

**Universidad
Autónoma
Metropolitana**



Casa abierta al tiempo **Azcapotzalco**

DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO
Maestría y Doctorado en Diseño

**COMPARACIÓN DE LAS DEMANDAS
ENERGÉTICAS ESTIMADAS EN CLIMATIZACIÓN
ARTIFICIAL ENTRE LA VIVIENDA
AUTOPRODUCIDA Y LA VIVIENDA DE INTERÉS
SOCIAL EN UN CLIMA TEMPLADO. CASO DE
ESTUDIO TLALNEPANTLA, ESTADO DE MÉXICO.
CÁLCULOS REALIZADOS CON DEEVI Y EL
MÉTODO DE CÁLCULO DEL PRESUPUESTO
ENERGÉTICO DE LA NOM-020-ENER-2011**

Tania Raquel Ramírez Rivera

Tesis para optar por el grado de Maestra en Diseño Bioclimático

Miembros del jurado:

Dra. Georgina Ramírez Sandoval

Directora de tesis

Mtra. Gloria Ma. Castorena Espinosa

Dr. Pablo David Elías López

Dra. Esperanza García López

Mtra. Laura Isabel Guarneros Urbina (ITCh)

Dra. Elvira Schwanse (UNAM, La Salle - Oaxaca)

Ciudad de México

Diciembre 2017

DEDICATORIA

A mis abuelos paternos: María Guadalupe y José Nicolás

A mis abuelos maternos: Guadalupe y Francisco

A mis padres: Josefa Lorena y Víctor Ignacio

A mis hermanas: Lorena Grisel y Alexandra Esther

A mi hermano: Israel

Y en especial, a mi compañero de vida: Julio Mauricio

AGRADECIMIENTOS

A mi compañero de vida, por apoyarme en cada decisión y compartir cada resultado.

A mi familia, por ser mi inspiración.

A los bioclimáticos, por hacer más grande mi familia.

A mis amigos, por estar incondicionalmente.

A la UAM y su plantilla docente, por el conocimiento y apoyo recibido.

A mi directora de tesis, por su respaldo.

A mis sinodales, por su tiempo y experiencia.

Al CONACyT por hacer posible este trabajo

EPÍGRAFE

[...] el principio nunca ha sido la punta nítida y precisa de un hilo, el principio es un proceso lentísimo, demorado, que exige tiempo y paciencia para percibir en qué dirección quiere ir [...]

José Saramago

RESUMEN

Una de las prioridades de la agenda mundial ambiental es la reducción de Gases de Efecto Invernadero. Para impulsar el desarrollo económico en pos del beneficio ambiental, se crearon los Mecanismos de Desarrollo Limpio, con los que se estableció un mercado de carbono, cuya moneda de cambio son los Certificados de Reducción de Emisiones, de los cuales México se ha beneficiado hasta 2015.

Una de las áreas de oportunidad más importantes para reducción de emisiones se encuentra en disminuir el consumo de energéticos en la fase de uso de la vivienda, para ello se han implementado iniciativas de evaluación de la Eficiencia Energética en la vivienda a nivel nacional. Estos sistemas tienen como componente principal la evaluación del desempeño termoenergético de la vivienda, mediante la proyección de consumos energéticos a partir del balance de los intercambios de calor a través de las envolventes. En la actualidad, estos sistemas se encuentran disponibles únicamente para la vivienda de interés social de producción masiva, por lo que se propone explorar su aplicación en la vivienda de autoproducción, que ocupa, al menos el 60% del parque de vivienda existente.

Para probar las herramientas se compararon los resultados obtenidos con el cálculo del presupuesto energético de NOM-020-ENER-2011 y la demanda específica total obtenida con DEEVi en una muestra heterogénea que combina tres prototipos de vivienda de interés social de producción masiva y seis ejemplos de vivienda autoproducida. Como resultado de esta experimentación se obtuvieron herramientas metodológicas para la replicación de levantamientos energéticos en vivienda existente, además de una serie de recomendaciones para la optimización de la geometría de la envolvente en beneficio de una buena evaluación.

Abstract

One of the priorities of the global environmental agenda is the reduction of greenhouse gases. To promote economic development for the benefit of the environment, the Clean Development Mechanisms were created, a carbon market whose currency of exchange is Emission Reduction Certificates, of which Mexico has benefited until 2015.

One of the most important areas of opportunity for reducing emissions is the reduction of energy consumption in the housing use phase. Initiatives for the evaluation of Energy Efficiency in housing at the national level have been implemented. These systems have as main component the evaluation of the thermoenergetic performance of the house, based on the balance of heat exchanges through the envelopes. At present, these systems are only available for housing of social interest of mass production, so it is proposed to explore its application in self-production housing, which occupies at least 60% of the existing housing stock.

To test the tools, the results obtained were compared with the calculation of the energy budget of NOM020ENER2011 and the Total Specific Demand obtained with DEEVi for a heterogeneous sample combining 3 prototypes of social housing of mass production and examples of self-produced housing. As a result of this experiment, methodological tools for the replication of energy surveys in existing housing were obtained, as well as a series of recommendations for the optimization of the envelope geometry for the benefit of a good evaluation.

CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 HIPÓTESIS GENERAL	4
1.5 OBJETIVO GENERAL	4
1.6 PROCEDIMIENTO.....	4
1.7 DESARROLLO DEL DOCUMENTO	4
1.8 MARCO TEÓRICO	6
1.9 MARCO METODOLÓGICO	7
1.9.1 <i>Objetivos particulares</i>	7
1.9.2 <i>Hipótesis y supuestos</i>	8
1.9.3 <i>Metodología</i>	9
1.9.4 <i>Actividades a realizar</i>	10
2. DEMANDA ENERGÉTICA EN LAS EDIFICACIONES.....	11
2.1 ACCIONES INTERNACIONALES CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO.....	11
2.1.1 <i>Contexto internacional: del Protocolo de Kioto a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático</i>	12
2.1.2 <i>Compromisos de México para la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero</i> 13	
2.2 COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LAS EDIFICACIONES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	16
2.2.1 <i>Envoltentes arquitectónicas</i>	16
2.2.2 <i>Sistemas de climatización artificial</i>	21
2.2.3 <i>Definición de energía</i>	25
2.3 INSTRUMENTOS Y HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS EDIFICACIONES.....	27
2.4 CONCLUSIÓN AL CAPÍTULO DEMANDA ENERGÉTICA Y CLIMATIZACIÓN ARTIFICIAL EN LAS EDIFICACIONES.....	33
3. VIVIENDA EN MÉXICO	35
3.1 CLASIFICACIÓN DE LA VIVIENDA EN MÉXICO.....	35
3.2 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LA VIVIENDA.....	37
3.3 MARCO NORMATIVO DEL USO DE LA ENERGÍA EN LA VIVIENDA EN MÉXICO	38
3.3.1 <i>Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 (Presidencia, 2007):</i>	38

3.3.2	<i>Secretaría Nacional de Energía (SENER, 2014)</i>	38
3.3.3	<i>Normas Oficiales Mexicanas en Eficiencia Energética vigentes y aplicables a la edificación</i>	39
3.3.4	<i>La NOM-020-ENER-2011 Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios para uso habitacional (CCNNPURRE, 2011)</i>	39
3.3.5	<i>Ley Nacional de vivienda, 2006</i>	40
3.3.6	<i>Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores</i>	41
3.3.7	<i>Instituto de Vivienda del Distrito Federal (GDF., 1998)</i>	45
3.3.8	<i>Instituto Mexiquense de la Vivienda Social</i>	47
3.4	CONCLUSIÓN AL CAPÍTULO VIVIENDA EN MÉXICO.....	50
4.	OBTENCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS	52
4.1	METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE CASOS DE ESTUDIO.....	52
4.1.1	<i>Presentación de la situación geopolítica y desarrollo social municipal</i>	52
4.1.2	<i>Identificación y selección de casos de estudio</i>	54
4.2	METODOLOGÍAS DE CÁLCULO	58
4.2.1	<i>Descripción de la metodología para el cálculo del presupuesto energético con NOM-020-ENER-2011</i>	58
4.2.2	<i>Descripción de la metodología para el cálculo de la demanda total de refrigeración y demanda total específica de refrigeración con DEEVI</i>	61
4.3	ELABORACIÓN DE HERRAMIENTAS METODOLÓGICAS	62
4.3.1	<i>Diseño de Folleto informativo y de solicitud</i>	63
4.3.2	<i>Diseño de formatos para el levantamiento de datos en campo</i>	65
4.3.3	<i>Diseño de cédula para el vaciado de datos de la envolvente arquitectónica</i>	67
4.3.4	<i>Diseño de formato para el vaciado de datos numéricos de la envolvente arquitectónica</i> 68	
4.3.5	<i>Consideraciones para la elaboración de planos arquitectónicos aptos para el procesamiento de datos energéticos</i>	70
4.3.6	<i>Diseño del protocolo de levantamiento de datos arquitectónicos</i>	72
4.4	APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS Y METODOLOGÍAS.....	73
4.4.1	<i>Presentación de casos</i>	73
4.4.2	<i>Materiales de construcción y procesamiento de datos para la captura</i>	84
4.5	CONCLUSIÓN AL CAPÍTULO OBTENCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS	89
5.	INTERPRETACIÓN Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS	93
5.1	CÁLCULOS DEL PRESUPUESTO ENERGÉTICO	93

5.1.1	<i>Cálculos del presupuesto energético en los ejemplos de vivienda autoconstruida</i>	93
5.1.2	<i>Cálculos del presupuesto energético en los ejemplos de vivienda de interés social desarrollada por el sector privado</i>	97
5.2	CÁLCULOS DE LAS DEMANDAS ESTIMADAS DE ENERGÍA POR CLIMATIZACIÓN ARTIFICIAL CON DEEVI	100
5.2.1	<i>Cálculos de las demandas estimadas de energía por climatización artificial con DEEVI en los ejemplos de vivienda autoconstruida</i>	100
5.2.2	<i>Cálculos de las demandas estimadas de energía por climatización artificial con DEEVI en los ejemplos de vivienda de interés social desarrollada por el sector privado</i>	104
5.3	RESUMEN Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS	107
5.3.1	<i>Del presupuesto energético con la NOM-020-ENER-2011</i>	107
5.3.2	<i>De las demandas específicas de energía para climatización artificial con DEEVI</i>	110
5.4	CONCLUSIÓN AL CAPÍTULO INTERPRETACIÓN Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS.....	110
6.	CONCLUSIONES	113
6.1	CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS	116
6.2	CONFIRMACIÓN O NEGACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	118
6.3	RECOMENDACIONES	120
6.4	APORTACIÓN AL DISEÑO.....	121
6.5	LÍNEAS ABIERTAS.....	121
7.	ANEXOS	122
7.1	BIBLIOGRAFÍA	122
7.2	FORMATO PARA LEVANTAMIENTO DE DATOS EN CAMPO.....	128
7.3	FORMATO DE PRECAPTURA DE PORCIONES DE LA ENVOLVENTE.....	130
7.4	MÉTODO DE CÁLCULO DE LA NOM-020-ENER-2011	131
7.5	CONCEPTOS Y DEFINICIONES DE BALANCE TÉRMICO	135
7.5.1	<i>Balance térmico</i>	135
7.6	MODELOS DE SIMULACIÓN.....	148
7.6.1	<i>Postulados elementales de software de simulación</i>	149
7.6.2	<i>Software para simulación y diseño térmico</i>	152
7.7	CURRÍCULUM VITAE	154

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Cumbre de la Tierra de 1992 (Worldwatch Institute, 2015).</i>	12
<i>Figura 2. Emisiones de una planta termoeléctrica europea (Vidal, 2009).</i>	13
<i>Figura 3. Distribución del consumo energético por hogar en México. Fuente: GIZ,2014. “Guía para el ahorro y uso eficiente de la energía”</i>	16
<i>Figura 4. Iglesia irlandesa del año 1000 DC (Strauße, 2006b).</i>	17
<i>Figura 5. Evolución del desarrollo de envolventes (Adaptación personal de Arnold, 2009).</i>	17
<i>Figura 6. Componentes de la envolvente arquitectónica (Traducción propia de Strauße, 2006a).</i>	18
<i>Figura 7. Funciones de la envolvente (Traducción propia de Strauße, 2006a).</i>	20
<i>Figura 8. Gráfico de Modificadores del ambiente (Traducción propia de Strauße, 2006a).</i>	21
<i>Figura 9. Tipos de aire acondicionado más comunes en la vivienda mexicana. Fuente: PROFECO, 2011</i>	24
<i>Figura 10. Capacidad de los equipos por zona climática y área de la habitación a climatizar. Fuente: PROFECO, 2011.</i>	24
<i>Figura 11. Países que cuentan con sistemas de certificación de la Sustentabilidad de las Edificaciones avalado por el WGBC (WGBC, 2013).</i>	28
<i>Figura 12. Estándares y escalas (Leipziger, 2013).</i>	29
<i>Figura 13. Etiqueta de Eficiencia Energética NOM-020 (Elaboración propia).</i>	31
<i>Figura 14. Hoja de resultados de DEEVi. Elaboración propia.</i>	32
<i>Figura 15. Clasificación de la vivienda por costo según CONAVI (2007, p.55).</i>	36
<i>Figura 16. Montos de crédito que proporciona Hipoteca Verde para la adquisición de ecotecnologías según sueldo (Tabla adaptada de INFONAVIT, 2015).</i>	42
<i>Figura 17. Escala de evaluación de la eficiencia de la vivienda del Sisevive-Ecocasa (INFONAVIT, 2014c).</i>	43
<i>Figura 18. Esquema de operación del Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde (INFONAVIT, 2014c).</i>	44
<i>Figura 19. Fichas que muestran de manera gráfica al usuario los aspectos básicos de la evaluación energética y ambiental de la vivienda (INFONAVIT, 2014c).</i>	45
<i>Figura 20 Radios de localización (Elaboración propia sobre mapa de Google Maps).</i>	55
<i>Figura 21. Edificio proyectado y Edificio de referencia (Low Carbon Architecture-GIZ, 2014).</i>	59
<i>Figura 22. Porciones de la envolvente (CONUEE, 2014).</i>	60
<i>Figura 23. Enfoque integral de la vivienda (PHI,2010).</i>	61
<i>Figura 24. Secuencia de introducción de datos en DEEVi (PHI, 2013).</i>	62
<i>Figura 25. Folleto de contacto (Elaboración propia).</i>	63
<i>Figura 26. Formato para encuestas sobre características del hogar (Elaboración propia)</i>	66

<i>Figura 27. Formato para la captura de datos de la envolvente (Elaboración propia).....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 28. Libro de cálculo de Microsoft Excel diseñado para el registro de datos obtenida en los levantamientos (Elaboración propia).....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 29. Sección del libro de cálculo relativa a los materiales de cada porción de la envolvente (Elaboración propia).....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 30. Plano APV-01 (Elaboración propia).....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 31. Plano APV-02 (Elaboración propia).....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 32. Plano APV-04 (Elaboración propia).....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 33. Plano APV-05 (Elaboración propia).....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 34. Plano APV-06 (Elaboración propia).....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 35. Plano APV-07(elaboración propia).....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 36. Plano VD01(Elaboración propia).....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 37.Plano VD02 (Elaboración propia).....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 38. Plano VD03 (Elaboración propia).....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 39. Tabla para cálculo de porciones horizontales. Fuente: Elaboración propia con valores energéticos de la NOM-020-ENER-2011.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 40. Tabla para cálculo de porciones verticales con muros de panel estructural y núcleo espuma plástica Fuente: Elaboración propia con valores energéticos de la NOM-020-ENER-2011.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 41. Tabla para cálculo de porciones verticales con muros de tabique rojo. Fuente: Elaboración propia con valores energéticos de la NOM-020-ENER-2011.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 42. Tabla para cálculo de porciones verticales con muros de tabicón gris y de materiales ligeros (Elaboración propia con valores de la NOM-020-ENER-2011).....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 43. Formato de vaciado de datos (Elaboración propia).....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 44. Tabla de vista general de la muestra de vivienda (Elaboración propia).....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 45. Gráfico de ganancias por conducción calculadas con la NOM-020-ENER-2011 en los ejemplos de Vivienda Autoconstruida. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 46 . Gráfico de ganancias por radiación calculadas con la NOM-020-ENER-2011 en los ejemplos de Vivienda Autoconstruida. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 47. Gráfico de la sumatoria de ganancias por radiación y conducción calculadas con la NOM-020-ENER-2011 en los ejemplos de Vivienda Autoconstruida. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 48. Gráfico del porcentaje de ahorro y cumplimiento con la NOM-020-ENER-2011 en los ejemplos de Vivienda Autoconstruida. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 49. Gráfico de ganancias por conducción calculadas con la NOM-020-ENER-2011 en los ejemplos de Vivienda de Interés social. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 50. Gráfico de ganancias por radiación calculadas con la NOM-020-ENER-2011 en los ejemplos de Vivienda de Interés social. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>98</i>

<i>Figura 51. Gráfico de la sumatoria de ganancias por radiación y conducción calculadas con la NOM-020-ENER-2011 en los ejemplos de Vivienda de interés social. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>99</i>
<i>Figura 52. Gráfico del porcentaje de ahorro y cumplimiento con la NOM-020-ENER-2011 en los ejemplos de Vivienda de interés social. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>100</i>
<i>Figura 53. Gráfico de la Demanda específica de calefacción calculada con DEEVi en los ejemplos de Vivienda autoproducida. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>101</i>
<i>Figura 54. Gráfico de la Demanda total específica de refrigeración calculada con DEEVi en los ejemplos de Vivienda autoconstruida. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>102</i>
<i>Figura 55. Gráfico de la sumatoria de las demandas estimadas para climatización artificial calculadas con DEEVi en los ejemplos de Vivienda autoconstruida. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>103</i>
<i>Figura 56. Gráfico de la Demanda específica de calefacción calculada con DEEVi en los ejemplos de Vivienda de interés social. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>104</i>
<i>Figura 57. Gráfico de la Demanda total específica de refrigeración calculada con DEEVi en los ejemplos de Vivienda de interés social. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>105</i>
<i>Figura 58. Gráfico de Sumatoria de las demandas estimadas de climatización artificial con DEEVi en los ejemplos de vivienda de interés social. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>106</i>
<i>Figura 59. Gráfico de Ganancias totales por conducción y radiación calculadas con la NOM-020-ENER-2011. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>107</i>
<i>Figura 60. Gráfico de porcentajes de Ganancias totales calculadas con la NOM-020-ENER-2011. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>108</i>
<i>Figura 62. Gráfico de Porcentaje de ahorro calculado con la NOM-020-ENER-2011. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>109</i>
<i>Figura 61. Gráfico de Comparación de la Sumatoria de Demandas Específicas de climatización artificial con DEEVi. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>110</i>
<i>Figura 63: Tabla de características geométricas de las envolventes. Fuente: Elaboración propia. ...</i>	<i>112</i>
<i>Figura 65. Gráfico de Proporción de porciones de la envolvente en relación a la Demanda Específica Total. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>118</i>
<i>Figura 66. Tabla de valores de aislamiento y permeabilidad de prendas comunes (ASHRAE, 2009).</i>	<i>138</i>
<i>Figura 66. PPD como función del PMV, (ASHRAE, 2009).</i>	<i>138</i>
<i>Figura 67. Datos necesarios para una simulación (Traducción propia de Maile et al., 2007).....</i>	<i>150</i>
<i>Figura 68. Diferencia entre muros y límites térmicos (Maile et al., 2007).....</i>	<i>151</i>
<i>Figura 69. Algunos paquetes de simulación con uso extendido en la actualidad.</i>	<i>153</i>

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Como parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), y siendo signatario del Protocolo de Kioto, México ha puesto en marcha instrumentos como el comercio de emisiones y los Mecanismos de Desarrollo Limpio MDL (ONU, 1992b; 1998). En diciembre de 2015, con el Acuerdo de París tomado durante el cierre de la COP 21, la nación mexicana se propone reducir sus emisiones de GEI en un 25-40% comparado a las emisiones proyectadas al 2030 en un escenario de crecimiento sin acciones de mitigación (IMCO, 2016).

Debido a que en México el 82.4% (González, 2009) de la energía que se utiliza en la vivienda proviene de la quema de combustibles fósiles, una de las áreas de oportunidad para la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero está en disminuir el consumo de energía para uso residencial, por lo que se ha promovido el concepto de eficiencia energética en las edificaciones o edificios energéticamente eficientes.

La edificación energéticamente eficiente es capaz de proporcionar de manera natural el confort deseado al interior del espacio arquitectónico gracias a un mayor aprovechamiento de los recursos climáticos y energéticos, y una menor dependencia de la climatización e iluminación artificiales (PRESIDENCIA, 2008). El desempeño energético de una construcción en interacción con múltiples factores puede ser estudiado gracias al uso de herramientas analíticas basadas en los principios de la termodinámica (Nayak & Prajapati, 2006), los cuales al ser traducidos al lenguaje de los algoritmos y procesados por computadora, nos permiten obtener la simulación térmica de la construcción, y estimar así la ganancia y pérdida de calor resultantes de diversos procesos de transferencia. La estimación del desempeño energético de un edificio es crucial para medir el impacto que este tiene sobre el medio (natural, artificial y social) en la fase de uso (Maile et al., 2007).

En México se han comenzado a establecer programas, leyes y lineamientos en los diferentes sectores para que procesos industriales y constructivos, edificaciones y equipos eléctricos en nuestro país sean eficientes (PRESIDENCIA, 2008). Al inicio de este proyecto de investigación, recién se había lanzado la primera iniciativa normativa que obligaba a mirar la manera en la que las características físicas de la envolvente de la vivienda impactan en su desempeño energético: el PROY-NOM-020-ENER-2010 que, desde su publicación en febrero de 2011, despertó controversia sobre su potencial de beneficio a lo largo y ancho de la República Mexicana, debido a su limitado marco de aplicación.

A la par que se desarrollaba la NOM-020-ENER-20011, el INFONAVIT y la Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ) trabajaban de manera conjunta en el robustecimiento de la Hipoteca Verde

(INFONAVIT, 2010), lanzada por primera vez en 2007. En ese momento, los beneficios de reducción de emisiones se ligaban a la implementación de ecotecnologías en la vivienda (tal como se estaba construyendo) y no a modificaciones en el diseño de las misma.

En esta atmósfera de cambio, surgió la inquietud de realizar un ejercicio de aplicación de la NOM-020-ENER-2011, y posteriormente de DEEVi, una nueva herramienta de competencia nacional desarrollada por el sector vivienda que, al igual que la NOM-020-ENER-2011, considera entre sus variables el impacto del diseño de la envolvente en el consumo proyectado de energía en la vivienda. El ejercicio examinaría un escenario de acción poco favorable (como es un clima templado) y a una muestra heterogénea que contemplara diferentes tipos de vivienda unifamiliar, con la primera intención de identificar posibles rutas de acción para eficientizar no sólo la vivienda nueva desarrollada en masa, sino incluir también a la vivienda autoconstruida.

1.2 PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1.1 Contexto

Se estima que, para el año 2030, en México tendremos cerca de 39 millones de hogares a nivel nacional (Partida, 2008); considerando que, en 2010, el número de hogares existentes reportados por INEGI fue de 28.15 millones, podemos calcular una demanda de medio millón de viviendas anuales para cada nuevo hogar establecido, eso sin considerar el déficit actual.

Sumado al reto que implica satisfacer la demanda de vivienda para cada hogar, México deberá asegurar que ésta obedezca criterios de Eficiencia Energética medibles para comprobar la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero y con ello cumplir con los compromisos internacionales para la Mitigación del Cambio Climático adquiridos en distintos tratados y protocolos.

