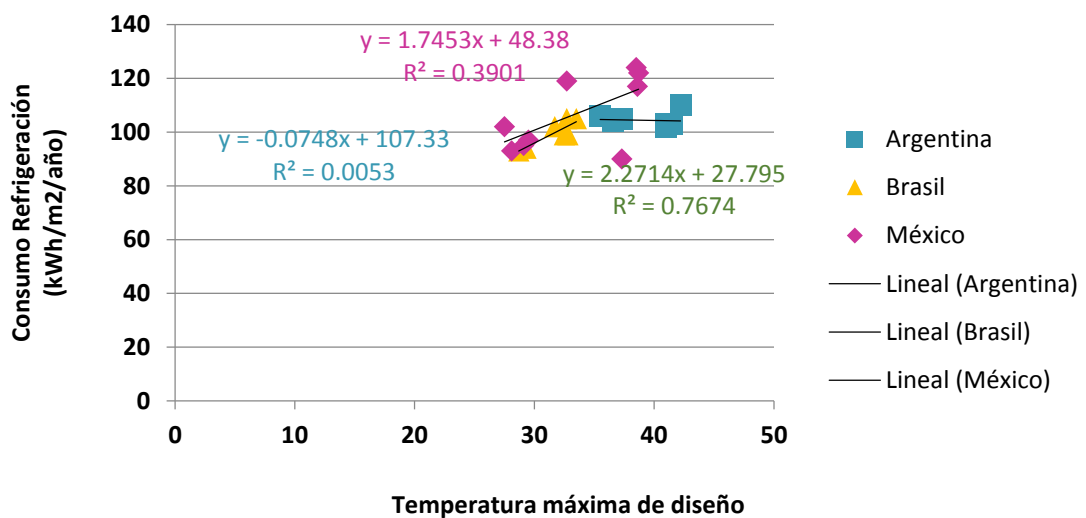
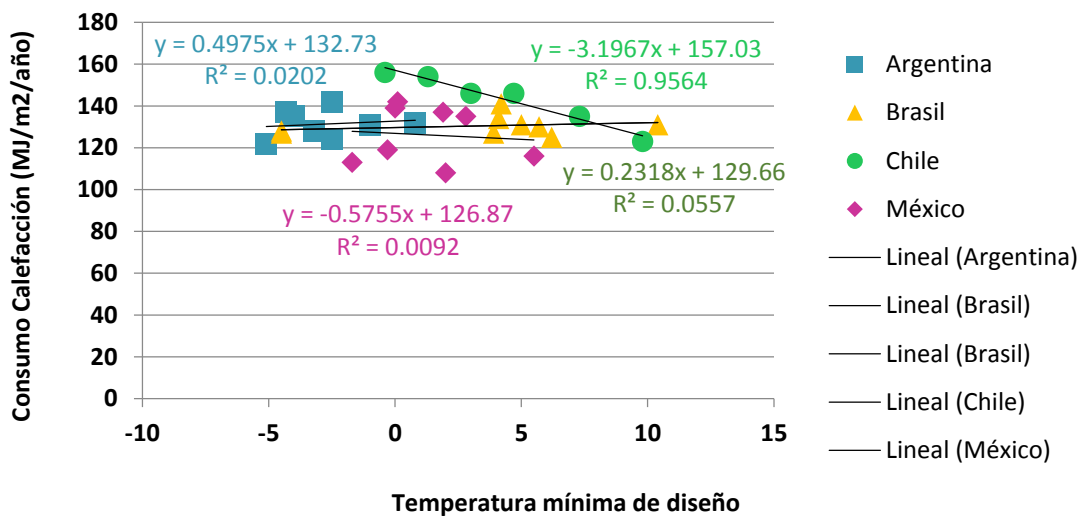


Figura 76: Relación entre los consumos de calefacción y refrigeración y las temperaturas mínimas y máximas de diseño para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México - **Caso IV**



La codependencia entre los consumos en calefacción y las temperaturas mínimas de diseño para localidades de Chile aumenta significativamente a medida que el factor de compacidad de las edificaciones disminuye. En el Caso I se obtiene un valor de $R^2=0,78$, para el Caso II un $R^2=0,80$, para el Caso III un $R^2=0,84$, y para el Caso IV un $R^2=0,95$, indicando que cuanto mayor sea la temperatura mínima de diseño, menores serán los consumos de calefacción.

En el caso de Brasil, se observa un aumento de la correlación entre los consumos en refrigeración a medida que las temperaturas máximas de diseño aumentan. Al igual que Chile, su índice de dependencia se incrementa a medida que el factor de compacidad aumenta, registrando valores de $R^2=0,48$ para el Caso I, $R^2=0,66$ para el Caso II, $R^2=0,69$ para el Caso III, y $R^2=0,76$ para el Caso IV.

La **Figura 77**, **Figura 78**, **Figura 79** y la **Figura 80** demuestran la variación de los consumos para calefacción y refrigeración en función de los valores de grados días de las localidades de Argentina, Brasil, Chile y México.

Figura 77: Relación entre los consumos de calefacción y refrigeración y los grados días de invierno y verano para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México - **Caso I**

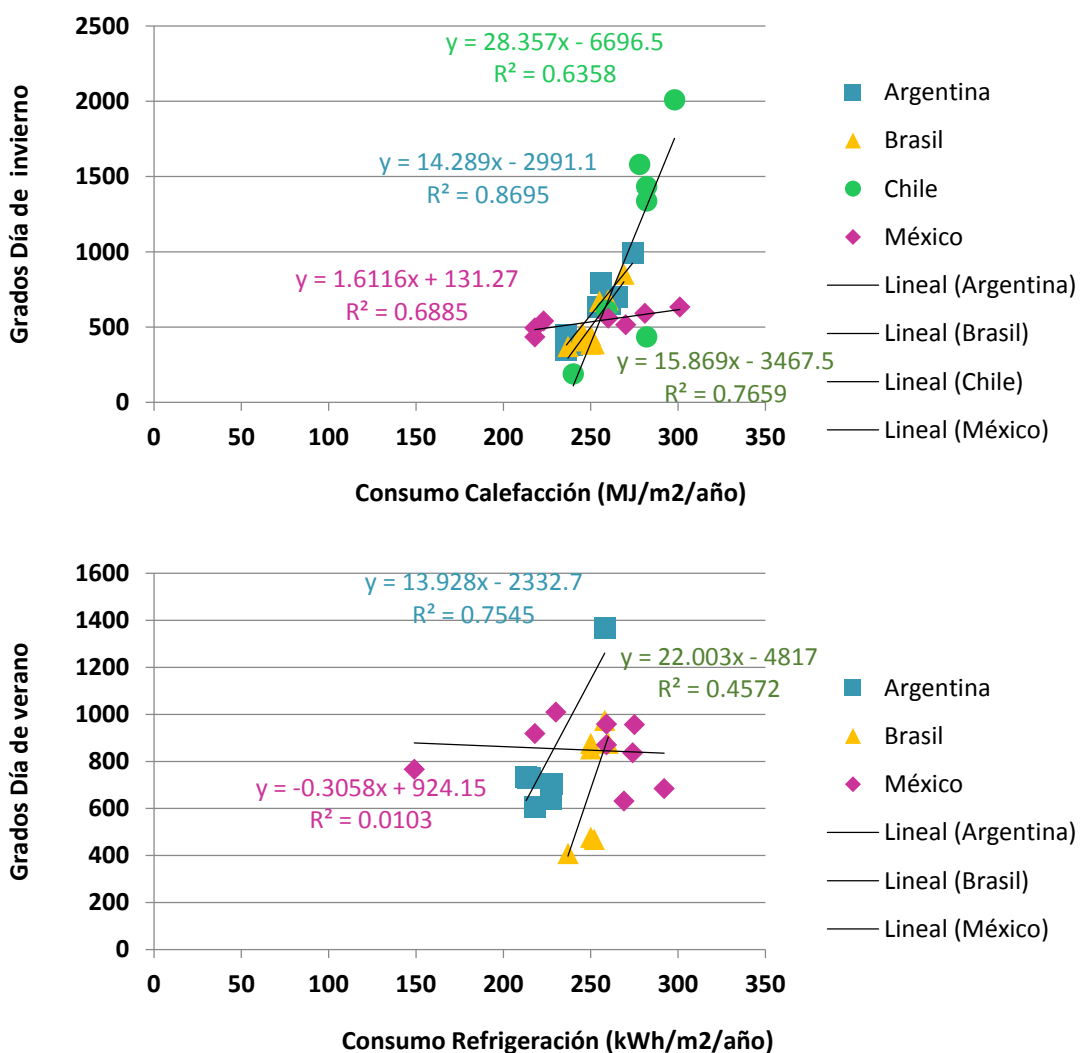


Figura 78: Relación entre los consumos de calefacción y refrigeración y los grados días de invierno y verano para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México - **Caso II**

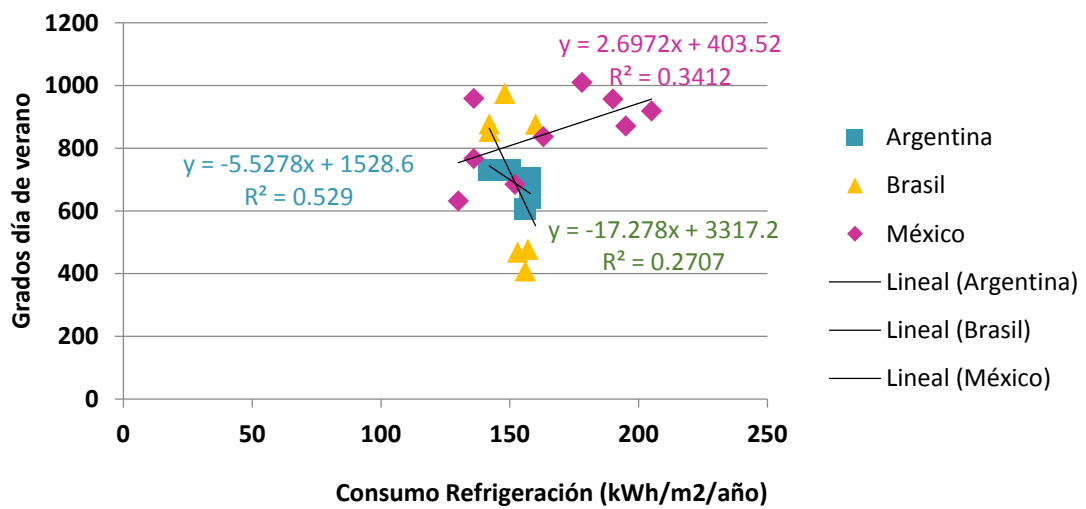
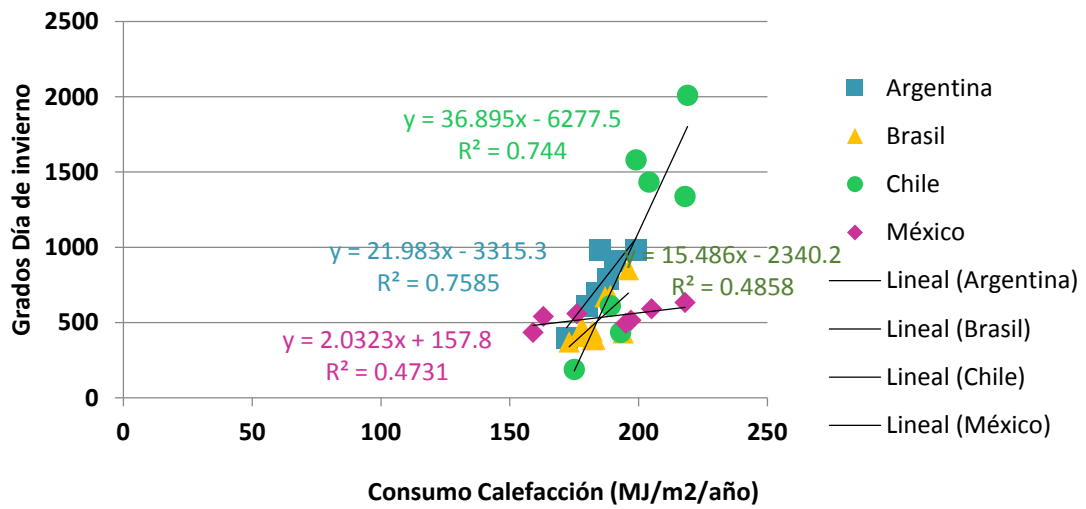
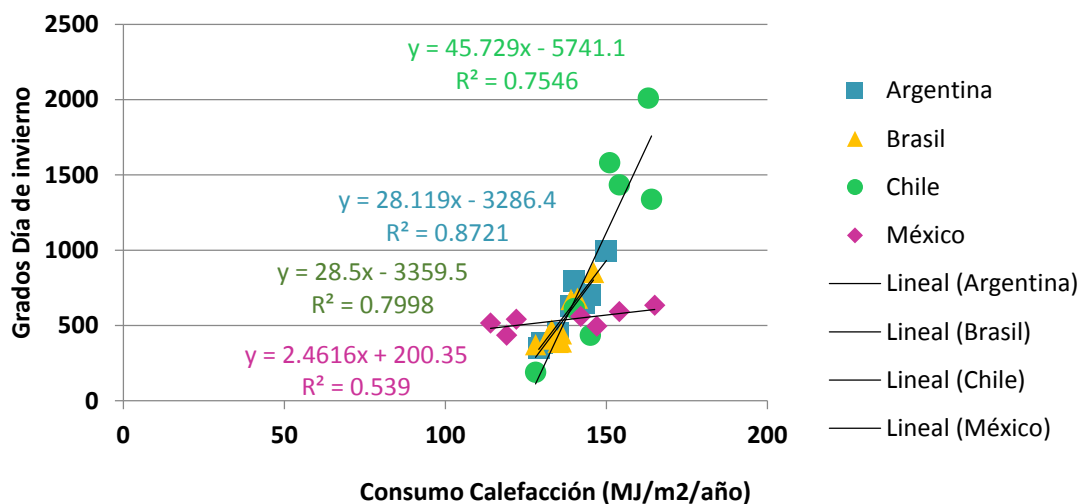


Figura 79: Relación entre los consumos de calefacción y refrigeración y los grados días de invierno y verano para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México - **Caso III**



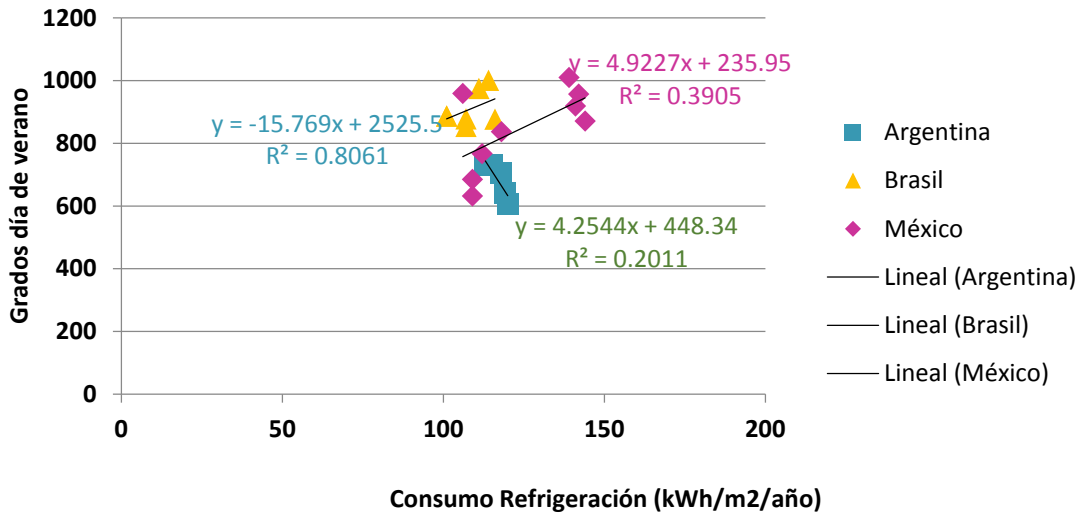
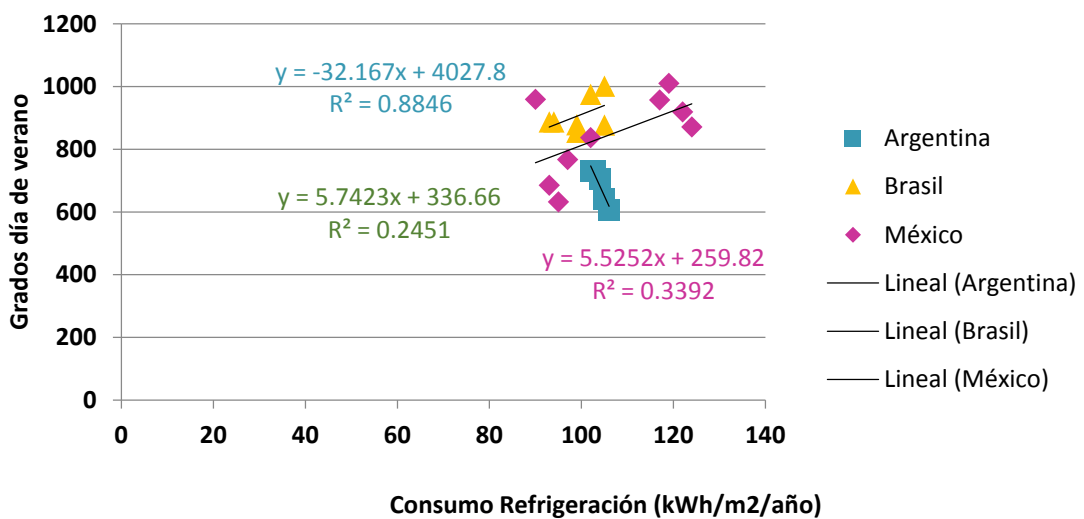
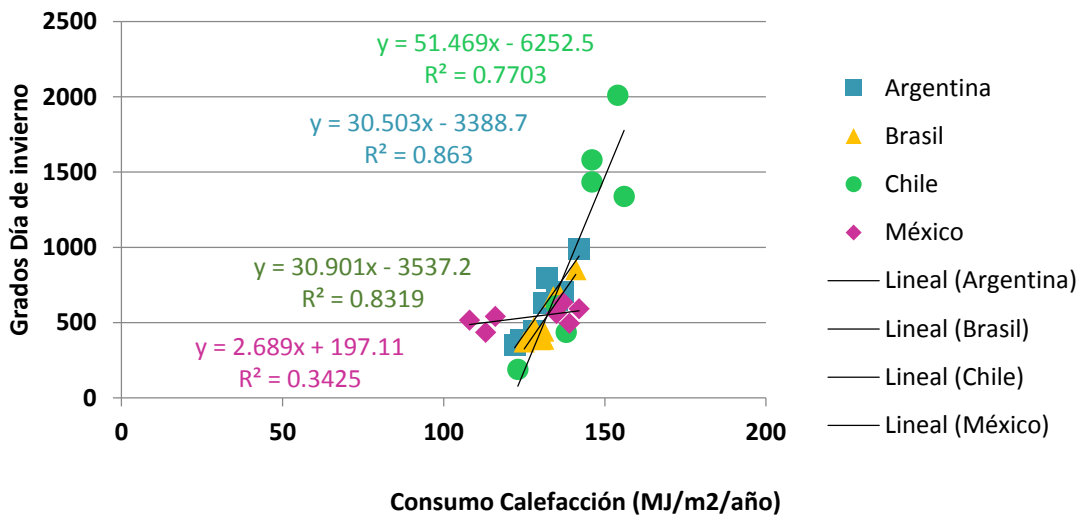


Figura 80: Relación entre los consumos de calefacción y refrigeración y los grados días de invierno y verano para localidades de Argentina, Brasil, Chile y México - **Caso IV**



Se observa que los consumos en calefacción para los cuatro Casos de Estudio varían en proporción a los valores de grados días necesarios para alcanzar condiciones de confort en invierno. Para Argentina, Brasil y Chile, se verifican índices de dependencia altos y para México se registran valores predominantemente moderados. Para los consumos en refrigeración, solamente los resultados obtenidos para las localidades de Argentina poseen alta relación con los grados días de verano.

Propuesta de zonificación regional

Se entiende que los estándares propuestos por las normativas de desempeño térmico edilicio, certificaciones y etiquetados de eficiencia deben relacionarse con el entorno donde se inserta la edificación y esto implica adecuarse a sus características climáticas, ya que el confort térmico, el clima y la envolvente edilicia se encuentran intrínsecamente vinculados.

Las graficas analizadas indican que Argentina, Chile y México presentan valores similares de transmitancia térmica para localidades con requerimientos de calefacción y refrigeración similares, entretanto cuando se verifica la relación de los límites de U establecidos para las localidades de dichos países con sus respectivos consumos, no se encuentra una correlación significativa. Se deduce que aunque los valores de transmitancia térmica inicialmente sean similares para ciudades con temperaturas y requerimientos de grados días semejantes, la transmitancia térmica no consiste en una variable significativa para definir y poder fundamentar los consumos anuales de una edificación. Dichas conclusiones también se aplican para el análisis realizado con las temperaturas mínimas y máximas de diseño, ya que solamente Chile presenta localidades con alta correlación entre las TD mínimas y sus valores de consumo.

Con el análisis de los grados días, se encontró elevada relación de dependencia con los consumos de calefacción primordialmente. Se puede discutir a respecto de mejorar los índices de transmitancia térmica para las localidades de Brasil y México en verano, y proponer nuevos estándares para los elementos de la envolvente, a fin de que la relación entre los consumos de refrigeración con los valores de grados día de dichas localidades, se incrementen.

Una de las dificultades encontradas inicialmente en este trabajo, había sido poder comparar los sistemas de calificación entre sí, estableciendo el consumo energético de una edificación en función de los estándares propuestos por cada país, y definir cuál sería la calificación de este edificio, según cada etiquetado o normativa. A partir de estos análisis, se propone una zonificación regional a partir de los grados días requeridos por las localidades estudiadas en este trabajo, con la intención de elaborar una base para la clasificación climática de diferentes ciudades de Latinoamérica. Dicha base podría servir para fundamentar el mejoramiento de normativas, etiquetados y certificaciones destinadas al desempeño térmico de edificaciones residenciales; impulsar el desarrollo de estándares en aquellos países que no disponen actualmente de un marco regulador enfocado en el confort

térmico; y principalmente estandarizar los sistemas de calificación edilicia en la región, apuntando a que en un futuro se pueda definir un criterio único para la clasificación de la eficiencia energética: el consumo anual para calefacción y refrigeración de la unidad habitacional.

Figura 81: Zonificación regional propuesta



Grados Día		Refrigeración			
		0 -500	501 – 1000	1001 - 1500	< 1501
Calefacción	< 1501	1	2	3	4
	1001 - 1500	5	6	7	8
	501 – 1000	9	10	11	12
	0 -500	13	14	15	16

Conclusiones

Este trabajo permitió conocer los sistemas de calificación edilicia creados específicamente para el contexto de los países de Latinoamérica. Se conoció el marco de implementación, la estructura, el enfoque metodológico, los criterios de evaluación y clasificación y los niveles de aplicación en el mercado de cada sistema. Se constató que el empleo de etiquetados, certificaciones y reglamentaciones de desempeño de edificaciones, aún representa un bajo porcentaje de incidencia respecto las prácticas de construcción regulares. Entretanto, existe una creciente búsqueda, una mayor concientización y sensibilidad de parte de los profesionales y usuarios, respecto a la importancia de promover prácticas de eficiencia energética en el sector de la construcción civil.