Para promover la reducción de emisiones en la fase de uso del sector vivienda se desarrolló la NOM-020-ENER-2011, cuya finalidad es reducir el consumo de energéticos relacionados con la calefacción artificial de las viviendas mediante la limitación de ganancias térmicas a través de la envolvente. Posteriormente, el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (Infonavit), se sumó a este objetivo con el desarrollo del Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde (Sisevive), específicamente con la herramienta de evaluación de la demanda energética Diseño Energéticamente Eficiente de la Vivienda (DEEVi), en conjunto con diversos actores públicos y privados. Ambas herramientas están orientadas a reducir la demanda eléctrica derivada de la climatización artificial de la vivienda nueva y, en el caso de la NOM-020-ENER-2011 ampliaciones.

Considerando que, el 60% de la vivienda existente en México es generada por mecanismos de autoproducción (EIBENSCHUTZ, 2005), se vuelve primordial la inclusión de la vivienda autoconstruida en programas de reducción de emisiones contaminantes en las diferentes fases de su ciclo de vida.

1.2.1.2 Delimitación del problema

En la actualidad, no existen elementos e instrumentos oficiales en México para evaluar la eficiencia energética en la vivienda autoconstruida nueva y la vivienda autoconstruida existente, por lo que este trabajo pretende explorar la aplicación de los instrumentos disponibles para la vivienda de interés social desarrollada por el sector privado a un escenario común en este país.

1.2.1.3 Delimitación del objeto de investigación

El lugar seleccionado es Tlalnepantla, Estado de México. Este municipio está catalogado como un clima templado según la clasificación de la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) vigente durante el primer semestre de 2017.

Se realizó una comparación de las ganancias de calor obtenidas con el método de cálculo de la NOM-020-ENER-2011 EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES.- ENVOLVENTE DE EDIFICIOS PARA USO HABITACIONAL, las demandas específicas de calefacción (DEC), las demandas totales específicas de refrigeración (DTER) y las demandas específicas totales (DET) calculadas con la herramienta DEEVi 1 para una muestra de 6 viviendas autoconstruidas contra 3 prototipos de vivienda de interés social desarrollada por el sector privado.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En los climas templados, el empleo de climatización artificial está poco extendido, sin embargo, la NOM-020-ENER-2011 y el SISEVIVE, consideran la reducción del consumo eléctrico derivado de la climatización artificial como principal indicador de Eficiencia Energética en la vivienda, por lo que, independientemente de las costumbres locales debe demostrarse que las edificaciones no reportan ganancias de calor innecesarias.

En la actualidad el 60% de las viviendas mexicanas están construidas por mecanismos de autoconstrucción. El 77.8% de la población nacional vive en zonas urbanas. Se estima que alrededor del 40% de la población urbana se concentra en climas templados, por lo que se considera que es importante corroborar que la vivienda que suele funcionar sin acondicionamiento artificial cumple con los requerimientos de una Norma Oficial Mexicana.

1.4 HIPÓTESIS GENERAL

La vivienda autoconstruida en el municipio de Tlalnepantla Estado de México tiene menores demandas estimadas de energía derivadas de la climatización artificial que la vivienda de interés social desarrollada por el sector privado.

1.5 OBJETIVO GENERAL

Identificar el tipo de vivienda con mayores demandas de energía estimadas, asociadas a la ganancia de calor a través de los elementos geométricos de la envolvente arquitectónica entre ejemplos de vivienda de interés social desarrollada por el sector privado y vivienda autoconstruida en Tlalnepantla, Estado de México.

1.6 PROCEDIMIENTO

- Para obtener una fundamentación teórica del problema de investigación, se realizó un ejercicio de compilación de hechos, términos y conceptos, que permitiesen adoptar una perspectiva y abordar el problema de la eficiencia energética en la vivienda, tanto a nivel global como nacional.
- Se seleccionaron las localidades de estudio, y se indagó en las variables climáticas que las afectan. Se consultaron bases de datos estadísticas publicadas por INEGI para conocer las características constructivas que en promedio posee la vivienda en el área, y hacer la selección de la muestra y la definición de categorías de análisis.
- Tras una serie de visitas para invitar y explicar las condiciones de participación a los colonos, se procedió a la elaboración de formatos para el levantamiento arquitectónico y la captura de datos de consumo energético de la vivienda. Una vez capturada y sistematizada la información, se sometió a proceso con las herramientas de cálculo NOM-020-ENER-2011 y DEEVi 1.0.
- Se realizó la comparación de los distintos parámetros de eficiencia de la envolvente arquitectónica obtenidos mediante la aplicación de las dos herramientas mencionadas, y se evaluó el cumplimiento con la NOM-020-ENER-2011 de la muestra mixta de vivienda de interés social desarrollada por particulares y vivienda autoconstruida.
- Finalmente se procedió a la redacción de conclusiones basadas en los resultados obtenidos, teniendo en cuenta todo el panorama teórico y normativo que en el curso de la investigación se construyó.

1.7 DESARROLLO DEL DOCUMENTO

Introducción

En este capítulo se describen los antecedentes de la investigación en el contexto energético internacional y se delimita el problema a la realidad mexicana, considerando un marco teórico

actualizado. Se presenta la hipótesis y objetivo general y se describe la metodología empleada para la obtención de los resultados esperados.

Demanda energética y climatización artificial

Sitúa en el contexto de los hechos destacados en el ámbito del Cambio Climático Global, las acciones emprendidas para lograr acuerdos de compromiso, y las medidas de adaptación y mitigación asumidas a nivel internacional. Se describen y analizan los conceptos relacionados con el comportamiento térmico de las edificaciones, el acondicionamiento de aire, las envolventes arquitectónicas, y los instrumentos para la evaluación y certificación de la eficiencia energética en las edificaciones.

Vivienda en México

Describe las diferentes clasificaciones de vivienda en México y su organización por sistemas de producción. Se enuncian los productos legales y normativos a través de los cuales las instituciones competentes regulan la eficiencia energética en la producción de vivienda en México, con especial representación en la NOM020-ENER-2011 y en la Herramienta para el Diseño Energéticamente Eficiente de la Vivienda DEEVi.

Obtención y procesamiento de datos

Se detalla la metodología empleada para la selección de casos de estudio, apoyada en datos estadísticos del Censo Nacional de Población y Vivienda (INEGI,2010). Se describen las metodologías de cálculo empleadas en las herramientas NOM-020-ENER-2011 y DEEVi.

Se describe ampliamente el diseño de herramientas metodológicas: cédulas de levantamiento de datos, diseño de planos de presentación, diseño de formatos para el cálculo; y se esboza un protocolo de acción para realizar levantamientos energéticos.

Finalmente se presentan los casos de estudio.

Interpretación y comparación de resultados

Presenta los resultados obtenidos de los cálculos con la metodología de la NOM-020-ENER-2011 y DEEVi, aplicados a una muestra heterogénea que contempla 6 ejemplos de Vivienda autoconstruida y 3 prototipos de Vivienda de interés social desarrollada por el sector privado.

Conclusiones

Se presentan las conclusiones de todo el documento, de las condiciones de contextualización a las derivadas de la interpretación de resultados. Se describen los hallazgos relevantes y se dan recomendaciones para optimizar la geometría de las envolventes cuando se evalúan con DEEVi y la

NOM020ENER2011; además de presentarse recomendaciones y líneas de trabajo e investigación abiertas.

Resultados y aportaciones

- Conocimiento del contexto de la certificación de la vivienda eficiente en México.
- Conocimiento del comportamiento de la vivienda existente al ser evaluada con las herramientas existentes
- Desarrollo de herramientas metodológicas replicables en otros ejercicios de evaluación de vivienda existente
- Recomendaciones para la evaluación de la eficiencia energética de la vivienda con las herramientas validadas por el sector

1.8 MARCO TEÓRICO

Para dar cuenta de las tendencias y acciones internacionales relacionadas con el manejo de emisiones contaminantes como agente clave del cambio climático, se hizo un repaso de los documentos que conforman los Acuerdos que se han tomado por las naciones de manera coordinada y que se han hecho de conocimiento global a través de los portales en línea de las hoy numerosas instituciones de las Naciones Unidas.

Ya que, en esta línea de compromiso internacional, las reuniones, la redefinición de objetivos, y la adopción de medidas y su monitoreo son tareas en curso, la investigación también se ha servido en gran medida de notas periodísticas disponibles en las versiones digitales de diarios nacionales y extranjeros, y en las secciones que diversas instituciones asignan a la comunicación de reportajes, análisis y noticias en sus páginas web.

En el entorno nacional, fueron de interés para este trabajo un número importante de documentos legales, normativos y planeaciones expedidos por el Gobierno Federal, publicados en muchos casos en el Diario Oficial de la Federación, y en otros tantos en los portales web de distintas instituciones y organizaciones tanto de dominio gubernamental como no gubernamental. También se revisaron documentos oficiales de alcance Estatal y organigramas y presentaciones institucionales disponibles en los portales de los diferentes órganos Estatales que trabajan por conciliar la demanda de vivienda con una postura responsable con el medio ambiente.

Asimismo, se consideraron de utilidad revistas de divulgación científica y columnas de opinión de expertos que analizan las políticas y estrategias ya adoptadas, así como una cantidad de publicaciones que las instituciones han puesto al alcance del público en general para dar a conocer las oportunidades que dichas estrategias representan, y concientizar a los distintos sectores de la población acerca de la realidad del cambio climático y sus implicaciones.

Para determinar el estado del arte, se hizo particular esfuerzo de búsqueda en artículos y revistas especializadas en eficiencia energética, que retrataran la situación actual de la estimación del consumo energético por climatización artificial.

Los conceptos y definiciones que son la base para el cálculo y simulación del balance energético se obtuvieron de los apartados de termodinámica en libros electrónicos de Física, enciclopedias online, portales educativos, y artículos académicos en el tema de eficiencia energética de las edificaciones.

Para tener un acercamiento a los métodos de estimación, simulación y certificación de la eficiencia energética en la vivienda en México y otros países, se consultaron manuales, guías, libros y reportes de trabajo y análisis respecto al tema, casi todos disponibles en línea. Se profundizó en la comprensión de la NOM-020-ENER-2011, y se asistió a capacitación en el empleo de la Herramienta para el Diseño Energéticamente Eficiente de la Vivienda (DEEVi) del Sisevive-Ecocasa de Infonavit.

1.9 MARCO METODOLÓGICO

1.9.1 Objetivos particulares

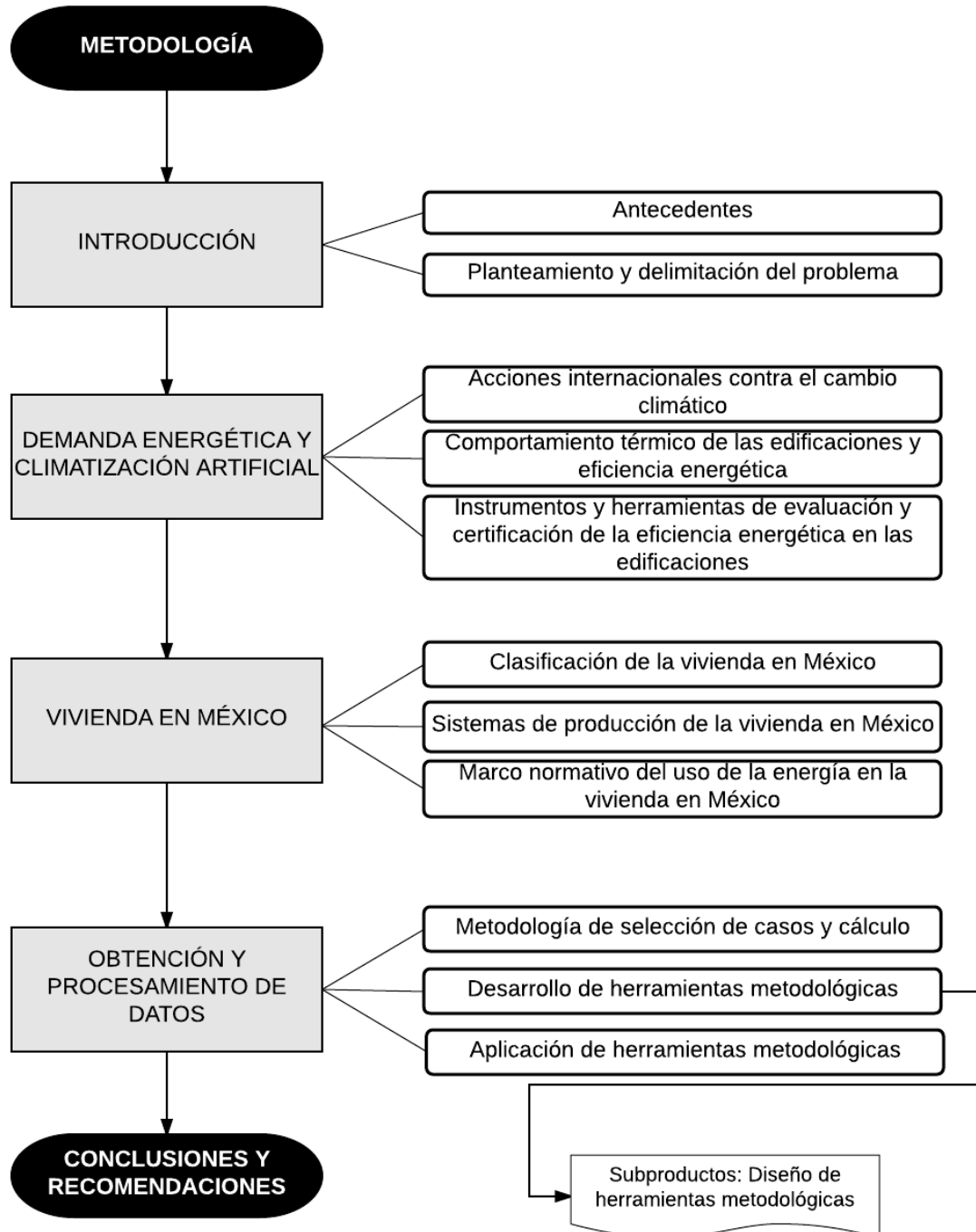
1. Calcular presupuesto energético de una muestra mixta de vivienda de interés social y vivienda autoproducida, ubicada en Tlalnepantla, Estado de México, con el Método de Cálculo proporcionado por la NOM-020-ENER-2011.
2. Evaluar el cumplimiento con la NOM-020-ENER-2011 de muestra mixta de vivienda de interés social desarrollada por particulares y vivienda autoproducida, ubicada en Tlalnepantla, Estado de México.
3. Calcular la demanda específica de calefacción (DEC) y la demanda total específica de refrigeración (DTER) para muestra mixta de vivienda de interés social desarrollada por particulares y vivienda autoproducida, ubicada en Tlalnepantla, Estado de México., Estado de México, con la herramienta DEEVi 1.0
4. Comparar los resultados del presupuesto energético calculado con la NOM-020-ENER-2011 entre la vivienda de interés social de producción social desarrollada por particulares y la vivienda de autoproducción.
5. Comparar el cumplimiento con la NOM-020-ENER-2011 entre la vivienda de interés social desarrollada por particulares y la vivienda de autoproducción
6. Comparar la demanda específica de calefacción (DEC) y la demanda total específica de refrigeración (DTER) calculadas con DEEVi 1.0 entre la vivienda de interés social desarrollada por particulares y la vivienda de autoproducción.

1.9.2 Hipótesis y supuestos

Al calcular las ganancias de calor a través de la envolvente de una muestra mixta de vivienda de interés social y vivienda autoproducida, ubicada en Tlalnepantla, Estado de México, con el Método de Cálculo proporcionado por la NOM-020-ENER-2011, se contará con elementos suficientes para evaluar el cumplimiento con la NOM-020-ENER-2011 de la muestra, y comparar los resultados del presupuesto energético dado por la NOM-020-ENER-2011 entre las dos categorías definidas de vivienda.

Una vez que se registren los resultados del cálculo la demanda específica de calefacción (DEC) y la demanda total específica de refrigeración (DTER) para la muestra mixta de vivienda de interés social desarrollada por particulares y vivienda autoproducida, ubicada en Tlalnepantla, Estado de México, con la herramienta DEEVi 1.0, será posible comparar dichos parámetros de eficiencia energética entre las categorías de la muestra mixta, y hacer afirmaciones a modo de conclusión a partir de dicha comparación.

1.9.3 Metodología



1.9.4 Actividades a realizar

- Trabajo de gabinete

1. Investigación documental en artículos y revistas especializadas sobre Eficiencia Energética
2. Estudio y contextualización de los conceptos de investigación
3. Estudio de normativa relacionada con consumo eléctrico derivado de la climatización artificial y vivienda
4. Revisión de las características promedio de los hogares en Tlalnepantla, estado de México con datos INEGI
5. Selección de los elementos de la muestra según características de los hogares identificadas por AGEB (vivienda de interés social de desarrollo formal y autoproducida)
6. Desarrollo de herramientas metodológicas (elaboración de formatos)

- Trabajo de campo

7. Contacto con los propietarios de las viviendas para solicitar acceso
8. Levantamiento y captura de datos de la envolvente arquitectónica y características de los usuarios

- Trabajo analítico

1. Capacitación en el uso de la herramienta Sisevive
2. Cálculo del presupuesto energético de las viviendas según la NOM-020-ENER-2011
3. Cálculo de la demanda específica de calefacción y la demanda total específica de refrigeración con DEEVi
4. Comparación de los resultados de los cálculos

- Resultados

5. Redacción y publicación de un artículo de divulgación de resultados
6. Redacción del documento de tesis para la Idónea Comunicación de Resultados
7. Revisión del documento de tesis para la Idónea Comunicación de Resultados por parte de comité de lectores
8. Edición del documento final para la comunicación de resultados
9. Presentación pública de la Idónea Comunicación de Resultados

2. DEMANDA ENERGÉTICA EN LAS EDIFICACIONES

En el capítulo anterior se delimitó el objeto de estudio y se describieron los objetivos de este trabajo de investigación.

Este capítulo presenta el panorama energético internacional y describe su influencia en la creación de un marco legal y normativo para la producción de vivienda en México; además, se describe la importancia del uso de energéticos en las edificaciones y algunos de los instrumentos y herramientas existentes para la evaluación y certificación de la eficiencia energética,

2.1 Acciones internacionales contra el cambio climático

Antes de las mediciones de CO₂ ambiental Charles Kelling en 1958, se pensaba que el medio ambiente tenía la capacidad de absorber todos los gases que se producían en el planeta (De Vengoechea, 2012), pero en años posteriores se confirmó que los niveles de dióxido de carbono iban al alza y se atribuyó su origen a las actividades para el desarrollo humano.

En 1972 se llevó a cabo la Primera Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano, en Estocolmo, Suecia; en la que se acordó analizar el impacto que el desarrollo pueda ejercer sobre el entorno natural. Fue hasta 1979 en la Primera Conferencia Mundial sobre el Clima en Ginebra, Suiza, que cobró atención el tema de un posible Cambio Climático antropogénico. En 1988 se creó el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (en adelante IPCC) integrado por 400 científicos internacionales, quienes concluyeron que el Calentamiento Global sólo se detendría frenando la emisión de Gases de Efecto Invernadero (en adelante GEI).

Tras la primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en 1992 (Río de Janeiro, Brasil) se estableció la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (en adelante CMNUCC) entre líderes mundiales que adoptaron la Agenda 21, un plan para asegurar un desarrollo global sostenible. A estas cumbres se han sumado reuniones quinquenales de líderes mundiales que perduran a la fecha bajo el nombre de Conferencia de Partes (COP), con la finalidad de reportar y negociar la reducción de los GEI de cada país.



Figura 1. Cumbre de la Tierra de 1992 (Worldwatch Institute, 2015).

El primer acuerdo en formalizar los compromisos internacionales para reducir emisiones de GEI a nivel global, se conoce como *Protocolo de Kioto*, en el que los países firmantes se comprometen a disminuirlas en un 5.2% con respecto a 1990 (De Vengoechea, 2012). México fue uno de los países firmantes y ratificó en el año 2000, obligándose a cumplir con los compromisos internacionales de Mitigación del Cambio

Climático. Según reporta el INECC, para cumplir con ello, las acciones nacionales se dividen en dos grandes grupos: *Captura de carbono* y *Reducción de emisiones*.

Debido a que en México el 82.4% (González, 2009) de la energía que se utiliza en la vivienda proviene de la quema de combustibles fósiles y genera el 6.87% (CICC, 2009) del total de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) nacionales, una de las áreas de oportunidad para la reducción de emisiones está en disminuir el consumo de energía para uso residencial. Como acciones orientadas a este objetivo, en las distintas comunicaciones de México con la CMNUCC, se propuso la entrada en vigor de Normas Oficiales Mexicanas para la eficiencia energética, el aislamiento en la vivienda y programas de iluminación doméstica.

2.1.1 Contexto internacional: del Protocolo de Kioto a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

La CMNUCC logró en 1997 en Kioto, Japón, un acuerdo internacional con el Protocolo de Kioto, el cual tiene por objetivo reducir las emisiones de los seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global. El protocolo compromete a los 37 países industrializados y la Unión Europea a reducir sus emisiones de GEI, reconociendo que son los principales responsables de los elevados niveles de emisiones de GEI. Los Estados Unidos, el mayor emisor de gases de invernadero mundial, no ratificó el Protocolo hasta hoy día; Japón, Canadá y Nueva Zelanda firmaron el protocolo hasta 2002 y Rusia en 2004.



Figura 2. Emisiones de una planta termoeléctrica europea (Vidal, 2009)

Al finalizar la COP 21, se adoptó el Acuerdo de París (diciembre de 2015), instrumento de alcance mundial para enfrentar de manera global el cambio climático, el cual hasta junio de 2017 ha sido firmado por 194 países, para entrar en vigor en el 2020 (Moreno, 2016). La meta planteada por dicho Acuerdo consiste en mantener el aumento de la temperatura muy por debajo de 2°C y en alcanzar la neutralidad en emisiones de carbono hacia finales de este siglo, así como en fortalecer la

capacidad de adaptación y reducir la vulnerabilidad al cambio climático (ConexiónCOP, 2016). Como parte del acuerdo México se propone reducir sus emisiones de GEI en un 25-40% comparado a las emisiones proyectadas al 2030 en un escenario de crecimiento sin acciones de mitigación (IMCO, 2016).

2.1.2 Compromisos de México para la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero

En la CMNUCC de 1992 los países firmantes asumieron compromisos para estabilizar y reducir la cantidad de CO₂ existente en la atmósfera. Se establecieron tres mecanismos para estos fines: el Comercio de emisiones, la Implementación Conjunta y el Mecanismo de Desarrollo Limpio MDL. (ONU, 1992b; 1998).

Se instalaron varios fondos para asistencia técnica y financiera a proyectos de reducción de GEI y de producción de energía alterna como el Fondo Prototipo del Carbono del Banco Mundial, el Programa Latinoamericano del Carbono y el FOMECAR.

2.1.2.1 Certificados de Emisiones Reducidas CER o Bono de Carbono

Como signatario del Protocolo de Kioto, a México se le permite el comercio de Certificados de reducción de emisiones, comúnmente conocidos como “Bonos de carbono” o Certificados de Emisiones Reducidas (CER) en los proyectos de mitigación registrados. Se han creado fondos gubernamentales y privados para apoyar el desarrollo de proyectos vinculados al Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) que permitan emitir CER.

2.1.2.2 Ley General de Cambio Climático (LGCC)

México ocupa el 11° lugar en emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y contribuye con el 1.6 por ciento de las emisiones globales. La meta que tiene el Gobierno Federal al 2012 es de reducir 51 millones de toneladas de bióxido de carbono equivalente (MtCO₂ e) del total de emisiones anuales, con

respecto al escenario tendencial (línea base 2012 que ascendería 786 MtCO₂ e) y como resultado de acciones desarrolladas en los sectores relacionados con la generación y uso de energía, agricultura, bosques y otros usos del suelo y desechos (Duhne, 2012).

Actualmente, las fuentes de emisión en orden de importancia son: producción y uso de energía, incluido el transporte, desechos, cambio de uso de suelo y silvicultura, procesos industriales y agricultura. En los últimos 20 años la producción de GEI casi se duplicó.

La Ley General de Cambio Climático (en adelante, LGCC) entró en vigor en octubre de 2012 y tiene una visión integral que reconoce la importancia de reducir las emisiones de GEI y de establecer criterios para reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas ante los impactos del cambio climático.

Los aspectos más destacables de la LGCC incluyen:

1. La creación de un sistema nacional de cambio climático, que determina las instituciones de investigación, de toma de decisiones y de participación en la materia y que define la concurrencia entre la federación, las entidades federativas y los municipios.¹
2. La regulación de las acciones de mitigación y adaptación.
3. El fomento a la educación, la investigación, el desarrollo y la transferencia de tecnología.
4. Los mecanismos para integrar la equidad de género e incluir a la sociedad civil, el sector privado, la academia, los jóvenes y las comunidades indígenas en la toma de decisiones.
5. El diseño y promoción de instrumentos económicos, fiscales y financieros.
6. La elaboración de previsiones presupuestales.

2.1.2.3 Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 (PECC)

El PECC se elaboró por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con la participación y aprobación de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) y en él se establecen los objetivos, estrategias, acciones y metas para enfrentar el cambio climático mediante la definición de prioridades en materia de adaptación, mitigación, investigación, así como la asignación de responsabilidades, tiempos de ejecución, coordinación de acciones y de resultados y estimación de costos, de acuerdo con la Estrategia Nacional de Cambio Climático.

¹ Como parte de la nueva ley, se crea el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático INECC, cuyo titular y seis consejeros representantes de la comunidad científica, académica o técnica, formarán la Coordinación de Evaluación para valorar periódicamente la política nacional del cambio climático y proponer ajustes.

2.1.2.4 Guía Municipal de Acciones frente al Cambio Climático

La Guía Municipal de Acciones frente al Cambio Climático se publicó por la Secretaría de Desarrollo Social en 2012. Está planteada como una guía dirigida a las autoridades municipales para fortalecer su gestión en materia de mitigación de gases de efecto invernadero y adaptación al cambio climático a través de una serie de medidas y acciones concretas. Se pone particular énfasis en la administración del desarrollo urbano y las facultades de los gobiernos municipales como se describen en el Artículo 115 (Orden político de los municipios de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos).

Se pide a los municipios hacer un autodiagnóstico sobre la exposición a los riesgos asociados al cambio climático de la población, los recursos naturales, los bienes inmuebles e infraestructura local, con el fin de tomar medidas de mitigación y adaptación a este fenómeno, aprovechando las fuentes de financiamiento que actualmente están disponibles tanto por vía de los programas del gobierno federal, como por diversas agencias nacionales e internacionales (SEDESOL, 2012).

2.1.2.5 Estrategia Nacional de Energía 2013-2027 (ENE)

La ENE introduce suficiente flexibilidad para que el país pueda transitar los próximos años hacia una matriz energética de bajo carbono de una forma eficiente y sobre todo para poder administrar los costos de hacerlo. Busca aprovechar todas las oportunidades incluyendo el gas de lutitas (shale gas), la geotermia y el gran potencial de energías renovables. También incluye la opción nuclear, y de manera destacada, reconoce la importancia de aumentar la eficiencia energética (Molina, 2013). Asimismo, contempla como aspecto clave la eficiencia energética en el consumo y en la producción de energía en México.

La estrategia se elabora con base en Objetivos estratégicos, Medidas de Política y Elementos de Integración. La ENE precisa que se deberá trabajar en desarrollar proyectos que generen valor agregado para la industria energética mexicana, fortalecer a los institutos de investigación y de educación del sector energético, fomentar el desarrollo de recursos humanos capacitados y especializados, y propiciar la creación de redes nacionales e internacionales con las instituciones y centros de investigación, entre otros.

2.2 COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LAS EDIFICACIONES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO POR HOGAR EN MÉXICO.

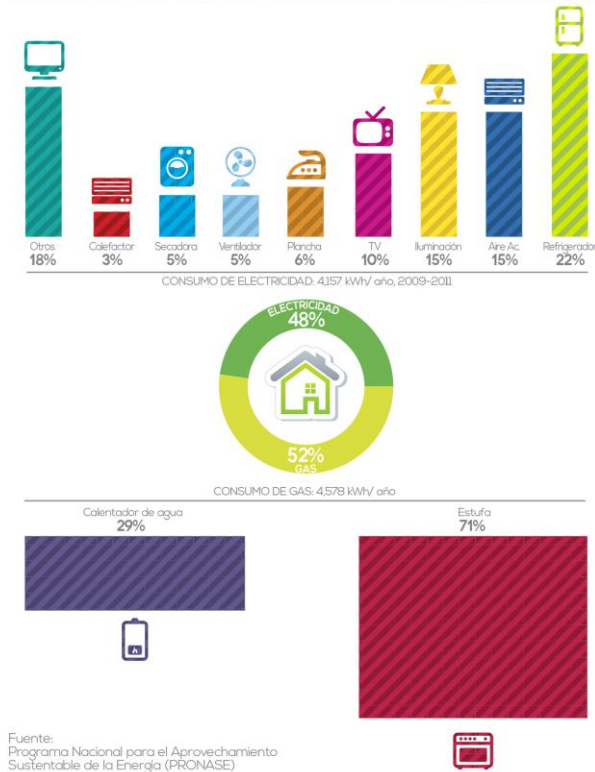


Figura 3. Distribución del consumo energético por hogar en México. Fuente: GIZ, 2014. "Guía para el ahorro y uso eficiente de la energía".

refrigeradores e iluminación.

El 15% de la energía que se consume en una edificación, corresponde al acondicionamiento de aire, desde la arquitectura, se puede incidir en la reducción de ese porcentaje a través de la optimización de las envolventes arquitectónicas y desde la política pública, en el diseño de programas que promuevan el uso de construcción y equipos electrodomésticos eficientes.

2.2.1 Envolventes arquitectónicas

El estudio de la envolvente arquitectónica, como tal y sus propiedades es relativamente reciente; no así su desarrollo, que está presente en la historia de la humanidad desde que comenzamos a generar nuestros propios refugios.

Bien puede decirse que, en cierto modo, la historia de la arquitectura es la historia de las envolventes.

Como puede apreciarse en la Figura 3, el sector residencial es el tercer consumidor de energía, tanto a nivel mundial, con una participación de 24.0% en 2008, como a nivel nacional, con un consumo de 16.7% de la energía final total en 2009 (SENER-AIE, 2011). Considerando a lo anterior, se comprende que, toda acción enfocada a la reducción de consumos energéticos en el sector vivienda tendrá un impacto significativo en la reducción del total global.

En las poblaciones urbanas de México, los dos energéticos de mayor consumo son la electricidad y el gas, en proporciones más o menos equitativas del 50%. De acuerdo con Rosas-Flores y Morillón (2010), el mayor consumo de gas doméstico es para la preparación de alimentos, seguido por el calentamiento de agua. En cuanto a la electricidad, el mayor consumo deriva del uso de electrodomésticos: aire acondicionado,



Figura 4. Iglesia irlandesa del año 1000 DC (Strauße, 2006b).

En tiempos primitivos, los únicos materiales al alcance del hombre para protegerse de los efectos adversos del medio ambiente –y los extremos climáticos–, eran las fibras vegetales y animales, junto con las arcillas, ramas, hojas, madera, lodos, etc. (Strauße, 2006b). Probablemente todo inició resguardándose bajo los árboles, después imitando estas estructuras con pequeñas cubiertas y así, hasta obtener los componentes actuales: cubierta, muros y pisos. Posteriormente se construyeron las primeras estructuras con fibras, arcillas,

ramas, hojas, madera, lodos, etc. y se descubrió la relativa conveniencia del apilamiento de rocas para obtener estructuras mucho más duraderas (Figura 5).



Figura 5. Evolución del desarrollo de envolventes (Adaptación personal de Arnold, 2009).

Con el paso del tiempo, los métodos se sofisticaron, de acuerdo con las necesidades y la capacidad técnica de las sociedades que los desarrollaron. Así también, se desarrolló la observación de las características de la forma envolvente y el material de construcción, y comenzó a aprovecharse esta combinación para manipular las condiciones interiores según el deseo o necesidad del usuario.

Según Arnold (2009), el elemento de la envolvente que menos ha cambiado desde el medioevo es el sistema de muros, que tuvo su cambio más dramático en el siglo XX, con la introducción del acero en las estructuras. A partir de entonces, dejó de ser parte de la estructura de soporte y comenzó a vérselo como un elemento “envolvente” del espacio interno.

2.2.1.1 Envolvente

La envolvente arquitectónica (E.A., en adelante), es parte de un sistema físico que abarca tres componentes: el ambiente externo, el sistema de cerramientos y el ambiente interno (Strauße, 2006a). Lo que conocemos como sistema de cerramientos está compuesto por diferentes capas y son las

propiedades de éstas las que van a dar la calidad al espacio interno (Figura 7. Funciones de la envolvente (Traducción propia de Strauße, 2006a).).

La envolvente es el separador físico entre el interior y el entorno exterior de un edificio. Es en específico una capa externa que ayuda a mantener el ambiente interior, tanto la temperatura, como la iluminación y la calidad del aire (Strauße, 2006a). Puede decirse que la envolvente arquitectónica es únicamente la porción del edificio que tiene contacto con el ambiente exterior, ya sea aire libre, algún otro fluido, el terreno o una colindancia. No son parte de la envolvente los espacios internos y sus delimitaciones.

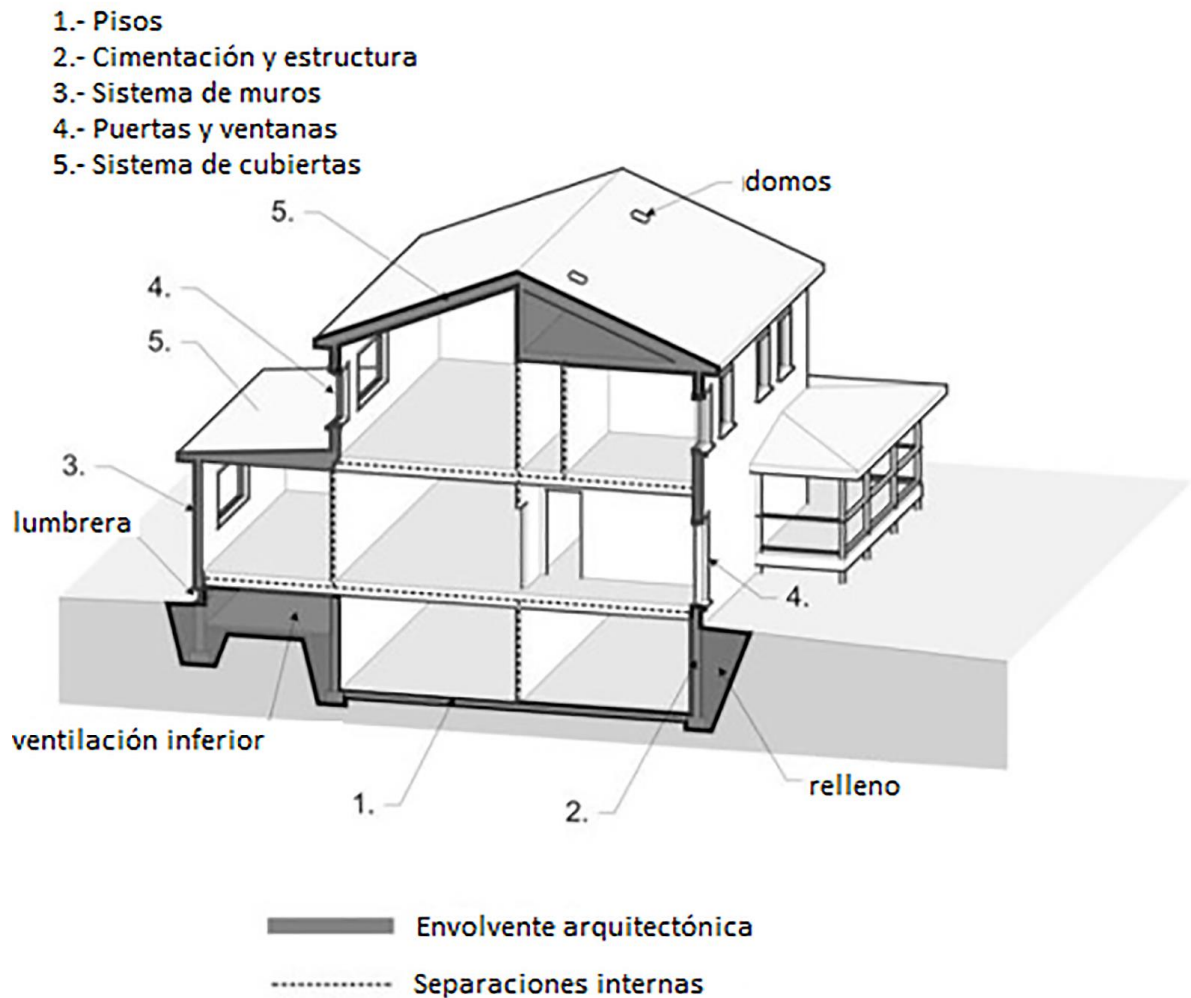


Figura 6. Componentes de la envolvente arquitectónica (Traducción propia de Strauße, 2006a).

Dentro de un espacio arquitectónico podemos encontrar diferentes ambientes, que varían según su relación con el sitio, no es lo mismo ambiente sobre el nivel de tierra que debajo de él.

- Características y funciones de la envolvente

Las características de las funciones de una la envolvente, según Arnold (2009), deben considerar los siguientes factores:

1. **Estructurales:** Si la pared no es parte de la estructura principal del edificio, debe soportar el peso propio y la transferencia de cargas laterales.
2. **Agua:** Resistir la penetración de agua.
3. **Aire:** resistir la infiltración excesiva de aire.
4. **Condensación:** Resistir la condensación en las superficies interiores bajo condiciones de servicio.
5. **Movimiento:** Permitir el movimiento por diferencias térmicas, variaciones en la humedad y otros movimientos estructurales.
6. **Conservación de la energía:** Resistencia a la transferencia térmica a través de la radiación, convección y conducción.
7. **Sonido:** Atenuar la transmisión del sonido.
8. **Seguridad contra incendios:** Proporcionar resistencia al calor, –de ser posible– al fuego y al humo.
9. **Seguridad:** proteger a los ocupantes de las amenazas externas.
10. **Mantenimiento:** Permitir el acceso a los componentes para el mantenimiento, restauración y sustitución.
11. **Constructibilidad:** Proporcionar espacios libres adecuados, las alineaciones y la secuenciación para permitir la integración de muchos componentes durante la construcción con componentes disponibles y mano de obra posible.
12. **Durabilidad:** Proporcionar las características funcionales y estéticas que perduren en el tiempo.
13. **Estética:** Tener un aspecto armónico y atractivo.
14. **Economía:** Conseguir todo lo anterior al menor costo posible.

Strauße (2006a), resume las funciones físicas de la envolvente en tres grupos principales (Figura 7):

1. **De soporte**

Se refiere que la edificación sea capaz de sostenerse a sí misma y responder a todos los esfuerzos estructurales para los que fue diseñada. La envolvente puede estar integrada a la superestructura de la construcción o no.

2. **De control**

La envolvente debe tener la capacidad de, regular las cargas térmicas, acústicas, lumínicas, de humedad y flujos excesivos de aire.

3. **De acabados**

Debe cumplir con un aspecto visual armónico, estético, acorde con su uso; tanto en interiores como exteriores.

La función de control es en la que se hace énfasis, pues es la de mayor importancia, ya que de ella depende la protección contra la lluvia, buena parte de la calidad del aire, la temperatura interior y el vapor.

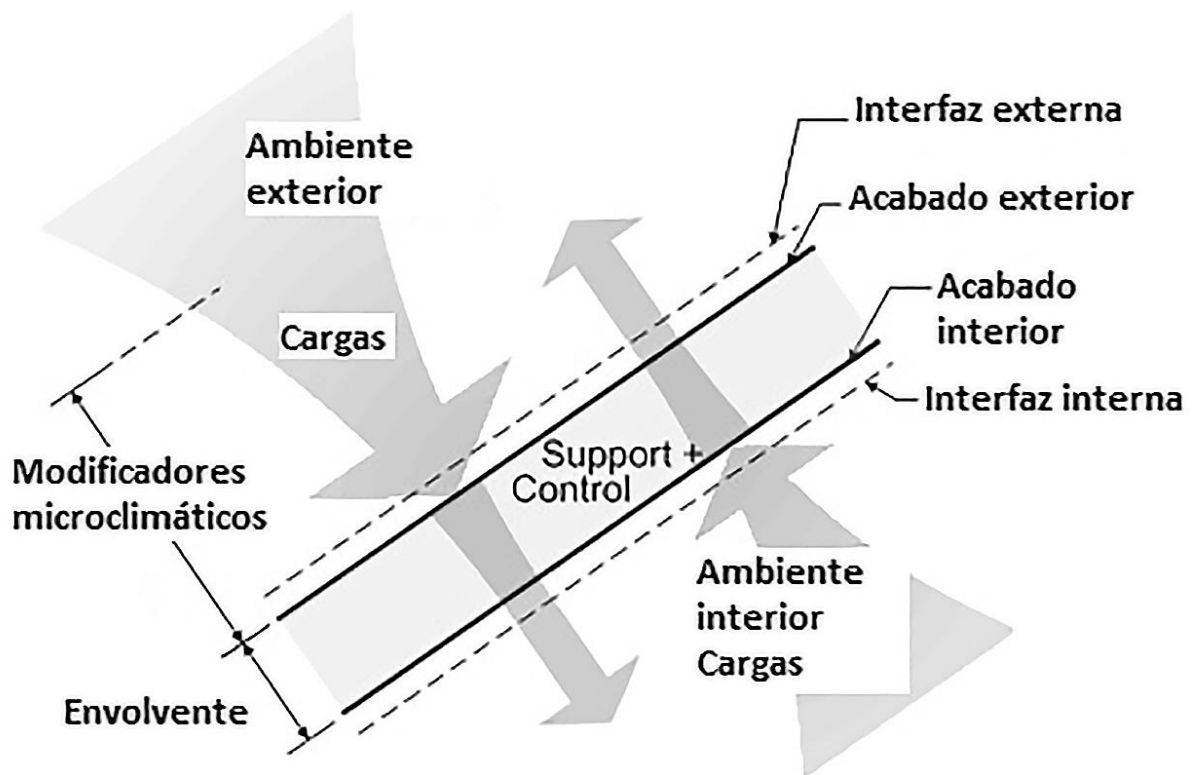


Figura 7. Funciones de la envolvente (Traducción propia de Strauße, 2006a).

Las cargas relacionadas con el acondicionamiento interno son versiones modificadas del clima local a través de la E. A. Los componentes de la misma, como son volados, cubiertas, muros, aleros, ventanas, etc., modifican la información térmica, lumínica y del aire que llega al interior (Strauße, 2006a).

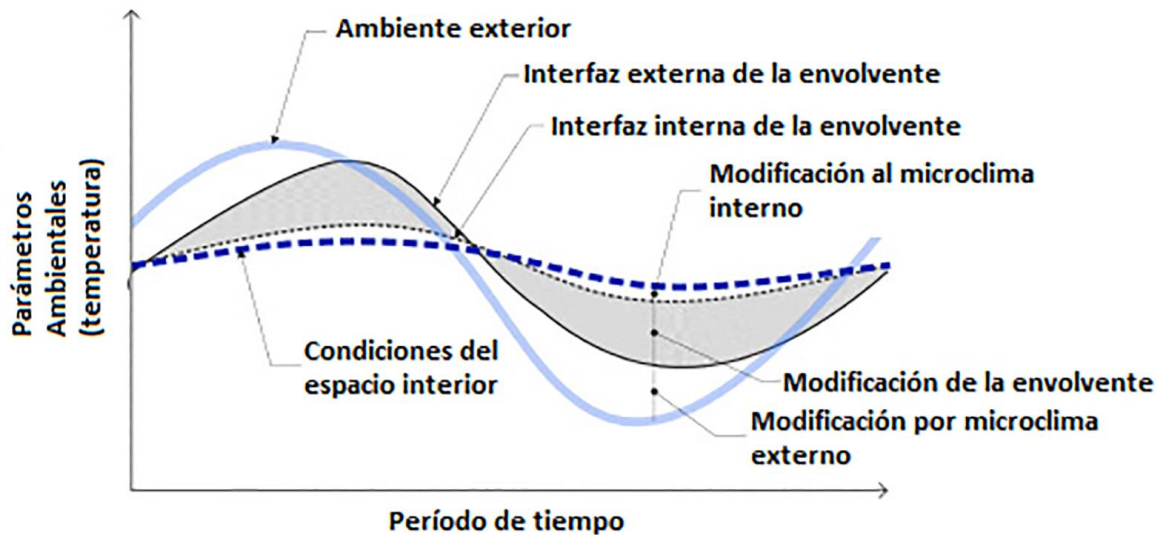


Figura 8. Gráfico de Modificadores del ambiente (Traducción propia de Strauß, 2006a).

En el caso de los edificios de poca altura, la distinción entre la influencia de las cualidades de la envolvente y los modificadores externos del clima (vegetación, cuerpos de agua, pórticos) en el microclima interior, se vuelve complicada, pues no es tan claro si el beneficio o perjuicio se debe a la primera o a las segundas. También, por el hecho de que distinguir en dónde inicia la envolvente y donde comienza el espacio exterior es una tarea confusa. Por definición, la parte del medio ambiente exterior cercana y que afecta al edificio, es denominada microclima exterior (Strauß, 2006a) y una misma envolvente puede estar rodeada de distintos microclimas exteriores (Figura 8).

2.2.2 Sistemas de climatización artificial

Los sistemas de calefacción, ventilación y refrigeración de aire, tienen la finalidad de suministrar aire acondicionado al espacio interior de un edificio y de mantener la calidad del aire en el mismo, proporcionando un nivel de seguridad y comodidad de ocupación aceptables. En la actualidad, una de las principales metas de la Ingeniería de la climatización artificial es lograr todo lo anterior minimizando los requerimientos de energía y los costos de su consumo (Sugarman, 2005).

El aire de buena calidad debe percibirse limpio y libre de olores, y el aire acondicionado presenta cualidades de temperatura, humedad y movimiento, dentro del rango aceptable de comodidad. Por rango aceptable de comodidad se entiende que el aire tiene características que se reconocen dentro del estándar de confort en interiores establecido por la Sociedad Americana de Ingenieros de la Calefacción, Refrigeración y el Aire Acondicionado (ASHRAE por sus siglas en inglés). En general, dichas características de confort comprenden: una temperatura invernal de 20°C - 24°C y una

temperatura estival de 23°C – 25.5°C en el interior de la habitación; una humedad relativa del aire del 50%; y una velocidad de movimiento del aire lenta, igual o menor a 9.1 metros por minuto.