Las políticas implementadas en estos países, de forma general se encuentran en etapa de desarrollo y se registra un avance importante en la elaboración de legislación, programas y políticas destinadas a incentivar la aplicación de prácticas de construcción sustentable y eficiente desde una perspectiva integral. Dichas iniciativas consideran no solamente aspectos de rendimiento de artefactos, instalaciones eficientes y potencia de luminarias, sino que se integran cuestiones de confort térmico, eficiencia energética y construcción sustentable.

Brasil, Chile y México han podido desenvolver un mayor número de iniciativas, presentando un desarrollo significativo del marco regulatorio y de las estrategias nacionales relacionadas a la mejora de la calidad de los edificios. Chile y México se han enfocado en el desarrollo de políticas integradas, articulando iniciativas a nivel nacional y municipal y trabajando de forma intersectorial, lo que permitió la continuidad y la implementación efectiva de las acciones propuestas.

Colombia presenta un importante desarrollo de estrategias direccionadas a la preservación de los recursos naturales y a la mitigación del cambio climático. Dispone de instrumentos que garantizan la continuidad de las políticas gubernamentales, lo que puede ser direccionado para impulsar la creación de acciones direccionadas a promover el confort térmico y la eficiencia energética edilicia.

Argentina y Costa Rica han enfrentado la falta de políticas e incentivo financiero gubernamental para el desarrollo de normativas, haciendo con que investigadores hayan llevado a cabo muchos

estudios de forma independientes. En Chile el gobierno se posicionó fuertemente frente a la problemática, trabajando continuamente junto a distintos actores y actualmente el país cuenta con un marco regulador sólido, políticas aplicadas de forma efectiva, planes a largo plazo que vienen consolidándose, caracterizando al país como un ejemplo para el contexto Latinoamericano.

Se observa que es imprescindible la participación del estado frente a la promoción de programas y políticas, con estrategias y lineamientos específicos. Con la definición clara de los actores involucrados, bien como sus deberes, alcances y limitaciones, y principalmente que sea desde una estrategia conjunta, sin que el cambio de gobierno afecte la continuidad de los proyectos.

A partir del desarrollo de este estudio se define que las iniciativas implementadas en Latinoamérica, primordialmente se fundamentan en tres aspectos: en reducir la demanda energética nacional, en preservar los recursos naturales, y en mejorar la calidad de vida de los usuarios, minimizando las necesidades básicas de habitabilidad en las viviendas de interés social.

El enfoque metodológico de algunos sistemas se basa en una evaluación parcial considerando el consumo energético y la eficiencia energética, en cuanto otros analizan el desempeño ambiental de forma integral. Para la definición de los requerimientos de confort y aquellos de eficiencia energética vinculados al desempeño térmico, se verifica que algunos sistemas establecen los valores de indicadores basados en una sectorización bioambiental. Otros no disponen de un mapa con zonas climáticas y por lo tanto se aplican de forma general, sin considerar las particularidades climáticas de cada región.

En función de los requerimientos exigidos para la calificación de un edificio, se deduce que en todos los casos estudiados, se establecen requisitos para garantizar el desempeño edilicio en vez de definir materiales y tipos de sistema constructivo posibles de utilización. Es decir que requieren el cumplimiento de indicadores, permitiendo el empleo de todo tipo de sistema, ya sea tradicional o innovador, siempre cuando cumpla con los valores establecidos. Esta estrategia funciona como catalizador para fomentar la innovación de nuevos productos, del desarrollo tecnológico y auxilia en el proceso implementación de las normativas y adhesión a los sistemas de certificación.

A partir de la contrastación entre los grados días y las temperaturas mínimas y máximas de diseño de determinadas ciudades situadas en Argentina, Brasil, Chile y México, con los valores de transmitancia térmica asignados por sus normativas correspondientes, se encontró un mismo resultado: existe un grupo de localidades de estos países que presentan necesidades similares de energía para alcanzar condiciones de confort, tanto en invierno como en verano. Entretanto, los valores de transmitancia térmica establecidos por la normativa de Brasil son entre 2 y 3,5 veces superiores a los definidos por Argentina, Chile y México para ciudades con requerimiento energético semejante.

La transmitancia térmica consiste en el indicador común entre los etiquetados de Brasil, Chile, México y la Ley 13.059/03, y constituye la única variable considerada en las ecuaciones de estos sistemas que busca representar las características constructivas del edificio. Luego, si la clasificación de cada etiquetado varía en función de los consumos del edificio, y las características de la envolvente edilicia influyen en los consumos anuales, los valores admisibles de transmitancia térmica deberían ser proporcionales a la demanda anual. Sin embargo, no se comprueba una significativa relación de dependencia entre los consumos y los valores de transmitancia térmica para localidades de Argentina, Brasil y México. En Chile se verifica una correlación moderada.

Este trabajo pone en cuestión la relación entre los métodos simplificados de cálculo empleados en los sistemas analizados y los factores definidores del clima, de las características del edificio y de su envolvente. No sería necesario incluir demás indicadores en los procedimientos de cálculo, igualmente importantes que la transmitancia térmica?

Se concluye que sí, y se proponen dos medidas. A partir de la correlación encontrada entre los consumos calculados mediante simulación computacional y los valores de grados días de invierno y veranos de distintas localidades, se propuso una zonificación regional. Encontrar una similitud climática que posibilite la agrupación de ciudades situadas en países con climas tan diversos es compleja, sin embargo se espera que dicha sectorización contribuya para la elaboración de una clasificación climática Latinoamericana, aplicada al desempeño térmico de edificaciones residenciales.

La segunda no se resuelve con este trabajo, pero surge de ello. Uno de los obstáculos enfrentados inicialmente en esta investigación, fue el de no poder calcular los consumos de un mismo edificio en diversas localidades con los métodos de cálculo de Brasil y Chile. Esto imposibilitó conocer las clasificaciones que tendría un mismo edificio, según cada etiquetado y cada estándar de desempeño establecido.

Sería interesante que en un futuro, se pueda desarrollar una metodología de cálculo simplificado para edificaciones residenciales en Latinoamérica, que incluya demás variables representativas de las características del clima y del edificio. Para esta metodología, las variables climáticas podrían basarse en los valores de grados días de refrigeración y calefacción, pero incluir distintos índices de corrección, como por ejemplo, en función de la altitud del lugar situado. Para representar las características de la edificación se podría adicionar indicadores de masa térmica y sobre el factor de compactidad.

De forma inmediata, se espera que este trabajo aporte antecedentes para fundamentar el mejoramiento de normativas, etiquetados y certificaciones destinadas al desempeño térmico de edificaciones residenciales; y que la zonificación propuesta impulse el desarrollo de estándares en aquellos países que no disponen actualmente de un marco regulador enfocado en el confort térmico.

Bibliografía

- Acuña, C. (2016). La institución del amicus curiae en el procedimiento ambiental frente a las normas de debido proceso legal. Facultad de derecho. Departamento de derecho procesal. Santiago de Chile.
- Aliste, E., & Musset, A. (2014). Pensar los territorios del desarrollo: sustentabilidad y acción pública en nombre de una ciudad imaginaria. Concepción (Chile), 1950-2010. *EURE*, 91-110.
- Arruda, I. (2009). *Programa Minha Casa Minha Vida 1 milhão de casas. Crédito, emprego, benefícios e esperança para os brasileiros*. Brasília.
- Asamblea Legislativa. (1973). Ley n° 5.395 - Ley General de Salud.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2008). NBR n° 15220 - desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2013). NBR n° 15575 - edificações habitacionais: desempenho. Rio de Janeiro.
- Baldwin, R., Leach, S., Doggart, J., & Attenboroug, M. (1990). *BREEAM 1/90 - an Environmental Assessment for New Office Designs*. Building Research Establishment.
- Baldwin, R., Leach, S., Doggart, J., & Attenboroug, M. (1998). *BREEAM 98 for offices - an Environmental Assessment Method for Office Building*. Building Research Establishment.
- Bordachar, F., Furno, F., & Lattuca, A. P. (2016). Incorporación de exigencias sobre eficiencia energética edilicia. Normativa caso Rosario. *Acta del I Encuentro Nacional sobre Ciudad, Arquitectura y Construcción Sustentable*, (págs. 545-554). La Plata.
- Bouwcentrum, C. (1973). Orientación de viviendas y radiación solar en la Argentina. Buenos Aires.
- CAIXA. (2010). Guia Caixa. Sustentabilidade Ambiental. Selo Casa Azul. Boas práticas para habitação mais sustentável. Caixa Econômica Federal. São Paulo: Páginas & Letras.
- CAMACOL. (2011). *Informe Económico n 30 - La vivienda social en América Latina: Una revisión de políticas para atender las necesidades habitacionales de la región*. Bogotá.
- Cámara Chilena de Refrigeración y Climatización. (2007). Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile. Santiago.

- Carlo, J., & Lamberts, R. (2010). Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios - parte 1: método prescritivo. *Revista Ambiente Construído*, 7-26.
- CEPAL. (2015). Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética del Brasil. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Documento de proyecto. Santiago de Chile.
- Cohen, R., Standeven, M., & Bordass, W. (2001). Assessing building performance in use 1: the Probe process. *Building Research and Information*, 85-102.
- Cole, R. J., & Larsson, N. (2000). Sustainable Building 2000, 22-25 October 2000, Maastricht, The Netherlands: proceedings. *Green building challenge: lessons learned from GBC'98 and GBC2000*.
- Cole, R. (s.d.). Building Environmental Performance Assessment Criteria. THE IEA BCS Annex 31 – Energy Related Environmental Impact of Buildings: Survey on Existing Results and Ongoing works.
- Cole, R., Rousseaud, D., & Theaker, I. (1993). Building Environmental Performance Assessment Criteria: Version 1 – Office Buildings. Vancouver: The BEPAC Foundation.
- Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos. (2001). NOM-008-ENER-2001 - Eficiencia Energética en Edificaciones, Envolverte de Edificios no Residenciales.
- Costa, D., & Moraes, C. (2012). Construção Civil e a Certificação Ambiental: Análise comparativa das certificações LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) e AQUA (Alta Qualidade Ambiental). *XIV ENGEMA Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente*. São Paulo.
- Departamento de Infraestructura. (2010). Decreto nº 1.030 - Reglamento de aplicación de la Ley nº 13.059. La Plata.
- Departamento Nacional de Planeación. (2005). Documento Conpes Social - 91. Metas y estrategias de Colombia para el logro de los objetivos de desarrollo del milenio - 2015. Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación. (2010). Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014. Bogotá.
- Eletrobras. (2013). Manual para aplicação do RTQ-C.
- Empresa de Pesquisa Energética. (2007). Plano Nacional de Energia 2030. Rio de Janeiro.
- Empresa de Pesquisa Energética. (2008). Balanço Energético Nacional. Ano base 2007. Ministério de Minas e Energia.
- Farinella, F. (2000). Uso racional de la energía y desarrollo sostenible. Texto completo. *Revista SAIJ*.
- FCAV, F. V. (2013). Referencial técnico de certificação AQUA-HQE. *Edifícios Habitacionais 2013 - versão 2*. São Paulo.
- Governo Federal. (2008). Plano nacional sobre mudança do clima – pnmc – Brasil. Comitê interministerial sobre mudança do clima. Brasília.
- Grünberg, P., Medeiros, M., & Tavares, S. (2014). Certificação ambiental de habitações: comparação entre LEED for homes, Processo AQUA e Selo Casa Azul. *Ambiente & Sociedade*, 195-214.

- Hernández, A. (2003). Geosol: una herramienta computacional para el cálculo de coordenadas solares y la estimación de irradiación solar horaria. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2000a). IRAM n° 11625 - Aislamiento térmico de edificios: verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general. Buenos Aires.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2000b). IRAM n° 11625 - Aislamiento térmico de edificios: verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general. Buenos Aires.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2001a). IRAM n° 11605 - Acondicionamiento térmico de edificios: condiciones de habitabilidad en edificios: valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Buenos Aires.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2001b). IRAM n° 11.507-1 - Carpinterías de obra y fachadas integrales livianas: ventanas exteriores. Requisitos básicos y clasificación. Buenos Aires.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2002). IRAM n° 11601 - Aislamiento térmico de edificios. Propiedades térmicas de los materiales para la construcción. Método de cálculo de la resistencia térmica total. Buenos Aires.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2004). IRAM 11.604 - Aislamiento térmico de edificios. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Buenos Aires.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2007). IRAM 11659 - Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 2: Edificios para viviendas. Buenos Aires.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2010). IRAM n° 11.900 - Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Buenos Aires.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2012). IRAM n° 11.603 - Acondicionamiento térmico de edificios: clasificación bioambiental de la Republica Argentina. Buenos Aires.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2012). IRAM n° 11.603 - Aislamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la Republica Argentina. Buenos Aires.
- Instituto de la Construcción. (2014). Manual evaluación y calificación. Sistema Nacional de Certificación de Calidad Ambiental y Eficiencia Energética para Edificios de Uso Público. Versión 1. Santiago.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2012). *Requisitos para Edificaciones Sostenibles en el Trópico - RESET*. INTECO 2012.
- Instituto Nacional de Normalización. (1991). NCh n° 853 - Acondicionamiento térmico. Envoltura térmica de edificios. Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas. Santiago.

- Instituto Nacional de Normalización. (1997). NCh n° 1079 - Arquitectura y construcción. Zonificación climática habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico. Santiago.
- John, V., & Prado, R. (2010). Boas práticas para habitação mais sustentável. São Paulo : Páginas & Letras.
- Lamberts, R., Triana, M., Fossati, M., & Batista, J. (2008). *Sustentabilidade nas edificações: contexto internacional e algumas referências brasileiras na área*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.
- Mariano, G. (2016). Sala Multipropósito Bioclimática. *Acta del I Encuentro Nacional sobre Ciudad, Arquitectura y Construcción Sustentable*, (págs. 179-187). La Plata.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (1998). Ley n° 29.375 - Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelo. Ministerio de Agricultura y Ganadería, del Ambiente y Energía, Salud, Hacienda y de Obras Públicas y Transportes.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Anotado. Decreto de la Ley n° 2.811 de 1974. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (1994). Reglamento n° 25.584 - Regulación del Uso Racional de la Energía. Ministerio de Ambiente y Energía y Hacienda.
- Ministério de Minas e Energia. (2011). Plano Nacional de Eficiência Energética. Brasília.
- Ministério de Minas e Energia. (2012). Eficiência Energética em Brasil. *Presentación del V Seminario Latinoamericano y del Caribe de Eficiencia Energética*.
- Ministerio de planificación federal, inversión pública y servicios. (2003). Decreto n° 27 - Organigrama de Aplicación de la Administración Centralizada. Buenos Aires.
- Ministerio de Planificación Nacional y Política. (2010). Plan Nacional de Desarrollo 2010-2015.
- Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas. (1995). Ley n° 7.554 - Ley Orgánica del Ambiente. Actual Ministerio de Ambiente y Energía. Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas, actual Ministerio de Ambiente y Energía.
- Ministerio de Vivienda. (2014). Plan de acción sectorial de mitigación para el sector vivienda y desarrollo territorial. Estrategia colombiana de desarrollo bajo en carbono. Bogotá.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2005). Decreto n°192 - Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Modificación del Decreto Supremo n°47 - Vivienda y Urbanismo de 1992. Santiago.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2006). Manual de aplicación Reglamentación Termica. Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Artículo 4.1.10. Santiago.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2013). Estrategia Nacional de Construcción Sustentable 2013-2030. Santiago.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2016). Resolución Exenta n° 7.250 - Manual de procedimientos para viviendas nuevas del sistema de Calificación Energética de Viviendas en Chile. Santiago.

- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015a). Decreto n° 1.285 - Lineamientos para la construcción sostenible en materia de ahorro de agua y energía. Modifica el Decreto 1.077 de 2015 en lo relacionado con los lineamientos de construcción sostenible para edificaciones. Pag 493. Bogotá.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015b). Resolución n° 0549 - Parámetros y lineamientos de construcción sostenible - Guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones. Reglamento del Capítulo 1 del Título 7 de la parte 2, del libro 2 del Decreto 1.077 de 2015. Bogotá.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2015). Decreto Supremo n° 015 - Vivienda. Decreto Supremo que aprueba el Código Técnico de Construcción Sostenible. Lima: Diario Oficial El Peruano.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2011). Ley N° 19.300 - Sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Ley Orgánica de la Superintendencia de Medio Ambiente. Actualización de la versión de 1994.
- Ministério do Meio Ambiente. (2004). Agenda 21 brasileira: resultado da consulta nacional. *Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional*. Brasília.
- Ministério Do Planejamento, Orçamento e Gestão. (2014). Instrução normativa n° 2, de 4 de junho de 2014. Brasília.
- Morillón, D. G. (2011). Edificación sustentable en México: retos y oportunidades. Especialidad: Ingeniería Energética. Academia de Ingeniería de Mexico. Distrito Federal.
- Municipalidad de Rosario. (2011). Ordenanza n° 8.757 - Aspectos Higrotérmicos y Eficiencia Energética en las construcciones. Rosario.
- Municipalidad de Rosario. (2013). Decreto n° 985. Rosario.
- Naciones Unidas. (2010). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Perfil de País: Marco Regulatorio y Financiamiento para Cambio Climático. Bogotá.
- Naciones Unidas. (2014). Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de la República Argentina, 2014. Santiago de Chile.
- Naciones Unidas. (2014). Situación de la Edificación Sostenible en Latino América. México.
- National renewable energy laboratory. (1995). *User's manual for TMY2s and TMY2sm typical meteorological years derived from the 1961-1990*. Colorado: NREL.
- Neumann, A., Millán, M., & Aumente, P. (2005). Investigación e impacto ambiental de los edificios. La energía. *Informes de la Construcción*.
- Oliveira, V. M. (2014). Sistemas de certificação ambiental e a norma brasileira de desempenho. *Universidade Federal de Juiz de Fora. Faculdade de engenharia. Mestrado em ambiente construido*. Juiz de Fora.
- Pere, S., & Peña, A. (2008). Quince años de desarrollo sostenible en México. Universidad de Barcelona. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, vol. XII, núm. 270.

- Piccoli, R., Kern, A., González, M., & Hirota, E. (2010). A certificação ambiental de prédios: exigências usuais e novas atividades na gestão da construção. *Ambiente Construído*.
- Poder Executivo. (2001). Decreto Nº 4.059. Diário Oficial da União - Seção 1 - 20 de dezembro de 2001. Brasília.
- Poder Executivo. (2001). Lei Nº 10.295 - Lei de Eficiência Energética. Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Diário Oficial da União - Seção 1 - 17 de outubro de 2001. Brasília.
- Presidência da República. (2009). Ley 12.187 - Política Nacional sobre Mudança do Clima. Casa Civil Subsecretaría para asuntos jurídicos. Brasília.
- Roriz, M. (2013). *Classificação de climas do Brasil – Versão 2. ANTAC: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Grupo de Trabalho sobre Conforto Ambiental e Eficiência Energética de Edificações*. São Carlos.
- Secretaría de Economía. (2013). NMX-AA-164-SCFI-2013 - Edificación Sustentable - Criterios y requerimientos ambientales mínimos. Distrito Federal.
- Secretaría de Energía. (1985). Decreto nº 2.247 - Programa de uso racional de la Energía. Buenos Aires.
- Secretaría de Energía. (2001). Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001 - Eficiencia Energética en Edificaciones. Envoltante de Edificios no Residenciales. Ciudad de México.
- Secretaría de Energía. (2007). Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Decreto 140. Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente. Buenos Aires.
- Secretaría de Energía. (2008). Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.
- Secretaría de Energía. (2011). Norma Oficial Mexicana NOM020ENER2011 - Eficiencia Energética en Edificaciones. Envoltante de Edificios para Uso Habitacional. Ciudad de México.
- Secretaría del Medio Ambiente . (2012). Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables. Distrito Federal.
- Senado de la República. (1997). Ley nº 388. Bogotá.
- Senado de la República. (2000). Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Bogotá.
- Senado de la República. (2001). Ley nº 697 - Ley sobre la Promoción de la Eficiencia Energética y las Energías Renovables. Bogotá.
- Senado y Cámara de Diputados. (1994). Ley nº 24.295 - Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Buenos Aires.
- Senado y Cámara de Diputados. (2001). Ley nº 25.438 - Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Buenos Aires.
- Senado y Cámara de Diputados. (2003). Ley nº 13.059 - Condiciones de Acondicionamiento Térmico. La Plata.

- Silva, V. (2000). Avaliação do desempenho ambiental de edifícios. *Revista Qualidade na Construção*, 14-22.
- Silva, V. G. (2003). Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: Diretrizes e base metodológica. *Tese de doutorado. Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.*
- UNEP. (2014). Situación de la Edificación Sostenible en América Latina. Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente - United Nations Environment Programme.
- USGBC, U. G. (2000). LEED Green Building Rating System 2.0. San Francisco.
- Ventura Filho, A. (2009). O Brasil no Contexto Energético Mundial. NAIPE USP – Núcleo de Análise Interdisciplinar de Políticas e Estratégias da Universidade de São Paulo. São Paulo: Nova Serie.

ANEXO I

CATEGORIAS, CRITERIOS, ACCIONES Y NIVEL DE CUMPLIMIENTO

En el siguiente Anexo se exhiben las categorías, los conceptos, los criterios y el carácter de cumplimiento definido por cada sistema de calificación edilicia analizado.

Según la metodología detallada en la discusión del *Capítulo 3 - 3.7*, se define como Categoría las principales preocupaciones asociadas al universo de análisis de cada sistema, Conceptos la definición de los aspectos necesarios para garantizar el tratamiento adecuado de cada categoría en el edificio, Criterios la especificación de las soluciones que deben ser adoptadas para visualizar la materialización de los criterios en la edificación, y Cumplimiento la rigurosidad con que cada sistema de calificación considera y trabaja cada criterio.








Se obtuvo una comprensión exhaustiva del universo de análisis de cada sistema de calificación edilicia y de las directrices establecidas para el atendimento de cada criterio, lo que permitió examinar el compromiso de cada iniciativa en establecer una herramienta de calificación edilicia integral, así como el empeño en facilitar a los profesionales su entendimiento y su posterior aplicación.

A continuación se detalla la clasificación de los niveles de cumplimiento adoptados en función de las especificidades de cada sistema.

Para el Etiquetado de eficiencia energética de calefacción para edificios en Argentina, el PBE Edifica, el AQUA - Alta Calidad Ambiental, el Selo Casa Azul, la Certificación de calidad ambiental en edificios, el Reglamento de Construcción Sostenible y la Norma mexicana de edificación sustentable se adoptó el color amarillo para las acciones que deben ser atendidas para acceder a la certificación básica, y el color verde y azul para las acciones voluntarias y otras bonificaciones que otorgan puntaje adicional para acceder a las clasificaciones superiores.

Para la RESET, además de la clasificación base, se empleó el color naranja y rojo para definir las acciones obligatorias para acceder a la certificación intermedia y superior, y el híbrido entre los colores amarillo y naranja, para indicar las acciones comunes entre dos niveles. Se parte del concepto de que la categoría superior exige el cumplimiento de la totalidad de las acciones; luego el empleo del color amarillo representa la obligatoriedad de cumplimiento para acceder el nivel básico y superior; el color naranja indica una acción obligatoria para alcanzar el nivel intermedio y superior, pero que se exige para el nivel básico; el color rojo representa las acciones de cumplimiento exclusivo para el nivel superior y el híbrido indica las acciones exigidas para acceder al nivel básico e intermedio.