La ventilación es clave en los edificios que acogen una gran cantidad de personas, en donde el dióxido de carbono y otros contaminantes como el humo y los olores de la maquinaria deben eliminarse continuamente para evitar el desarrollo de condiciones no saludables. Ventilación es el proceso de suministro de aire exterior que se introduce en el espacio acondicionado para compensar el aire con contaminantes desechado, y que debido a su mayor contenido de iones tiene un olor a "aire fresco" en contraste con el olor "añejo" en habitaciones superpobladas (Sugarman, 2005).

Si bien para el común de la gente el Aire acondicionado involucra el enfriamiento agradable del aire, ya sea con sistemas de agua helada o de refrigerante, el término Aire acondicionado también se refiere a otras formas de acondicionamiento del aire, tal como: la regulación de la temperatura (enfriamiento o calentamiento del aire); el control de la humedad (deshumidificación y humidificación del aire); el control del volumen de flujo del aire (metros cúbicos por minuto); el control de la velocidad de flujo del aire (metros por minuto); la limpieza (filtrado); y el patrón de flujo del aire (sea en dirección vertical u horizontal).

Un sistema de climatización artificial consta de distintos componentes trabajando en conjunto, ya sea para transportar el calor hacia el espacio acondicionado, o para remover el calor desde el espacio acondicionado y conducirlo hacia el exterior del edificio, en donde es inofensivo (Sugarman, 2005).

2.2.2.1 Sistemas básicos de Climatización Artificial y sus componentes



- Sistemas de calefacción: las variedades de uso más extendido en la vivienda nueva son el sistema de aire forzado y el sistema radiante, siendo el de aire forzado el que se utiliza en la mayoría de los hogares. La fuente de calor es un horno que quema gas o una bomba de calor eléctrica. Las bombas de calor proporcionan calefacción y refrigeración.
- Sistemas de ventilación: éstos consiguen que el aire expulsado de la casa por los extractores sea reemplazado por aire exterior. Este nuevo aire ingresa al hogar ya sea a través de un escape de aire o a través de una entrada controlada. Proporcionar aire fresco del exterior a través de los respiraderos de entrada es otra opción; que brinda la posibilidad controlar manualmente o mediante sensores de humedad la cantidad de aire que permiten en el hogar. Un sistema combinado de deshumidificación y ventilación puede traer aire fresco, eliminar la humedad y filtrarlo antes de suministrarlo al hogar. Estos sistemas requieren un dispositivo deshumidificador mecánico adicional, que ha de instalarse en el conducto de suministro de aire (Fehr, 2009).
- Sistemas de aire acondicionado: durante el verano, el aire acondicionado y las bombas de calor funcionan complementariamente para proporcionar refrigeración y deshumidificación. Extraen

calor del interior de la casa y lo transfieren al exterior, usando generalmente un ciclo de compresión de vapor. Este ciclo hace circular un refrigerante, un material que aumenta significativamente la temperatura cuando se comprime y se enfría rápidamente cuando se expande. La parte exterior del sistema, denominada unidad de condensación, aloja el compresor y la bobina de condensación. El equipo mecánico interno, o unidad de tratamiento de aire, aloja la bobina del evaporador, el ventilador interior y la válvula de expansión o estrangulación. Los controles y conductos para hacer circular aire enfriado a la casa completan el sistema (Fehr, 2009).

2.2.2.2 Uso del aire acondicionado en México.

De acuerdo con PROFECO (2011), en México, los aparatos de aire acondicionado más comunes para el uso doméstico son: el de ventana, los split y minisplit, y el portátil, los cuales se describen con detalle en la Figura 9. La misma fuente señala que la potencia de los equipos depende de dos factores: el área del espacio a enfriar y el clima; divide al país en 4 zonas. La *Figura 10*, muestra una tabla que cruza estas dos variables, para facilitar la compra de los equipos. Las zonas a las que hace referencia son:

- Zona 1: Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Nayarit, Tlaxcala, Zacatecas
- Zona 2: Distrito Federal, Estado de México, Hidalgo, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro
- Zona 3: Baja California Sur, Guerrero, Oaxaca, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz
- Zona 4: Baja California, Quintana Roo, Campeche, Sinaloa, Chiapas, Sonora, Chihuahua, Tabasco, Coahuila, Yucatán, Durango, Nuevo León.

<p>De ventana. Tienen la forma de un cubo. Deben colocarse sobre un boquete en la pared, de tal forma que quede una mitad en el exterior y la otra en el interior.</p>	
<p>Split y minisplit. Son rectangulares y estilizados. Se colocan en la pared o en el techo del interior de la casa. La unidad que contiene el compresor se encuentra en el exterior y se comunica al interior mediante tubos. El agujero que hay que hacer en la pared es relativamente pequeño.</p>	

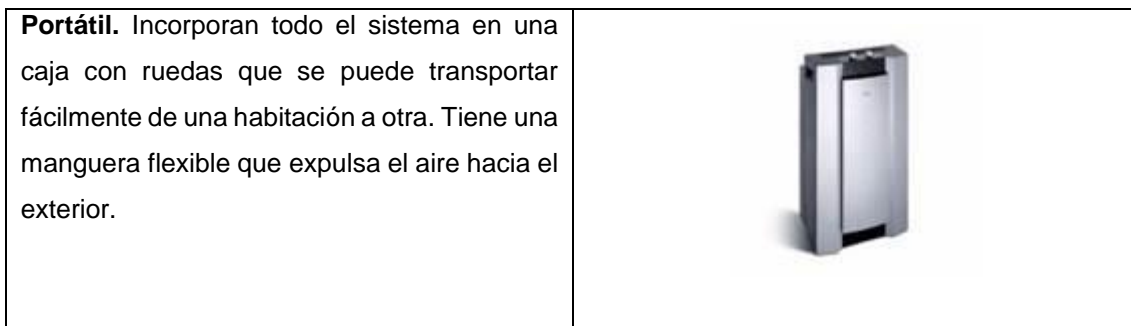


Figura 9. Tipos de aire acondicionado más comunes en la vivienda mexicana. Fuente: PROFECO, 2011

Metros cuadrados (m ²)	Zona 1 BTU ²	Zona 2 BTU	Zona 3 BTU	Zona 4 BTU
0 a 4	6,000	5,400	6,600	7,200
4 a 8	8,000	7,200	8,800	9,600
8 a 12	10,000	9,000	11,000	12,000
12 a 16	12,000	10,800	13,200	14,400
16 a 20	14,000	12,600	15,400	16,800
20 a 25	18,000	16,200	19,800	21,600
25 a 30	24,000	21,600	26,400	28,800

Figura 10. Capacidad de los equipos por zona climática y área de la habitación a climatizar. Fuente: PROFECO, 2011

2.2.2.3 Tendencias actuales en Climatización artificial y Aire acondicionado.

Hay una preocupación global acerca del uso de la energía y sus implicaciones respecto al cambio climático. Los reportes del IPCC han generado diagnósticos de los patrones de cambio en el uso de energía para las edificaciones, dadas las condiciones climáticas que prevalecen, con cifras alarmantes (Chua et al., 2012).

En lo que concierne al uso de energía para acondicionamiento de aire, el cambio climático está impactando en términos de elevadas temperaturas ambientales y en el interior de las edificaciones, y en una mayor demanda de energía para climatización con el objetivo de satisfacer requerimientos más

² BTU (del inglés British Thermal Unit), o Unidad Térmica Británica, es una unidad de medida de la energía calorífica definida como la cantidad de calor que debe transmitirse a 1 gramo masa de agua para que su temperatura se eleve en 1 grado Fahrenheit (de 59.5 a 60.5°F). Su ecuación es: 1 Btu = 1 [(lb) _mx 1°C (Valera, 2005).

estrictos de confort térmico. En concreto, se estima que hacia finales del siglo XXI el cambio climático provocará un alza en la demanda de energía para acondicionamiento de aire de hasta un 72% por encima de la demanda calculada en inicios del mismo siglo (Chua et al., 2012).

El desarrollo de sistemas de acondicionamiento de aire energéticamente eficientes es crucial, tanto para proteger a los consumidores de los crecientes costos de energía como para proteger el medioambiente de los impactos adversos de las emisiones de gases de efecto invernadero que producen los esquemas convencionales de aire acondicionado. Con los rápidos cambios en la ciencia y la tecnología de hoy en día, existen varios métodos que se pueden usar para transformar los sistemas de acondicionamiento de aire en sistemas ahorradores de energía. Una forma comprobada de alcanzar la eficiencia energética en el ámbito en cuestión es el diseño de sistemas que usan configuraciones novedosas de los componentes de sistemas convencionales. Investigaciones recientes han demostrado que una combinación de las tecnologías de aire acondicionado existentes puede ofrecer soluciones eficaces para la conservación de la energía y el confort térmico (Vakiloroaya et al., 2013).

2.2.3 Definición de energía

En física, se conoce la energía como la capacidad para realizar un trabajo. Se reconocen como formas de energía: la química, nuclear, eléctrica, mecánica, y radiante (Melendi, s.f.); mas para el campo de la construcción nos interesa la energía interna de los materiales aplicados. El instrumento científico para medir este tipo de energía, desde el inicio de su vida útil hasta su deposición final, es el Análisis de Ciclo de Vida. No obstante, durante la vida útil del edificio —el periodo de tiempo en el que es habitado- se consume más energía y es donde encontramos el mayor potencial de ahorro de energía eléctrica y energía térmica (Rieznik y Hernández, 2010).

2.2.3.1 Unidades de medida de energía

La unidad de energía definida por el Sistema Internacional de Unidades es el Joule, que se define como el trabajo realizado por la fuerza de un newton en un desplazamiento de un metro en la dirección de la fuerza, es decir, equivale a multiplicar un Newton por un metro (Serway & Jewett, 2008). Para la edificación y el consumo eléctrico usamos kilowatt hora (kWh), como nueva unidad de medida para el consumo energético de un edificio, incluyendo la energía térmica y eléctrica, se estableció el kWh/m² año (kilowatt hora por metro cuadrado y año).

2.2.3.2 Eficiencia energética

El ahorro de la energía en todas sus manifestaciones en los últimos años ha jugado un papel de suma importancia dentro del desarrollo de la humanidad y, en particular, en el sector industrial y en la construcción. En el caso particular de México se han comenzado a establecer programas, leyes y lineamientos en los diferentes sectores para que procesos industriales y constructivos, edificaciones y equipos eléctricos en nuestro país sean eficientes.

La Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía del 28 de noviembre de 2008 define la eficiencia energética, en su Artículo IV, como:

Todas las acciones que conlleven a una reducción económicamente viable de la cantidad de energía necesaria para satisfacer las necesidades energéticas de los servicios y bienes que requiere la sociedad, asegurando un nivel de calidad igual o superior y una disminución de los impactos ambientales negativos derivados de la generación, distribución y consumo de energía. Queda incluida dentro de esta definición, la sustitución de fuentes no renovables de energía por fuentes renovables de energía (Presidencia 2008).

Para la implementación de medidas para ahorrar energía y hacer más eficientes los procesos y equipos se establecen tres etapas que se realizan en este orden:

1. Minimización de desperdicios / de consumo de energía: Analizar las pérdidas de un sistema y proponer condiciones y mejoramientos óptimos para la operación del sistema o equipo.
2. Optimización energética: Cuando se logró reducir los desperdicios energéticos (y recursos invertidos), se trata como siguiente tarea mejorar la eficiencia de los equipos y sistemas existentes, eso se puede realizar con bajas inversiones y ahorra la compra y aplicación de nuevos recursos.
3. Modernización: Las instalaciones, sistemas y equipos se sustituyen por tecnologías energéticamente más eficientes, lo que implica una inversión inicial mayor, la amortización se calcula para 2 hasta 15 años, según el campo de implementación y aplicación de la nueva energía.

2.2.3.3 Edificaciones energéticamente eficientes

La edificación energéticamente eficiente es aquella que tiene un mayor aprovechamiento de los recursos climáticos y energéticos del lugar para que en forma natural alcance el confort deseado en el interior del lugar, logrando consumir menos energía que las edificaciones convencionales y reduciendo la dependencia de medios artificiales de refrigeración, calefacción e iluminación. Además, genera beneficios para la economía y la salud, y de esta forma contribuye al desarrollo integral de las familias y mayor productividad en los negocios.

Para la edificación energéticamente eficiente en México se considera que

1. La edificación energéticamente eficiente ahorra en climatización e iluminación, garantiza el confort térmico sin menospreciar la iluminación natural, controla el asoleamiento mediante aleros, parasoles, persianas móviles o fijas, y considera aberturas de manera a que favorezcan corrientes de aire fresco por convección.
2. La edificación energéticamente eficiente cumple con las exigencias térmicas por medio de la utilización de muros, techos, cubiertas, ventanas y puertas que limiten los intercambios térmicos entre interiores y exteriores.

3. La edificación energéticamente eficiente toma en cuenta la normatividad existente para el aislamiento térmico de las envolventes y de las instalaciones que permiten reducir el consumo energético. Además de que se le deben incorporar equipos de alta eficiencia que permitan reducir sus costos de facturación eléctrica sin demeritar las condiciones de confort de sus habitantes.

2.3 Instrumentos y herramientas de evaluación y certificación de la eficiencia energética en las edificaciones

El desempeño de un edificio es crucial para medir el impacto que este tiene sobre el medio (natural, artificial y social) en la fase de uso. Acotar el concepto de *desempeño sustentable de la edificación* no es una tarea sencilla, puesto que no sólo se refiere al comportamiento térmico y energético del mismo (ambiental), sino que también incluye los componentes económico y social. El componente ambiental, es el que atañe directamente a los fines de esta investigación, pues depende notablemente de los indicadores de consumo de energéticos de la edificación, entre los que destaca el desempeño termoenergético de la edificación.

Para garantizar la calidad de la construcción sostenible son necesarios métodos y sistemas para calificarla. Los *sistemas de calificación de la sustentabilidad de los edificios* se definen como *herramientas que examinan el desempeño real o estimado de todo un edificio y trasladan los resultados a una evaluación global que permite la comparación con otros edificios* (Fowler and Rauch, 2006).

2.3.1.1 Sistemas internacionales para la calificación de la sustentabilidad de las edificaciones

En la actualidad existe una cantidad significativa de sistemas para la calificación/certificación de la sustentabilidad en las edificaciones. Gran parte de los países americanos, europeos y oceánicos tienen al menos un sistema de evaluación vigente y/o alguno en proceso de desarrollo (Figura 11).



Figura 11. Países que cuentan con sistemas de certificación de la Sustentabilidad de las Edificaciones avalado por el WGBC (WGBC, 2013)

Las características de los sistemas de certificación de la sustentabilidad de las edificaciones tienen que adaptarse siempre al entorno geográfico, ambiental, político y socioeconómico de la región en la que se implementan. Un elemento que comparten y siempre está presente, es la evaluación del desempeño termoenergético de la edificación, soportada por métodos más y menos sofisticados del cálculo del balance térmico.

En un análisis de Leipziger (2013), sobre las políticas y metodologías para medir las evaluaciones del desempeño energético en diferentes países, se identificaron los medios para la clasificación empleados por estos sistemas. La clasificación de Leipziger está basada en 6 componentes fundamentales cuyos componentes pueden o no estar presentes en los diferentes sistemas:

- Cuantificación de consumos. Esta puede medirse y ser o no normalizada, o bien, calcularse con valores estandarizados o a la medida.
- Medición de energía. Total, primaria o final.
- Superficie de construcción. Climatizada artificialmente, sin climatización artificial, o ambos. Consideran área utilizable, área bruta o área neta.

- Tipo de edificación: nueva o existente; privada o pública; residencial o no residencial, distinguiendo entre esta última las viviendas unifamiliares de los multifamiliares.
- Métricas comparables. Referencias absolutas, que responden a un solo valor, lo que permite comparar el resultado entre casos muy diferentes. Las referencias relativas permiten evaluaciones más detalladas según el entorno y son adaptables. Estas segundas pueden calcularse de modo estadístico o por simulación, comparadas con códigos, promedios u otras referencias.
- Uso final de la energía. Considera las distintas cargas: refrigeración de aire, agua caliente hidrosanitaria, calefacción, iluminación, ventilación mecánica, aparatos eléctricos, y cargas eléctricas derivadas de las funciones del edificio.

Los sistemas de evaluación pueden entregar sus resultados como etiquetas, certificados o índices. Los estándares pueden ser relativos o absolutos y sus escalas discretas o continuas (Figura 12). Además de que pueden obedecer a criterios de obligatoriedad en los países o ser parte de una marca para dar valor comercial añadido a las edificaciones.

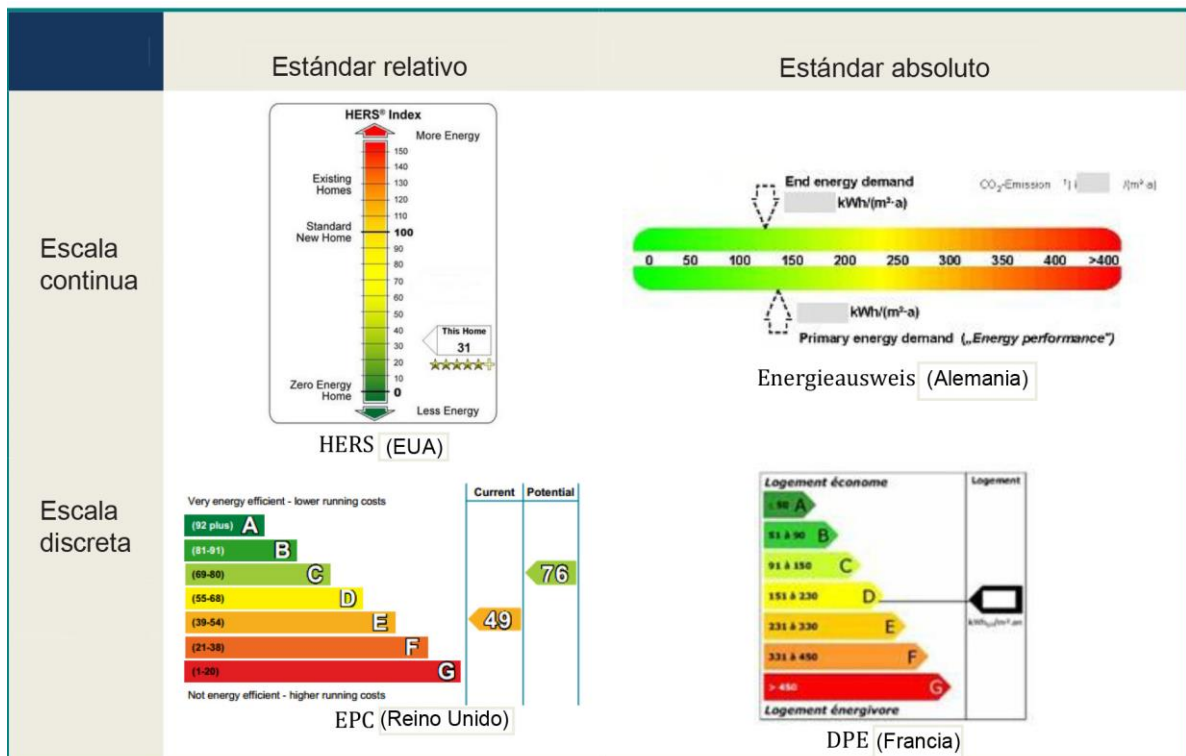


Figura 12. Estándares y escalas (Leipzig, 2013)

Algunas de las certificaciones vigentes, por país, son:

- **Alemania:** Energieausweis, DGNB, PHS, Energiepass
- **Argentina:** AQUA
- **Australia:** NABERS, NatHERS, ACThers, Green Star
- **Brasil:** AQUA
- **Canadá:** EnerGuide, CRESNET E-Scale, REALpac Energy Benchmarking, Green Globes
- **Colombia:** AQUA.
- **Chile:** Certificado de desempeño energético de la vivienda.
- **China:** MOHURD, HKBEAM, GBAS,
- **Dinamarca:** Energimærkning
- **España:** CTE, VERDE, BREEAM
- **Estados Unidos de América:** LEED, Portfolio Manager, Target Finder, HERS, MEC, IECC
- **Francia:** HQE, CertiveA
- **Finlandia:** PromisE
- **Holanda.** BREEAM
- **India.** TGBRS, LEED, GRIHA
- **Irlanda.** BER, DEC
- **Italia.** Protocollo Itaca
- **Japón.** CASBEE
- **Portugal.** SCE
- **Reino Unido.** EPC, DEC, BREEA, Conservation of Fuel and Power Certificate.
- **Singapur.** Green Mark.
- **Sudáfrica.** GreenStar
- **Suiza.** SPIN, Minergie, SGP2012
- **Taiwán.** ABRI
- **México.** PCES, Sisevive-Ecocasa, LEED, LBC, BRREAM, SICES (en proceso), ISV (en desarrollo), NOM020ENER2011, NOM020ENER2011, NMXAA164SCFI2013. Sistema de Indicadores para Desarrollos Habitacionales Sustentables (Mx-U.S.A.)

2.3.1.2 Cálculo del presupuesto energético NOM-020-ENER-2011

El cálculo del presupuesto energético de la NOM-020-ENER, es un balance térmico simplificado. La metodología se concentra en el Cálculo comparativo de las ganancias de calor un edificio proyectado y un edificio de referencia para identificar el porcentaje de ahorro que tiene el edificio proyectado con respecto a una línea base. Para lograr esto:

- Se calculan las ganancias de calor a través de la envolvente del edificio proyectado sumando las ganancias por conducción y radiación.
- Se calculan las ganancias de calor a través de la envolvente del edificio de referencia sumando las ganancias por conducción y radiación.
- Se comparará la diferencia entre ambos
- Cuando la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio proyectado es menor a la del edificio de referencia, se considera que existe un ahorro. La diferencia entre estas ganancias de calor es directamente proporcional al ahorro estimado.³
- Cuando el edificio cumple con el criterio anterior, se le otorga una etiqueta de eficiencia energética en una escala de porcentaje de ahorro con respecto al edificio de referencia (Figura 13).

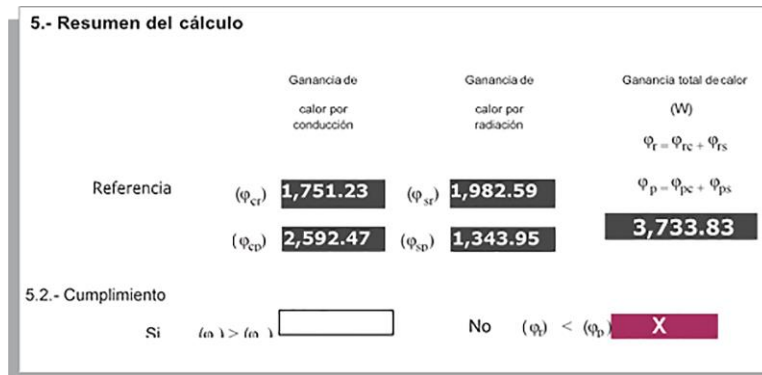


Ilustración 1. Fuente: Guía rápida para la NOM020 Conuee

Figura 13. Etiqueta de Eficiencia Energética NOM-020 (Elaboración propia).

³ En el apartado 4 de la NOM-020 se encuentran las definiciones de los términos a emplear durante el cálculo.