Para el Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables se indicó el puntaje otorgado a cada criterio, adicionando el símbolo + para determinar el valor máximo posible de obtener en los criterios que no presentan una valoración fija, pero varían en función de porcentajes alcanzados.

Obligatorio	Voluntario	Bonificación	Intermediario	Básico e intermedio	Superior	Puntaje
						

ARGENTINA






Etiquetado de eficiencia energética de calefacción para edificios en Argentina.

Fuente: IRAM 11.900 (IRAM, 2010).

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
ENVOLVENTE 1 criterio	Establecer índices máximos de consumo energético	1. Cumplir con los valores máximos de variación media ponderada entre la temperatura de la superficie interior del muro y la temperatura interior de diseño.	





Ley n° 13.059/03 - Condiciones de Acondicionamiento Térmico

Fuente: (Senado y Cámara de Diputados, 2003).

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
ENVOLVENTE 1 criterio	Condiciones de habitabilidad higrotérmica, de higiene, y de salubridad 5 subcriterios	6. Cumplir con los valores de transmitancia térmica K admisible (W/m^2K), para condiciones de invierno y verano, según la metodología establecida en la IRAM 11.601/96.	
		7. Verificar las condiciones higrotérmicas de los paños centrales, riesgo de condensación superficial e intersticial, según la metodología establecida en la IRAM 11.625/00.	
		8. Verificar las condiciones higrotérmicas de puntos singulares, riesgo de condensación superficial e intersticial, según la metodología establecida en la IRAM 11.630/00.	
		9. Verificar el coeficiente Gcal admisible, según la metodología establecida en la IRAM 11.604/01.	
		10. Verificar los valores de calidad térmica K en vidriados, según indica la IRAM 11.507/2001, y cumplir con la calidad de infiltración en carpinterías, según indica la IRAM 11.507/2001.	

Ordenanza n° 8.757 - Aspectos Higrotérmicos y Demanda Energética de las Construcciones

Fuente: (Municipalidad de Rosario, 2011).

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
ENVOLVENTE 1 criterio	Condiciones mínimas de habitabilidad higrotérmica 4 subcriterios	1. Controlar las condiciones de habitabilidad mediante la limitación de los parámetros característicos de los cerramientos y particiones interiores que componen su envoltura térmica, según limita la IRAM 11.605/2001.	
		2. Limitar la presencia de condensaciones en la superficie y en el interior de los cerramientos, según indica la IRAM 11.625/00 y la IRAM 11.630/00.	
		3. Controlar la Demanda Energética de calefacción, mediante la limitación del parámetro Gcal, según establece la IRAM 11.604/01.	
		4. Controlar la Demanda Energética de refrigeración, mediante la limitación del parámetro Gref, según establece la IRAM 11.659/07.	











BRASIL

PBE Edifica - Requisitos técnicos para definir el nivel de eficiencia energética de edificios residenciales.

Fuente: (Eletrobras, 2013).

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
ENVOLVENTE 5 criterios	Transmitancia térmica, capacidad térmica y absorptancia solar de las superficies	2. Atender a los valores máximos de transmitancia térmica, capacidad térmica y absorptancia solar para los cerramientos opacos exteriores de los ambientes de primera, según establece la Guía.	
	Ventilación natural 4 subcriterios	3. Cumplir con los valores mínimos de superficies de ventilación para los ambientes de primera, según establece la Guía. Permitir el cerramiento de las aperturas durante la noche para ciudades con temperatura media mensual por debajo de los 20°C.	
		4. Permitir la ventilación cruzada en edificios ubicados entre las zonas bioclimáticas 2 y 8, respetando la proporción: $A2/A1 \geq 0,25$ de salida de aire entre dos aperturas de distintas fachadas. Donde A1 es la sumatoria de las superficies efectivas de la fachada con mayor apertura para ventilación y A2 para las demás orientaciones.	
		5. Permitir que el 50% de los baños existentes en la unidad habitacional presenten ventilación natural.	
		Atender a la porosidad mínima de 20% en dos fachadas con orientación diferenciada.	
	Ventiladores de techo	Emplear ventiladores de techos en 2/3 de los ambientes de permanencia prolongada para edificaciones ubicadas en las zonas bioclimáticas de 2 a 8.	
	Iluminación natural 2 subcriterios	6. Garantizar que las superficies de apertura para iluminación natural cumplan con el 12,5% del área útil del ambiente.	
		Respetar la profundidad máxima establecida en la Guía para los ambientes de permanencia prolongada. Cumplir con el valor de reflectancia mínimo de 60% para las superficies de cielorraso de ambientes de permanencia prolongada.	
	Iluminación artificial	Garantizar que el 50% de los artefactos de iluminación utilizados, presenten eficiencia superior a 70lm/W o se encuentren etiquetadas con el Selo Procel.	
	SISTEMAS DE CALENTAMIENTO DE AGUA 11 criterios	Uso racional de agua	Emplear dispositivos de ahorro de agua y sistemas de captación del agua de lluvia.
Instalaciones de los sistemas de calentamiento de agua 3 subcriterios		7. Asegurar que los reservorios de agua caliente presenten una resistencia térmica mínima de 2,2 [(m ² .K)/W].	
		8. Garantizar que los conductos metálicos de agua caliente respeten los espesores de aislamiento térmico definidos en la Guía.	
		9. Garantizar que los conductos no metálicos presenten un espesor mínimo de 1cm de aislante térmico con una conductividad térmica entre 0,032 y 0,04 [(m ² .K)/W].	
Sistemas de calentamiento de agua solar 2 subcriterios		10. Respetar la orientación y el ángulo de inclinación según especifica la Guía.	
		11. Emplear colectores solares etiquetados por el Selo Procel, con nivel A o B. Garantizar que los reservorios con volumen superiores a los etiquetados por el Inmetro presenten un desempeño igual o superior al reservorio con mayor volumen etiquetado por el Inmetro. Asegurar que los colectores solares y sus reservorios cumplan con los requisitos de las normativas brasileras. Priorizar la contratación de instaladores participantes del Programa QUALISOL BRASIL.	

.continua

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
SISTEMAS DE CALENTAMIENTO DE AGUA 8 criterios	Sistema de calentamiento de agua a gas 4 subcriterios	12. Garantizar que los calentadores de agua a gas presenten la etiqueta ENCE nivel A o B.	
		13. Asegurar que los artefactos para el calentamiento de agua y sus reservorios cumplan con los requisitos de las normativas brasileras. Garantizar que los calentadores se encuentren instalados según las especificaciones de la NBR 13.101, en lugares protegidos contra la intemperie y debidamente ventilados. Priorizar la contratación de instaladores participantes del Programa QUALISOL BRASIL.	
		14. Garantizar que la potencia del sistema de calentamiento cumpla con el 20% del dimensionado especificado en la Guía.	
		15. Asegurar que los artefactos de calentamiento de agua a gas instalados, que no se encuentren certificados por con la etiqueta ENCE, cumplan con los valores especificados en la Guía.	
	Bombas de calor	16. Atender a los niveles de eficiencia establecidos en la Guía. Asegurar que no se utilizan gases refrigerantes nocivos al medio ambiente	
	Sistema de calentamiento de agua eléctrico	17. Garantizar que los calentadores de agua eléctricos presenten la etiqueta ENCE. Asegurar que los artefactos para el calentamiento de agua cumplan con los requisitos de las normativas brasileras.	
	Calderas a óleo	18. Evitar la utilización de calderas que utilizan como combustibles fluidos líquidos como el óleo diésel y otros derivados.	
	Medición individualizada	Posibilitar la medición de agua individualizada.	
ACONDICIONAMIENTO 2 criterios	Condicionamiento artificial del aire	Alcanzar el nivel A de eficiencia de la envolvente. Emplear artefactos de refrigeración etiquetados con ENCE nivel A o Selo Procel, y cumplir con las normativas brasileras.	
	Refrigeradores	Emplear artefactos de refrigeración etiquetados con ENCE nivel A o Selo Procel y garantizar la correcta instalación según las especificaciones de los fabricantes.	

BRASIL

Alta Calidad Ambiental

Fuente: (FCAV, 2013).

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
RELACIÓN DEL EDIFICIO CON EL ENTORNO 26 criterios	Consideraciones de las ventajas y desventajas del entorno y justificativa de los objetivos y soluciones adoptadas para el emprendimiento. 10 subcriterios	1. Optimizar la insolación y a la iluminación del los edificios del entorno, respetando el 60% mínimo de la situación actual.	
		2. Adoptar medidas para optimizar los visuales del entorno, respetando el 60% mínimo de la situación actual.	
		3. Establecer medidas para el tratamiento de las aguas pluviales e impermeabilización.	
		4. Concebir proyectos con una implantación integrada con el paisaje y el entorno. Emplear vegetación autóctona, complementarias entre sí, que necesiten poco mantenimiento. Las superficies posibles de presentar cubrimiento por vegetación (suelo, fachada, cubiertas y medianeras) deben sumar el 30% de la superficie total del terreno.	
		5. Concebir proyectos que ser adapten a las características físicas y naturales del terreno.	
		6. Adoptar medidas para proteger los ambientes internos de las incomodidades sonoras, olfativas y visuales. Ubicar los espacios externos en función de reducir las incomodidades sonoras, olfativas y visuales el en entorno. Optimizar los accesos a visuales. Adoptar medidas de iluminación y señalización que no generen polución visual nocturna al entorno.	
		7. Definir lo puntos negativos presente en el entorno relacionadas a la polución del aire y electromagnética.	
		8. Definir lo puntos negativos presente en el entorno relacionadas a riesgos naturales y tecnológicos.	
		9. Establecer medidas para la recualificación urbana del entorno, analizando el impacto del emprendimiento, los recursos disponibles, el tipo de recolección de residuos y la reglamentación local aplicable.	
		10. Adoptar el diseño universal en todas las áreas comunes. Respetar la reglamentación local, estatal y federal sobre la accesibilidad y la instalación de señalización. Prever la accesibilidad y la instalación de señalización para personas con movilidad reducida.	
	Ordenamiento de la parcela para crear un ambiente exterior agradable 8 subcriterios	11. Construir un ambiente exterior agradable por medio de la implementación de paisajismo, de áreas de esparcimiento, recreación y descanso, y lugar para agrupación del residuo.	
		12. Garantizar la iluminación exterior optima en función de los espacios y de las actividades.	
		13. Optimizar las sensaciones de confort y de seguridad percibidos en los accesos del edificio.	
		14. Disponer planos y masas en función de proteger las zonas sensibles de los vientos.	
		15. Establecer medidas arquitectónicas y paisajísticas para proteger las zonas sensibles de las lluvias indeseadas.	
		16. Disponer planos y masas en función de potenciar la ganancia solar o generar sombras.	
		17. Emplear áreas verdes e identificar el índice de reflectancia solar de los materiales de revestimiento.	
		18. Construir caminos funcionales internos (estacionamientos de vehículos e bicicletas hacia el acceso del edificio) protegidos contra la lluvia y seguros.	

.continua

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
RELACIÓN DEL EDIFICIO CON EL ENTORNO 26 criterios	Reducción de los impactos relacionados al transporte 8 subcriterios	19. Garantizar la facilidad de acceso a los estacionamientos	
		20. Garantizar visibilidad y seguridad en los caminos peatonales	
		21. Atender las exigencias de la norma de accesibilidad NBR 9.050 y reducir los impactos y las incomodidades relacionadas al transporte.	
		22. Construir accesos seguros a las zonas de residuos.	
		23. Considerar los puntos de acceso al transporte público en el proyecto de las instalaciones y conexiones.	
		24. Implantar el proyecto a una distancia máxima de 400m de un punto de acceso de transporte público.	
		25. Construir accesos seguros a los puntos de acceso al transporte.	
		26. Construir accesos seguros y directos entre la vereda y los estacionamientos de bicicletas.	
ELECCIÓN INTEGRADA DE PRODUCTOS, SISTEMAS Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS 14 criterios	Durabilidad de la construcción	27. Asegurar que el 50% de los materiales de cada sistema (estructural, revestimientos, cerramientos e instalaciones, sean producidos por empresas en conformidad con el Programa Sectorial de Calidad.	
	Impactos socio ambientales de la construcción	28. Asegurar que el 30% de los materiales utilizados en la obra sean producidos a menos de 300km. Utilizar cemento CP III o CP IV para la ejecución de hormigón moldeado in loco. Emplear el 50% de productos con mayor posibilidad de reúso al final de la vida útil. Emplear el 20% en masa de agregados reciclados, o el 5% de materiales con contenido reciclado. Utilizar maderas certificadas o comprobar su procedencia.	
	Vida útil de la construcción	29. Especificar materiales que promuevan la durabilidad y garanticen la vida útil deseada del edificio.	
	Conservación de la construcción 2 subcriterios	30. Especificar materiales que promuevan la fácil conservación y un bajo mantenimiento de los sistemas del edificio.	
		31. Posibilitar el acceso para la conservación de los elementos constructivos del edificio.	
	Revestimiento de pisos para edificios de viviendas	32. Especificar revestimientos de pisos que cumplan con los niveles de desempeño establecidos en función del tipo de ambiente y de resistencia al desgaste, a cargas, a la humedad y al ataque químico.	
	Revestimiento de pisos en viviendas	33. Ídem 32.	
	Fabricantes de productos reglamentados	34. Especificar que el 70% de productos sean provenientes de fabricantes que no practiquen la informalidad fiscal.	
	Flexibilidad de la unidad habitacional	35. Concebir proyectos arquitectónicos que la evolución y la modificación en su uso y distribución de los ambientes.	
	Accesibilidad y adaptabilidad de la unidad habitacional a las personas de movilidad reducida 4 subcriterios	36. Atender a las exigencias de la norma de accesibilidad NBR 9.050, para los espacios comunes de edificios multifamiliares. Aplicar un dimensionamiento que permita la adecuación de las unidades habitacionales a la NBR 9.050.	
		37. Atender a las exigencias de acceso a la vía pública en edificios unifamiliares, según indica la NBR 9.050. Aplicar una disposición que permita la adecuación de las edificaciones unifamiliares a la NBR 9.050.	
		38. Adoptar el diseño universal en todas las unidades habitacionales.	
		39. Aplicar mobiliarios que optimicen los planos de trabajo en la cocina. Priorizar los cajones, las alacenas y las puertas de correr. Evitar el uso de zócalos en la cocina.	

.continua

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
EIPSPC 14 Cs	Organización y de la cocina	40. Concebir proyectos de cocina con la dimensión, localización de electrodomésticos, e instalaciones según el número de dormitorios.	
SITIO DE OBRA CON MENOR IMPACTO AMBIENTAL 28 criterios	Sitio de obra con menor impacto ambiental 3 subcriterios	41. Exigir formalmente un interlocutor ambiental de cada empresa para estar presente en el sitio de obra.	
		42. Definir claramente en el contrato las condiciones ambientales que debe cumplir cada empresa.	
		43. Designar una empresa o profesional competente para garantizar el cumplimiento de los compromisos definidos.	
	Limitación de las incomodidades 7 subcriterios	44. Organizar la entrega y salida de los materiales de la obra en conjunto con el horario de los servicios administrativos.	
		45. Adoptar estrategias para la contención de escombros y del material particulado en el interior del sitio de obra.	
		46. Controlar la salida de la contención de los escombros y del material particulado en el interior del sitio de obra.	
		47. Realizar el tratamiento de los reclamos de los vecinos.	
		48. Planear el posicionamiento de las actividades ruidosas.	
		49. Anticipar la conexión a la red eléctrica para evitar el uso de generadores.	
		50. Elegir procesos constructivos que no exijan el uso de herramientas ruidosas.	
SITIO DE OBRA CON MENOR IMPACTO AMBIENTAL 28 criterios	Limitación de los riesgos sanitarios y de polución 5 subcriterios	51. Identificar los efluentes generados en el sitio de obra.	
		52. Monitorear la calidad de los efluentes liberados en las galerías de aguas pluviales.	
		53. Adoptar medidas preventivas para situaciones que faciliten la proliferación de transmisores de enfermedades.	
		54. Respetar la normativa sobre la quema de productos, el empleo de herramientas con filtro para material particulado y la producción de hormigón. Prever el lugar para almacenar sustancias inflamables.	
		55. Utilizar productos con menor impacto ambiental.	
	Gestión de los residuos en el sitio de obra 6 subcriterios	56. Adoptar medidas para minimizar la producción de residuos.	
		57. Contratar empresas que realicen la gestión de los residuos, identificando y estimando la cantidad producida en cada etapa de la obra, monitoreando y garantizando su correcto manejo.	
		58. Presentar los registros formales sobre los procesos de selección de los transportadores y de destino final.	
		59. Establecer medidas para optimizar la logística, la separación y la agrupación de los residuos.	
		60. Definir la cantidad de residuos generado en la obra.	
		61. Realizar un plano de gestión de residuos de escombros. Definir la cantidad de residuos de escombros generado.	
	Control de los recursos de agua y energía 6 subcriterios	62. Establecer medidas para el control del consumo de agua y energía en el sitio de obra.	
		63. Exigir que las empresas contratadas reduzcan el consumo de agua y energía en el sitio de obra.	

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c	
SITIO DE OBRA CON MENOR IMPACTO AMBIENTAL 28 criterios	Control de los recursos de agua y energía 6 subcriterios	64. Monitorear el consumo de energía en los procesos productivos por equipo o servicio el sitio de obra.		
		65. Monitorear el consumo de agua en los procesos productivos por equipo o servicio el sitio de obra.		
		66. Realizar la captación, almacenamiento y el aprovechamiento de las aguas pluviales en el sitio de obra.		
		67. Realizar el calentamiento solar del agua utilizado en las duchas de los vestidores.		
	Balance del sitio de obra	68. Realizar un balance indicando los logros alcanzados en relación a las medidas ambientales implementadas.		
GESTIÓN DE ENERGÍA 14 criterios	Reducción del consumo energético a través de la concepción arquitectónica 3 subcriterios	69. Cumplir con el nivel C de los requisitos de envolvente aplicados para el RTQ-R. Optimizar la calidad de la envolvente a través de los valores de transmitancia térmica, capacidad térmica, o del atenuamiento de los niveles A y B del RTQ-R.		
		70. Garantizar la iluminación natural de los dormitorios y del estar a través de una apertura hacia el exterior.		
		71. Optimizar el partido arquitectónico para reducir su consumo energético total.		
GESTIÓN DE ENERGÍA 14 criterios	Energías renovables	72. Realizar un estudio de viabilidad técnica y económica para el empleo de energías renovables. Si es viable, indicar el porcentual de cobertura de la demanda energética en función del sistema adoptado.		
	Reducción del consumo energético para los sistemas mecánicos	73. Utilizar artefactos de resfriamiento, calentamiento, ventilación y extracción eficientes y certificados por el INMETRO. Calcular el coeficiente Cep (kWh-ep/año.m2 de área útil) de forma detallada para cada sistema.		
	Reducción del consumo energético para los sistemas de iluminación 3 subcriterios	74. Garantizar que las lámparas instaladas en las áreas comunes y en las unidades habitacionales de los edificios atiendan a los requisitos de eficiencia luminosa, factor de potencia y nivel de eficiencia energética, establecidos.		
		75. Controlar el consumo de energía en las áreas comunes.		
		76. Calcular el coeficiente Cep (kWh-ep/año.m2) para el sistema de iluminación de las áreas comunes.		
	Reducción del consumo energético para demás artefactos	77. Garantizar que los demás artefactos, como bombas, motores y ascensores, presenten el certificado de eficiencia energética otorgado por el INMETRO.		
	Control de la eficiencia energética 2 subcriterios	78. Monitorear los consumos de los sistemas de calentamiento de agua y de iluminación artificial.		
		79. Presentar una simulación del consumo de energía global a partir del cálculo del valor absoluto del coeficiente Cep (kWh-ep/año.m2).		
	Desempeño del sistema para producción de agua caliente 3 subcriterios	80. Comprobar que el reservatorio de agua caliente presente una resistencia térmica mínima de 2,20 (m2/K)/K.		
		81. Garantizar que los conductos metálicos empleados en los sistemas de calentamiento de agua presenten aislación térmica con espesor mínimo de 1cm y conductividad térmica entre 0,032 y 0,040 W/mK.		
		82. Atender a los prerrequisitos establecidos en el RTQ-R para los sistemas de calentamiento de agua adoptados.		
	GESTIÓN DE AGUA 10 criterios	Reducción del consumo de agua potable 5 subcriterios	83. Limitar los caudales de utilización para los puntos con presión superior a 300kPa, mediante el dimensionamiento del proyecto y la instalación de reductores de presión.	
			84. Instalar sistemas de ahorro en los artefactos sanitarios, puntos de irrigación colectiva, y medidores de agua.	

.continua

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
GESTIÓN DE AGUA 10 criterios	Reducción del consumo de agua potable 5 subcriterios	85. Prever el consumo anual de agua potable.	
		86. Garantizar el ahorro del agua potable en las unidades habitacionales, en función de la demanda estimada.	
		87. Garantizar el ahorro del agua potable en las áreas comunes, en función de la demanda estimada.	
	Gestión de aguas pluviales 3 subcriterios	88. Cumplir con el volumen mínimo de retención de aguas de lluvia establecido en la reglamentación local.	
		89. Cumplir con los coeficientes de impermeabilización establecidos en la reglamentación local.	
		90. Prever un sistema de recolección de aguas pluviales.	
	Dimensionado del sistema de calentamiento de agua 2 subcriterios	91. Respetar el dimensionado especificado para los sistemas de producción de agua caliente.	
		92. Garantizar que las distancias entre los puntos de producción de agua y cada artefacto que la utiliza, sean inferiores a 10m.	
	GESTIÓN DE RESIDUOS 13 criterios	Producción de residuos de uso y operación 4 subcriterios	93. Identificar y clasificar los residuos generados.
94. Estimar el volumen y la frecuencia de generación para cada clase de residuo.			
95. Identificar la frecuencia de recolección, las alternativas de retiro, transporte y destino para cada clase de residuo.			
96. Permitir la valoración de determinados residuos.			
Recolección interna y externa		97. Proponer un sistema de recolección de residuos internos coherente con la recolección de los residuos externos.	
Separación de los residuos 4 subcriterios		98. Prever en las unidades habitacionales una superficie mínima de 0,30m ² para la separación de los residuos.	
		99. Emplear un espacio en los pavimentos para el almacenamiento temporario de los residuos.	
		100. Establecer medidas arquitectónicas para facilitar la separación de los residuos producidos durante el uso del edificio.	
		101. Establecer medidas arquitectónicas para facilitar la separación de los residuos producidos en reformas.	
Optimización del sistema de recolección 4 subcriterios		102. Cumplir con las medidas establecidas para optimizar los circuitos de recolección del material.	
		103. Cumplir con las medidas establecidas para el almacenamiento del material.	
		104. Orientar a los habitantes, por medio del manual del propietario, para que conduzcan sus residuos a los locales de destino.	
		105. Insertar una cláusula en el documento de deberes del condominio, que exija que los habitantes deben arrojar sus residuos en los locales de destino.	
GESTIÓN Y MANTENIMIENTO 6 criterios	Facilidad de acceso para la ejecución de mantenimiento 4 subcriterios	106. Concebir instalaciones de agua con medidores individuales para cada unidad habitacional y registros individuales para cada ambiente húmedo. Posibilitar el acceso a los medidores y a los registros. Monitorear el consumo de agua en los espacios comunes. Realizar la instalación de redes de distribución de agua embutidas en la losa, con una holgura de 30% entre el conducto y el hormigón.	
		107. Permitir el fácil acceso a los sistemas de iluminación de los espacios comunes.	