2.3.1.3 Herramienta para el Diseño Energéticamente Eficiente de la Vivienda (DEEVi)



Figura 14. Hoja de resultados de DEEVi. Elaboración propia.

todo es mayor a la suma de sus partes”, considera que ninguna de las partes de la vivienda puede analizarse por aislado, así que considera:

- Evolvente térmica
- Calidad de ventanas
- Tipo de ventilación
- Hermeticidad
- Puentes térmicos

Como resultados del cálculo con DEEVi se obtiene:

- Demanda Específica Total (DET) (refrigeración sensible y latente más calefacción)
- Demanda de Energía Primaria (DEP) (calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria, deshumidificación, electricidad auxiliar, electricidad doméstica)
- Adicionalmente realiza el cálculo de la NOM-020-ENER-2011

Es una de las herramientas del Sisevive-Ecocasa, desarrollada en Microsoft Excel y especialmente adecuada a los proyectos de vivienda de interés social (Figura 14). Está basada en el Passive House Planning Package, del Passivhaus Institut de Alemania. El PHPP es una herramienta que contempla todos los flujos de energía en una vivienda y hace un balance detallado de los mismos. El manejo de PHPP requiere de conocimientos profundos sobre balance térmico y desempeño energético de las edificaciones, DEEVi, en cambio, fue simplificada al introducir valores estandarizados relacionados con la producción en masa y los hábitos de uso mexicanos. Infonavit ofrece capacitaciones para el manejo de Sisevive-Ecocasa en donde se trabaja con DEEVi.

Tanto PHPP como DEEVi trabajan bajo un enfoque integral de la vivienda, en el que “el

DEEVi arroja los resultados como valores específicos por metro cuadrado de superficie al año para poder comparar entre edificios sin importar tamaño, volumen, tipología, etc.

2.4 Conclusión al capítulo Demanda energética y climatización artificial en las edificaciones

La edificación energéticamente eficiente es aquella que tiene un mayor aprovechamiento de los recursos climáticos y energéticos del lugar para que en forma natural alcance el confort deseado en el interior del lugar, logrando consumir menos energía que las edificaciones convencionales y reduciendo la dependencia de medios artificiales de refrigeración, calefacción e iluminación. (Presidencia, 2008).

La envolvente arquitectónica es parte de un sistema físico que abarca tres componentes: el ambiente externo, el sistema de cerramientos y el ambiente interno (Strauß, 2006a). Las diferentes capas que conforman el sistema de cerramientos y sus propiedades establecerán la calidad al espacio interno.

Una variedad de procesos de intercambio de calor puede tener lugar entre un edificio y el ambiente exterior. La influencia que tienen múltiples factores en el desempeño de una construcción puede ser estudiado gracias al uso de herramientas analíticas basadas en la termodinámica (Nayak & Prajapati, 2006). Es gracias al cálculo del balance térmico, que se puede entender cómo la conducción de calor, convección, radiación, la pérdida de calor por evaporación, y el movimiento relativo del aire determinan el rango de confort térmico en el interior de la edificación (ASHRAE, 2009).

El comportamiento térmico de la envolvente es crucial para la valoración del desempeño energético de una edificación. Este se estudia a través de ejercicios de balance térmico con diferentes criterios y grados de sofisticación, entre los que se reconoce principalmente: Transferencia de calor en estado estacionario y Transferencia de calor dependiente del tiempo. La valoración positiva o negativa de estos resultados se obtiene con base en el rango de confort previamente establecido y que según los criterios que lo definen que puede ser Cuantitativo o Cualitativo⁴.

Para garantizar la calidad de la construcción sostenible son necesarios métodos y sistemas para evaluarla y calificarla. Los sistemas de calificación de la sustentabilidad de los edificios son herramientas que examinan el desempeño real o estimado de todo un edificio y trasladan los resultados a una evaluación global que permite la comparación con otros edificios (Fowler and Rauch, 2006). En todos los países, los sistemas de certificación de la sustentabilidad de las edificaciones comportan la evaluación del desempeño termoenergético de la edificación y pueden entregar sus resultados como

⁴ Cuantitativo. Con un rango de confort estandarizado que considera procesos metabólicos; Cualitativo. Con modelos adaptativos que consideran la percepción del usuario.

etiquetas, certificados o índices (Leipziger, 2013); además de presentar un carácter voluntario u obligatorio.

3. VIVIENDA EN MÉXICO

En el capítulo anterior se contextualizó el objeto de estudio de lo general a la particularidad del ámbito nacional. En este capítulo se consideran algunos sistemas de clasificación de la vivienda reconocidos en México en función de sus características y sus métodos de producción. Se hace anotación de los principios de la eficiencia energética en los asentamientos humanos, y se señala la influencia que el consumo energético habitual tiene en el cambio climático global.

Se mencionan las principales formas de describir y predecir el desempeño termoenergético de las edificaciones mediante el análisis termodinámico y la simulación por computadora. Finalmente se puntualiza en la importancia de los sistemas que a nivel nacional e internacional son empleados para calificar y certificar la eficiencia energética de las edificaciones.

La calidad y satisfacción en la demanda de vivienda forman parte fundamental de los indicadores de desarrollo de toda sociedad. Según el glosario de definiciones de producción social de vivienda de la CONAVI, la vivienda es “El ámbito físico-espacial que presta el servicio para que las personas desarrollen sus funciones vitales básicas. Este concepto implica tanto el producto terminado como el producto parcial en proceso, que se realiza progresivamente en función de las posibilidades materiales del usuario” (CONAVI, 2016).

3.1 Clasificación de la vivienda en México

Hay muchas formas de clasificar la vivienda, según su situación física, legal, métodos de producción, etc. En el Código de Edificación de Vivienda (CONAVI, 2007), se reconocen 4 criterios para su clasificación:

1. **Por precio.** Considerando el precio y la forma de producción (Figura 15)
 - a. De interés social
 - i. Económica
 - ii. Popular
 - iii. Tradicional
 - b. Media
 - c. Residencial
 - d. Residencial Plus
2. **Por forma de construcción**
 - a. Por desarrollador privado
 - b. Por autoconstrucción
 - c. Mediante asociaciones o grupos
3. **Por número de viviendas por lote**
 - a. Unifamiliar
 - i. Un nivel
 - ii. Dos niveles
 - b. Plurifamiliar
 - i. Dúplex

- ii. Un nivel
- iii. Dos niveles
- iv. Cinco niveles
- v. + de 5 niveles

4. Condominios. En los que se reconocen 3 áreas:

- i. Privativa
- ii. Común
- iii. Común de uso restringido

Este apartado, tiene tres sub clases:

- a. Por número de familias
 - i. Unifamiliar
 - ii. Dúplex o Doble
 - iii. Plurifamiliar o Multifamiliar
- b. Por geometría
 - iv. Vertical
 - v. Horizontal
- c. Mixto

Promedios	Económica	Popular	Tradicional	Media	Residencial	Residencial Plus
Superficie construida promedio	30 m ²	42.5 m ²	62.5 m ²	97.5 m ²	145 m ²	225 m ²
Costo promedio:						
Veces Salario Mínimo Mensual del D.F (VSMMDF)	Hasta 118	De 118.1 a 200	De 200.1 a 350	De 350.1 a 750	De 750.1 a 1,500	Mayor de 1,500
Número de cuartos	Baño Cocina Área de usos múltiples	Baño Cocina Estancia-comedor De 1 a 2 recámaras	Baño Cocina Estancia-comedor De 2 a 3 recámaras	Baño ½ baño Cocina Sala Comedor De 2 a 3 recámaras Cuarto de servicio	De 3 a 5 baños Cocina Sala Comedor De 3 a 4 recámaras Cuarto de Servicio Sala familiar	De 3 a 5 baños Cocina Sala Comedor De 3 a más recámaras De 1 a 2 cuartos de servicios Sala familiar

Figura 15. Clasificación de la vivienda por costo según CONAVI (2007, p.55).

3.2 Sistemas de producción de la vivienda

Sobre los sistemas de producción de la vivienda, Ortiz, citado por (Eibenschutz, 2005), propone una clasificación según la cual, la producción de vivienda se cataloga en:

1. Sistema de producción pública

- a. Provee el acceso a la vivienda a los sectores de bajos ingresos, canalizando créditos y subsidios a beneficiarios y derechohabientes.

2. Sistema de producción privada

- a. Es desarrollado por empresas, con fines de lucro, orientada principalmente a sectores de alto ingreso. Se ofrece en el mercado para sujetos de crédito (que pueden obtener algún subsidio estatal). Aquí también se ubica la vivienda construida con fines de arrendamiento futuro.

3. Sistema de producción social

- a. Produce por iniciativa y bajo control de alguna promotora sin fines de lucro. Sus productos son viviendas unifamiliares y conjuntos habitacionales, de los que se benefician los demandantes organizados, de ingresos bajos, con un mínimo de capacidad de crédito.

Cabe mencionar que la Ley de Vivienda (2006), en su artículo IV, inciso I considera a la Autoproducción de vivienda como *el proceso de gestión de suelo, construcción y distribución de vivienda bajo el control directo de sus usuarios de forma individual o colectiva, la cual puede desarrollarse mediante la contratación de terceros o por medio de procesos de autoconstrucción; y a la Producción Social de Vivienda como aquella que se realiza bajo el control de autoproductores y autoconstructores que operan sin fines de lucro y que se orienta prioritariamente a atender las necesidades habitacionales de la población de bajos ingresos, incluye aquella que se realiza por procedimientos autogestivos y solidarios que dan prioridad al valor de uso de la vivienda por sobre la definición mercantil, mezclando recursos, procedimientos constructivos y tecnologías con base en sus propias necesidades y su capacidad de gestión y toma de decisiones.*

Por lo tanto, Autoproducción y Producción Social de vivienda, están estrechamente relacionadas. Distinguiéndose, principalmente, en el hecho de que, en la primera, el productor es el mismo usuario; y en la segunda, si bien el usuario final se organiza para conseguirla, no necesariamente participa en todos los procesos productivos.

La principal ventaja de la Producción Social de Vivienda está en los procesos autogestivos y en su carácter participativo. El usuario determina el tipo de ayuda que conviene a su situación presente y su nivel de participación en cada proceso; además de no suponer un endeudamiento que ponga en riesgo su patrimonio, como es en el caso del mercado hipotecario.

3.3 Marco normativo del uso de la energía en la vivienda en México

A continuación, se describirá el marco normativo en lo referente al uso de la energía en la vivienda, iniciando desde lo global con el Plan Nacional de desarrollo y cerrando con los planes y programas para el apoyo de la eficiencia energética de la vivienda vigentes en la localidad de estudio.

3.3.1 Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 (Presidencia, 2007):

El 30 de mayo de 2007 se presentó el Plan Nacional de Desarrollo 2007 - 2012, siendo publicado al día siguiente en el Diario Oficial de la Federación.

La elaboración de este Plan estuvo sustentada en gran medida en la perspectiva del proyecto Visión México 2030, que es una apuesta común por un Desarrollo Humano Sustentable, una descripción del México deseable y posible por encima de las diferencias.

De entre sus objetivos destaca: *Asegurar la sustentabilidad ambiental mediante la participación responsable de los mexicanos en el cuidado, la protección, la preservación y el aprovechamiento racional de la riqueza natural del país, logrando así afianzar el desarrollo económico y social sin comprometer el patrimonio natural y la calidad de vida de las generaciones futuras.*

3.3.2 Secretaría Nacional de Energía (SENER, 2014)

La Secretaría de Energía (en adelante, SENER) es una secretaría del Estado mexicano encargada de controlar, administrar y regular todos los medios energéticos (combustibles, energía eléctrica, material radioactivo). Además, regula todas las concesiones que se aplican a la explotación y uso de los mismos.

Sus funciones incluyen (pero no se limitan a):

- Conducir la política energética del país.
- Promover la participación de los particulares, en los términos de las disposiciones aplicables, en la generación y aprovechamiento de energía, con apego a la legislación en materia ecológica.
- Llevar a cabo la planificación energética a mediano y largo plazos, así como fijar las directrices económicas y sociales para el sector energético paraestatal.
- Realizar y promover estudios e investigaciones sobre ahorro de energía, estructuras, costos, proyectos, mercados, precios y tarifas, activos, procedimientos, reglas, normas y demás aspectos relacionados con el sector energético, y proponer, en su caso, las acciones conducentes
- Regular y en su caso, expedir normas oficiales mexicanas sobre producción, comercialización, compraventa, condiciones de calidad, suministro de energía y demás aspectos que promuevan

la modernización, eficiencia y desarrollo del sector, así como controlar y vigilar su debido cumplimiento (Presidencia, 2015).

3.3.2.1 Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Energía, que cuenta con autonomía técnica y operativa. Tiene por objeto promover la eficiencia energética y constituirse como órgano de carácter técnico, en materia de aprovechamiento sustentable de la energía (Lang, 2011).

Quedó constituida a partir de la entrada en vigor de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía⁵, publicada el 28 de noviembre de 2008 (Presidencia, 2008).

3.3.3 Normas Oficiales Mexicanas en Eficiencia Energética vigentes y aplicables a la edificación

NOM-007-ENER-2014 (PDF) Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales

NOM-008-ENER-2001 (PDF) Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales

NOM-020-ENER-2011 (PDF) Eficiencia energética en edificaciones, Envolvente de edificios para uso habitacional.

RESOLUCIÓN por la que se modifican los valores de coeficiente global de transferencia de calor (K) de la Tabla 1, se agregan definiciones y se acota la verificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones (CONUEE, 2013).

3.3.4 La NOM-020-ENER-2011 Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios para uso habitacional (CCNNPURRE, 2011)

La versión definitiva de la Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones. Envolvente de edificios para uso habitacional, se dio a conocer el martes 9 de agosto de 2011 en el Diario Oficial de la Federación, para entrar en vigor el día 7 de diciembre de 2011.

El desarrollo de esta norma se dio en el marco de las acciones para la Normalización de la Eficiencia Energética, del cual se reportan resultados por primera vez en el Primer Informe de Gobierno, durante

⁵ Por Aprovechamiento Sustentable de la Energía, se entiende el uso óptimo de la energía en todos los procesos y actividades para su explotación, producción, transformación, distribución y consumo, incluyendo la eficiencia energética.

el mandato de Calderón Hinojosa y está basada íntegramente en su antecesora: *NOM-008-ENER-2001*, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales, lanzada diez años atrás.

La NOM-020, Se propone mejorar el diseño de las edificaciones para uso habitacional, buscando lograr el confort de los habitantes con un consumo de energía reducido, además de tener una repercusión en la demanda pico en el sistema eléctrico.

Objetivo

Está enfocado, según cita, a limitar las ganancias de calor, con la finalidad de disminuir el consumo de energía en los sistemas de enfriamiento. Por lo tanto, su mayor impacto se dará en regiones con clima extremo.

Campo de aplicación

Aplica a edificios nuevos para uso habitacional y ampliaciones de existentes. Si el edificio es de uso mixto, pero más del 90% está destinado a ser habitado, se aplicará la Norma a la totalidad de la construcción.

3.3.5 Ley Nacional de vivienda, 2006

La vivienda es considerada como un derecho constitucional en el artículo 4° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Con base en ello, en 1984 se publicó la primera Ley Federal de Vivienda, que fue abrogada en 2006 y sustituida por la “Ley de vivienda”, vigente a la fecha.

Establece las definiciones básicas de vivienda, los lineamientos de las políticas nacionales, los programas, etc. En ella se menciona a todos los actores relacionados con el sector vivienda en México, sus capacidades y obligaciones (Ley de Vivienda, 2006). De esta ley se derivan:

Política nacional de vivienda,

Que tiene la obligación promover el acceso a la vivienda a todos los sectores de población, preferenciando a los que están en situación de pobreza, marginación o vulnerabilidad, de manera equilibrada en todo el país. Además de acercar a la población información suficiente para la toma de decisiones (Ley de Vivienda, 2006).

Consejo Nacional de Vivienda

Es la instancia de consulta y asesoría del Ejecutivo Federal, que tendrá por objeto proponer medidas para la planeación, formulación, instrumentación, ejecución y seguimiento de la Política Nacional de Vivienda.

Sistema Nacional de Vivienda

Integrado por: El Consejo Nacional de Vivienda, La Comisión Intersecretarial, INFONAVIT, FOVISSSTE, FONAHPO, SHF, SNC, la Comisión Nacional de Vivienda y los gobiernos de estados y municipios (Ley de Vivienda, 2006).

Programa Nacional de Vivienda

Deberá incluir un diagnóstico del estado del sector habitacional, identificando problemas y tendencias. Así mismo, se definirán en él las fuentes de financiamiento, subsidios, apoyos e instrumentos para satisfacer las necesidades de vivienda. Además, indicará los requerimientos mínimos para que los estados y municipios regulen la calidad, seguridad y habitabilidad de la vivienda en un marco de sustentabilidad.

No se centra únicamente en la vivienda nueva o propia, considerará también las acciones para mejoramiento de vivienda, promoción del arrendamiento y reubicaciones (Ley de Vivienda, 2006).

Comisión Nacional de Vivienda

Le corresponde ejecutar, conducir, coordinar, evaluar y dar seguimiento a la Política Nacional de Vivienda (PNV, en adelante), según lo que marque el Plan Nacional de Desarrollo (PND, en adelante) (Ley de Vivienda, 2006).

Inicialmente se le creó como Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda en 2001(Conafovi) y a partir de la publicación de la Ley de Vivienda, tomó su nombre actual: Conavi. Actualmente tiene la función de promover y concertar con los sectores público, social y privado programas y acciones relacionados con la vivienda y suelo, así como desarrollar, ejecutar y promover esquemas, mecanismos y programas de financiamiento, subsidio y ahorro previo para la vivienda.

Entre sus productos se encuentra:

- El Código de Edificación de Vivienda.
- El Programa Esta es tu casa.
- Programa Nacional de Vivienda Sustentable

3.3.6 Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores

El 21 de abril de 1972 se promulga la Ley del Infonavit, con la que se da cumplimiento al derecho a la vivienda de los trabajadores establecido en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos el 5 de febrero de 1917, fecha de su promulgación. La forma consistió en reunir en un fondo nacional las aportaciones patronales del 5% del salario de cada uno de los trabajadores que tuvieran contratados para darles la oportunidad de obtener un crédito de vivienda o el derecho a que sus ahorros les sean devueltos (INFONAVIT, 2014a). Este mismo año se funda el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (en adelante, Infonavit).

Infonavit responde al siguiente marco legal:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. El Artículo 123, en su fracción XII, apartado A de la Constitución establece que toda persona tiene derecho a contar con una habitación cómoda e higiénica.
- Ley Federal del Trabajo y sus artículos transitorios. La Ley Federal del Trabajo, en su artículo 136 establece que las empresas están obligadas a proporcionar a sus trabajadores habitaciones cómodas e higiénicas y a hacer aportaciones para cubrir ese derecho.
- Ley del Infonavit. El 24 de abril de 1972 se publicó la Ley del Infonavit con la que, desde entonces se rige el cumplimiento de las funciones que le asigna. La última reforma es del 19 de marzo de 2014 (INFONAVIT, 2015).

3.3.6.1 Hipoteca Verde

La Hipoteca Verde es un crédito Infonavit que cuenta con un monto adicional para que el derechohabiente pueda comprar una vivienda ecológica y así obtener una mayor calidad de vida, generando ahorros en su gasto familiar mensual derivados las ecotecnologías que disminuyen los consumos de energía eléctrica, agua y gas; contribuyendo al uso eficiente y racional de los recursos naturales, y al cuidado del medio ambiente (CMIC, 2012).

Fue creada en 2010 por Infonavit, para promover la disminución de consumos energéticos y de agua, logrando con ello dos objetivos: reducir los gastos familiares derivados de su consumo y reducir las emisiones de CO₂ de la vivienda en la fase de uso. Originalmente se otorgaba después de una solicitud especial, pero a partir de 2011 se incorporó a todos los créditos, por lo que todas las viviendas que se compran, construyen, amplían o remodelan mediante un crédito del Instituto, deberán estar equipadas con ecotecnologías. El monto del crédito, hasta 2015 se calcula de la siguiente manera (Figura 16):

Ingreso mensual	Monto máximo de crédito HV	Ahorro mínimo mensual
De \$1,894.83 a \$13,263.82	\$18,948.32	\$215.00
De \$13,263.82 a \$20,843.15	\$28,422.48	\$290.00
De \$20,843.15 en adelante	\$37,896.64	\$400.00

Figura 16. Montos de crédito que proporciona Hipoteca Verde para la adquisición de ecotecnologías según sueldo (Tabla adaptada de INFONAVIT, 2015).

3.3.6.2 Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde

El Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde de Infonavit (en adelante, Sisevive-Ecocasa), es una herramienta que permite conocer el nivel de eficiencia de la vivienda, con base en un consumo proyectado de energía (eléctrica, gas, renovable) y agua. Fue desarrollado por iniciativa del Infonavit,

con apoyo de la GIZ-Cooperación Alemana para el Desarrollo y la Embajada Británica en México, a través del financiamiento otorgado a Fundación IDEA (INFONAVIT, 2014c).

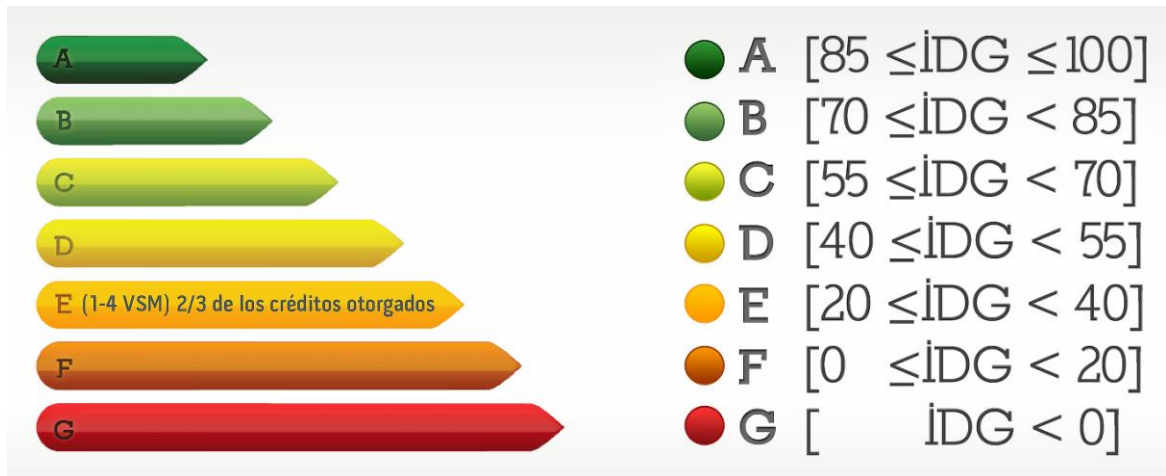


Figura 17. Escala de evaluación de la eficiencia de la vivienda del Sisevive-Ecocasa (INFONAVIT, 2014c).

Según el folleto descriptivo del Sisevive-Ecocasa, este permite:

Evaluar integralmente elementos del diseño, características constructivas y tecnologías de cualquier vivienda ubicada en México. Teniendo como premisa el confort térmico y el consumo racional de agua respecto a una vivienda de referencia. La escala de evaluación va de la A a la G, siendo A el nivel más eficiente (INFONAVIT, 2014c).

El método de cálculo del Sisevive-Ecocasa, se basa en la comparación de la vivienda proyectada respecto a una vivienda diseñada y equipada de manera convencional a la que se denomina *línea base*. La calificación final, se calcula en función del diseño arquitectónico, sistemas constructivos, materiales y tecnologías incorporados a la vivienda.

Sisevive-Ecocasa utiliza dos herramientas de cálculo: DEEVi (herramienta para el Diseño Energéticamente Eficiente) y SAAVi (Simulador del Ahorro de Agua en la Vivienda), las cuales en conjunto dan como resultado el impacto energético y medioambiental de la vivienda.

DEEVi, fue desarrollada a partir de la metodología de cálculo del *Passivhaus Institut* de Alemania, tomando en cuenta las condiciones de México. Se basa en el concepto de desempeño integral de la vivienda que, en síntesis, calcula el balance energético de la vivienda para una ubicación y arquitectura determinada bajo un régimen operacional previamente definido.

SAAVi, es una herramienta que estima el ahorro de agua por vivienda y por habitante, con base en los consumos proyectados de los dispositivos que utilizan agua dentro de la vivienda. Este simulador fue desarrollado por Infonavit, la Comisión Nacional del Agua (Conagua), Fundación IDEA y GIZ/GOPA-INTEGRATION. En SAAVi el consumo proyectado de agua, se compara con un caso de referencia basado en los consumos máximos de agua establecidos por la normatividad vigente para cada dispositivo.



Figura 18. Esquema de operación del Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde (INFONAVIT, 2014c).

La calificación final que entrega el sistema para el etiquetado se obtiene mediante el Índice de Desempeño Global (en adelante, IDG), un algoritmo que toma en consideración las variables:

Demanda Específica Total (en adelante, DET): valor obtenido de DEEVi, y se refiere a la demanda de energía necesaria para satisfacer el confort térmico (refrigeración y calefacción), definida por la geometría y materiales de la envolvente.

Demanda de Energía Primaria (en adelante, DEP): es el segundo valor que se toma de DEEVi se obtiene como función de las tecnologías de consumo de gas y electricidad con que está equipada la vivienda (dispositivos para calentamiento de agua, electrodomésticos, aparatos de calefacción y/o enfriamiento, e iluminación).

Consumo Proyectado de Agua (en adelante, CPA): es el resultado de los cálculos de SAAVi como función del nivel de consumo de agua de los dispositivos principales dentro de la vivienda.

Cada una de estas variables cuenta con un ponderador que define su peso específico en la composición del IDG. Estos ponderadores son sensibles a las diferentes zonas climáticas y a la disponibilidad de agua de cada región geográfica del país, así como a las diferencias entre las tipologías de vivienda (INFONAVIT, 2014c).

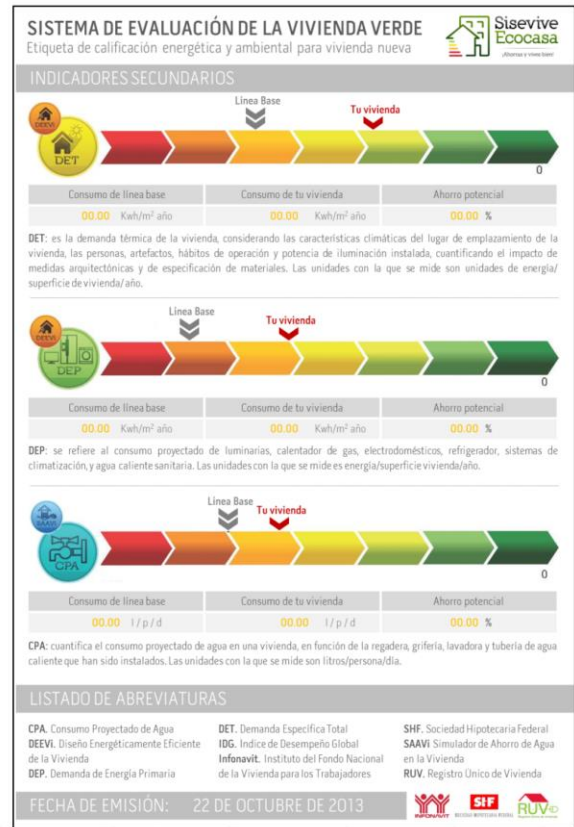
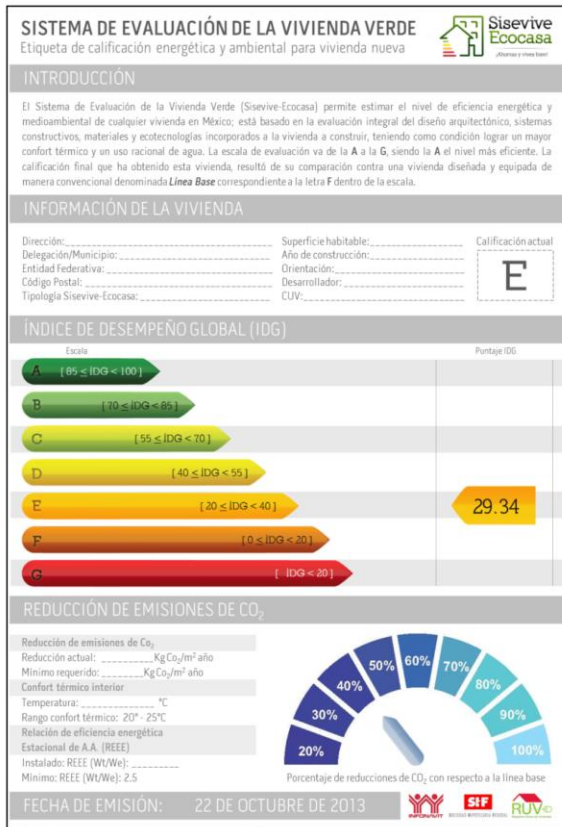


Figura 19. Fichas que muestran de manera gráfica al usuario los aspectos básicos de la evaluación energética y ambiental de la vivienda (INFONAVIT, 2014c).

3.3.7 Instituto de Vivienda del Distrito Federal (GDF., 1998)

El Instituto de Vivienda del Distrito Federal es un Organismo Público Descentralizado de la Administración Pública del Distrito Federal, con personalidad jurídica y patrimonio propio. Fue creado para atender la necesidad de vivienda de la población residente en el Distrito Federal, principalmente la de bajos recursos económicos (vulnerable y en situación de riesgo), a través del otorgamiento de créditos de interés social para vivienda digna y sustentable. Su finalidad es contribuir a la realización del derecho humano básico que significa la vivienda.

3.3.7.1 Programas del INVI (INVI, s. f.)

Como se aprecia más adelante, las iniciativas a nivel local para la promoción de la vivienda se limitan a la construcción y mejoramiento, sin tener en cuenta el diseño energéticamente eficiente o el mejoramiento energético.

- **Programa de Vivienda en Conjunto**

El Programa de Vivienda en Conjunto desarrolla proyectos de vivienda en conjunto, financiados con recursos INVI o provenientes de otras fuentes de financiamiento. El Programa se aplica en predios urbanos con propiedad regularizada, libre de gravámenes y uso habitacional; pueden ser inmuebles baldíos, ya sea con vivienda precaria, en alto riesgo, así como también con vivienda en uso susceptible de ser rehabilitada. Del agrupamiento en conjunto resultan importantes ahorros en la construcción y la organización social de los beneficiarios antes, durante y después de la producción de la vivienda.

- **Programa de Mejoramiento de Vivienda**

Este programa se aplica en inmuebles ubicados en suelo urbano y en suelo habitacional rural de baja densidad; regularizados o en proceso de regularización, que acrediten propiedad o posesión; en vecindades que no se redensifiquen y en departamentos de interés social y popular. Es un apoyo financiero a los procesos de autoadministración y mantenimiento que realizan las familias que no tienen otras fuentes de financiamiento y se encuentran en situación de pobreza. Tiene como objetivo atender problemas de hacinamiento, desdoblamiento familiar, vivienda precaria, deteriorada, en riesgo o provisional; fomenta el arraigo familiar y barrial y fomenta prácticas de sustentabilidad. Este Programa se lleva a cabo mediante una asesoría integral calificada en lo social, jurídico, financiero, técnico y de desarrollo sustentable. A nivel de lote familiar deberá integrar: el levantamiento de las construcciones existentes, anteproyecto con las familias que lo habiten, proyecto participativo del área a intervenir, costos y presupuestos, control y supervisión del proceso constructivo y finiquito de la obra (INVI, s. f.).

- **Programa de Autoproducción de Vivienda**

Este programa es el que se desarrolla progresivamente bajo el control directo de los acreditados de forma individual o colectiva, donde todo el proceso se realiza sin fines de lucro, a través de la participación de sus beneficiarios; desde la planeación, la gestión del suelo, elaboración de diseño, estudios y proyectos, demolición, edificación y mantenimiento, con el fin de obtener mayores y mejores alcances en la vivienda bajo su propia construcción o administración.

- **Programa de Suelo**

Este programa consiste en la conformación y consolidación de una Bolsa de Suelo Urbano e Inmuebles Habitacionales con viabilidad técnica, financiera y jurídica para el desarrollo habitacional, que evite la especulación del suelo urbano y el crecimiento urbano en zona de reserva, en concordancia con los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico. La Bolsa de Suelo Urbano e Inmuebles

Habitacionales se instrumentará jurídicamente mediante la constitución de fideicomisos traslativos de dominio y otros mecanismos jurídicos que faculten al INVI para designar a los beneficiarios de las acciones de vivienda que se contengan o puedan desarrollarse en el inmueble. Tendrán acceso a este programa tanto la demanda individual como la de organizaciones. Los inmuebles del Fondo de Ayuda Social no serán parte de la Bolsa.

▪ **Programa de Rescate de Cartera Hipotecaria**

Este programa consiste en adquirir créditos hipotecarios financiados por la banca u otra fuente crediticia, con el objeto de reducir la deuda de los beneficiarios y reestructurarla a condiciones de crédito INVI (INVI, s. f.).

3.3.8 Instituto Mexiquense de la Vivienda Social

El 23 de septiembre de 2003, se publicó la Ley que crea el organismo público descentralizado de carácter estatal denominado Instituto Mexiquense de la Vivienda Social (IMEVIS), el cual tiene por objeto promover, programar, organizar, coordinar y regular lo concerniente a la vivienda social y el suelo en el Estado de México, procurando que el beneficio sea para los grupos sociales más vulnerables.

Cabe resaltar que la organización del instituto considera una desconcentración territorial en 12 delegaciones regionales (IMEVIS, 2015).

3.3.8.1 Funciones del instituto

El IMEVIS, es un Organismo Público Descentralizado de carácter estatal con personalidad jurídica y patrimonio propios. Entre sus principales atribuciones, se encuentran (IMEVIS,2015b):

- Promoción, difusión y fomento de la construcción, el mejoramiento, regeneración y rehabilitación de viviendas y conjuntos urbanos.
- Coordinación de los programas de suelo y vivienda social que a través del mismo Instituto se promuevan en el Estado y operación de los fondos de vivienda que para el efecto se constituyan.
- Promoción y difusión de los programas estatales y regionales de suelo y vivienda social.
- Regularización los asentamientos humanos.
- Regularización de la tenencia de la tierra en los ámbitos urbanos y rurales de conformidad con las leyes de la materia.
- Evitación del establecimiento de asentamientos humanos irregulares, aplicando las medidas de prevención y difusión que se requieran, auxiliando y coordinándose con las Dependencias, Entidades y Organismos que deban intervenir en su realización.
- Coordinación con Dependencias, Entidades y Organismos Estatales, Federales, Municipales, Públicos, Sociales y Privados que intervengan en el desarrollo urbano.

- **Programa de regularización de tenencia de la tierra**

Para acceder a este proceso de regularización se debe contar con una propiedad de hasta mil metros cuadrados, la cual se encuentre en situación irregular y no esté ubicada en alguna zona de alto riesgo, y si éste es el caso, los propietarios pueden acudir a cualquiera de las 12 delegaciones regionales del IMEVIS, según le corresponda a su municipio, donde podrán recibir de manera gratuita asesoría sobre el procedimiento. Ahí, también pueden dar inicio al trámite y realizar las gestiones necesarias para poder recoger las escrituras, además que ya no será necesario presentar el CURP y acta de nacimiento, como parte de la reducción de requisitos (IMEVIS, 2015c)

- **Mejoramiento de vivienda**

El Gobierno de Estado de México en apoyo a las familias mexiquenses, ha emprendido acciones de mejoramiento de la vivienda que contribuyen a solucionar problemas de deterioro por falta de mantenimiento preventivo para prolongar la vida útil de las viviendas, elevando las condiciones de habitabilidad, adaptabilidad e higiene y propiciando mejores condiciones sociales para la convivencia en el ámbito familiar y comunitario, a través del suministro de materiales para el mejoramiento, sustitución o rehabilitación de elementos de la vivienda.

Dicho apoyo, considera el aprovechamiento de actualidades tecnológicas que disminuyen los costos de producción al utilizar más racionalmente los materiales de construcción propiciando, además, mejores alternativas en el diseño de espacios habitables y de servicios en la vivienda. Así mismo, el Programa se destina a viviendas ubicadas en colonias regulares o en proceso de regularización, preferentemente con servicios urbanos, que no se encuentren en zonas de riesgo o reserva ecológica y que no tengan problemas estructurales (IMEVIS, 2015c).

Población objetivo: Personas que radican actualmente en el territorio del Estado de México, con ingresos de hasta 5 veces el Salario Mínimo Diario Vigente.

Modalidades:

- Piso firme
- Tinaco
- Letrina seca
- Techo de lámina o loza de concreto

- **Piso Firme**

Es una vertiente de la modalidad de mejoramiento de la vivienda que contempla el Programa Estatal de Fomento a la Vivienda Social, a través de esta actividad se sustituye el piso de tierra por un piso firme de concreto de 5 centímetros de espesor, reforzado con malla electrosoldada y una membrana de polietileno, contribuyendo al mejoramiento de las condiciones de vida de los mexiquenses. Las personas que tendrán la posibilidad de ser beneficiarias de estas acciones deberán cumplir con los requisitos siguientes: habitar una vivienda con piso de tierra, ser de

bajos ingresos, además de ello, se dará prioridad a los habitantes de localidades clasificadas con alto y muy alto grado de marginalidad (IMEVIS, 2015c).

El criterio de aplicación es dar prioridad a cocinas y dormitorios y se establece como superficie máxima de aplicación 35 metros cuadrados, pudiéndose incrementar dependiendo de la necesidad de la vivienda, requiriéndose para ello de la debida evaluación y autorización de procedencia. Así también el piso firme está restringido para ser aplicado en áreas de cría de animales, corrales invernaderos, talleres, patios, estacionamientos, bodegas, corredores, solares, jardines, accesos, techos, graneros, etc., es decir, áreas que no constituyan los espacios propios de las habitaciones de la vivienda (IMEVIS, 2015c).

▪ **Pie de casa**

Por medio de esta actividad, se otorgan paquetes de materiales de construcción en especie a las personas que solicitan apoyo para la edificación de un pie de casa, que cuentan con terreno propio y que cumplan con las Reglas de Operación.

Las características del pie de casa que se puede construir, a partir del diseño que se proporciona al beneficiario, comprende una superficie total de 21 metros cuadrados, integrada por un dormitorio y un cuarto de usos múltiples, pudiendo variar de acuerdo con el diseño que se otorgue.

Los materiales de construcción que se proporcionan consisten en perfil monten y lámina de fibrocemento para la cubierta o losa de concreto, block macizo, mortero, cemento, ventanas, puerta, malla electrosoldada, alambre recocido, varilla, castillos electrosoldados, pintura y sellador vinílico, debiendo edificarse por autoconstrucción, para lo cual se brinda la asesoría correspondiente o mediante la contratación de mano de obra cuyo gasto corre a cargo del beneficiario.

El producto que se obtiene es una vivienda básica o inicial, que tendrá la posibilidad de aumentar sus dimensiones, con crecimiento progresivo, conforme a las necesidades de las familias y a la disponibilidad de recursos. Con estas acciones se busca que las familias de bajos ingresos dejen de habitar viviendas carentes de planeación y construidas con materiales que no son los adecuados para la vivienda, fomentando así, la construcción de vivienda de tipo definitiva (IMEVIS, 2015c).

▪ **Vivienda Ecológica**

Fue un proyecto de una sola ocasión, mediante el cual, en mayo de 2013 se entregaron 220 viviendas a familias denominadas como *vulnerables* en el municipio de Cuautitlán Izcalli (IMEVIS, 2015d).

Costo total del proyecto:

- 34 millones 958 mil pesos

Por vivienda:

- Superficie del terreno 90m²
- Superficie de Construcción 44 m²
- Costo de la Vivienda \$158,900.00
- Incluye:
 - 2 recámaras.
 - 1 baño completo.
 - 1 estancia (Sala, Cocina, Comedor).
 - 1 patio de servicio.
 - 1 estacionamiento para un vehículo.
 - Equipado con calentador y tarja.

Aportación Financiera:

- 40% Fondo Nacional de Habitaciones Populares (PONHAPO).
- 40% Estado de México (terreno - IMEVIS).
- 13% Fundación Vivienda (Fideicomiso Proviáh).
- 07% Beneficiarios.

▪ **IMEVIS-CONAVI**

El Instituto Mexiquense de la Vivienda Social, cada año suscribe convenio con la Comisión Nacional de Vivienda, para la utilización de subsidios, que bajo un esquema de coparticipación financiera en el que intervienen diversas instancias como: El IMEVIS, Ayuntamientos, Beneficiarios y Fundaciones, permite la ejecución de proyectos de autoconstrucción de vivienda ecológica (IMEVIS, 2015e).

La implementación de enotecnias en los procesos de construcción de viviendas permite la preservación de los recursos naturales ya que se promueve la captación de aguas pluviales, la instalación y uso de estufas Patsari; Baño Seco y Calentadores Solares, entre otros.

Los subsidios se aplican para: autoconstrucción y mejoramiento de la vivienda y adquisición de lotes con servicios a vivienda nueva o usada (IMEVIS, 2015e).

3.4 Conclusión al capítulo Vivienda en México

Desde la redacción del Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 (Presidencia, 2007), la política energética de México toma un robusto enfoque ambiental, reflejado en la elaboración de diversas Normas Oficiales Mexicanas que regulan la producción y suministro de energía, así como la calidad, modernización, eficiencia y desarrollo del sector (Presidencia, 2015).

Debido a que en México el 82.4% (González, 2009) de la energía que se utiliza en la vivienda proviene de la quema de combustibles fósiles, una de las áreas de oportunidad para la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero está en disminuir el consumo de energía para uso residencial. Una de las primeras acciones aplicadas a nivel nacional fue el lanzamiento de Norma Oficial Mexicana *NOM-*

020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones - Envolvente de edificios para uso habitacional, que entró en vigor en diciembre de 2011, con el propósito de mejorar el diseño de las edificaciones para uso habitacional, buscando lograr el confort de los habitantes con un consumo de energía reducido (CCNNPURRE, 2011). Dicha Norma se basó en la NOM-008-ENER-2011- *Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales*. A la fecha, la implementación de ambas normas es escasa: la NOM-008 apenas ha sido integrada a los reglamentos de construcción de 6 estados y contemplada en las Normas Técnicas Complementarias del reglamento de construcciones la Ciudad de México (CONUEE, 2015). En el caso de la NOM-020, recién se está considerando su inclusión en el Reglamento de construcciones del Estado de Veracruz. La CONUEE reportó que, hasta 2015 se habían registrado 7 verificadores en la NOM-008 y 14 verificadores en la NOM-020, en tanto que únicamente se habían verificado 20 edificaciones con ambas normas (Teorema Ambiental, 2016).

Las iniciativas relacionadas con la promoción de la eficiencia energética en todos los sectores responden a compromisos internacionales de reducción de emisiones. En el sector vivienda, los esfuerzos están concentrándose en reducir el consumo energético derivado de la climatización artificial, pues eficientizar los electrodomésticos que se emplean durante la fase de uso de una casa habitación compete a otros sectores. En las primeras fases de la transición energética, sí se hizo énfasis en el uso de tecnologías más eficientes, pero ahora, se suma el diseño de las envolventes térmicas, pues está comprobado que la composición física de los espacios influye directamente en su comportamiento térmico.

El INFONAVIT, alineado a los objetivos de la Estrategia Nacional de Vivienda (FIDEA, 2013) lanzó y promovió inicialmente la Hipoteca Verde (vivienda ecológica a crédito) y el Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde (Sisevive-Ecocasa), herramienta que permite conocer el nivel de eficiencia de la vivienda, con base en un consumo proyectado de energía (eléctrica, gas, renovable) y agua. Sisevive-Ecocasa utiliza dos herramientas de cálculo: DEEVi (herramienta para el Diseño Energéticamente Eficiente) y SAAVi (Simulador del Ahorro de Agua en la Vivienda), las cuales en conjunto dan como resultado el impacto energético y medioambiental de la vivienda (INFONAVIT, 2014c). Cabe añadir, que estos dos programas aplican a nivel federal, en el nivel estatal las iniciativas han sido pobres y carentes de impulso.

..

4. OBTENCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

En los capítulos anteriores se definió el problema de estudio, su marco, la metodología de trabajo y el contexto, además de definirse los conceptos recurrentes para esta investigación.

En el presente capítulo, se describen el proceso para la selección de casos de estudio y la elaboración de las herramientas metodológicas necesarias para el levantamiento y manejo de datos. Se incluye una presentación de los mismos, con descripciones de las características de la envolvente, el perfil de los habitantes y planos del levantamiento de la vivienda.

Posteriormente, se presentan las metodologías de cálculo empleadas para obtener: a) El presupuesto energético de la NOM-020-ENER-2011; b) demanda específica de calefacción (DEC); y c) la demanda total específica de refrigeración (DTER).

Para finalizar, se presentan los casos de estudio y se describe la aplicación de las metodologías en el trabajo de campo y de gabinete.

4.1 Metodología para la selección de casos de estudio

Los casos de estudio se eligieron siguiendo 2 criterios principales: que estuvieran en un clima templado y que su medio de producción fuese el desarrollo para interés social o la autoconstrucción. El municipio de elección fue Estado de México, debido a su clima templado y condiciones de desarrollo municipal. El proceso y criterios se detallan en seguida:

4.1.1 Presentación de la situación geopolítica y desarrollo social municipal

A continuación, se presenta una semblanza del panorama demográfico, económico y de vivienda de la localidad de estudio. Iniciando por un panorama estatal, continuando con el municipal y detallando por AGEB.

Estado de México

El Estado de México se encuentra en la zona centro de la República Mexicana, cuenta con una extensión territorial de 22,351 km² y una población de aproximadamente 15.2 millones de habitantes, siendo la entidad federativa más poblada del país. Aporta el 9.2% del Producto Interno Bruto Nacional dada su actividad en la industria de manufacturas (alimentos, bebidas, tabaco). La densidad de población es de 679 personas por kilómetro cuadrado.

Según el IMEVIS, el Estado de México es el de mayor crecimiento inmobiliario, pues 1 de cada 6 casas construidas en el país se edifican en la entidad. Estos números no están apoyados con obras de beneficio social, pues a pesar de que se construye vivienda, existe un déficit en fuentes laborales, escuelas y servicios de salud, aunado a condiciones crecientes de inseguridad en las unidades habitacionales.

Según el artículo, “Las injustas casas de interés social del Estado de México”, publicado en enero de 2011 por El Universal, la entidad ocupa el segundo lugar en abandono de viviendas nuevas con 906 casos (casi a la par de Chihuahua con 883), únicamente superado por las 2080 casas abandonadas en Tamaulipas.

Con lo anterior, puede concluirse que las desarrolladoras públicas no están haciendo un trabajo de beneficio social, así que conviene estudiar los casos exitosos de vivienda en el Estado, para buscar repetir las condiciones que fomenten la seguridad social de sus habitantes, ofreciéndoles mejores perspectivas de desarrollo.