.continua

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
GESTIÓN Y MANTENIMIENTO 6 criterios	Facilidad de acceso para la ejecución de mantenimiento 4 subcriterios	108. Garantizar que los depósitos de residuos sean iluminados, ventilados, revestidos con material de fácil mantenimiento, equipados con punto de agua y desagüe cloacal. Concebir la disposición del depósito próxima a la retirada de los residuos por la municipalidad.	
		109. Permitir el fácil acceso desde los espacios públicos a los demás equipos, a las casas de máquinas y ductos de ventilación.	
	Equipos para garantizar el desempeño en la etapa de uso	110. Implementar un sistema de automatización para el control de los sistemas de consumo de agua y energía, iluminación, protección contra incendio, equipos de calentamiento de agua, bombas, nivel de agua del reservorio, protección contra incidencia directa del sol.	
	Información a los ocupantes y gestores	111. Instruir a los habitantes y a los administradores del edificio sobre las prácticas de mantenimiento edilicio.	
CONFORT HIGROTÉRMICO 4 criterios	Optimización del confort térmico 2 subcriterios	112. Adoptar medidas para la protección óptima en relación al sol y al calor. Potenciar las medidas bioclimáticas. Realizar un estudio aerodinámico para definir las mejores soluciones.	
		113. Promover buenas condiciones de confort higrotérmico anual.	
	Confort higrotérmico verano	114. Cumplir con los valores máximos de factor de ganancia solar de elementos opacos (FS _o) para cerramientos exteriores. Atender a los valores máximos de transmitancia y capacidad térmica para cerramientos exteriores. Garantizar mediante estudio aerodinámico, que el valor máximo diario de la temperatura del aire interno sea menor o igual al valor máximo diario de la temperatura del aire exterior – válido para ambientes de primera. Respetar el valor de FS ≤ para el Factor Solar de las superficies vidriadas.	
	Confort higrotérmico invierno	115. Garantizar mediante estudio aerodinámico, que el valor mínimo diario de la temperatura del aire interno sea mayor o igual al valor mínimo diario de la temperatura del aire exterior + 3°C – válido para ambientes de primera, considerando el día típico de invierno.	
CONFORT ACÚSTICO 4 criterios	Confort acústico entre unidades habitacionales 3 subcriterios	116. Atender a los niveles de presión sonora ponderada (L _{nT,w}), establecidos para la separación de pisos entre las unidades autónomas y los espacios colectivos.	
		117. Atender a los valores de diferencia de nivel ponderado (DnT,w) establecidos en la NBR 15.575, para garantizar el aislamiento acústico de ruidos entre unidades autónomas y demás áreas del edificio.	
		118. Atender a los valores de diferencia de nivel ponderado (DnT,w) y del índice de reducción sonora ponderado (Rw) establecidos en la NBR 15.575, para la reducción del ruido entre unidades autónomas y demás áreas del edificio.	
	Confort acústico entre ambientes principales y el exterior	119. Ídem al 119 - aplicado a garantizar el aislamiento acústico de ruidos entre ambientes internos de las unidades autónomas y ruidos externos al edificio.	
CONFORT VISUAL 5 criterios	Aprovechar la iluminación natural 2 subcriterios	120. Atender a los índices mínimos de apertura al exterior establecidos en la Guía.	
		121. Respetar los valores de Factor de luz diurna (FLD) conforme establecido en la NBR 15.575	
	Iluminación artificial interna comfortable 2 subcriterios	122. Respetar los niveles de iluminancia establecidos en la Guía.	
		123. Adoptar dispositivos con sensor de presencia para el control de la iluminación en los espacios comunes.	
Iluminación artificial externa comfortable	124. Instalar sensores fotoeléctricos para controlar la iluminación en los espacios exteriores. Emplear luminarias con reflectores orientados hacia el suelo. Garantizar que las iluminaciones en los caminos no se encuentren obstaculizadas por la vegetación.		

.continua

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
CONFORT OLFATIVO 9 criterios	Ventilación eficiente 5 subcriterios	125. Cumplir con las exigencias de la NBR 13.103 sobre instalación de gas en las residencias.	
		126. Garantizar la ventilación adecuada según especifica el código de obras local.	
		127. Atender a la superficie mínima de superficie para ventilación de ambientes de primera, definido en la Guía.	
		128. Garantizar la ventilación directa o forzada para todos los sanitarios y cocinas.	
		129. Realizar una disposición óptima de las aperturas. Garantizar que los elementos de protección solar no impidan el funcionamiento de las salidas de aire. Garantizar que las superficies de ventilación natural correspondan a la mitad de la superficie de la carpintería. Adoptar ventilación cruzada, o estrategias de diferencia de presión, en las zonas bioclimáticas de 2 a 8. Promover la salida de aire entre dos aperturas de distintas fachadas, respetando la proporción: $A2/A1 \geq 0,25$ donde A1 es la sumatoria de las superficies efectivas de la fachada con mayor apertura y A2 para las demás orientaciones.	
	Control de las fuentes de olor 4 subcriterios	130. Proponer soluciones arquitectónicas para minimizar los impactos de las fuentes de olor externa e internas.	
		131. Ventilar los depósitos de materiales reciclables.	
		132. Adoptar medidas para reducir los olores indeseados producidos por los residuos almacenados.	
		133. Adoptar medidas para garantizar que los olores indeseados producidos por desagües cloacales no afecten a los espacios del edificio.	
CALIDAD SANITARIA DE LOS AMBIENTES 9 criterios	Buenas condiciones de higiene en los ambientes 3 subcriterios	134. Adoptar medidas para garantizar condiciones de higiene para las actividades previstas. Emplear revestimientos que minimicen la proliferación de insectos y ácaros.	
		135. Instalar revestimientos en los cerramientos de ambientes húmedos, respetando la altura mínima definida por la legislación vigente.	
		136. Emplear cerramientos hidrófugos en ambientes que presenten puntos de alimentación de agua.	
	Condiciones sanitarias de áreas de limpieza 4 subcriterios	137. Adoptar medidas para garantizar condiciones de higiene en las áreas de limpieza y depósito.	
		138. Promover una concepción arquitectónica que facilite la ergonomía de las actividades de limpieza.	
		139. Adoptar medidas para reducir el riesgo de degradación de los espacios	
		140. Emplear revestimientos que permitan el lavado y la higiene en espacios que requieran de higiene específica.	
Control de la exposición electromagnética	141. Identificar las fuentes emisoras de ondas electromagnéticas y radiofrecuencias del entorno.		
Calidad sanitaria del aire 14 criterios	Ventilación eficiente 5 subcriterios	142. Ídem al 126.	
		143. Ídem al 127.	
		144. Ídem al 128.	

.continua

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c	
Calidad sanitaria del aire 14 criterios	Ventilación eficiente 5 subcriterios	145. Ídem al 129.		
		146. Ídem al 130.		
	Control de las fuentes de polución internas 5 subcriterios	147. Adoptar medidas para reducir los impactos de las fuentes de polución interna en función del grado de riesgo sanitario identificado.		
		148. Identificar el valor de tenor de COV y formaldehidos emitido por los materiales en contacto con el aire interno.		
		149. Garantizar que los materiales en contacto con el aire interno no liberen fibras y material particulado.		
		150. Limitar la posible polución mediante el tratamiento de maderas.		
		151. Instalar sensores con niveles de concentración de monóxido de carbono en estacionamientos sin ventilación natural.		
	Control de las fuentes de polución externas 4 subcriterios	152. Ídem al 148 – aplicado a fuentes externas.		
		153. Realizar el tratamiento de terreno contaminados antes de construir el emprendimiento		
		154. Adoptar medidas para limitar la entrada de polución externa al edificio		
		155. Justificar el atendimento de las concentraciones de radón, caso se identifique el posible riesgo.		
	Calidad sanitaria del agua 11 criterios	Mantenimiento de la calidad del agua 5 subcriterios	156. Garantizar que la temperatura del agua caliente sea mantenida en los circuitos cerrados. Aplicar aislante térmico ignífugo en las cañerías.	
			157. Exigir que las empresas contratadas para la distribución del agua cumplan con las recomendaciones de la NBR 7.198 y con la legislación local.	
			158. Exigir que las empresas contratadas realicen la limpieza de las cañerías antes de la instalación de los artefactos sanitarios.	
159. Suministrar a los habitantes la información sobre la calidad del agua servida en las griferías.				
160. Cumplir con las exigencias de la NBR 15.575 y de la legislación local ante la instalación de un sistema de aprovechamiento de agua pluvial. Realizar un análisis de la calidad del agua recolectado. Informar al usuario sobre los cuidados de mantenimiento del sistema de aprovechamiento del agua. Garantizar la protección del reservorio de agua contra la polución exterior y a la entrada de insectos.				
Riesgos de quemadura y legionelosis 6 subcriterios		161. Exigir que las empresas contratadas para la distribución del agua caliente cumplan con las exigencias relacionadas a la prevención de quemaduras y legionelosis.		
		162. Justificar la temperatura del agua proyectada para cada punto de salida.		
		163. Adoptar medidas para que la reducción de la temperatura se realice próximo de los puntos de uso.		
		164. Adoptar medidas para la prevención del riesgo de legionelosis en las redes internas.		
		165. Garantizar el control de la temperatura en la red de agua caliente en los puntos de riesgo identificados.		
		166. Garantizar que la temperatura de todos los puntos de las redes cerradas tengan 55°C.		

BRASIL

Selo Casa Azul

Fuente: (CAIXA, 2010)

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
CALIDAD URBANA 5 criterios	Calidad del entorno - infraestructura	1. Insertar el emprendimiento en terreno servido de infraestructura básica: agua potable, pavimentación, energía eléctrica, iluminación pública, red de saneamiento y drenaje, acceso al transporte público, puntos de comercio básicos, escuela accesible dentro de un radio máximo de 1,5 kilometro, equipamiento de salud y de esparcimiento a 2,5 kilómetros.	
	Calidad del entorno – impactos	2. Insertar el emprendimiento en un terreno libre de fuentes de ruidos constantes y polución excesiva: rutas, aeropuertos, industrias, basurales.	
	Mejoras en el entorno	3. Prever la realización de mejoras en el entorno inmediato: recuperación de veredas y plazas, arborización, aumentar las superficies permeables.	
	Recuperación de áreas degradadas	4. Recuperar áreas degradadas, inmediatas o no, en proporción al 20% de la superficie del emprendimiento.	
	Rehabilitación de inmuebles	5. Rehabilitar edificaciones construidas en vacíos urbanos.	
PROYECTO Y CONFORT 11 criterios	Paisajismo	6. Promover la existencia de vegetación, o demás elementos paisajísticos que contribuyan con el desempeño térmico de la edificación.	
	Flexibilidad de proyecto	7. Permitir la modificación y o ampliación del proyecto arquitectónico.	
	Relación con el entorno	8. Permitir condiciones de asoleamiento, ventilación, iluminación a los edificios del entorno	
	Solución alternativa de transporte	9. Proyectar biciesendas y espacios para el guardado de bicicletas, cubriendo al 50% de la población del edificio.	
	Local para recolección de residuos	10. Proyectar local para la recolección y almacenamiento de material reciclable.	
	Equipamiento de juegos, sociales y deportivos	11. Proyectar mínimamente un equipamiento social y uno de esparcimiento/deportivo social según la cantidad de habitantes del emprendimiento.	
	Desempeño térmico - cerramientos	12. Cumplir con los valores de transmitancia térmica, capacidad térmica, absorción a la radiación solar y factor de ventilación para cerramientos exteriores e interiores. Atender al porcentual de superficie vidriada en relación a la superficie de muros. Aplicar dispositivos de protección solar en los ambientes.	
	Desempeño térmico	13. Adoptar las estrategias de diseño para invierno y verano, pautadas en la orientación del sol y de los vientos.	
	Iluminación natural de áreas comunes	14. Proyectar superficies vidriadas orientadas al exterior con una dimensión mínima del 12,5% en relación a la superficie de pisos del ambiente.	
PROYECTO Y CONFORT 11 criterios	Ventilación e iluminación - baños	15. Ídem al 14.	
	Adecuación a las condiciones físicas del terreno	16. Adaptar el proyecto a las condiciones físicas del terreno, aprovechando declividades, cuerpos hídricos, vegetaciones y contenciones de tierra.	
EFICIENCIA ENERGETICA 8 criterios	Lámparas de bajo consumo - interno	17. Utilizar lámparas de bajo consumo y potencia adecuada en todos los ambientes de la unidad habitacional.	
	Dispositivos de ahorro	18. Utilizar sensores con dispositivo de presencia en las áreas comunes del edificio.	

.continua

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
EFICIENCIA ENERGÉTICA 8 criterios	Sistemas de calentamiento solar	19. Implementar sistemas de calentamiento solar de agua con colectores eficientes – Sello Procel Nivel A.	
	Sistemas de calentamiento a gas	20. Implementar calentadores de agua eficientes (calefón) – Sello Conpet / Inmetro Nivel A.	
	Medición individualizada – gas	21. Realizar sistemas de medición individualizados para todas las viviendas, con planillas de presupuesto y cronograma físico financiero.	
	Elevadores eficientes	22. Implementar ascensores con control de tráfico.	
	Electrodomésticos eficientes	23. Implementar electrodomésticos eficientes - Sello Procel Nivel A.	
	Fuentes alternativas de energía	24. Cubrir el 25% de la demanda energética con sistemas alternativos de energía: energía solar fotovoltaica, energía eólica, producción a partir de biomasa y demás.	
CONSERVACIÓN DE RECURSOS MATERIALES 10 criterios	Coordinación modular	25. Adoptar dimensiones estandarizadas, múltiplos y submúltiplos de 1metro o 10 centímetros.	
	Calidad de materiales y componentes	26. Utilizar únicamente materiales producidos por empresas calificadas por el PBQP-H	
	Componentes industrializados o prefabricados	27. Adoptar sistemas constructivos industrializados que cumplan con las exigencias de la NBR 15.575/2013 y se encuentren avalados por el SINAT.	
	Re utilización de encofrados	28. Emplear moldes según las conformidades de la NBR 14.931/2004 o especificar el uso de maderas certificadas y reutilizable.	
	Gestión de residuos del edificio	29. Prever la gestión de los residuos de la construcción civil, especificando el destino final de los materiales.	
	Hormigón con medición optimizada	30. Presentar memorial descriptivo indicando la utilización de hormigón producido con control de humedad y dosificación de la masa, según la NBR 7.212/1984.	
	Hormigón con agregado de residuos	31. Especificar la utilización de cementos de alto-horno (CP III) o pozoanico (CP IV) para la producción del hormigón.	
	Pavimento con agregado de residuo	32. Implementar agregados de los materiales reciclados en el pavimento de la obra.	
	Mantenimiento de la fachada	33. Especificar un sistema de revestimiento de fachadas con vida útil esperada superior a 15 años	
	Madera plantada o certificada	34. Utilizar maderas certificadas.	
GESTIÓN DEL AGUA 8 criterios	Medición individualizada – agua	35. Realizar sistemas de medición de agua individualizados para todas las unidades habitacionales.	
	Dispositivos de ahorro – sistema de descarga	36. Utilizar en todos los baños, inodoros con dispositivo de ahorro.	
	Dispositivos de ahorro – regulador del caudal 2 subcriterios	37. Utilizar aireadores en las piletas y lavamanos de las unidades habitacionales y áreas comunes del edificio.	
		38. Implementar registro regulador de caudal en duchas, piletas y lavamanos.	
	Aprovechamiento de aguas pluviales	39. Proyectar un sistema de aprovechamiento de aguas pluviales que reduzcan el 10% del consumo total.	
	Retención de aguas pluviales	40. Implementar un reservatorio de retención de aguas pluviales en edificios con superficie impermeabilizadas superior a 500m ² .	
	Infiltración de aguas pluviales	41. Implementar un reservatorio de infiltración natural, en edificios con superficie impermeabilizadas superior a 500m ² .	
	Aguas permeables	42. Superar en 10% los valores de tasa de infiltración de la legislación local.	

.continuar

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
PRACTICAS SOCIALES 11 criterios	Educación para la gestión de RCD *	43. Elaborar un plan educativo sobre la gestión de residuos de la construcción y demolición.	
	Educación ambiental de empleados	44. Elaborar un plan de actividades educativas para los empleados de la obra en relación a sustentabilidad.	
	Desarrollo personal de los empleados	45. Promover cursos y prácticas de desarrollo personal para 50% de los empleados de la obra.	
	Capacitación profesional de los empleados	46. Verificar la aplicación del plan de actividades educativas en la obra.	
	Inclusión de trabajadores locales	47. Contratar trabajadores provenientes de la población local, cubriendo el 20% de la totalidad de empleados.	
	Participación de la comunidad en la elaboración del proyecto	48. Elaborar un plan conteniendo las acciones direccionadas a promover la participación de la población en las discusiones para la elaboración del proyecto.	
	Orientación ambiental a los usuarios	49. Promover una actividad informativa para la entrega del Manual sobre las estrategias utilizadas en el edificio.	
	Educación ambiental para los usuarios	50. Elaborar un plan de educación ambiental direccionado a instruir a los usuarios sobre el uso racional de los recursos energéticos, recolección selectiva y demás.	
	Capacitación para gestión del edificio	51. Elaborar un plan que contemple las acciones que deben ser desarrolladas por los usuarios para garantizar el mantenimiento adecuado de las medias adoptadas.	
	Acciones para mitigar riesgos sociales	52. Elaborar un plan de mitigación de riesgos sociales que contemple usuarios del entorno en condiciones de vulnerabilidad social.	
	Acciones para generar empleo y renta	53. Elaborar un plan de generación de trabajo y renta que contemple las actividades de profesionalización para fomentar la inserción en el mercado.	

CHILE

Certificación de calidad ambiental en edificios.

Fuente: (Instituto de la Construcción, 2014).

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR Arquitectura – 10 criterios	Reducción del disconfort	1. Disminuir el tiempo en que la temperatura interior de los ambientes de primera se encuentre fuera del rango de confort de manera pasiva (o para la combinación de humedad relativa y temperatura operativa).	
	Factor luz día / Iluminancia útil	2. Verificar que el 75% de la superficie de los ambientes de permanencia prolongada presenten un factor de luz día igual o superior a 2, y cumplan con los valores de iluminancia útil especificados en la Guía.	
	Aporte luz natural	2.1. Verificar que el 75% de la superficie de los ambientes de primera se encuentren dentro de los rangos óptimos establecidos para el Factor Luz Día, la Iluminancia útil, la Autonomía de Iluminación Natural del Espacio, el Índice probabilidad de deslumbramiento.	
	Áreas con acceso visual al exterior	2.2. Permitir el acceso visual al exterior para al menos 75% de la superficie de los ambientes de primera.	
	Superficie de ventana / Renovaciones de aire hora	3. Garantizar que la superficie útil de ventanas represente el 4% de la superficie del ambiente. El ambiente considerado no debe exceder a una profundidad mayor a 8 metros, desde la ventana practicable.	
	Renovaciones de aire hora	3.1. Demostrar un potencial de renovaciones de aire hora en base a ventilación natural, cubriendo el 100% del requerimiento de ventilación y caudal de aire mínimo para el 75% de los recintos regularmente ocupados.	
	Concentración de COV	3.2. Reducir al menos 10% de la concentración de COV.	
	Aislación acústica de la fachada	4. Respetar o mejorar los niveles equivalentes diurnos definidos en la Guía, para fachadas exteriores expuestas a vías vehiculares.	
	Aislamiento acústico de la fachada y entre ambientes	4.1. Mejorar en 5dB(A) o más la aislación acústica mínima de fachadas exteriores expuestas a vías vehiculares y entre ambientes colindantes horizontal o verticalmente.	
	Inteligibilidad de la palabra y tiempo de reverberación	4.2. Garantizar que el tiempo de reverberación sea inferior a 1,5 segundos y que el Speech Transmission Index sea mayor a 0,6 para aulas, auditorios y mayor a 0,5 para oficinas.	
ENERGÍA ARQ – 5 criterios	Transmitancia térmica / Factor solar modificado	5. Cumplir con los valores de transmitancia térmica y factor solar modificado (FSM) especificados en la Guía, según el elemento y la orientación de la envolvente.	
	Reducción de la demanda anual	5.1. Disminuir al menos el 10% de la demanda de energía para calefacción, refrigeración e iluminación de los ambientes internos del edificio analizado, o mejorar los valores de la transmitancia térmica y el factor solar modificado.	
	Especificación apropiada de sellos	6. Especificar sellos apropiados para los puntos donde los sistemas atraviesen la envolvente y para las carpinterías; según el tipo de unión especificado en la Guía.	
	Permeabilidad al aire en la envolvente	6.1. Verificar la hermeticidad de la envolvente del edificio a través de un ensayo de infiltraciones	
	Energía incorporada en los materiales estructurales	7. Entregar la información de la energía incorporada de los materiales estructurales de la edificación, mediante el uso de etiqueta ambiental tipo I o III; o mantener el 25% de los elementos estructurales de un edificio existente.	

.continua

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
AGUA ARQ-2 criterios	Disminución de la evapotranspiración	8. Disminuir la evapotranspiración al menos un 20% respecto al caso de referencia, según el procedimiento especificado en la Guía.	
	Agua incorporada en los materiales	9. Ídem al 7. Mantener el 50% de los elementos estructurales de un edificio existente.	
RESIDUOS ARQ-2 criterios	Separación, control y reciclaje de residuos	10. Cumplir con el artículo 5.8.3 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción.	
	Equipamiento para el manejo de residuos durante la operación	10.1. Incorporar equipamiento y elementos que permitan la separación de los residuos durante la operación del edificio (puntos limpios o contenedores para recibir residuos por separado).	
CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR Instalaciones – 11 criterios	Caudal de diseño del sistema de ventilación mecánica	11. R1 Garantizar que los sistemas de ventilación mecánica cumplan con las tasas mínimas de ventilación definidas en la Guía.	
		11.1. Aumentar el 25% del caudal de inyección de aire exterior por zona, y especificar una extracción forzada (sin recirculación de aire) de al menos 2,5l/s por m2 para recintos interiores donde estén presentes o se usen gases o sustancias químicas.	
	Eficiencia mínima de filtraje	11. R2 Lograr una eficiencia promedio de filtraje de 20% (según Ashrae 52.1 o EN 779 2002) o MERV 6 (según Ashrae 52.2), con arrestancia mínima de 90%, en los filtros del sistema de aire acondicionado y ventilación que traten el aire exterior.	
		11.2. Garantizar que la eficiencia promedio de los filtros ubicados en las unidades terminales del sistema de aire acondicionado y ventilación, de edificios de uso público, sea superior a 30%.	
	Sistemas de calefacción utilizados	11. R3 No utilizar sistemas de calefacción de combustión en base a llama abierta.	
	Monitoreo de la concentración de CO2	11.3. Monitorear la concentración de CO2 al interior de recintos de alta ocupación (igual o menor a los 4m2/persona).	
	Valores máximos de nivel sonoro	12. Cumplir con los valores máximos de nivel sonoro proveniente de equipos establecidos en la Guía.	
	Diseño mínimo de iluminación artificial	13. Atender a las condiciones de nivel mínimo de iluminancia, uniformidad media, índice de rendimiento cromático e índice de deslumbramiento unificado definidos en la Guía, para el 100% de los ambientes externos e internos.	
		13.1. Garantizar que el 75% de la superficie de los ambientes de primera posean un proyecto de iluminación artificial que cumpla con los niveles mínimos de iluminancia indicados en la NCh Elec.4:2003, un índice de deslumbramiento unificado menor o igual a 22, y atienda a un índice de rendimiento cromático mayor o igual a 80.	
	Condiciones de diseño de climatización	14. Realizar un proyecto de climatización que considere las condiciones de diseño los parámetros de temperatura, tasa de ventilación, velocidad del aire, humedad, propiedades térmicas de la envolvente y temperatura radiante de los ambientes.	
Control del sistema de climatización	14.1. Garantizar el control de la temperatura del aire por cada ambiente, accesibles para los ocupantes.		
ENERGÍA INST – 8 criterios	Consumo anual de energía	15. Reducir al menos 10% del indicador de consumo de energía para todos los usos finales del edificio.	
	Potencia instalada	15.1. Reducir mínimamente el 10% de la potencia eléctrica instalada.	
	Sistemas de control	15.2. Garantizar que los sistemas de control de iluminación cubran el 80% de la potencia instalada.	

.continua

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
ENERGÍA INST – 8 criterios	Espesor aislación térmica de cañerías y conductos	16. Cumplir con los espesores de aislamiento térmico para cañerías, conductos y accesorios, equipos, aparatos y depósitos de las instalaciones térmicas, especificados en la Guía.	
	Relación de la potencia requerida e instalada	16.1 Garantizar que las instalaciones térmicas y de climatización sean diseñadas para cubrir la potencia requerida para producir y mantener las condiciones de temperatura y calidad del aire,	
	Requerimiento nominal	16.2 Utilizar equipos de climatización con elevado rendimiento nominal.	
	Otros consumos	17. Emplear demás artefactos que posean etiqueta de eficiencia energética.	
	Energías renovables	18. Utilizar energías renovables no convencionales para abastecer mínimamente 2% de la demanda de energía primaria del edificio	
AGUA INST – 3 criterios	Consumo de agua potable	19. Reducir en un 20% el consumo de agua potable mediante el uso de dispositivos de ahorro en griferías y artefactos, según define la Guía.	
	Dureza del agua	19.1. Instalar un sistema de tratamiento para la remoción de la dureza del agua, asegurando un nivel máximo de 300mg/l de CaCO ₃ .	
	Consumo de agua para riego	20. Reducir el consumo de agua para irrigación al menos un 20% con respecto al caso de referencia, incluyendo el uso de fuentes de agua superficial y sub-superficial mediante la metodología especificada en la Guía.	
CONSTRUCCIÓN	Plan de separación de residuos	21. Prever espacios para el depósito de los residuos tóxicos y peligrosos, domiciliarios e inertes. Controlar y realizar el reciclaje del 50% de los materiales de escombros.	
GESTIÓN	Diseño integrado de anteproyecto	22. Establecer procedimientos que permitan la coordinación temprana del equipo de proyecto.	
	Operación y mantenimiento	23. Entregar el plan anual de gestión, mantenimiento y reposición de los sistemas edilicios, registro de los consumos mensuales de energía y agua, y encuestas de satisfacción a los usuarios del edificio.	

Calificación Energética de Viviendas

Fuente: (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2016).

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
DEMANDA	Reducción del consumo energético de la vivienda	1. Reducir el consumo energético de la vivienda en función del estándar actual de la construcción	

COLOMBIA

Reglamento de Construcción Sostenible.

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015b).

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
MEDIDAS PASIVAS 5 criterios	Reducción de superficies impermeables	Emplear sistemas de pavimentación permeable que permitan la absorción del agua en 30% de la superficie de terrenos construidos. Cuando se trate de estacionamientos y plazas, este valor debe ser de 50%.	
	Relación entre superficie vidriada y muro	1. Presentar una proporción de superficies vidriadas que no supere el 40% de la superficie del muro.	
	Elementos de protección solar	2. Permitir el control solar en los momentos del día en que las temperaturas internas superen los 25, sin comprometer la ganancia directa necesaria para invierno.	
	Reflectividad de la cubierta	3. Sin datos de referencia disponible en la Guía.	
	Ventilación natural	4. Asegurar que los ambientes posean mínimamente una ventana; y potenciar la ventilación cruzada.	
	Ventilación	Analizar las condiciones de los vientos predominantes, y barreras existentes; ubicar los espacios de primera orientados al barlovento y los espacios de servicio al sotavento	
	Control solar	5. Implementar vidrios con valores de SHGC máximo de 0,6.	
	Orientación	Orientar el edificio en sentido este/oeste y reducir las fachadas norte/sur para potenciar la ganancia solar e inversamente para evitar el ingreso del sol; definir la ubicación de los ambientes para mejorar las condiciones de insolación, protección solar y ventilación asociados al tiempo de uso y el momento del día.	
	Luz del día	Definir la forma del edificio y las estrategias de iluminación natural en función de estudios de incidencia solar y de sombras.	
MEDIDAS ACTIVAS 16 criterios	Luz día y control luz día	6. Incorporar sensores fotoeléctricos para el mejor control de la intensidad de la luz.	
	Iluminación de energía eficiente	7. Cubrir el 80% de la instalación eléctrica con lámparas compactas fluorescentes, T5 y T8, o LED.	
	Economizadores de aire	8. Instalar economizadores de aire individuales con capacidad de más de 2.500 cfm.	
	Coefficiente de desempeño COP	9. Instalar equipos de enfriamiento que cumplan los requerimientos mínimos de eficiencia detallados en las Tablas 20 y 21 de la Guía sobre requerimientos para paquetes de enfriamiento y sistemas de aires acondicionados unitarios.	
	Variable de velocidad – torres de enfriamiento	10. Aplicar variadores de velocidad para controlar los ventiladores de torres de enfriamiento.	
	Variable de velocidad – bombas	11. Aplicar variadores de velocidad en los sistemas HVAC hidráulicos con potencia total de bombeo superior a 7.5kW.	
	Recuperación de calor de aire de retorno	12. Emplear unidades de recuperación de calor con al menos 50% de efectividad en la recuperación de energía para cualquier zona con aire acondicionado que requiera 5.500cfm de suministro de aire.	

.continua

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
MEDIDAS ACTIVAS 16 criterios	Sensores de monóxido de carbono para estacionamientos	13.Sin datos de referencia disponible en la Guía.	
	Controles: sensores de ocupación	14.Instalar sensores con detector de presencia para el monitoreo de ocupación en los ambientes.	
	Control de iluminación exterior	15.Sin datos de referencia disponible en la Guía.	
	Sub-medidores de electricidad	16.Monitorear los consumos de energía eléctrica y de agua para poder comparar los porcentajes de ahorro.	
	Corrección de factor de potencia	17.Sin datos de referencia disponible en la Guía.	
	Agua caliente solar	18.Instalar colectores solares que cubran el 25% de la demanda de agua caliente en viviendas de interés social, el 40% para edificios residenciales y el 100% para hospitales y hoteles.	
	Accesorios de conservación	19.Implementar artefactos sanitarios que permitan la conservación y el ahorro del agua, según el tipo y el uso del edificio: descarga dual para inodoros, llave de control de mezcla frío - caliente y uso de aireadores con bajo flujo para lavamanos, ducha y lavadero de servicio.	
	Tratamiento y reciclaje de aguas residuales	20.Instalar planta de tratamiento de aguas residuales para cuando el volumen de salida sea mayor a 50 litros por día.	
	Recolección de aguas de lluvia y reutilización	21.Realizar la captación del agua de lluvia en proporción de la superficie de recolección disponible.	
GESTIÓN	Separación de residuos	Implementar en las cocinas domésticas, el espacio para el almacenamiento de dos receptáculos de residuos con capacidad para 10 litros; proyectar depósitos residuales fácilmente accesibles, con espacio para dos puntos de eliminación debidamente marcados como residuo seco y mojado; proveer dos vertederos verticales en los edificios de vivienda; posibilitar en cada edificación el espacio de selección y almacenamiento de materiales reciclables con una dimensión proporcional a la superficie del edificio;	
TRANSPORTE ALTERNATIVO	Estacionamiento de bicicletas	Implementar áreas para el almacenamiento de bicicletas en el interior de los edificios, o a una distancia máxima de 60 metros del acceso; para edificios industriales la superficie del estacionamiento de bicicletas debe cubrir el 2,5% de los usuarios, o siguiendo la proporción de una persona por 15m ² ; para edificaciones con más de 11 departamentos o 50 ocupantes, el estacionamiento debe abastecer a 10% de los usuarios; establecer duchas y guardarropas próximos al lugar de guardado de las bicicletas en los climas cálidos secos y cálidos húmedos.	

COSTA RICA

Requisitos para Edificios Sostenibles en el Trópico

Fuente: (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, 2012).

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
ASPECTOS SOCIOECONOMICOS 11 criterios	Mecanismos financieros justos e inversiones a largo plazo 4 subcriterios	1. Disponer de bases de participación equivalentes para todos los involucrados en caso de concurso.	
		2. Exponer de manera clara y transparente los documentos necesarios para la comprobación de flujos económicos.	
		3. Presentar hojas de cálculo de la rentabilidad y costo de capital, indicando los porcentajes de ganancia y retorno de inversión.	
		4. Estimar la ganancia de cada uno de los involucrados en el proyecto, proporcionalmente a su inversión y su trabajo ejecutado en la obra.	
	Desarrollo local 2 subcriterios	5. Incorporar dentro del cuerpo de trabajo al menos el 70% de personal proveniente del entorno local.	
		6. Presentar un programa de capacitación planificado con charlas, cursos y otros mecanismos para formar a los participantes del proyecto.	
	Trato equitativo entre los diferentes actores del proyecto	7. Respetar los derechos humanos, las leyes de trabajo, las garantías sociales, los seguros de riesgo laborales, los salarios y honorarios. Rechazar el trabajo infantil y la discriminación de razas o género.	
	Inclusión de PMC en la edificación	8. Garantizar la señalización visual y táctil, además del personal competente para la asistencia de personas con movilidad reducida.	
	Seguridad de los usuarios del edificio 2 subcriterios	9. Presentar un plan de emergencia aprobado por la entidad competente y un plan de capacitación de actuación ante emergencias.	
		10. Suministrar los equipos de seguridad requeridos y promover las medidas de actuación para desarrollar un trabajo seguro.	
	Visión socio-cultural del comportamiento y de hábitos locales	11. Aplicar un estudio previo sociológico del sector social a tratar en la edificación, incorporando variables de convivencia, espacialidad, usos y materiales adecuados.	
ENTORNO Y TRANSPORTE 25 criterios	Zonas de interés natural o cultural 3 subcriterios	12. Entregar información que verifique que la ubicación del edificio no está construido en áreas de conservación.	
		13. Presentar un registro histórico fotográfico del sitio que verifique que la construcción se establece en una zona previamente urbanizada.	
		14. Elaborar una justificación de la significancia cultural o histórica de la estructura, que disponga un registro fotográfico de la conservación o restauración realizada.	
	Evitar zonas de riesgo 4 subcriterios	15. Utilizar estudios preliminares que certifiquen que la construcción no se realizará en un suelo inestable.	
		16. Presentar un mapa de riesgos naturales que evidencie las previsiones tomadas al construir en zonas cercanas a fallas geográficas, de deslizamiento y orillas de cuerpos de agua.	
		17. Entregar un mapa de riesgos de inundación que indique las medidas de prevención tomadas.	
		18. Exhibir el reporte de una tercera persona que confirme la disposición final del suelo contaminado.	
	Integración del edificio con su entorno espacial, físico y geográfico	19. Elaborar una justificación documentada del análisis paisajístico de la integración de la edificación con el entorno.	
		20. Elaborar un estudio morfológico que evidencie la consideración de alturas y retiros existentes, respetando la escala del entorno donde se ubica la edificación.	

.continua

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	C
ENTORNO Y TRANSPORTE 25 criterios	Identidad cultural y cohesión social 4 subcriterios	21. Ceder un 5% de la primera planta al espacio público para el usufructo de la comunidad.	
		22. Permitir el 35% de visibilidad en cerramientos y fachadas perimetrales, promoviendo la seguridad y la disuasión del vandalismo.	
		23. Utilizar materiales de baja reflectividad y soluciones que reduzcan la incidencia directa de la radiación solar.	
		24. Establecer medidas para evitar la contaminación visual en el entorno de la edificación.	
	Educación, comunicación y medidas ambientales 3 subcriterios	25. Presentar información que justifique las razones técnicas por las cuales se considera que la edificación es sostenible.	
		26. Garantizar que la edificación presente elementos de diseño que respondan a las prácticas sociales. Disponer de explicaciones gráficas que eduquen a la población sobre la temática de la sostenibilidad.	
		27. Presentar al menos tres elementos de innovación transferibles que evidencien la reducción de costos respecto a soluciones habituales.	
	Control de la cobertura de la edificación y de la alta densidad del proyecto 2 subcriterios	28. Reducir en un 5% la superficie construida en relación a los valores establecidos por la legislación local.	
		29. Aprovechar al menos el 100% de la densidad máxima establecida en la zona ocupada.	
	Contaminación del entorno en el proceso de construcción	30. Cumplir con los requisitos establecidos por la autoridad competente en materia de contaminación acústica y del aire.	
	Medios de transporte de bajo impacto ambiental 3 subcriterios	31. Garantizar que al menos el 20% de los usuarios de la edificación dispongan del acceso al transporte colectivo a menos de 500m de la edificación.	
		32. Garantizar que al menos el 20% de los estacionamientos se encuentran destinados y equipados para el transporte alternativo.	
		33. Permitir que el 5% de los usuarios disponga de facilidades para el aseo, como duchas y lockers.	
	Medios de transporte de baja emisión y eficiencia energética	34. Asegurar que al menos el 2% del espacio de estacionamiento esté reservado para vehículos de baja emisión y eficiencia energética.	
Consumo de energía en equipos de transporte mecanizado dentro del edificio 2 subcriterios	35. Utilizar rampas y escaleras para acceder a los primeros niveles de la edificación además del transporte mecanizado.		
	36. Garantizar que los equipos mecanizados presenten una etiqueta de bajo consumo.		
CALIDAD Y BIENESTAR ESPACIAL 26 criterios	Diseñar espacios pro-ambientales 4 subcriterios	37. Incorporar espacios que permitan un vínculo entre las personas y el medio ambiente -patios, terrazas, balcones, corredores, jardines, viveros, entre otros.	
		38. Generar espacios intermedios entre el interior y el exterior que amortigüen las inclemencias climáticas - zaguas, vestíbulos, patios, galerías y elementos de circulación vertical y horizontal.	
		39. Incorporar elemento arquitectónico vernáculo que tradicionalmente haya funcionado en diferentes regiones.	
		40. Incorporar espacios para separar, tratar y recuperar residuos.	

.continua

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
CALIDAD Y BIENESTAR ESPACIAL 26 criterios	Confort de los usuarios en forma pasiva 12 subcriterios	41. Concebir un diseño que incorpore estrategias pasivas.	
		42. Optimizar los recursos existentes de soleamiento y vientos para la climatización pasiva del edificio.	
		43. Utilizar elementos como techos, aleros, pantallas, toldos, parasoles, enrejados o cualquier otro dispositivo eficiente para lograr una penumbra interior confortable.	
		44. Emplear elementos de fachada, cubiertas de techo y aleros que mitiguen el efecto del sol, el viento, el ruido y la humedad ambiental.	
		45. Adoptar materiales que minimicen el impacto de radiación solar en los vidrios.	
		46. Incorporar elementos vegetales para mitigar los efectos de temperatura, humedad y contaminación.	
		47. Mantener el límite de temperatura en 28°C y humedad relativa en 80% HR.	
		48. Utilizar techos y pavimentos de baja absorción térmica.	
		49. Aislar el piso del suelo para el control de humedad, la transferencia de calor y la no alteración de paso libre de escorrentía y de la biodiversidad.	
		50. Utilizar el agua como acondicionador de temperatura y confort, evitando la generación de humedad en climas húmedos.	
		51. Utilizar muros y volúmenes para optimizar el condicionamiento del edificio, utilizando el sol y fuentes climáticas para manejar su temperatura.	
		52. Priorizar el uso de ventiladores para generar ventilación en caso de que el clima no permita confort en forma pasiva.	
	Sistemas mecánicos para el confort térmico	53. Utilizar equipos que cumplan con la normativa nacional de eficiencia energética y que no contengan refrigerantes del tipo halogenado.	
	Iluminación natural en la edificación	54. Permitir la operación del edificio en horas del día sin el uso de iluminación artificial, evitando la penetración directa de la luz solar.	
	Ventilación natural de los ambientes	55. Generar ventilación cruzada con fuentes de aire no contaminadas, asegurando que la velocidad del viento no altere la ejecución de las actividades del espacio.	
	Conexión visual del usuario con el exterior	56. Permitir una línea directa de visión hacia el exterior a través de vanos, ventanas y aberturas, en espacios internos ocupados con regularidad.	
	Ruido entre recintos y edificaciones	57. Incorporar aislamiento acústico en soluciones para ruidos provenientes del ambiente, de manera que no interfiera con las actividades proyectadas.	
	Control del confort de los espacios que habitan 2 subcriterios	58. Disponer de termostatos, sensores gráficos, medidores, "dimmer" u otros dispositivos que permitan al usuario controlar su consumo de energía, evitando excesos de tecnologías de centralización.	
		59. Proveer a los ocupantes de un alto grado de control de la temperatura y la ventilación de los espacios.	
	Materiales de baja emisión de contaminantes tóxicos y VOC	60. Utilizar materiales que no emanen agentes tóxicos, nocivo a la salud de los ocupantes - CFC's, neopreno, formaldehído, retardantes de fuego halogenado, HCFC's, plomo, mercurio, fertilizantes y pesticidas petroquímicos.	

.continua

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
CALIDAD Y BIENESTAR ESPACIAL 26 criterios	Materiales de baja emisión de contaminantes tóxicos y VOC	61. Establecer medidas para controlar, mitigar y eliminar las emisiones y partículas de los materiales.	
	Humo de tabaco ambiental	62. Establecer medidas y programas para garantizar espacios libres de humo, permitiendo fumar en zonas con aire exterior.	
SUELOS Y PAISAJISMO 19 criterios	Sustitución de suelos	63. Presentar documentación que proponga la utilización de un sistema alternativo de cimentación que minimice la necesidad de sustituir el suelo.	
	Conservación de suelos, y recuperación de hábitats 3 subcriterios	64. Garantizar que el 70% de las zonas verdes y que más del 40% de las zonas de construcción no han sido modificadas, además de los accesos.	
		65. Conservar al menos un 80% de árboles de más de 25cm de diámetro y más de 3,0 m de altura. Adaptar la edificación a la vegetación existente.	
		66. Compensar con reforestación de especies nativas equivalentes a la superficie intervenida.	
	Erosión y contaminación de suelos durante proceso de la construcción 3 subcriterios	67. Incorporar plantas para la estabilización de taludes en caso de presentarse sedimentación y erosión de suelos.	
		68. Presentar información que acredite la identificación de contaminantes del suelo y las respectivas medidas aplicadas.	
		69. Conservar mínimamente el equivalente de la tierra orgánica existente a la cobertura de la edificación.	
	Paisajismo como recurso de diseño que conserva el ambiente biótico y propicia la biodiversidad 7 subcriterios	70. Incluir al menos dos hábitats que proporcionen el desarrollo de especies locales, permitiendo la biodiversidad.	
		71. Contener dentro del diseño paisajístico al menos dos especies nativas, considerando la forma, textura, color, variante de altura y espesor de las especies endémicas.	
		72. Densificar al máximo la cobertura vegetal, evitando monocultivos.	
		73. Incorporar algún tipo de cobertura vegetal dentro de cerramientos perimetrales e intermedios, exceptuando accesos.	
		74. Utilizar el 90% de especies nativas o exóticas adaptadas dentro del diseño del proyecto.	
		75. Detectar al menos un corredor biológico que permita el paso de al menos dos especies de interés del entorno.	
		76. Incorporar un plan de manejo para las especies invasoras presentes en el proyecto.	
	Fertilizantes, herbicidas, pesticidas u otro aditivo químico nocivo para el medio ambiente y la salud 3 subcriterios	77. Presentar áreas específicas que permitan actividades como compostaje y la optimización de cultivos.	
		78. Fabricar abono y pesticidas propios mediante la utilización de los residuos generados en el proyecto.	
		79. Emplear una bitácora que indique los pesticidas que se deben evitar por contener químicos nocivos a la salud y el ecosistema.	
Agua potable para riego 2 subcriterios	80. Evidenciar que las especies utilizadas estén adaptadas al régimen pluvial del lugar.		
	81. Utilizar equipos eficientes de riego, por goteo o aspersión, y demostrar el aprovechamiento de las aguas tratadas.		

.continuar

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
MATERIALES 15 criterios	Material y componentes de construcciones existentes 3 subcriterios	82. Presentar evidencia fotográfica que compruebe que la edificación nueva, utiliza al menos 2% de los materiales y componentes de una edificación existente.	
		83. Evidenciar que al menos 2% del total de los materiales y componentes de la edificación son de origen nacional.	
		84. Garantizar que al menos el 20% de los acabados y el 10% de los materiales y componentes totales de la edificación sean diseñados para ser desmontados.	
	Manejo adecuado de desechos de la construcción 2 subcriterios	85. Separar el 25% de los restos de materiales de construcción y demolición, para su reciclaje o recuperación.	
		86. Presentar información que compruebe que el 100% de los materiales y elementos reciclados fueron enviados a centros de acopio o similares.	
	Reducción del uso de materiales a través de un diseño eficiente 3 subcriterios	87. Dimensionar la edificación de forma modular, en base a dos de los siguientes componentes relevantes: cubiertas, cerramientos, entresijos, divisiones internas.	
		88. Entregar información que indique que la edificación ha sido diseñada priorizando el uso de materiales constructivos livianos en la estructura, en las cubiertas, o cerramientos.	
		89. Garantizar que al menos uno de los materiales relevantes utilizados para estructura, cerramientos y acabados sea reciclable.	
	Ciclo de vida del edificio 3 subcriterios	90. Garantizar que el 60% de las paredes divisorias interiores son independientes de la estructura principal y la envolvente del edificio.	
		91. Incorporar estrategias para proteger las partes expuestas del edificio y materiales que disminuyen la frecuencia de cambio.	
		92. Garantizar que al menos el 30% del área de los componentes acabados deben ser de bajo mantenimiento y fácil limpieza.	
	Soporte a las economías locales	93. Certificar que al menos el 40% de los materiales y productos de construcción utilizados son extraídos, cosechados y fabricados en el país.	
	Materiales eco etiquetados	94. Utilizar al menos un 2% de productos de construcción con certificación de huella de carbono.	
	Maderas de cultivo responsable	95. Garantizar de que el 100% de la madera incorporada está certificada por la autoridad competente.	
		96. Certificar que el 100% del volumen nominal total de los materiales de origen vegetal provengan de ciclos cortos de reposición (25 años).	
OPTIMIZACIÓN EN EL USO DEL AGUA 15 criterios	Consumo de agua potable y la demanda sobre las redes públicas 3 subcriterios	97. Presentar información que evidencie que el reciclado de aguas grises para riego, reducen el 20% del consumo de agua potable al año.	
		98. Presentar información que compruebe la reducción del consumo de agua potable en al menos un 20% al año, por captación del agua.	
		99. Reducir el consumo de agua potable en al menos un 30% mediante artefactos sanitarios, griferías y accesorios eficientes.	
	Conciencia del usuario sobre su ahorro 2 subcriterios	100. Incorporar de forma visible elementos arquitectónicos que valoren la estrategia de uso de agua que se propone para el proyecto	
		101. Presentar reportes de consumo de agua sectorizados que evidencien mejoras en los consumos semestrales.	
Reducción del agua residual	102. Utilizar tanques sépticos mejorados, bio digestores, plantas de tratamiento, sistemas por gravedad o bombas eficientes para el tratamiento local del agua, en caso de no contar con red de alcantarillado ni planta de tratamiento.		