Municipio de Tlalnepantla

Tlalnepantla cuenta con 653,410 habitantes, ocupando el 4° lugar de población a nivel estatal. Colinda al norte con Cuautitlán Izcalli y Tultitlán, al Oriente con Ecatepec, al sur con la delegación Azcapotzalco y al poniente con el municipio de Atizapán de Zaragoza y la delegación Gustavo A. Madero.

Es conocida por ser una zona industrial activa y prolífera, una de las tres más importantes del país, junto con Naucalpan de Juárez y Monterrey. Tiene una cobertura de más del 98% en servicios urbanos y con una Población Económicamente Activa del 36%.

A pesar de contar con algunas condiciones de ventaja económica y oferta de trabajo, presenta un déficit de vivienda que no ha sido subsanado. El Plan de Desarrollo Municipal 2006–2009 indica que sólo se cuenta con los programas “Tu casa” y “Hábitat”, que resultan insuficientes para satisfacer las necesidades de la población. En el Plan de Desarrollo Urbano Municipal del periodo 2009–2012 el tema se trata de manera superflua y no permite distinguir un avance en la materia.

4.1.1.1 Identificación de las características promedio de desarrollo municipal según datos INEGI

Con base en datos del Censo de Población y Vivienda 2010 (Principales resultados por AGEB y manzana urbana) se seleccionaron los 16 indicadores más relevantes para este caso de entre 190 propuestos en los resultados del Censo, casi todos ellos relacionados con el “bienestar relativo” de la comunidad. Se consideraron únicamente datos de la sección Población, Hogares y Vivienda. Fue obligatorio que la cobertura de energía eléctrica en la zona de estudio fuera cercana al 100%, dada la naturaleza de la investigación, así mismo se consideró deseable que se contara con electrodomésticos.

Los datos obtenidos se separaron en 3 grandes grupos, considerando la clasificación propuesta por INEGI:

1. Población: Rango de edades, grado promedio de escolaridad.
2. Hogares: Número y tamaño de los hogares.
3. Vivienda y Urbanización: Número de habitaciones, dotación de servicios, posesión de bienes.

Se calcularon las características promedio para los hogares, por AGEB y en el 75% de los casos fue posible la identificación por manzanas. Debido a los acuerdos de privacidad con los propietarios de las viviendas, estos datos no se incluyen en el documento.

Se buscó que el rango de edades, el grado de escolaridad y el número de ocupantes de los hogares fueran semejantes (ver figura 19. Tabla de Conformación de los Hogares). Para el primer caso, se consideró que la diferencia porcentual de gente mayor de 14 años no excediera el 10%. En el caso de la escolaridad se buscó que la población tuviera estudios de secundaria terminada o trunca. La conformación de los hogares debía coincidir con la media nacional, con una diferencia máxima de ± 0.5 habitantes.

En el caso de las características de la vivienda (se buscaron las que tenían dos o más habitaciones, de materiales duraderos y homogéneos. En el municipio, alrededor del 70% de las viviendas tienen dos o más habitaciones y más del 95% de las viviendas están hechas con materiales duraderos. El concepto de homogeneidad se toma de lo descrito en la NOM-020-ENER-2011 y se refiere al empleo de sistemas constructivos con características térmicas uniformes. Se buscó también que la posesión de electrodomésticos fuera superior a la media, para garantizar que en los hogares encuestados se contara con el mayor número posible de los mismos. Se calcularon los datos promedio por AGEB y en el 75% de los casos fue posible la identificación por manzanas. Debido a los acuerdos de privacidad con los propietarios de las viviendas, estos datos no se incluyen en el documento.

4.1.2 Identificación y selección de casos de estudio

Una vez identificadas las colonias y AGEBS apropiadas para el levantamiento de datos, se buscó el apoyo de las organizaciones vecinales para establecer el primer contacto con los habitantes de la vivienda. Esta iniciativa no tuvo éxito, pues aparentemente, no había espacio en las agendas de los dirigentes para cumplir con la solicitud de apoyo o no encontraron interés en el tema.

Considerando esta situación, se hicieron visitas casa por casa, solicitando la participación de los vecinos directamente, pero tampoco se obtuvo cooperación; la naturaleza de los datos a recopilar causaba inseguridad en los habitantes, además de que pocos estaban dispuestos a que un desconocido realizara un levantamiento de su propiedad y bienes.

- **Representación de las condiciones promedio de desarrollo municipal.** Con base en datos del Censo de Población y Vivienda 2010 (Principales resultados por AGEB y manzana urbana) se seleccionaron los 16 indicadores más relevantes para este caso de entre 190 propuestos en los resultados del Censo, casi todos ellos relacionados con el “bienestar relativo” de la comunidad. Se consideraron únicamente datos de la sección Población, Hogares y Vivienda. Fue obligatorio que la cobertura de energía eléctrica en la zona de estudio fuera cercana al 100%, dada la naturaleza de la investigación, así mismo se consideró deseable que se contara con electrodomésticos.
- **Disponibilidad y disposición de los ocupantes para participar en el ejercicio.** En el momento de seleccionar los casos de estudio, además de la coincidencia con las estadísticas de características de la vivienda y conformación de los hogares, se necesitaba una actitud de cooperación por parte de los usuarios: que tuvieran de una a dos horas disponibles para contestar algunas preguntas y estar presentes en el momento en que se efectuasen los levantamientos.

4.1.2.2 Identificación de contactos en la zona

Se encontró que en Tlalnemex, había una persona que por su actividad laboral tenía relación con diferentes familias de la colonia y fungió como intermediario para establecer el contacto. Gracias a él, fue posible identificar 11 posibles casos de autoproducción de vivienda, de los cuales se seleccionaron 6, tras ser contactados mediante el Folleto de contacto (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

En Los Reyes Iztacala, el contacto se estableció mediante un vecino que tenía alrededor de 15 años viviendo en la zona y más de 20 de relación con algunos habitantes, gracias a él se identificaron al menos 6 posibles casos de estudio, de los cuales se seleccionarían 2.

En el caso de Valle de las Pirámides, Tenayo, el vínculo fue mediante relaciones laborales, aunque la solicitud de confidencialidad fue mucho más explícita y sólo facilitaron planos, sin permitir el levantamiento arquitectónico de los inmuebles y respondiendo la encuesta vía telefónica; al ser estos prototipos sin modificaciones sobre el plano original, no se encontró problema en recibir la información a distancia.

La obtención de acceso a las viviendas para el estudio fue un proceso delicado, dada la naturaleza de los datos que se solicitaron. La recopilación de datos, a nivel municipal se refirió tanto a fuentes oficiales como a fuentes no oficiales, dado que, por razones electorales, desde principios de año, algunas de las estadísticas de vivienda no estaban disponibles para el Estado de México.

Los datos necesarios para la generación de un perfil energético dependen en gran medida de los hábitos de vida de los ocupantes, aun así, se considera que los recopilados son suficientes para proceder a la evaluación de acuerdo con la NOM-020-ENER-2011 y hacer simulaciones básicas para la evaluación del comportamiento térmico de la envolvente arquitectónica.

Los elementos de la muestra presentan un perfil acorde con su estado y municipio y se acercan a la media nacional. Se considera que los casos de estudio comprenden un acercamiento a la realidad municipal y a la vez, cuentan con elementos suficientes para identificar las variaciones que presente el análisis de los casos en conjunto.

A pesar de las diferencias entre cada tipo de vivienda, se unificaron los formatos de captura, se obtuvo el mismo tipo de datos de cada una y se pueden analizar con los mismos métodos. Se tomaron en cuenta las características geométricas de la envolvente: orientaciones y dimensiones de vanos y macizos, número de niveles área total de construcción; también se consideraron los materiales de la misma. En cada una, se tomaron datos que pueden servir para establecer los horarios de uso de la vivienda.

4.1.2.3 Selección de casos

Una vez identificadas las AGEBS y Manzanas cuyos promedios eran cercanos al promedio municipal y nacional, se pidió a los 3 contactos establecidos (uno en cada colonia) el reparto de los 50 volantes, 25 en Tlalnemex (en adelante, C-01), 15 en Los Reyes Iztacala (C-02, en adelante) y 10 en Valle de las Pirámides Tenayo (en adelante, C-03).

En la C-01, se consiguieron 9 entrevistas y se visitaron 8 de las casas, acordando inicialmente la posibilidad de un levantamiento en 6 de ellas. En C-02 se consiguieron 5 entrevistas, y se acordaron 2 levantamientos. En la C-03 se consiguieron 6 entrevistas y se acordaron 4 levantamientos.

Después de verificar la disponibilidad de los usuarios, y comprobar que se ajustaban a los parámetros antes establecidos se definieron los casos en que a recopilación de datos sería posible. Se establecieron claves para mantener la confidencialidad de las familias participantes, y evitar que pudieran relacionarse los datos obtenidos con una ubicación geográfica específica.

Con base en lo anterior, se seleccionaron 12 casos de estudio en el municipio de Tlalnepantla de Baz, Estado de México. Para el contraste, se toman casos producidos por desarrolladoras privadas (ARA) (3 casos), por INFONAVIT (3 casos) y por autoconstructores de vivienda (6 casos).

Las edades de las construcciones oscilan entre los 40 y los 17 años. En los casos de autoconstrucción el tiempo de construcción de la vivienda va de los 5 a los 20 años. El 75% del total se modificaron en los últimos 10 años; mientras que las viviendas de ARA aún no han pasado por ese proceso.

Se asignaron las claves APV01 a APV06 a las 6 viviendas de autoconstrucción elegidas.

Debido a asuntos ajenos a esta investigación, en el transcurso de los levantamientos, la vivienda etiquetada con la clave APV03 quedó fuera del ejercicio y se incorporó una nueva a la muestra, a esta se le asignó la clave APV07, dado que no era posible cambiar las claves al resto de las viviendas. Por eso, a pesar de ser únicamente 6 casos de estudio, la numeración llega hasta el 07. Las claves VD01 a VD06 se asignaron a la vivienda producida por desarrolladoras privadas.

4.2 Metodologías de cálculo

Para el cálculo de variables térmicas se empleó el método de cálculo del Presupuesto energético incluido en la NOM-020-ENER-2011 y el de la herramienta de Diseño energéticamente eficiente en la vivienda (DEEVi) desarrollada por el INFONAVIT.

4.2.1 Descripción de la metodología para el cálculo del presupuesto energético con NOM-020-ENER-2011

El cálculo del presupuesto energético de la NOM-020-ENER, se concentra en el Cálculo comparativo de las ganancias de calor entre el edificio proyectado y un edificio de referencia (ver Figura 21) para identificar el porcentaje de ahorro que tiene el *edificio proyectado* con respecto a una línea base, denominada *edificio de referencia* (Low Carbon Architecture, 2011).

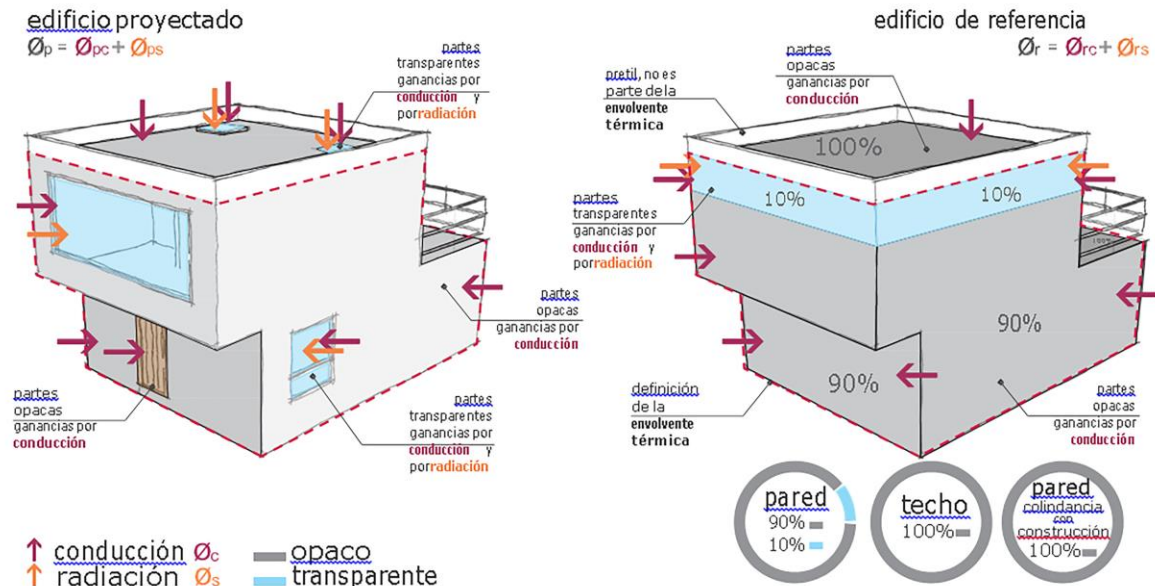


Figura 21. Edificio proyectado y Edificio de referencia (Low Carbon Architecture-GIZ, 2014).

A continuación, se describe la metodología de la NOM-020-ENER-2011 de manera general:

- Recopilación de datos generales
 - Se presentan los datos del propietario, y la información sobre la localidad en la que se desarrolla el proyecto.
- Valores para el cálculo de ganancia de calor a través de la envolvente
 - En el Apéndice A, se encuentran los datos necesarios en cada localidad para determinar la ganancia de calor.
- Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor (K) de las porciones de la envolvente.
 - En función de los materiales, se calcula el valor K de cada porción del edificio proyectado. El apéndice D contiene información sobre algunos materiales, pero también pueden emplearse datos proporcionados por el fabricante, preferentemente referenciados.
- Cálculo comparativo de la ganancia de calor:
 - Se calculan las ganancias de un edificio de referencia, con las mismas características geométricas del proyectado, pero asignando el valor de las fracciones de las componentes según la Norma (ver Figura 22).
 - Se calculan las ganancias del edificio proyectado, con los valores reales y la información obtenida en el paso 3.

e) Resumen del cálculo y etiquetado. Es el cálculo comparativo de la ganancia de calor; aquí es donde se comparan los resultados, para saber si cumplen o no con la norma.

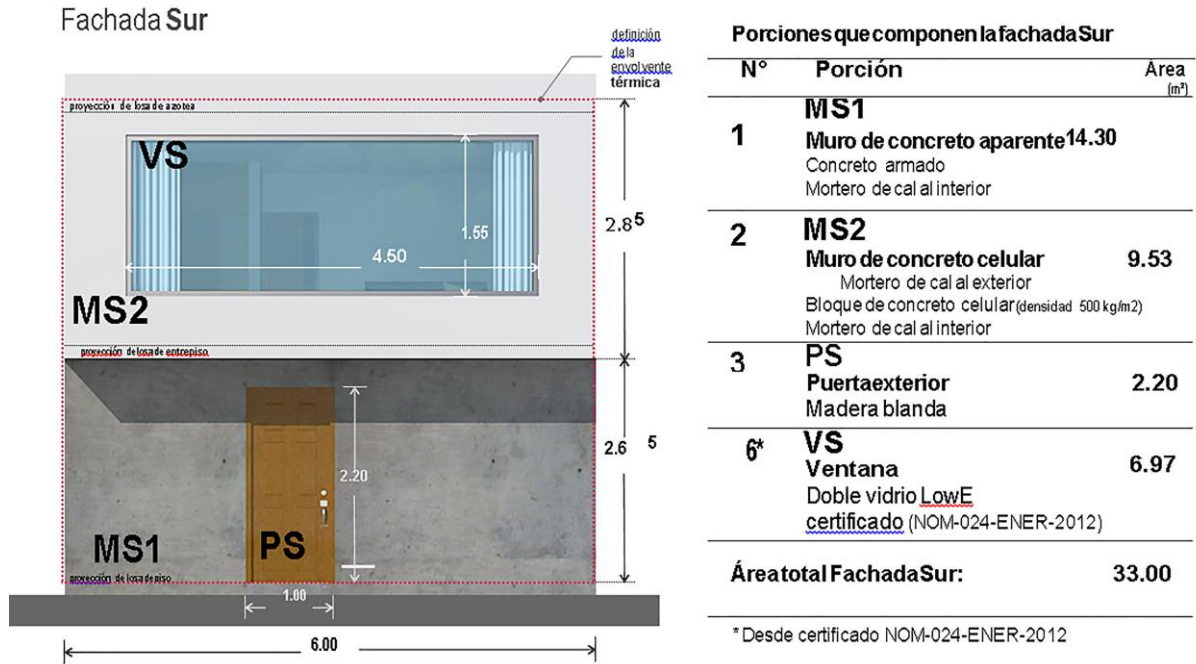


Figura 22. Porciones de la envolvente (CONUEE, 2014).

El concepto de edificio proyectado se refiere, como su nombre lo indica, al edificio proyectado que va a evaluarse para su construcción. El edificio de referencia es una edificación hipotética, que conserva la orientación, condiciones de colindancia, dimensiones en planta y elevación del edificio proyectado. Las diferencias con el edificio proyectado son:

- No toma en cuenta las ganancias de calor del suelo
- Las partes opacas de la fachada son del 90% y con un K indicado en el la Tabla 1 de la NOM, que responde a la ubicación geográfica del edificio proyectado.
- Las partes transparentes de la fachada son del 10%, con un K de 5,319-8 W/m²K y coeficiente de sombreado 1.
- Las colindancias son opacas al 100% y con un K indicado en el la Tabla 1 de la NOM, que responde a la ubicación geográfica del edificio proyectado.

4.2.2 Descripción de la metodología para el cálculo de la demanda total de refrigeración y demanda total específica de refrigeración con DEEVI

DEEVI es una adecuación de PHPP, ha sido desarrollada especialmente para su uso en México, y adaptada en particular a las condiciones actuales de registro y oferta de vivienda a través de RUV (Infonavit-PHI, 2013). Utiliza el denominado *Enfoque integral de la vivienda*, que contempla 5 pilares (ver Figura 23):

- 1) Envoltente térmica
- 2) Calidad de las ventanas
- 3) Tipo de ventilación
- 4) Hermeticidad
- 5) Puentes térmicos

Y evalúa la eficiencia energética con base en 4 criterios:

- a) Demanda de Calefacción
- b) Demanda de Refrigeración
- c) Demanda de Energía primaria
- d) Hermeticidad

Todos los cálculos en DEEVI se realizan con base en el *la Superficie de Referencia Energética (SRE)*, que se define como *la superficie útil habitable de la vivienda. Para determinar la SRE de un edificio, sólo deberán incluirse las áreas que se encuentran en el interior de la envoltente térmica del mismo (PHI,2013).*

Todas las medidas para el cálculo de la SRE se toman de los paños interiores y a cada tipo de espacio/componente de la vivienda se le asigna un porcentaje del área geométrica correspondiente:

- 100% para **todos** los locales habitables (se incluyen clósets)
- 50% para áreas con una altura de piso a techo de entre 1.0 y 2.0m (tapancos, escaleras, medios baños)
- 60% sótanos o cuartos auxiliares (cuando estos espacios ocupan más del 50% de la planta)

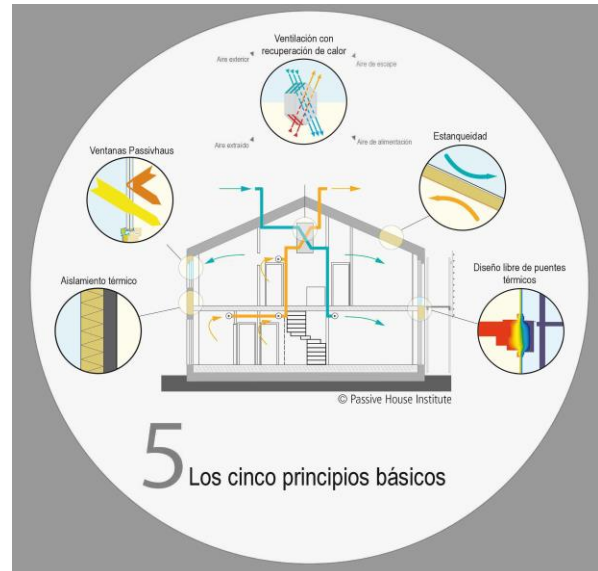


Figura 23. Enfoque integral de la vivienda (PHI,2010).

- 0% muros, columnas, tiros de elevadores, elementos fuera de la envolvente como patios de servicio, terrazas y balcones, ductos de instalaciones, áreas con una altura libre de piso a techo inferior a 1.0

Secuencia de introducción de datos:

DEEVi tiene 12 pestañas que admiten información sobre el proyecto (ver Figura 22). Las pestañas Indicadores, Resultados y Comprobación presentan datos generales del proyecto como su ubicación, zona térmica, y datos del propietario. En estas mismas pestañas, pueden visualizarse los resultados de los cálculos.

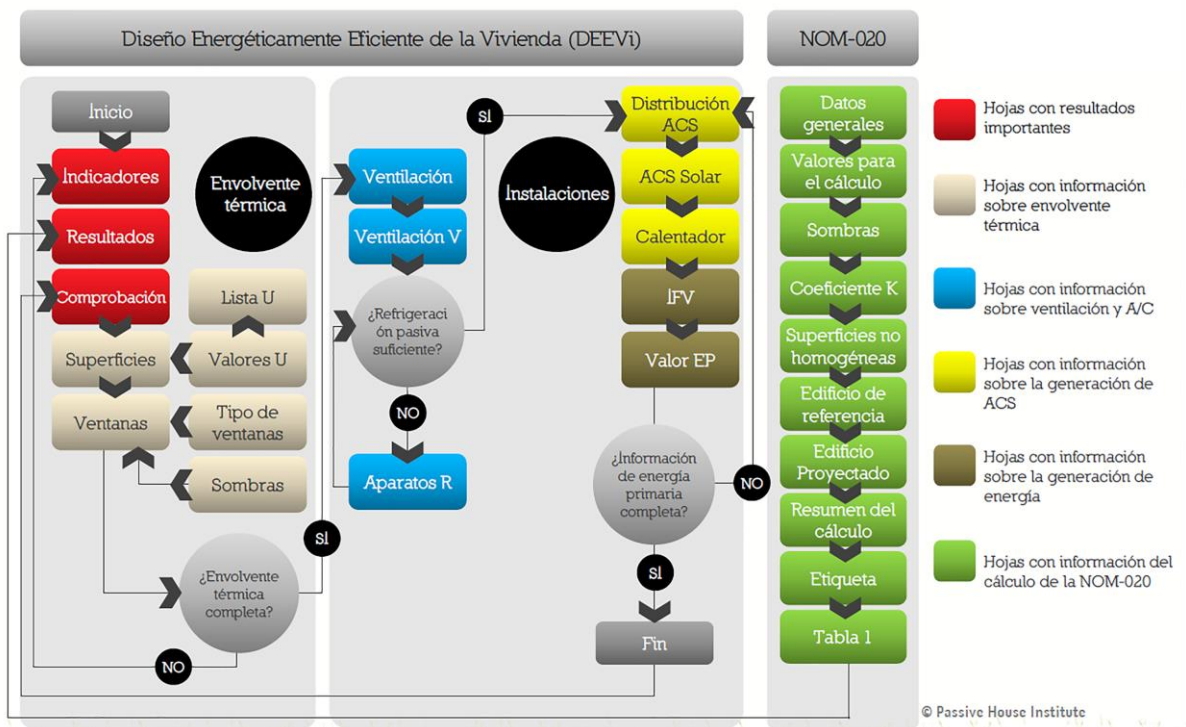


Figura 24. Secuencia de introducción de datos en DEEVi (PHI, 2013).

4.3 Elaboración de herramientas metodológicas

Desde la fase previa a la obtención de casos de estudio, se comenzó con el desarrollo de herramientas auxiliares para la consecución de los objetivos.