.continuar

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c	
OPTIMIZACIÓN EN EL USO DEL AGUA 15 criterios	Reducción del agua residual	103. Emplear geotextiles y cualquier especie fitodepuradora para la filtración.		
	Contaminación por aguas servidas 4 subcriterios	104. Evidenciar mediante el diseño que los sistemas de aguas pluviales y aguas servidas no se mezclan.		
		105. Optimizar el sistema de tratamiento para evitar el tránsito de contaminantes hacia las fuentes posibles de agua potable.		
		106. Presentar un informe de laboratorio que analice el efluente del sistema de tratamiento, evidenciando el cumplimiento con los requisitos legales establecidos.		
		107. Establecer protocolos que prueben la planificación y realización del mantenimiento adecuado de los sistemas de tratamiento de aguas servidas.		
	Infiltración y reutilización de aguas pluviales 4 subcriterios	108. Permitir el flujo constante de los caudales de agua pluvial hacia la red pública o causas naturales.		
		109. Permitir la infiltración del agua pluvial hacia el subsuelo en al menos en un 20% del área intervenida.		
		110. Contemplar un factor de sobredimensionamiento de las tuberías de evacuación para un periodo de retorno de 10 años.		
		111. Implementar un sistema de retardo del flujo, dimensionado de acuerdo a la memoria de cálculo, para la descarga del agua pluvial.		
	OPTIMIZACIÓN DE LA ENERGÍA 9 criterios	Energías renovables 3 subcriterios	112. Utilizar fuentes de energía renovable y disponer de un contrato con el proveedor para la producción in situ, según estudio de variabilidad económica.	
			113. Instalar equipos de calentamiento de agua a través de fuentes de energías renovables.	
114. Disponer de áreas con circulación de viento y ganancia de radiación solar, destinadas al secado de la ropa.				
Equipos eficientes 2 subcriterios		115. Certificar que los equipos de mayor consumo del proyecto cumplan con normativa de eficiencia energética.		
		116. Garantizar que los equipos de uso intermitente cuenten con dispositivos para control de consumo pasivo.		
Sistema de iluminación artificial eficiente 4 subcriterios		117. Garantizar que el 50% del área de la edificación no necesite luz para su operación durante el horario de 7:00 a 17:00.		
		118. Instalar iluminación exterior que minimice la perturbación del ecosistema nocturno.		
		119. Asegurar que los espacios habitables cumplen con los requisitos de la norma nacional INTE 31- 08-06 de iluminancia y condiciones de iluminación en los centros de trabajo.		
		120. Utilizar tecnología de iluminación con baja generación de contenido armónico. Los equipos deben cumplir con lo establecido en la norma nacional específica o la norma IEC 61000.		

MEXICO

Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables (PCES)

Fuente: (Secretaría de Economía, 2013).

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
ENERGÍA – 40 puntos 9 criterios	Eficiencia de la envolvente	1. Conservar la energía, aprovechando las características climáticas y empleando aislantes térmicos. Presentar información que certifique que la ganancia de calor de la envolvente cumplen con las especificaciones de la NOM-008-ENER-2001 y la NOM-020-ENER-2011.	+20
	Diseño Bioclimático	2. Implementar estrategias bioclimáticas para reducir la utilización de aire acondicionado o calefacción y optimizar el diseño de la iluminación natural para garantizar el confort higrotérmico, cumpliendo con los requerimientos expuestos en la guía.	+25
	Energía solar fotovoltaica o eólica	3. Instalar sistemas de energía solar fotovoltaica o eólico para cubrir mínimamente el 5% del consumo total de energía eléctrica requerido en las áreas comunes. Presentar la documentación de la instalación de sistemas de generación y acumulación de energía.	+20
	Calentadores solares	4. Instalar sistemas de energía solar térmica para cubrir mínimamente el 5% del consumo total. Presentar memorias de cálculo y evidencia fotográfica que comprueben la instalación del sistema.	+15
	Acondicionamiento ambiental	5. Promover el uso de la ventilación natural o elementos pasivos para el acondicionamiento térmico. Cuando necesario utilizar equipos de refrigeración, deben ser certificados por FIDE, Energy Star o similar.	+8
	Iluminación eficiente	6. Demostrar el uso eficiente de energía en las instalaciones, equipos y focos de iluminación en operación. En caso de edificios de oficinas DPEA, los valores máximos deben respetar la NOM-007-ENER-2004.	+4
	Motores	7. Garantizar el uso eficiente de la energía en equipos de bombeo de agua y otros motores eléctricos, mediante la entrega de una hoja de especificaciones técnicas, según indica la norma NOM-016-ENER-2002.	2
	Equipos	8. Garantizar el uso eficiente de la energía en equipos de refrigeración a través del empleo de artefactos certificados por FIDE o Energy Star que generen al menos un 10% de ahorro de energía.	+10
	Control lumínico	9. Instalar dispositivos de detección de movimiento en al menos la mitad de las áreas de uso común, para garantizar el control lumínico y facilitar el ahorro de energía eléctrica.	1
AGUA – 25 puntos 7 criterios	Captación y uso de aguas pluviales	10. Instalar un sistema de captación del agua pluvial para usos específicos como inodoros, mingitorios, riego, según los lineamientos expuestos en la guía y cumplir con la norma NOM-127-SSA1-1994.	+5
	Infiltración de agua de lluvia	11. Emplear un sistema de captación del agua pluvial procedente de azoteas y de áreas cubiertas para su posterior infiltración en el terreno, cumpliendo con las especificaciones de la NOM-015-CONAGUA-2007.	+5
	Tratamiento de aguas residuales y reúso	12. Instalar una planta de tratamiento de aguas residuales que cumpla con la calidad de agua tratada requerida por la norma NOM-003-SEMARNAT-1997, y con los requerimientos detallados en la guía.	+8
	Utilización de agua residual tratada por la red municipal	13. Asegurar que el proveedor de agua residual tratada cumpla con la NOM-003-SEMARNAT-1997 y los medios para su abastecimiento en una cisterna dentro del predio.	+8
	Eliminación de fugas	14. Certificar a través de una prueba de conformidad, que las instalaciones hidráulicas de las edificaciones estén libres de fugas de agua, evitando su desperdicio.	5
	Tecnología eficiente para consumo de agua potable	15. Instalar en todos los puntos de uso o suministro de agua en la edificación, aireadores y dispositivos de ahorro de agua, respetando las indicaciones establecidas en la guía.	5
	Uso eficiente y cultura del agua	16. Disponer de un programa anual dirigido a los usuarios, con el objetivo de fomentar una cultura de cuidado y respeto hacia el agua.	+10

.continua

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
RESIDUOS SÓLIDOS – 10 puntos 7 criterios	Almacenamiento temporal	17. Garantizar la existencia de un sistema de almacenamiento donde se depositen en forma diferenciada y temporal los residuos.	+3
	Condiciones de manejo del residuo	18. Indicar de forma clara y precisa las condiciones para el manejo de los residuos, garantizando que los usuarios conozcan las medidas de prevención y restricciones, sus obligaciones y responsabilidades para facilitar el proceso de separación.	0.5
	Manejo adecuado interno	19. Disponer del mobiliario necesario para llevar a cabo la recolección separada de residuos, facilitando su depósito en los contenedores de almacenamiento diferenciado.	1.5
	Separación de residuos valorizables	20. Emplear un programa de separación de los subproductos valorizables contenidos en los residuos sólidos, que propicie el cumplimiento de la Ley de Residuos del Distrito Federal.	2
	Disposición final adecuada	21. Evidenciar el cumplimiento con la disposición final de los residuos no valorizables a través de documentación comprobatoria.	3
	Difusión	22. Difundir entre los usuarios de la edificación un programa de sensibilización sobre el manejo integral de los residuos sólidos urbanos y la adecuada disposición de los residuos de manejo especial.	0.5
	Manejo de residuos especiales	23. Establecer un plan de manejo de los residuos de manejo especial, respetando las especificaciones de la guía.	2
CALIDAD DE VIDA Y RESPONSABILIDAD SOCIAL – 25 puntos 11 criterios	Naturación de azoteas	24. Incrementar la cantidad de áreas verdes implementando sistemas de naturación en un área mínima de 40% de la superficie de la azotea de la edificación, respetando las especificaciones de la guía y la norma NADF-013-RNAT-2007 y la NADF-006-RNAT-2004.	+7
	Accesibilidad	25. Garantizar el acceso y el desplazamiento de personas con movilidad reducida en los espacios comunes del edificio, a través de elementos arquitectónicos que permitan la accesibilidad vertical y horizontal.	3
	Facilidades de transporte	26. Ubicar la edificación a no más de 500m de los puntos de acceso de transporte público y suministrar a los usuarios, la información sobre los servicios disponibles mediante campañas de comunicación.	+2
	Ascenso y descenso de transporte	27. Evitar la obstrucción vehicular en los accesos principales de las edificaciones mediante el proyecto de un punto de ascenso y descenso con un espacio mínimo de 18 metros, o para tres vehículos.	1
	Nivel de ruido dentro de las edificaciones	28. Reducir los niveles de contaminación sonora a través de un estudio del ambiente laboral que cumpla con las exigencias de la norma NADF-005-AMBT-2006, la NOM-011-STPS-2001 y la NMX-AA-062-1979.	2
	Mantenimiento adecuado y oportuno	29. Mejorar la eficiencia en el consumo energético y financiero del edificio, mediante la entrega de un plan de mantenimiento con las acciones necesarias para garantizar la funcionalidad y la conservación física del edificio en el corto, mediano y largo plazo.	2
	Estacionamientos de bicicleta	30. Garantizar el espacio seguro para el estacionamiento de bicicletas en el edificio, respetando los requerimientos estipulados en la guía.	+3
	Cultura de participación en la sustentabilidad	31. Realizar una campaña de sustentabilidad que incentive a los usuarios a participar de actividades que contribuyan al uso eficiente de los recursos y al mantenimiento de las instalaciones de la edificación.	2
	Áreas verdes	32. Generar áreas verdes que reduzcan el efecto isla de calor y además funcionen como espacios de encuentro para los usuarios de la edificación, siguiendo los requerimientos exhibidos en la guía.	+3
	Biciestaciones	33. Instalar estaciones de préstamo de bicicletas para los usuarios, según las especificaciones de la guía.	2
	Ciclovía interna	34. Implementar ciclovías internas que aseguran la interconexión entre los edificios, la calle y otros servicios como estaciones, según las especificaciones expuestas en la guía.	2

.continua

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
IMPACTO AMBIENTAL Y OTROS IMPACTOS – 20 puntos 13 criterios	Accesibilidad de estacionamiento	35. Disponer de espacios de estacionamiento adicionales a los solicitados por el reglamento vigente, en un radio no mayor a 500m de la edificación.	+4
	Materiales locales	36. Utilizar materiales y productos que hayan sido extraídos, procesados y manufacturados en un radio de 800 km respecto al sitio de la obra, por un porcentaje no menor a 50% del costo total.	1
	Uso de materiales biodegradables	37. Garantizar que el 100% de los productos de limpieza y mantenimiento empleados, sean biodegradables.	1
	Materiales y acabados bajos en COV	38. Respetar los límites de COV establecido en la Guía para pinturas, selladores, pegamentos, alfombras y maderas aglomeradas.	3
	Uso de materiales reciclados	39. Utilizar productos en la edificación que presenten contenido reciclado, en un porcentaje mínimo de 10% del costo de la obra.	2
	Reciclaje de estructuras existentes	40. Mantener el 25% de la edificación existente en función de la superficie de la planta.	2
	Reconversión de uso de suelo y remediación	41. Promover el retrofit, mediante la utilización de predios industriales con potencial para uso habitacional, de oficina o mixto, según las exigencias de los planes delegacionales vigentes.	+5
	Respeto a los árboles existentes	42. Conservar más del 70% de los árboles existentes en el predio	1
	Control de contaminantes	43. Diseñar las áreas de servicio de forma tal que se controlen y limiten los espacios que puedan contaminar las áreas habitables.	3
	Madera certificada	44. Garantizar que el 50% de la madera utilizada en el proyecto provenga de un bosque que cuente con la certificación FSC.	2
	Uso de refrigerantes a base de CFC	45. Especificar que ninguno de los equipos de sistemas de aire acondicionado utiliza refrigerantes a base de clorofluorocarbonos.	1
	Áreas permeables en vialidades	46. Entregar información que demuestre la recuperación y el aprovechamiento de agua pluvial para recarga de mantos acuíferos a través del concreto permeable.	+4
	Compras verdes	47. Comprar productos que impacten en menor medida el entorno, según los requerimientos establecidos en la guía.	3

MEXICO

Norma mexicana de edificación sustentable.

Fuente: (Secretaría de Economía, 2013).

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
SUELO 19 criterios	Inserción urbana	1. Insertar el emprendimiento en terreno servido de infraestructura básica: agua potable, drenaje, energía eléctrica, alumbrado público, vialidades y transporte público.	
	Áreas de riesgo y de protección	2. Insertar el edificio en zonas seguras, libres de riesgo de deslizamiento, inundaciones, formaciones geológicas, humedales y a no menos de 500m de un sitio de disposición final en funcionamiento. No ocupar áreas naturales protegidas, sectores federales o identificadas con Programas de Desarrollo Urbano.	
	Uso mixto de la Edificación	3. Permitir el uso mixto de la edificación cuando se encuentre ubicado en una zona donde la normatividad local lo admita.	
	Plantas bajas activas	4. Utilizar la mezcla de usos de en la edificación para generar plantas bajas activas con dinámica de veinticuatro horas.	
	Mantener los uso del edificio	5. Mantener durante la etapa de uso, los usos que se hayan asignado para el cumplimiento de la normativa.	
	Gestión de materiales de excavación	6. Elaborar un plan de gestión para el material de excavación considerando el lugar de almacenamiento temporal en la obra, el destino final para su disposición y la reutilización del 25% de los materiales recolectados.	
	Ocupación de obras deterioradas o contaminadas	7. Elaborar un plan de valoración de las condiciones del predio y un programa de remediación de suelos contaminados, cuando se ocupe algún inmueble abandonado o deteriorado.	
	Áreas libres	8. Superar el 10% del porcentaje mínimo de áreas libres establecido en la regulación local, sin contar áreas de estacionamiento.	
	Estacionamientos	9. Garantizar que los estacionamientos no sumen área de desplante adicional a la edificación. 10. Asegurar el correcto tratamiento de los escurrimientos pluviales para evitar la infiltración de contaminantes.	
	Reducción de isla de calor 3 subcriterios	11. Cubrir el 100 % de la superficie de los techos con materiales que presenten un valor de IRS superior a 78 en techos planos con una inclinación menor a 60 ° y de 29 o más en techos con una inclinación mayor a 60 °, mediante el cálculo especificado en la norma. Disponer de una terraza verde en el 50 % de la superficie, según lo descrito en la disposición 5.2.5.1.8 de la norma.	
		12. Garantizar, en el caso de que la fachada disponga de un 30% de materiales reflectivos en la superficie total, que el reflejo de los rayos solares no provocará en ninguna época del año ni hora del día, deslumbramientos peligrosos para el entorno.	
		13. Garantizar que el 50% de los estacionamientos descubiertos y áreas libres posea una reflectancia con un IRS mayor o igual a 29, medidas que minimicen el efecto de isla de calor urbana y se encuentre sombreada al menos 5 horas del día.	
	Movilidad 5 subcriterios	14. Permitir que el principal acceso peatonal del edificio se encuentre a una distancia no mayor a 800m del punto de acceso de transporte público.	
		15. Implementar un estacionamiento de bicicletas para usuarios y visitantes, en edificaciones que no sean viviendas unifamiliares.	
		16. Cumplir con la cantidad de vacante para el estacionamiento de automóviles especificado en la normativa local.	
		17. Adoptar medidas para evitar que los vehículos circulen a más de 30 km/h en las vialidades internas de las edificaciones.	

.continua

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
SUELO 19 criterios	Movilidad 5 subcriterios	18. Elaborar y dar seguimiento a un Programa de Movilidad Eficiente, conforme a las mejores prácticas aplicables.	
	Manejo de infiltraciones en el subsuelo	19. Elaborar un plan de manejo y almacenamiento para evitar infiltraciones en el subsuelo, en el caso de utilizar sustancias altamente riesgosas publicadas en el DOF/1992.	
Energía 17 criterios	Aislación térmica 3 subcriterios	20. Calcular el presupuesto energético en base a las normas NOM- 008-ENER-2001 o NOM-020-ENER-2011 para limitar la ganancia de calor a través de la envolvente.	
		21. Reducir el 10% de la ganancia de calor con respecto al edificio base establecido en la norma NOM-008-ENER-2001 o NOM-020- ENER-2011.	
		22. Atender a la especificaciones de la norma NOM-018-ENER-2011 para la aplicación de aislamientos térmicos en la edificación.	
	Energías renovables	23. Satisfacer el 10% de la demanda energética total del edificio con energías renovables. Para las industrias de transformación, el porcentaje se debe calcular excluyendo la energía necesaria para los procesos de transformación.	
	Instalaciones y equipos eficientes 9 subcriterios	24. Cumplir con las especificaciones de eficiencia térmica mínimas expuestas en la norma - calentador de agua doméstico y comercial.	
		25. Verificar que los sistemas de iluminación artificial instalados en los espacios internos y externos del edificio, incluyendo lámparas, equipos e instalaciones, cumplan con los límites mínimos de eficacia establecidos en cada normativa específica definida en la norma.	
		26. Garantizar que todas las lámparas fluorescentes estén equipadas con balastos de alta frecuencia.	
		27. Superar la eficiencia de refrigeradores y congeladores electrodomésticos especificada en la norma NOM-015- ENER-2002. Calcular los límites de consumo de energía en base a la tabla 3 del apartado 5.2.2.8. Atender al plazo de cinco años de garantía mínima para su reposición.	
		28. Incrementar la eficiencia de lámparas fluorescentes compactas autobalastadas definida en la norma NOM-017-ENER/SCFI. Atender al plazo de tres años de garantía mínima para su reposición.	
		29. Elevar la eficiencia de los acondicionadores de aire tipo cuarto definida en la norma NOM-021- ENER/SCFI. Atender al plazo de ocho años de garantía mínima para su reposición.	
		30. Aumentar la eficiencia de los acondicionadores de aire tipo dividido, descarga libre y sin conductos, estipulada en la norma NOM-023-ENER-2010. Atender al plazo de ocho años de garantía mínima para su reposición.	
		31. Garantizar una eficiencia mínima de 98.5% para el cableado de los circuitos alimentadores de toda la instalación eléctrica, y de 97.5% para la combinación de circuitos alimentadores y los circuitos derivados.	
		32. Respetar la Densidad Máxima de Potencia Eléctrica para Alumbrado (W/m2) especificados en la norma.	
	Consumo anual de energía	33. Atender a los niveles máximos de consumo anual de energía establecidos en la norma.	
	Registro del consumo total de energía	34. Registrar periódicamente los consumos totales de energía eléctrica de la edificación a través de un sistema de medición electrónico y con capacidad de telemetría.	
	Mitigación del impacto de la iluminación externa	35. Emplear acciones para evitar que la iluminación externa cause alteraciones en el medio natural, en el caso de que la edificación se localice en una zona de importancia para la biodiversidad.	

.continua

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c	
Energía 17 criterios	Iluminación natural dentro del edificio	36. Aplicar diseñar bioclimático que favorezcan la iluminación natural dentro del edificio. Atender a un valor de 250 lux o más, medidos con un luxómetro a 0.78 m de altura sobre el nivel de piso a cada 1.5 m a partir de una distancia de 4 m de los muros de la fachada.		
	Sistemas hidráulicos eficientes 2 subcriterios	37. Garantizar que todos los materiales y productos empleados las instalaciones hidráulicas, sean certificados por las Normas Oficiales especificadas en el documento.		
		38. Reducir el 20% del consumo de agua de la edificación con respecto al consumo de una edificación equivalente, según especifica la norma.		
AGUA 18 criterios	Cuantificación del consumo de agua	39. Cuantificar el consumo de agua mensual y anual a través de la instalación de un medidor de agua por cada unidad de edificación.		
	Utilización de aguas subterráneas o superficiales	40. Atender a las normas NOM- 003-CONAGUA y NOM-006-ENER en el caso de que la edificación se abastezca de aguas subterráneas o superficiales.		
	Sistema de captación de agua de lluvia	41. Instalar un sistema para la captación y aprovechamiento del agua de lluvia que permita reducir el 25% de la descarga pluvial y que abastezca el 5% del consumo anual de agua potable de la edificación.		
	Sistemas de recarga artificial	42. Adecuar los sistemas de recarga artificial de acuíferos a los requerimientos establecidos en las normas NOM-014-CONAGUA y NOM- 015-CONAGUA.		
	Aguas residuales 3 subcriterios	43. Enviar al alcantarillado público hasta un 30% de las aguas residuales y destinar lo restante a un sistema de tratamiento que cumpla con la norma NOM-003-SEMARNAT.		
			44. Imposibilitar la descarga de agua al arroyo de la calle, garantizando su utilización, almacenamiento o reinyección al subsuelo de acuerdo a la normatividad aplicable.	
			45. Impedir el depósito de lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales o demás desechos contaminantes en los cuerpos receptores y zonas federales.	
	Sistema de tratamiento	46. Disponer de una planta de tratamiento de aguas residuales y un sistema de tratamiento, o contratar una empresa certificada para realizar su recolección y tratamiento, para edificaciones con superficie mayor a 2500 m ² .		
	Aprovechamiento del gas	47. Aprovechar el gas de los lodos.		
	Tratamiento del agua	48. Tratar el material flotante según las especificaciones de la norma mexicana NMX-AA-006-SCFI.		
	Señalización de instalaciones de agua tratada	49. Señalizar las instalaciones de agua tratada para facilitar su uso de manera segura y evitar la ingesta accidental por parte de los ocupantes.		
	Sistemas de riego eficientes	50. Implementar un sistema de riego de áreas verdes eficiente, evitando la evapotranspiración y utilizando agua no potable, solo agua residual tratada y/o agua de lluvia captada en el entorno del edificio.		
	Escurrimientos naturales del terreno	51. Considerar las pendientes y escurrimientos naturales del terreno para evitar procesos erosivos, inundaciones o encharcamientos.		
	Contaminación del suelo y el entorno 3 subcriterios	52. Garantizar el correcto tratamiento de los escurrimientos pluviales, eliminando los sólidos, aceites y grasas en la misma.		
53. Evitar la erosión por agua y/o viento y la contaminación del suelo y los acuíferos durante el proceso de construcción.				
54. Impedir el arrojado de agua residual al arroyo de la calle o al alcantarillado sanitario, la misma debe ser utilizada de acuerdo a la normativa local aplicable.				

.continua

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
MATERIALES Y RESIDUOS 19 criterios	Normativas aplicables 2 subcriterios	55. Verificar que la totalidad de los materiales cumplan con la normativa vigente aplicable.	
		56. Utilizar productos y recursos forestales acreditados legalmente y que cumplan con las disposiciones de la Ley General del Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento.	
	Análisis de ciclo de vida de los materiales	57. Realizar en al menos tres materiales que representen el mayor volumen del total de la obra, un análisis de ciclo de vida comparativo con los datos expuestos en la norma.	
		Reutilización e impacto ambiental de los materiales 10 subcriterios	58. Emplear materiales etiquetados, provenientes de recursos renovables obtenidos a partir de prácticas sustentables.
	59. Utilizar en el proceso de construcción, el 50% de material reciclable en relación al total empleado.		
	60. Demostrar que el 10% del total de materiales aplicados en la obra es reutilizado o reciclado.		
	61. Permitir la reutilización del 30% de los elementos no estructurales de muros, pisos, techos y acabados, en el caso de la rehabilitación de edificios.		
	62. Establecer un diseño modular para los nuevos edificios y generar una programación de obra eficiente, garantizando que el desperdicio de material no exceda el 10% del total del material utilizado.		
	63. Certificar que los materiales y equipos empleados reduzcan el impacto ambiental en alguna de sus etapas de ciclo de vida.		
	64. Comprobar a través de las Hojas de Datos de Seguridad (HDS) que los materiales de construcción y los utilizados para la colocación no afectan la salud del ser humano en ninguna de sus etapas.		
	65. Cumplir con los requisitos del Protocolo de Montreal para México, en caso de utilizar poliuretano.		
	66. Utilizar pinturas y recubrimientos para interiores a base de agua, cumpliendo con los límites establecidos en la norma.		
	67. Atender a los requisitos de la normativa local y federal para el manejo de los residuos generados durante la construcción. Impedir la quema de residuos, su disposición en sitios no autorizados y garantizar el tratamiento del sitio en el que se almacenen los residuos temporalmente.		
	Separación de residuos 3 subcriterios	68. Separar y seleccionar durante la obra, el material que puede ser reutilizado, entre reciclables, no reutilizables ni reciclables y los residuos tóxicos o peligrosos.	
		69. Disponer de espacio, mobiliario y medios adecuados para la disposición de los residuos, garantizando la separación entre orgánicos, inorgánicos valorizables y otros inorgánicos y cumpliendo con los requisitos estipulados en la norma.	
		70. Considerar en el diseño de edificaciones que tengan espacios comunes, un espacio destinado a la colocación de botes de basura accesibles para todos los usuarios del edificio, permitiendo el separado de residuos en: orgánicos, inorgánicos valorizables y otros inorgánicos.	
	Reutilización de material de poda	71. Almacenar y tratar el material de poda para su utilizarlo como composta.	
	Materiales peligrosos	72. Establecer un plan de manejo de residuos, según la normatividad nacional y local, en el caso de que se requiera la utilización de materiales peligrosos en la operación del edificio.	
	Promoción de prácticas de reciclaje	73. Adoptar prácticas para reducir el 20% la cantidad de residuos generados con respecto al año inmediato anterior.	

.continua

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
BIODIVERSIDAD 11 criterios	Preservación de elementos naturales 4 subcriterios	74. Realizar un análisis de los ejemplares de vegetación y fauna presentes en el terreno de acuerdo a la normativa establecida en el documento.	
		75. Conservar todos los árboles de más de 20cm de diámetro y al menos el 50% de la vegetación nativa.	
		76. Generar estrategias para divulgar información sobre las especies nativas en el predio y/o en el entorno.	
		77. Proteger los elementos naturales del entorno para evitar su deterioro o contaminación durante la construcción.	
	Integración de la edificación al entorno natural 2 subcriterios	78. Buscar que el área verde se integre con el entorno, generando una identidad y contribuyendo con la calidad estética del conjunto.	
		79. Buscar que el área verde articule el sistema de espacios verdes de la ciudad, buscando su integración para permitir el intercambio de flujos naturales.	
	Elección y localización de elementos naturales	80. Incluir especies vegetales autóctonas, resistentes, de bajo mantenimiento, adecuadas al tipo de suelo, al clima y que no interfiera en la iluminación, el alcantarillado y la seguridad de las personas.	
	Elementos de naturación añadidos	81. Incluir elementos de naturación añadidos como terrazas, bardas, techos y muros verdes, estos deben atender a los requerimientos especificados en la norma	
	Utilización de árboles y vegetación	82. Aprovechar los árboles y la vegetación como elementos para la mejora de las condiciones ambientales de la edificación.	
	Sembrado de árboles	83. Calcular el sembrado de árboles según lo contemplado en la norma.	
	Proceso de remoción de vegetación	84. Impedir la utilización de fuego y agentes químicos en caso de remover la vegetación del terreno.	
PAISAJE 8 criterios	Impacto visual de la fachada 2 subcriterios	85. Igualar la textura y color del recubrimiento de los muros de colindancia o fachadas ciegas con las otras fachadas del edificio, o emplear un recubrimiento vegetal.	
		86. Determinar el impacto visual de la edificación conforme al proceso de evaluación establecido en la norma.	
	Acceso al edificio	87. Otorgar preferencia al acceso peatonal y a vehículos no motorizados en las entradas del edificio.	
	Relación espacio interior-externo 3 subcriterios	88. Diseñar las instalaciones exteriores y elementos externos sin alterar la composición arquitectónica de la edificación.	
		89. Asegurar un diseño adaptado a las condiciones del espacio en caso de edificaciones sobre predios con pendientes.	
		90. Garantizar el adecuado mantenimiento de los recubrimientos de las fachadas.	
	Mantenimiento de la iluminación y ventilación	91. Evitar que las condiciones de iluminación y ventilación del diseño original sean comprometidas ante un proyecto de renovación.	
Elementos artísticos	92. Mantener elementos artísticos como vidrieras, puertas, herrería que representen un valor tradicional de la ciudad.		
CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR 12 criterios	Confort térmico	93. Mantener los parámetros de confort térmico con temperaturas entre los 18 y 25 °C, favoreciendo las soluciones bioclimáticas sobre las mecánicas.	
	Confort acústico 5 subcriterios	94. Implementar estrategias para generar condiciones acústicas que respeten los límites de nivel sonoro y tiempo de exposición establecido.	
		95. Evitar exceder los 65 decibeles de valor promedio y de 0.5 segundos de tiempo de reverberación en la edificación.	

.continua

C	CONCEPTOS	CRITERIOS	c
CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR 12 criterios	Confort acústico 5 subcriterios	96. Revisar cada 3 años los niveles sonoros para diferentes tiempos de exposición.	
		97. Cumplir con los valores de absorción acústica para espacios comunes internos, expuestos en la norma.	
		98. Evitar producir ruido hacia el exterior de más de 70dBA entre 10hs - 22 hs y de 60dBA entre las 22hs - 10 hs.	
	Concentración de gases contaminantes	99. Asegurar que estacionamientos cubiertos posean un intercambio de volumen de aire de dos a tres veces por hora, y que el tránsito de vehículos sea fluido.	
	Regulación de ventilación	100. Permitir la opción de ventilación natural, mecánica y aire acondicionado en las edificaciones que requieran climatización.	
	Ocupación y uso del edificio	101. Garantizar que la ocupación y uso de la edificación, se realice al menos siete días después de haber sido aplicados todos los materiales y productos utilizados.	
	Cuidado de mascotas	102. Promover en los usuarios el manejo y cuidado adecuado de mascotas, como también destinar áreas para la estancia de los animales y la disposición de residuos.	
	Iluminación natural	103. Favorecer la iluminación natural de los espacios interiores mediante ventanas, tragaluces, pérgolas y otros elementos.	
	Calidad del aire interior	104. Mantener la calidad del aire en los ambientes interiores según los estándares establecidos en la norma.	
RESPONSABILIDAD SOCIAL 8 criterios	Accesibilidad a los usuarios	105. Impedir barreras físicas que dificulten la accesibilidad a los usuarios, con particular énfasis en las personas con movilidad reducida.	
	Servicio de limpieza	106. Disponer de un servicio de limpieza que mantenga el edificio aseado constantemente.	
	Protección contra incendios	107. Presentar un acta circunstanciada por la autoridad local donde se verifique que el edificio consta con las condiciones de prevención y protección contra incendios.	
	Capacitación en sostenibilidad	108. Propiciar la constante capacitación de las personas que habiten o laboren en el edificio en materia de sustentabilidad.	
	Mejoras de confort y habitabilidad	109. Establecer medios para garantizar la mejora continua de edificaciones del sector industrial, de servicios y comercial, respetando la opinión de los usuarios.	
	Espacio vital necesario para usuarios	110. Demostrar que los usuarios cuentan con el espacio vital necesario para realizar las actividades a las que está destinada la edificación, de acuerdo con la normativa aplicable.	
	Servicios para los trabajadores	111. Garantizar la existencia de servicios de cocina, comedor, baños y regaderas para edificaciones industriales, comerciales y de servicios que posean más de 30 trabajadores.	
	Proceso de diseño colaborativo	112. Adoptar un proceso de diseño integrado que asegure que todos los miembros del equipo trabajen en forma colaborativa desde el inicio del proceso.	

ANEXO II

SELECCIÓN DE LAS LOCALIDADES DE ESTUDIO

En el siguiente Anexo se exhiben las ciudades existentes en Argentina, Brasil, Chile y México con una población superior a 200.000 habitantes. Dicha información se recolectó a partir de los censos realizados por cada país, a especificar: Argentina - Censo de 2010 - Instituto Nacional de Estadística y Censos – INDEC; Brasil - Censo de 2014 - Instituto Brasileño de Geografía y Estadística – IBGE; Chile - Censo de 2002 - Instituto Nacional de Estadísticas INE; y México - Censo de 2010 - Instituto Nacional de Estadística y Geografía – INEGI.

Los valores de Latitud y Longitud se extrajeron del sitio de Servicio Meteorológico Nacional de cada país, y los datos de grados día correspondientes a cada localidad se calcularon mediante los datos suministrados por el sitio web de la NASA.

País	N	Ciudad	Provincia	Población	Latitud	Longitud	GD Cooling	GD Heating
ARGENTINA	1	Buenos Aires	Buenos Aires	2.890.150	-34.35	-58.22	855	982
	2	Córdoba	Córdoba	1.429.604	-31.25	-65.11	869	912
	3	Rosario	Santa Fe	1.400.000	-32.57	-60.39	1000	792
	4	La Plata	Buenos Aires	699.523	-34.56	-57.57	839	983
	5	San Miguel de Tucumán	Tucumán	694.327	-26.49	-65.13	318	982
	6	Mar del Plata	Buenos Aires	664.892	-38	-57.33	326	1438
	7	Salta	Salta	535.303	-24.47	-65.24	48	1405
	8	Santa Fe	Santa Fe	500.068	-31.38	-6.42	428	284
	9	San Juan	San Juan	471.389	-31.32	-68.32	306	1562
	10	Lanús	Buenos Aires	459.263	-34.42	-58.24	855	982
	11	Corrientes	Corrientes	352.646	-27.29	-58.49	1715	331
	12	Bahía Blanca	Buenos Aires	299.101	-38.43	-62.16	656	1537
	13	Piñar	Buenos Aires	296.826	-34.27	-58.55	855	982
	14	San Isidro	Buenos Aires	292.878	-34.28	-58.31	855	982
	15	Resistencia	Chaco	291.720	-27.27	-58.59	1715	331
	16	Guaymallén	Mendoza	280.880	-32.54	-68.47	415	1520
	17	Posadas	Misiones	275.028	-27.22	-55.53	1732	267
	18	Vicente López	Buenos Aires	274.082	-34.31	-58.29	855	982
	19	Santiago del Estero	Santiago del Estero	252.192	-27.47	-64.16	1483	400
	20	Paraná	Entre Ríos	247.863	-31.44	-60.31	1102	695
	21	Merlo	Buenos Aires	244.168	-34.39	-58.43	855	982
	22	José Clemente Paz	Buenos Aires	232.030	-34.31	-58.46	855	982
	23	Neuquén	Neuquén	231.780	-38.57	-68.02	373	2050
	24	San Salvador de Jujuy	Jujuy	231.229	-24.11	-65.17	48	1405
	25	Quilmes	Buenos Aires	230.810	-34.43	-58.16	855	982
	26	Banfield	Buenos Aires	223.898	-34.45	-58.23	855	982
	27	Formosa	Formosa	222.226	-26.11	-58.1	1973	252
	28	La Rioja	La Rioja	215.000	-29.24	-66.51	899	793
	30	Catamarca	Catamarca	210.000	-28.28	-65.46	1085	610
	31	San Luis	San Luis	204.019	-33.16	-66.21	751	1236
	32	Mendoza	Mendoza	115.041	-32.53	-68.5	415	1520
	33	Santa Rosa	La Pampa	103.241	-36.37	-64.17	771	1286
	34	Río Gallegos	Santa Cruz	97.742	-51.38	-69.14	0	4060
	35	Ushuaia	Tierra del Fuego	56.956	-54.48	-68.18	0	5184
	36	Viedma	Río Negro	52.789	-40.48	-63	418	1490
	37	Rawson	Chubut	31.787	-43.18	-65.06	217	2096
	CHILE	48	Santiago	Santiago	5.631.839	-33.27	-70.4	37
49		Concepción	Biobío	848.023	-36.5	-73.03	10	1693
50		Valparaíso	Valparaíso	824.006	-30.02	-71.36	373	776
51		Temuco	Araucanía	460.824	-38.45	-72.4	79	2540
52		La Serena	Coquimbo	412.586	-29.54	-71.15	378	575
53		Antofagasta	Antofagasta	380.695	-23.38	-70.24	155	462
54		Iquique	Tarapacá	278.250	-20.13	-70.1	373	180
55		Rancagua	O'Higgins	276.527	-34.09	-70.44	46	2933

.continua

.continua

CHILE	56	Puerto Montt	Los Lagos	266.200	-41.28	-72.56	10	3590
	57	Talca	Maule	264.842	-35.26	-71.4	187	2029
	58	Arica	Arica y Parinacota	210.936	-18.28	-70.18	79	434
	59	Gran Chillán	Biobío	204.180	-36.36	-72.07	265	1614
	60	Valdivia	Los Ríos	154.445	-39.48	-73.14	18	2407
	61	Copiapó	Atacama	134.561	-27.22	-70.19	28	1338
	62	Punta Arenas	Magallanes	123.401	-53.09	-70.55	0	4918
	63	Coyhaique	Aysén del General	63.567	-45.34	-72.04	1	4651
MÉXICO	229	Ciudad de México	Ciudad de México	8.851.080	19.25	-99.08	176	634
	230	Ecatepec	Estado de México	1.658.865	19.36	-99.03	176	634
	231	Tijuana	Baja California	1.559.683	32.31	-117.01	632	2
	232	Puebla	Puebla	1.539.859	19	-97.53	442	592
	233	Guadalajara	Jalisco	1.494.134	20.39	-103.21	767	112
	234	León	Guanajuato	1.436.733	21.07	-101.4	288	660
	235	Juárez	Chihuahua	1.328.017	31.44	-106.29	871	1657
	236	Zapopan	Jalisco	1.243.538	20.43	-103.23	767	112
	237	Monterrey	Nuevo León	1.130.960	25.4	-100.18	1010	644
	238	Nezahualcóyotl	Estado de México	1.109.363	19.24	-98.59	246	705
	239	Chihuahua	Chihuahua	809.232	28.38	-106.05	461	1464
	240	Naucalpan de Juárez	Estado de México	792.211	19.28	-99.14	176	634
	241	Mérida	Yucatán	777.615	20.58	-89.37	2893	0
	242	San Luis Potosí	San Luis Potosí	722.772	22.08	-100.58	384	694
	243	Aguascalientes	Aguascalientes	722.250	21.87	-102.29	359	495
	244	Hermosillo	Sonora	715.061	29.05	-110.57	1531	516
	245	Saltillo	Coahuila	709.671	25.26	-101	1010	644
	246	Mexicali	Baja California	689.775	32.39	-115.28	1510	728
	247	Culiacán Rosales	Sinaloa	675.773	24.48	-107.23	2053	13
	248	Guadalupe	Nuevo León	673.616	25.4	-100.15	1010	644
	249	Acapulco de Juárez	Guerrero	673.479	16.51	-99.52	2829	0
	250	Tlalnepantla Baz	Estado de México	653.410	19.32	-99.13	176	634
	251	Cancún	Quintana Roo	628.306	21.09	-86.5	2993	0
	252	Santiago de Querétaro	Querétaro	626.495	20.35	-100.23	232	671
	253	Chimalhuacán	Estado de México	612.383	19.26	-98.57	246	705
	254	Torreón	Coahuila	608.836	25.32	-103.26	783	645
	255	Morelia	Michoacán	597.511	19.46	-101.11	756	86
	256	Reynosa	Tamaulipas	589.466	26.01	-98.14	1813	382
	257	Tlaquepaque	Jalisco	575.942	20.39	-103.19	767	112
	258	Tuxtla Gutiérrez	Chiapas	537.102	16.45	-93.06	2222	2
	259	Victoria	Durango	518.709	24.01	-104.4	366	893
	260	Toluca de Lerdo	Estado de México	489.333	19.17	-99.39	176	634
261	Ciudad López Mateos	Estado de México	489.160	19.33	99.17	1742	118	
262	Cuautitlán Izcalli	Estado de México	484.573	19.39	-99.15	176	634	
263	Apodaca	Nuevo León	467.157	25.47	-100.11	1010	644	
264	Heroica Matamoros	Tamaulipas	449.815	25.52	-97.3	2014	251	

.continua

.continua

MÉXICO	265	San Nicolás de los Gatzaga	Nuevo León	443.273	25.45	-100.17	1010	644
	266	Veracruz	Veracruz	428.323	19.11	-96.09	1785	35
	267	Jalapa	Veracruz	424.755	19.29	-96.48	1785	35
	268	Tonalá	Jalisco	408.759	20.37	-103.14	767	112
	269	Mazatlán	Sinaloa	381.583	23.13	-106.25	1823	21
	270	Irapuato	Guanajuato	380.941	20.4	-101.21	331	456
	271	Nuevo Laredo	Tamaulipas	373.725	27.29	-99.3	1583	541
	272	Xico	Estado de México	356.352	19.25	-97	1785	35
	273	Villahermosa	Tabasco	353.577	17.59	-92.55	2020	15
	274	General Escobedo	Nuevo León	352.444	25.47	-100.09	1010	644
	275	Celaya	Guanajuato	340.387	20.31	-100.48	232	671
	276	Cuernavaca	Morelos	338.650	18.55	-99.14	711	90
	277	Tepic	Nayarit	332.863	21.3	-104.53	1290	34
	278	Ixtapaluca	Estado de México	322.271	19.19	-98.52	246	705
	279	Victoria	Tamaulipas	305.155	23.44	-99.08	919	435
	280	Obregón	Sonora	298.625	27.29	-109.56	1781	207
	281	Tampico	Tamaulipas	297.284	22.15	-97.52	2424	20
	282	Villa Nicolás Romero	Estado de México	281.799	19.37	-99.18	176	634
	283	Ensenada	Baja California	279.765	31.51	-116.36	837	676
	284	San Francisco Coacalco	Estado de México	277.959	19.38	-99.05	176	634
	285	Santa Catarina	Nuevo León	268.347	25.41	-100.27	1010	644
	286	Uruapan	Michoacán	264.439	19.25	-102.03	1045	40
	287	Gómez Palacio	Durango	257.352	25.33	-103.29	783	645
	288	Los Mochis	Sinaloa	256.613	25.47	-108.59	2026	2026
	289	Pachuca de Soto	Hidalgo	256.584	20.06	-98.45	685	494
	290	Oaxaca de Juárez	Oaxaca	255.029	17.05	-96.45	959	167
	291	Soledad de Graciano Sánchez	San Luis Potosí	255.015	22.11	-100.56	384	694
	292	Tehuacán	Puebla	248.716	18.27	-97.23	296	708
	293	Ojo de Agua	Estado de México	242.272	19.4	-99	246	705
	294	Coatzacoalcos	Veracruz	235.983	18.9	-94.26	2641	0
	295	San Francisco de Campeche	Campeche	220.389	19.51	-90.31	2986	0
	296	Monclova	Coahuila	215.271	26.54	-101.25	1010	744
	297	La Paz	Baja California Sur	215.178	24.08	-110.18	2451	7
	298	Heroica Nogales	Sonora	212.533	31.19	-110.56	957	1353
	299	Buenavista	Estado de México	206.081	19.36	-99.1	176	634
	300	Puerto Vallarta	Jalisco	203.342	20.4	-105.16	2179	0
	301	Tapachula	Chiapas	202.672	14.54	-92.16	3056	0
302	Chilpancingo	Guerrero	187.251	17.33	-99.3	1885	0	
303	Guanajuato	Guanajuato	171.709	21.01	-101.15	288	660	
304	Chetumal	Quintana Roo	151.243	18.3	-88.18	2857	0	
305	Zacatecas	Zacatecas	138.152	23.18	-102.42	307	837	
306	Colima	Colima	132.273	19.14	-103.43	1429	10	
307	Tlaxcala	Tlaxcala	89.795	19.18	-98.14	246	705	

.continua

.continua

BRASIL	308	São Paulo	São Paulo	12.038.175	-23.3	-46.37	1489	103
	309	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	6.498.837	-22.54	-43.12	1679	47
	310	Brasília	Distrito Federal	2.977.216	-15.47	-47.52	2040	1
	311	Salvador	Bahia	2.938.092	-12.58	-38.3	2645	0
	312	Fortaleza	Ceará	2.609.716	-3.46	-38.35	3102	0
	313	Belo Horizonte	Minas Gerais	2.513.451	-18.53	-43.56	1514	33
	314	Manaus	Amazonas	2.094.391	-3.06	-60.01	3387	0
	315	Curitiba	Paraná	1.893.997	-25.25	-49.16	887	358
	316	Recife	Pernambuco	1.625.583	-8.03	-34.52	2823	0
	317	Porto Alegre	Rio Grande do Sul	1.481.019	-30.01	-51.13	1179	409
	318	Goiânia	Goiás	1.448.639	-16.4	-49.15	2256	0
	319	Belém	Pará	1.446.042	-1.27	-48.3	3139	0
	320	Guarulhos	São Paulo	1.337.087	-23.28	-46.32	1489	103
	321	Campinas	São Paulo	1.173.370	-16.4	-49.15	2256	0
	322	São Luís	Maranhão	1.082.935	-2.31	-44.18	3107	0
	323	São Gonçalo	Rio de Janeiro	1.044.058	-22.49	-43.03	1679	47
	324	Maceió	Alagoas	1.021.709	-9.39	-35.44	2640	0
	325	Duque de Caxias	Rio de Janeiro	886.917	-22.47	-43.18	1679	47
	326	Natal	Rio Grande do Norte	877.662	-5.47	-35.12	2963	0
	327	Campo Grande	Mato Grosso do Sul	863.982	-20.26	-54.38	2366	42
	328	Teresina	Piauí	847.430	-5.05	-42.48	3271	0
	329	São Bernardo do Campo	São Paulo	822.242	-23.41	-46.33	1489	103
	330	João Pessoa	Paraíba	801.718	-7.05	-34.5	2881	0
	331	Nova Iguaçu	Rio de Janeiro	797.435	-22.45	-43.27	1679	47
	332	Santo André	São Paulo	712.749	-23.39	-46.32	1489	103
	333	Osasco	São Paulo	696.382	-23.31	-46.47	1489	103
	334	São José dos Campos	São Paulo	695.992	-23.1	-45.53	1526	52
	335	Jaboatão dos Guararapes	Pernambuco	691.125	-8.06	-35	2823	0
	336	Ribeirão Preto	São Paulo	674.405	-21.1	-47.48	1698	54
	337	Uberlândia	Minas Gerais	669.672	-18.55	-48.16	2086	0
	338	Contagem	Minas Gerais	653.800	-19.55	-44.03	1430	48
	339	Sorocaba	São Paulo	652.481	-23.3	-47.27	1407	128
	340	Aracaju	Sergipe	641.523	-10.54	-37.04	2695	0
	341	Feira de Santana	Bahia	622.639	-12.16	-38.58	2645	0
	342	Cuiabá	Mato Grosso	585.367	-15.35	-56.05	2900	0
343	Joinville	Santa Catarina	569.645	-26.18	-48.5	1286	153	
344	Juiz de Fora	Minas Gerais	559.636	-21.45	-43.21	1203	113	
345	Londrina	Paraná	553.393	-23.18	-51.09	1674	117	
346	Aparecida de Goiânia	Goiás	532.135	-16.49	-49.14	2256	0	
347	Porto Velho	Rondônia	511.219	-8.45	-54.14	2788	0	
348	Ananindeua	Pará	510.834	-1.21	-48.22	3139	0	
349	Niterói	Rio de Janeiro	497.883	-22.55	-43.06	1679	47	
350	Belford Roxo	Rio de Janeiro	494.141	-22.45	-43.23	1679	47	

.continua

.continua

BRASIL	351	Serra	Espírito Santo	494.109	-20.07	-40.18	2098	0
	352	Campos dos Goytacazes	Rio de Janeiro	487.186	-21.45	-41.19	1981	0
	353	Vila Velha	Espírito Santo	479.664	-20.19	-47.17	1730	32
	354	Caxias do Sul	Rio Grande do Sul	479.236	-29.1	-51.1	1033	469
	355	Florianópolis	Santa Catarina	477.798	-27.35	-48.32	1242	169
	356	Macapá	Amapá	465.495	0.02	-51.03	2845	0
	357	São João de Meriti	Rio de Janeiro	460.541	-22.48	-43.22	1679	47
	358	Mauá	São Paulo	457.696	-23.4	-46.27	1489	103
	359	São José do Rio Preto	São Paulo	446.649	-20.49	-49.22	2343	0
	360	Santos	São Paulo	434.359	-23.56	-46.19	1489	103
	361	Mogi das Cruzes	São Paulo	429.321	-23.31	-46.11	1489	103
	362	Betim	Minas Gerais	422.354	-19.58	-44.11	1430	48
	363	Diadema	São Paulo	415.180	-23.41	-46.37	1489	103
	364	Campina Grande	Paraíba	407.754	-7.13	-35.52	2637	0
	365	Jundiaí	São Paulo	405.740	-23.11	-46.53	1489	103
	366	Maringá	Paraná	403.063	-23.25	-51.56	1674	117
	367	Montes Claros	Minas Gerais	398.288	-16.54	-43.51	2027	0
	368	Carapicuíba	São Paulo	394.465	-23.31	-46.5	1489	103
	369	Piracicaba	São Paulo	394.419	-22.43	-47.38	1513	94
	370	Olinda	Pernambuco	390.144	-8	-34.51	2881	0
	371	Cariacica	Espírito Santo	384.621	-20.15	-40.25	2098	0
	372	Rio Branco	Acre	377.057	-9.59	-67.48	3544	0
	373	Anápolis	Goiás	370.875	-16.19	-48.57	1998	0
	374	Bauru	São Paulo	369.368	-22.88	-49.03	1744	70
	375	Vitória	Espírito Santo	359.555	-20.19	-40.2	2098	0
	376	Caucaia	Ceará	358.164	-3.44	-38.39	3102	0
	377	São Vicente	São Paulo	357.989	-23.57	-46.23	1489	103
	378	Itaquaquetuba	São Paulo	356.774	-23.29	46.2	1208	62
	379	Caruaru	Pernambuco	351.686	-8.16	-35.58	2520	0
	380	Vitória da Conquista	Bahia	346.069	-14.51	-40.5	2007	0
	381	Franca	São Paulo	344.704	-20.32	-47.24	1730	0
	382	Blumenau	Santa Catarina	343.715	-26.54	-49.04	878	390
	383	Pelotas	Rio Grande do Sul	343.651	-31.46	-52.2	975	554
	384	Canoas	Rio Grande do Sul	342.634	-29.55	-51.1	1033	469
385	Ponta Grossa	Paraná	341.130	-25.05	-50.09	740	459	
386	Petrolina	Pernambuco	337.683	-9.23	-40.3	2768	0	
387	Boa Vista	Roraima	326.419	-7.15	-36.14	2419	0	
388	Ribeirão das Neves	Minas Gerais	325.846	-19.46	-44.05	1430	48	
389	Paulista	Pernambuco	325.590	-21.49	-49.12	1430	48	
390	Uberaba	Minas Gerais	325.279	-19.44	-44.55	1809	154	
391	Cascavel	Paraná	316.226	-24.57	-53.27	1489	103	
392	Guarujá	São Paulo	313.421	-23.57	-46.15	1526	52	
393	Taubaté	São Paulo	305.174	-23.01	-45.33	1489	103	
394	Praia Grande	São Paulo	304.705	-24	-46.24	887	358	

.continua

.continua

BRASIL	395	São José dos Pinhais	Paraná	302.759	-25.32	-49.12	1513	94
	396	Limeira	São Paulo	298.701	-22.33	-47.24	1679	47
	397	Petrópolis	Rio de Janeiro	298.158	-22.3	-43.1	1679	47
	398	Santarém	Pará	294.447	-2.25	-54.43	3159	0
	399	Camaçari	Bahia	292.074	-12.41	-38.19	2645	0
	400	Mossoró	Rio Grande do Norte	291.937	-5.11	-37.2	3446	0
	401	Suzano	São Paulo	288.056	-23.32	-46.13	1489	103
	402	Palmas	Tocantins	279.856	-10.11	-48.2	3314	0
	403	Governador Valadares	Minas Gerais	279.665	-18.51	-41.56	1961	0
	404	Santa Maria	Rio Grande do Sul	277.309	-29.41	-53.48	1189	478
	405	Taboão da Serra	São Paulo	275.948	-23.36	-46.35	1489	103
	406	Gravataí	Rio Grande do Sul	273.742	-29.56	-50.59	1001	358
	407	Várzea Grande	Mato Grosso	271.339	-15.38	-56.07	2900	11
	408	Sumaré	São Paulo	269.522	-22.49	-47.16	1513	94
	409	Juazeiro do Norte	Ceará	268.248	-7.12	-39.18	2894	0
	410	Marabá	Pará	266.932	-5.22	-49.07	3017	0
	411	Barueri	São Paulo	264.935	-23.3	-46.52	1489	103
	412	Embu das Artes	São Paulo	264.448	-23.38	-46.51	1489	103
	413	Foz do Iguaçu	Paraná	263.915	-25.32	-54.35	1844	182
	414	Volta Redonda	Rio de Janeiro	263.659	-22.31	-44.06	1280	114
	415	Ipatinga	Minas Gerais	259.324	-19.28	-32.13	2472	0
	416	Imperatriz	Maranhão	253.873	-5.31	-47.28	2979	0
	417	Viamão	Rio Grande do Sul	252.872	-30.04	-51.01	1179	409
	418	Novo Hamburgo	Rio Grande do Sul	249.113	-29.4	-51.07	1033	469
	419	Parnamirim	Rio Grande do Norte	248.623	-5.54	-35.15	2963	0
	420	São Carlos	São Paulo	243.765	-22.01	-47.53	1513	94
	421	Macaé	Rio de Janeiro	239.471	-22.22	-41.47	2185	0
	422	Magé	Rio de Janeiro	236.319	-22.39	-43.02	1679	47
	423	São José	Santa Catarina	236.029	-27.36	-48.37	1242	169
	424	Indaiatuba	São Paulo	235.367	-23.05	-47.13	1407	128
	425	Colombo	Paraná	234.941	-25.17	-49.13	887	358
	426	Sete Lagoas	Minas Gerais	234.221	-19.27	-44.14	1430	48
	427	Cotia	São Paulo	233.696	-23.36	-46.55	1489	103
	428	Marília	São Paulo	233.639	-22.12	-49.56	1744	70
	429	Divinópolis	Minas Gerais	232.945	-20.08	-44.53	1125	102
	430	Arapiraca	Alagoas	232.671	-9.45	-36.39	2449	0
	431	Americana	São Paulo	231.621	-22.44	-47.19	1513	94
	432	Itaboraí	Rio de Janeiro	230.786	-22.44	-42.51	1911	18
433	São Leopoldo	Rio Grande do Sul	229.678	-29.45	-51.08	1033	469	
434	Araraquara	São Paulo	228.664	-21.47	-48.1	1905	39	
435	Jacareí	São Paulo	228.214	-23.18	-45.57	1526	52	
436	Itapevi	São Paulo	226.488	-23.32	-46.56	1489	103	
437	Presidente Prudente	São Paulo	223.749	-22.07	-51.23	2062	55	
438	Maracanaú	Ceará	223.188	-3.52	-38.38	3102	0	

.continua

.continua

BRASIL	439	Itabuna	Bahia	220.386	-14.47	-39.16	2277	0
	440	Juazeiro	Bahia	220.253	-9.24	-40.3	2768	0
	441	Hortolândia	São Paulo	219.039	-22.51	-47.13	1513	94
	442	Rondonópolis	Mato Grosso	218.899	-16.28	-54.38	2502	0
	443	Santa Luzia	Minas Gerais	217.610	-19.46	-43.51	1329	61
	444	Dourados	Mato Grosso do Sul	215.486	-22.13	-54.48	2314	78
	445	Cabo Frio	Rio de Janeiro	212.289	-22.52	-42.01	1911	0
	446	Rio Verde	Goiás	212.237	-18.55	-54.5	2357	0
	447	Cachoeiro de Itapemirim	Espírito Santo	210.325	-20.5	-41.05	1690	0
	448	Chapecó	Santa Catarina	209.553	-27.05	-52.03	977	496
	449	Criciúma	Santa Catarina	209.153	-28.4	-49.22	854	389
	450	Itajaí	Santa Catarina	208.958	-26.54	-48.4	1286	153
	451	Bandeira de Rio Grande	Rio Grande do Sul	208.641	-32.02	-52.05	803	477
	452	Alvorada	Rio Grande do Sul	207.392	-29.59	-51.05	1033	469
	453	Sobral	Ceará	203.682	-3.4	-40.14	3285	0
	454	Cabo de Santo Agostinho	Pernambuco	202.636	-8.17	-35.02	2520	0
	455	Rio Claro	São Paulo	201.473	-22.24	-47.33	1513	94

ANEXO III

CONFIGURACIÓN DE MATERIALES EN REVIT

En el siguiente Anexo se exhibe la configuración de propiedades térmicas de los materiales, la composición de los elementos opacos empleados en los cálculos de consumo energético y los valores de resistencia y transmitancia térmica computados por Revit. Se obtuvieron los siguientes valores de transmitancia térmica (W/m^2K): 2,50 para el muro I, 0,54 para el muro II, 0,82 para el muro III, 1,10 para el muro IV, 1,80 para el muro V, 1,99 para la cubierta I, 0,45 para la cubierta II, 0,51 para la cubierta III, 0,67 para la cubierta IV, y 0,88 para la cubierta V.

Figura 82: Configuración de las propiedades térmicas de los materiales en Revit.

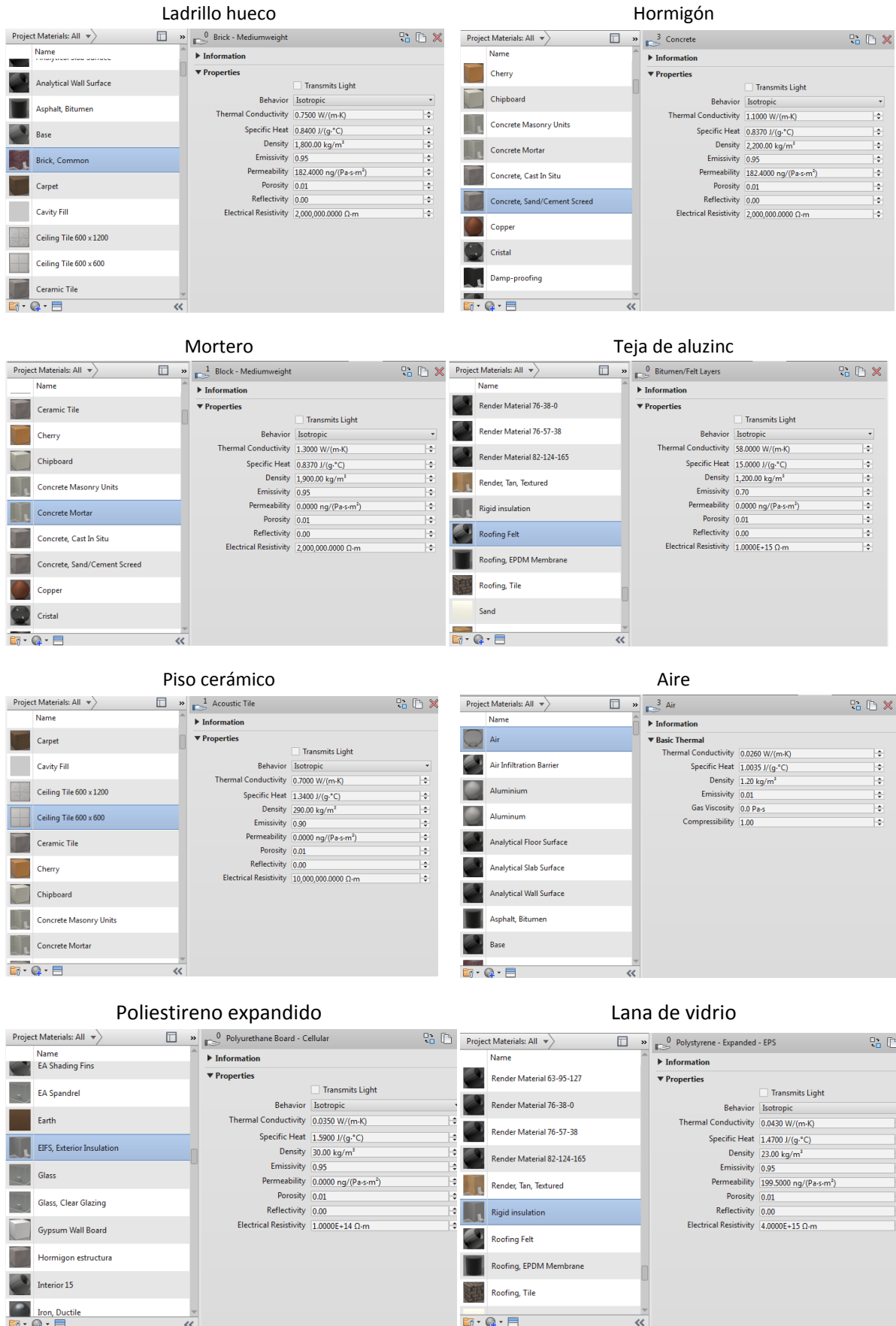


Tabla 49: Configuración de los elementos constructivos en Revit.

Muro exterior I	Type:	Muro Exterior	Sample Height:	5.0000		
	Total thickness:	0.2042				
	Resistance (R):	0.4000 (m ² ·K)/W				
	Thermal Mass:	28.46 kJ/K				
	Layers					
	EXTERIOR SIDE					
		Function	Material	Thickness	Wraps	Structural Material
	1	Finish 1 [4]	Air	0.0012	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2	Substrate [2]	Concrete Mortar	0.0200	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3	Core Boundary	Layers Above Wrap	0.0000		
4	Structure [1]	Brick, Common	0.1500	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	Core Boundary	Layers Below Wrap	0.0000			
6	Structure [1]	Concrete Mortar	0.0300	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Finish 2 [5]	Air	0.0030	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Muro exterior II	Type:	Muro II	Sample Height:	5.0000		
	Total thickness:	0.2542				
	Resistance (R):	1.8286 (m ² ·K)/W				
	Thermal Mass:	28.68 kJ/K				
	Layers					
	EXTERIOR SIDE					
		Function	Material	Thickness	Wraps	Structural Material
	1	Finish 1 [4]	Air	0.0012	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2	Substrate [2]	Concrete Mor	0.0200	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3	Core Boundary	Layers Above	0.0000		
4	Structure [1]	Brick, Comm	0.1500	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	Core Boundary	Layers Below W	0.0000			
6	Substrate [2]	EIFS, Exterior I	0.0500	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Finish 1 [4]	Concrete Mor	0.0300	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	Finish 2 [5]	Air	0.0030	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Muro exterior III	Type:	Muro III	Sample Height:	5.0000		
	Total thickness:	0.2392				
	Resistance (R):	1.2140 (m ² ·K)/W				
	Thermal Mass:	28.57 kJ/K				
	Layers					
	EXTERIOR SIDE					
		Function	Material	Thickness	Wraps	Structural Material
	1	Finish 1 [4]	Air	0.0012	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2	Substrate [2]	Concrete Mor	0.0200	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3	Core Boundary	Layers Above	0.0000		
4	Structure [1]	Brick, Comm	0.1500	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	Core Boundary	Layers Below W	0.0000			
6	Substrate [2]	Rigid insulatio	0.0350	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Finish 1 [4]	Concrete Mor	0.0300	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	Finish 2 [5]	Air	0.0030	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

.continua

.continua

Muro exterior IV

Type: Muro IV
 Total thickness: 0.3042
 Resistance (R): 0.9046 (m²·K)/W
 Thermal Mass: 41.10 kJ/K

Sample Height:

Layers

EXTERIOR SIDE					
	Function	Material	Thickness	Wraps	Structural Material
1	Finish 1 [4]	Air	0.0012	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Substrate [2]	Concrete Morta	0.0200	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Core Boundary	Layers Above Wr	0.0000		
4	Structure [1]	Brick, Common	0.1200	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Structure [1]	Air	0.0100	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Structure [1]	Brick, Common	0.1200	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Core Boundary	Layers Below Wr	0.0000		
8	Finish 1 [4]	Concrete Morta	0.0300	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Finish 2 [5]	Air	0.0030	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Muro exterior V

Type: Muro V
 Total thickness: 0.2565
 Resistance (R): 0.5551 (m²·K)/W
 Thermal Mass: 35.48 kJ/K

Sample Height:

Layers

EXTERIOR SIDE					
	Function	Material	Thickness	Wraps	Structural Material
1	Finish 1 [4]	Air	0.0030	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Substrate [2]	Concrete Mor	0.0200	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Core Boundary	Layers Above	0.0000		
4	Structure [1]	Brick, Comm	0.2000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Core Boundary	Layers Below W	0.0000		
6	Structure [1]	Concrete Mor	0.0300	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Finish 2 [5]	Air	0.0035	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Cubierta I

Type: Techo
 Total thickness: 0.2142 (Default)
 Resistance (R): 0.5100 (m²·K)/W
 Thermal Mass: 26.33 kJ/K

Layers

	Function	Material	Thickness	Wraps	Variable
1	Finish 2 [5]	Air	0.0012	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Finish 2 [5]	Roofing Felt	0.0300	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Thermal/Air Layer [Air	0.0050	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Core Boundary	Layers Above Wrap	0.0000		
5	Structure [1]	Concrete, Sand/Ce	0.1500	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Core Boundary	Layers Below Wrap	0.0000		
7	Finish 1 [4]	Concrete Mortar	0.0250	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Finish 2 [5]	Air	0.0030	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

.continua

.continua

Cubierta II

Type: Techo II
Total thickness: 0.2730 (Default)
Resistance (R): 2.1752 (m²·K)/W
Thermal Mass: 24.92 kJ/K

Layers

	Function	Material	Thickness	Wraps	Variable
1	Finish 1 [4]	Roofing Felt	0.0300	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Core Boundary	Layers Above W	0.0000		
3	Structure [1]	Concrete, Sand	0.1500	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Core Boundary	Layers Below Wr	0.0000		
5	Thermal/Air La	Rigid insulatio	0.0800	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Finish 1 [4]	Plastic	0.0100	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Finish 2 [5]	Air	0.0030	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Cubierta III

Type: Techo III
Total thickness: 0.2480 (Default)
Resistance (R): 1.9356 (m²·K)/W
Thermal Mass: 24.89 kJ/K

Layers

	Function	Material	Thickness	Wraps	Variable
1	Finish 1 [4]	Roofing Felt	0.0300	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Core Boundary	Layers Above W	0.0000		
3	Structure [1]	Concrete, Sand	0.1500	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Core Boundary	Layers Below Wr	0.0000		
5	Thermal/Air La	EIFS, Exterior In	0.0500	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Finish 1 [4]	Plastic	0.0100	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Finish 2 [5]	Air	0.0080	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Cubierta IV

Type: Techo IV
Total thickness: 0.2430 (Default)
Resistance (R): 1.4776 (m²·K)/W
Thermal Mass: 24.82 kJ/K

Layers

	Function	Material	Thickness	Wraps	Variable
1	Finish 1 [4]	Roofing Felt	0.0300	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Core Boundary	Layers Above W	0.0000		
3	Structure [1]	Concrete, Sand	0.1500	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Core Boundary	Layers Below Wr	0.0000		
5	Thermal/Air La	Rigid insulatio	0.0500	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Finish 1 [4]	Plastic	0.0100	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Finish 2 [5]	Air	0.0030	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

.continua

.continua

Cubierta V	Type:	Techo V				
	Total thickness:	0.2280 (Default)				
	Resistance (R):	1.1287 (m ² ·K)/W				
	Thermal Mass:	24.78 kJ/K				
	Layers					
		Function	Material	Thickness	Wraps	Variable
	1	Finish 1 [4]	Roofing Felt	0.0300	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Core Boundary	Layers Above W	0.0000			
3	Structure [1]	Concrete, Sand	0.1500	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Core Boundary	Layers Below Wr	0.0000			
5	Thermal/Air La	Rigid insulatio	0.0350	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Finish 1 [4]	Plastic	0.0100	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Finish 2 [5]	Air	0.0030	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Puertas exteriores	Analytical Properties	
	Visual Light Transmittance	0.000000
	Thermal Resistance (R)	0.2629 (m ² ·K)/W
	Solar Heat Gain Coefficient	0.000000
	Heat Transfer Coefficient (U)	3.8042 W/(m ² ·K)
Analytic Construction	Wood panel	

Carpinterías	Analytical Properties	
	Visual Light Transmittance	0.900000
	Thermal Resistance (R)	0.1806 (m ² ·K)/W
	Solar Heat Gain Coefficient	0.860000
	Heat Transfer Coefficient (U)	5.5364 W/(m ² ·K)
Analytic Construction	1/4 in single glass pane in heavy frame	

Tabla 50: Definición de las propiedades térmicas de los materiales según IRAM 11.601 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2002).

Elemento	Conductividad Térmica λ	Densidad kg/m ³	Calor Específico J/(g·°C)	Emisividad	Permeabilidad ng/(Pa·s·m ²)
Ladrillo hueco	0,75	1.800	0,840	0,95	182,40
Hormigón	1,1	2.200	0,837	0,95	182,40
Mortero	1,3	1.900	0,837	0,95	182,40
Teja de aluzinc	58	1.200	640	0,70	0,0
Piso cerámico	0,90	290,0	1,340	0,90	0,0
Aire	0,026	1,20	1.0035	0,01	-
Madera	0,13	840	1,381	0,90	-
Vidrio	0,8	2.700	0,833	0,10	0,0