La primera herramienta fue el folleto para la solicitud de autorización para tener acceso a las viviendas, en donde se explica a los propietarios y habitantes la naturaleza del trabajo de investigación y las actividades que se realizarían dentro de la vivienda en caso de que aceptaran participar, además de incluir un acuerdo de confidencialidad para no revelar la ubicación exacta de las viviendas, para mantener seguridad y anonimato.

Para obtener y mantener organizada la información desde el levantamiento de los datos, se diseñaron cédulas para levantamiento arquitectónico y la encuesta sobre hábitos de uso y consumo de energía.

Para facilitar la introducción de datos numéricos en las herramientas de cálculo, se diseñó un formato de captura previa, útil tanto para la NOM-020 como para el uso con DEEVi. Al momento de iniciar con este trabajo, no existían herramientas electrónicas disponibles a todo el público para completar el cálculo de la NOM-020, por lo que fue necesario elaborar una herramienta electrónica que semi-automatizara el procedimiento de cálculo, mediante un libro en Microsoft Excel⁶.




<p>Saludos, vecino: La presente es una invitación para colaborar con una investigación de campo sobre eficiencia energética en el ramo habitacional.</p>  <p>Objetivo Esta investigación tiene como propósito evaluar las condiciones de iluminación y temperatura al interior de las viviendas, en relación con la envolvente arquitectónica. El concepto de envolvente arquitectónica puede interpretarse como el cascarón de la casa: paredes, pisos, puertas, ventanas y domos.</p>  <p style="text-align: right;">1</p>	<p>Desarrollo</p> <p>De cada una de las casas muestra, se harán los siguientes estudios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Posibilidades de iluminación natural Consumo energético por iluminación Comportamiento térmico Consumo energético por temperatura Cálculo comparativo de las ganancias de calor según NOM-020-ENER-2011 <p>Los datos con que se trabaja (y para los que se requiere de su cooperación) son:</p> <ul style="list-style-type: none"> Para el estudio de la envolvente: <ul style="list-style-type: none"> -Medidas de muros, ventanas y puertas de cada fachada de la casa, así como de las azoteas, materiales de construcción y acabados. -Fotografías de detalles Para el estudio de hábitos de consumo <ul style="list-style-type: none"> -Número de habitantes, edades y ocupación. -Horarios de mayor consumo -Presencia de equipos y maquinaria especiales -Consumo de electricidad (6 últimos bimestres) -Habitaciones en las que se pasa más tiempo Para la evaluación de iluminación <ul style="list-style-type: none"> -Número y tipo de luminarios que se tienen en casa (focos). -Tiempo aproximado que se tienen prendidos. -Uso de cortinas o persianas. Para la evaluación térmica <ul style="list-style-type: none"> -Presencia de equipos de aire acondicionado, ventiladores; y registros estimado (en la etiqueta del producto) -Preguntas sobre la comodidad al interior de los espacios. <p style="text-align: right;">2</p>
<p>Beneficios</p>  <p>Al término de la investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se le informará sobre las medidas que puede tomar para mejorar las condiciones de temperatura al interior de su casa, invirtiendo poco o ningún dinero. Se le informará sobre medidas que puede tomar para reducir el consumo de energía por iluminación. Recibirá una asesoría personalizada sobre hábitos familiares de ahorro energético, con la finalidad de que pague menos cada bimestre en la cuenta de electricidad. Se mostrará la cantidad aproximada de lo que puede ahorrarse cada bimestre en el pago de energía eléctrica aprovechando el potencial natural de su casa. <p style="text-align: right;">3</p>	<p>Compromisos</p> <ul style="list-style-type: none"> En todo momento se mantendrá el anonimato de las familias, sus datos personales (nombre, dirección) no aparecerán en el documento de investigación y no serán compartidos, ni divulgados por ningún medio. A cada caso de estudio se le asignará un número y éste será su única identificación; de modo tal, que no sea posible relacionarlos con una ubicación física. Las fotografías que se tomen, tampoco estarán presentes en el documento, ni en sus anexos; serán eliminadas en cuanto se termine el dibujo de los detalles. En caso de que así guste y lo autorice, podrá incluirse en la página de agradecimientos del documento final. <p>El material informativo se dará a conocer a los participantes una vez que se haya concluido con el trabajo de investigación, lo cual está previsto para septiembre del 2012. Las citas para las asesorías personalizadas, se agendarán entre octubre y diciembre del 2012.</p> <p>Responsable de la investigación: Arq. Tania Raquel Ramirez Rivera Estudiante de posgrado en la UAM-Azcapotzalco taniaramirez@msn.com Número fijo: 53413065 Número celular: 5527175759</p> <p style="text-align: right;">4</p>

Figura 25. Folleto de contacto (Elaboración propia).

En los siguientes subcapítulos se encuentran descripciones detalladas de la elaboración de cada herramienta y las instrucciones de aplicación.

4.3.1 Diseño de Folleto informativo y de solicitud

El *Folleto informativo y de solicitud* (Figura 25), se elaboró con el propósito de conseguir a familias voluntarias para participar en el ejercicio de investigación. Debido a la naturaleza de la información a obtener y a las condiciones de inseguridad generalizadas en la ZMVM, fue necesario dejar muy claros los objetivos del trabajo y las razones por las cuales se realizaba. Se diseñó para su impresión a dos caras en tamaño carta y doblado al centro, componiéndose de 4 páginas. El contenido se describe a continuación:

1. **Portada.** Se compone de un saludo, seguido de la invitación a participar. Se detalla el objetivo de la visita con el texto:

⁶ A partir de agosto de 2014, la CONUEE lanzó una herramienta de cálculo disponible previo registro vía web

Objetivo. *La presente es una invitación para colaborar con una investigación de campo sobre eficiencia energética en el ramo habitacional.*

- 2. Desarrollo.** Se compone de una explicación de los datos que serían solicitados en los levantamientos y la aplicación de la información en el estudio. La información se presentó de la siguiente manera:

De cada una de las casas muestra, se harán los siguientes estudios:

- *Posibilidades de iluminación natural**
- *Consumo energético por iluminación**
- *Comportamiento térmico*
- *Consumo energético por temperatura*
- *Cálculo comparativo de las ganancias de calor según NOM-020-ENER-2011*

Los datos con que se trabaja (y para los que se requiere de su cooperación) son:

- *Para el estudio de la envolvente: Medidas de muros, ventanas y puertas de cada fachada de la casa, así como de las azoteas, materiales de construcción y acabados*
- *Fotografías de detalles.*
- *Para el estudio de hábitos de consumo: Número de habitantes, edades y ocupación; horarios de mayor consumo; presencia de equipos y maquinaria especiales; consumo de electricidad (6 últimos bimestres); habitaciones en las que se pasa más tiempo*
- *Para la evaluación de iluminación: Número y tipo de luminarios que se tienen en casa (focos); tiempo aproximado que se tienen encendidos; uso de cortinas o persianas**
- *Para la evaluación térmica: Presencia de equipos de aire acondicionado, calefacción, ventiladores, y registro de consumo estimado en la etiqueta del producto; preguntas sobre la comodidad al interior de los espacios.*

- 3. Beneficios.** Se describen los posibles beneficios para los usuarios, derivados de su participación en el proyecto, en caso de que demostraran su interés. El texto indica:

- *Al término de la investigación:*
- *Se le informará sobre las medidas que puede tomar para mejorar las condiciones de temperatura al interior de su casa, invirtiendo poco o ningún dinero.*
- *Se le informará sobre medidas que puede tomar para reducir el consumo de energía por concepto de iluminación*
- *Recibirá una asesoría personalizada sobre hábitos familiares de ahorro energético, con la finalidad de que pague menos cada bimestre en la cuenta de electricidad.*

- *Se mostrará la cantidad aproximada de lo que puede ahorrarse cada bimestre en el pago de energía eléctrica aprovechando el potencial natural de su casa.*
- 4. Compromisos.** Se trata del acuerdo de confidencialidad de los datos con las familias para promover su seguridad patrimonial:
- *En todo momento se mantendrá el anonimato de las familias, sus datos (nombre, dirección) no aparecerán en el documento de investigación y no serán compartidos ni divulgados por ningún medio.*
 - *A cada caso de estudio se le asignará un número y este será su única identificación; de modo tal que no sea posible relacionarlos con una ubicación específica.*
 - *Las fotografías que se tomen, tampoco se publicarán en el documento ni en sus anexos; serán eliminadas en cuanto se termine el dibujo de los detalles.*
 - *En caso de que así guste y lo autorice, podrá incluirse en la página de agradecimientos del documento final.*
 - *El material informativo se dará a conocer a los participantes una vez que se haya concluido con el trabajo de investigación, lo cual está previsto para septiembre de 2012. Las citas para las asesorías se agendarían entre octubre y diciembre de 2012.*

Nota: La información marcada con asterisco (*) se eliminó de las encuestas por resultar irrelevante al redefinir los objetivos de la investigación durante el primer trimestre del año 2012, periodo en el que se realizaron los levantamientos.

4.3.2 Diseño de formatos para el levantamiento de datos en campo

Para el levantamiento de datos en campo, se desarrolló un formato compuesto por una tabla de claves para facilitar las anotaciones (Figura 26), cuatro tablas para el registro de información y una hoja para la elaboración de croquis para el levantamiento arquitectónico. Cada uno de estos elementos se describe a continuación:

ENCUESTA SOBRE CARACTERÍSTICAS DEL HOGAR

Habitantes y ocupaciones			
No.	Edad	Ocupación	Turno
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Grupos de edad		Turno	
< de 15	1	Matutino	M
De 15 a 19	2	Vespertino	V
De 20 a 39	3	Nocturno	N
De 40 a 59	4	Mixto	M
De 60 y +	5	N/D	N/D

Ocupación			
Hogar	H	Estudiante	E
Fuera	TF	Desempl.	D
En casa	TC	N/D	N/D

Número y potencia de luminarios								
Hab.	5 W	7 W	10 W	15 W	20 W	50 W	75 W	100 W
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

Equipos	Potencia (W/h)	Intensidad de uso				Edad (años)
		havera/Verano		Otoño/Invierno		
		Horas	Nivel	Horas	Nivel	
Cal.						
Aire. Ac.						
Vent.						
Otro						
Refrí						

Sensación térmica predominante

	Mañana	Tarde	Noche	Madrugada
Invierno				
Otoño				
Primavera				
Verano				

CROQUIS
Utilizar una hoja para cada porción de la envolvente, y detalle.

Materiales

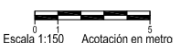
1 _____	5 _____
2 _____	6 _____
3 _____	7 _____
4 _____	8 _____

Figura 26. Formato para encuestas sobre características del hogar (Elaboración propia)

- Claves.** Se asigna un número del 1 al 5 por grupo de edad. 1 para menores de quince años, 2 de quince a diecinueve, 3 de veinte a treintinueve, 4 de cuarenta a cincuenta y nueve, 5 de sesenta y más. El apartado referente al *Turno* indica el horario en que los usuarios se encuentran fuera de casa. Para cada turno se signan letras mayúsculas, M para matutino, V para vespertino, N para nocturno, M para mixto, N/D cuando la información no se proporciona por cualquier razón. En *Ocupación*, se identifica la ocupación principal de los habitantes: H, para trabajo en el hogar; E, para estudiante; F para trabajo fuera de casa; TC para trabajos en casa, D para desempleado, N/D cuando la información no se proporciona por cualquier razón.
- Registro de habitantes y ocupaciones.** Se llena con las claves antes descritas, cada habitante de la vivienda ocupa una fila, en las columnas se detallan la edad, ocupación y turno de actividad principal.

3. **Número y potencia de luminarios.** Para el levantamiento de luminarios y potencia, con wattajes entre los 5 y los 100W.
4. **Equipos de acondicionamiento de aire.** En la primera columna se detallan los equipos de acondicionamiento de aire: calefacción, enfriamiento, ventiladores y otro. En la segunda columna la potencia, la intensidad y horarios de uso por temporada de calor en las columnas 3 y 4, para temporada de frío en las columnas 5 y 6, la columna 7 corresponde a la edad del equipo.
5. **Percepción subjetiva de confort.** Para preguntar al habitante encuestado por la sensación térmica al interior de la casa en las distintas estaciones del año y horas del día.
6. **Hoja de croquis.** Con clave para identificación. Se utiliza una hoja nueva para cada porción de la envolvente. Se inicia con las fachadas, se continúa con las losas de entrepiso y se termina con las azoteas. Al pie de cada hoja se encuentra un listado para describir los materiales y espesores que componen las porciones de la envolvente.

4.3.3 Diseño de cédula para el vaciado de datos de la envolvente arquitectónica

Planta_Nivel	 Escala 1:150 Acotación en metros
	Croquis
	Sup. terreno: xxx m ² Sup. construcción: xxx m ² Planta baja: xxx m ² Planta alta: xxx m ² Área libre: xxx m ²
	Datos generales
	CLAVE
	Vano: xxx m ² Macizo: xxx m ² Colindancia: xxx m ² Total: xxx m ²
	Orientación Fachada
	Vano: xxx m ² Macizo: xxx m ² Colindancia: xxx m ² Total: xxx m ²
	Orientación Fachada

Para la captura de datos de la envolvente arquitectónica se diseñó una cédula en la cual organizar la información del levantamiento (Figura 27). El formato de captura es *.dwg, mismo que se preparó para la impresión a escala 1:150. Cuenta con croquis de ubicación, y cuadro de datos que incluye: Superficie y orientación del terreno, superficie de construcción, áreas de cada planta, porcentaje de área libre y clave asignada a la vivienda. En el lado izquierdo se encuentra la sección de dibujo, y se definió el estilo de las acotaciones. Cada planta debía contar con colindancias, indicando el número de niveles (altura) de la edificación vecina. En la parte inferior se dibujan las fachadas, se acotan y se indica su orientación.

Figura 27. Formato para la captura de datos de la envolvente (Elaboración propia).

4.3.4 Diseño de formato para el vaciado de datos numéricos de la envolvente arquitectónica

LEVANTAMIENTO DE DATOS DE LAS PORCIONES

Clave 000000					Porcentaje Opaco	#iREF!	#iREF!
Niveles					Porcentaje Traslúcido	#iREF!	#iREF!
No.	O	V	H	Tipo de porción	Área	Descripción	
						Área de azotea	0
					0	Subtotal Opacos	#iDIV/0!
	N						
					0	Subtotal Traslúcidos	#iDIV/0!
						Área Norte	0
					0	Subtotal Opacos	#iDIV/0!
	E						
					0	Subtotal Traslúcidos	#iDIV/0!
						Área Este	0
					0	Subtotal Opacos	#iDIV/0!
	S						
					0	Subtotal Traslúcidos	#iDIV/0!
						Área Sur	0
					0	Subtotal Opacos	#iDIV/0!
	O						
					0	Subtotal Traslúcidos	#iDIV/0!
						Área Oeste	0

Figura 28. Libro de cálculo de Microsoft Excel diseñado para el registro de datos obtenida en los levantamientos (Elaboración propia).

El formato para la captura de los datos numéricos de la envolvente (Fig. 30) se diseñó para facilitar la entrada de la información recopilada en los levantamientos y organizarla de manera tal que facilitara la introducción de los mismos al formato para el Cálculo del presupuesto energético de la NOM-020 y otros programas de simulación. Resulta de mucha utilidad para DEEVi, porque comparte muchos de los parámetros de captura con la NOM-020.

El formato solicita la asignación de la clave del proyecto, y el número de niveles de la edificación, se debe indicar el número y tipo de porción, si esta es horizontal o vertical, el área que ocupa y la descripción de la porción. Las porciones se capturan en orden: se comienza con la azotea y se continúa según las manecillas del reloj, comenzando por la fachada norte. La tabla calcula el subtotal de áreas traslúcidas y opacas de cada fachada, además de calcular el total. En una de las hojas del libro de cálculo se encuentran los datos para registrar el desglose de los materiales de las diferentes porciones. En el ejemplo se presentan ya llenados con los datos obtenidos de los levantamientos (Figura 29).

CALCULO DE PORCIONES		Espesor (m)	Conductividad (W/mK)	Aislante (m ² K/W)
Masivos				
Ligeros				
Traslucidos				

Figura 29. Sección del libro de cálculo relativa a los materiales de cada porción de la envolvente (Elaboración propia).

4.3.5 Consideraciones para la elaboración de planos arquitectónicos aptos para el procesamiento de datos energéticos

La captura de datos energéticos en software puede simplificarse si desde el dibujo arquitectónico se facilita la obtención de información, esto con capas de dibujo y cuadros de datos diseñados de acuerdo con un perfil energético.

En un ejercicio colectivo durante un curso de formación en Sisevive (Infonavit, 2015) se llegó al consenso de que los requisitos mínimos para obtener un plano DEEVi, son:

1. Plantas arquitectónicas.
 - a. Sin muebles y puertas.
 - b. Sin achurados, texturas o sombras.
 - c. Sin ambientación.
 - d. Acotados a paños exteriores.
 - e. Polilínea de Envoltente Térmica.
 - f. Polilínea de Superficie de Referencia Energética.
 - g. Nomenclatura de ventanas, muros y espacios.
 - h. Cuadro de datos:
 - i. Orientación y ubicación geográfica con coordenadas decimales.
 - ii. Zona bioclimática
 - iii. Zona hídrica.
 - iv. Desviación con respecto al Norte.
2. Planta de azotea.
 - a. Sin sombras, texturas o achurados.
 - b. Acotada a paños exteriores.
 - c. Poli línea de envolvente térmica.
 - d. Cuadro de datos. Con los mismos datos que las plantas arquitectónicas.
3. Planta del sembrado.
 - a. Sin curvas de nivel o topográfico.
 - b. Sin redes.
 - c. Sin texturas, sombras, achurados. Sin ambientación.
 - d. Sin equipamiento.
 - e. Con cotas de las cuatro calles aledañas.
 - f. Polilínea de envolvente térmica. (por ejemplo: del tren de vivienda).
 - g. Nomenclatura de identificación de prototipos.
 - h. Cuadro de datos.
 - i. Orientación y ubicación geográfica con coordenadas decimales.

- ii. Zona bioclimática
 - iii. Zona hídrica.
 - iv. Desviación con respecto al Norte.
 - v. Altura promedio de los edificios.
 - vi. Distancia promedio entre edificios.
4. Cortes transversal y longitudinal.
- a. Sin texturas, muebles, sombras, achurado, etc.
 - b. Cotas para la pestaña de superficies: de nivel de piso terminado a nivel de losa terminada.
 - c. Cotas para la envolvente térmica: de lecho bajo de la losa en contacto con el suelo hasta el nivel de losa de azotea terminada. SIN PRETILES.
5. Fachadas todas.
- a. Sin texturas, muebles, sombras, ambientación, etc.
 - b. Nomenclatura de las ventanas.
 - c. Cotas de ventanas al vano de albañilería.
6. Instalación hidráulica en isométrico y en planta.
- a. Escala 1:1. O acotado en metros.
 - b. Unidades decimales. Arquitectural.
 - c. Sólo tubería de agua caliente y el calentador.
7. Detalles de puertas y ventanas.
- a. Sin texturas, sombras o achurados.
 - b. Cotas del vano de albañilería.
 - c. Cotas de los perfiles.
 - d. Cotas de Arem, Drem, Dvol, RetVol y la A (columna CY de DEEVI-sombras)
 - e. Especificaciones de marcos, vidrios y puertas (todas las capas).
8. Cortes por fachada.
- a. Uno por cada elemento constructivo (muros, losas) que tengan diferente material o proceso constructivo.
 - b. Se deben visualizar todas las capas del elemento constructivo.
 - c. Las capas de los muros, losa de azotea y losa de piso, acotadas en milímetros.
 - d. Especificaciones de materiales.
 - e. Cotas de volados, salientes y otros.
 - f. Sin texturas, rellenos o achurados.
9. Especificaciones de equipos calentador, ventiladores, aire acondicionado, accesorios de baño, tuberías (diámetros y material).

- a. Acompañado de certificado.

Recomendaciones generales:

- Trabajar con diferentes capas para cada elemento: una capa para muros exteriores, otra para muros interiores, otra para ventanas, etc.
- El dibujo debe estar configurado en metros y unidades decimales (SI).
- El dibujo configurado en espacio de trabajo Model.
- El dibujo está escala 1:1 (con posibilidad de tomar dimensiones directas).
- Los planos en versión AutoCAD 2010.

4.3.6 Diseño del protocolo de levantamiento de datos arquitectónicos

Para la obtención de datos útiles para una evaluación energética en vivienda existente, se requirió de la aplicación de un protocolo que contempló:

1. **Establecimiento de contacto con el usuario y planeación de la visita.** Se realizaron llamadas telefónicas a cada uno de los posibles participantes, explicando el proyecto de investigación y el motivo de la visita. De igual manera se describió el procedimiento a seguir una vez iniciada la visita y se estableció una cita con los propietarios o responsables de la vivienda, a la que se acudió en compañía de la persona de contacto/confianza.
2. **Realización de la visita.** Presentarse puntual a la visita, con la persona de contacto y con los siguientes materiales:
 - a. Identificación
 - b. Formato de contacto y explicación
 - c. Formato de confidencialidad
 - d. Formatos para levantamiento arquitectónico
 - e. Formato de encuesta
 - f. Tabla de levantamiento
 - g. Lápiz, goma, bolígrafo
 - h. Flexómetro
 - i. Nivel
 - j. Brújula
3. **Aplicación de la encuesta.** Para obtener información sobre el tamaño de los hogares, las edades y ocupación principal de los habitantes, los horarios de uso de la vivienda y la posesión de electrodomésticos (junto con su edad, y en algunos casos las etiquetas de eficiencia energética de los mismos).
4. **Levantamiento de información.** Comprende obtención de datos

- a. Arquitectónicos. Las dimensiones del terreno, la orientación del predio, los datos propios de la envolvente de la vivienda (dimensiones y materiales) la edad de la construcción y la altura aproximada –en niveles– de las construcciones colindantes.
 - b. Energético. También se consideró el número y tipo de luminarios instalados. Existencia de aparatos de acondicionamiento de aire.
 - c. Demográficos. Características del hogar.
 - d. Percepción subjetiva del confort. De acuerdo con las experiencias descritas por el usuario
5. **Vaciado de datos.** Los datos obtenidos en campo se ingresan en los formatos electrónicos para su posterior procesamiento y desarrollo de cálculos.

4.4 Aplicación de herramientas y metodologías

En este apartado se dan a conocer los elementos de la muestra mixta de vivienda autoconstruida y de vivienda de interés social desarrollada por el sector privado

Posteriormente, se explica el sistema adoptado para capturar la información tanto cuantitativa como cualitativa relativa a las porciones de la envolvente de todos los edificios, de una manera que permitiese comparar los distintos casos que se estudian.

4.4.1 Presentación de casos

En seguida se describen de manera individual los casos seleccionados para su estudio y comparación; empezando por la vivienda autoconstruida y concluyendo con la vivienda de interés social desarrollada por el sector privado. Las descripciones contemplan, entre otros aspectos: la categoría identificada de acuerdo con el Código de Edificación de Vivienda de Conavi (2007), el área de terreno y el área construida, la antigüedad y el estado del edificio, la distribución de las habitaciones y su orientación, la iluminación y la sensación térmica percibida, y los materiales de construcción apreciables a simple vista. También se menciona la composición de la familia habitante y un aproximado del tiempo diario de ocupación de cada vivienda.

4.4.1.1 Vivienda de autoconstrucción

Caso de estudio APV01

Vivienda unifamiliar, de 99m² de construcción en un solo nivel, en un terreno de 167 m². El inmueble se encuentra en buen estado de conservación, tiene una edad aproximada de 23 años.

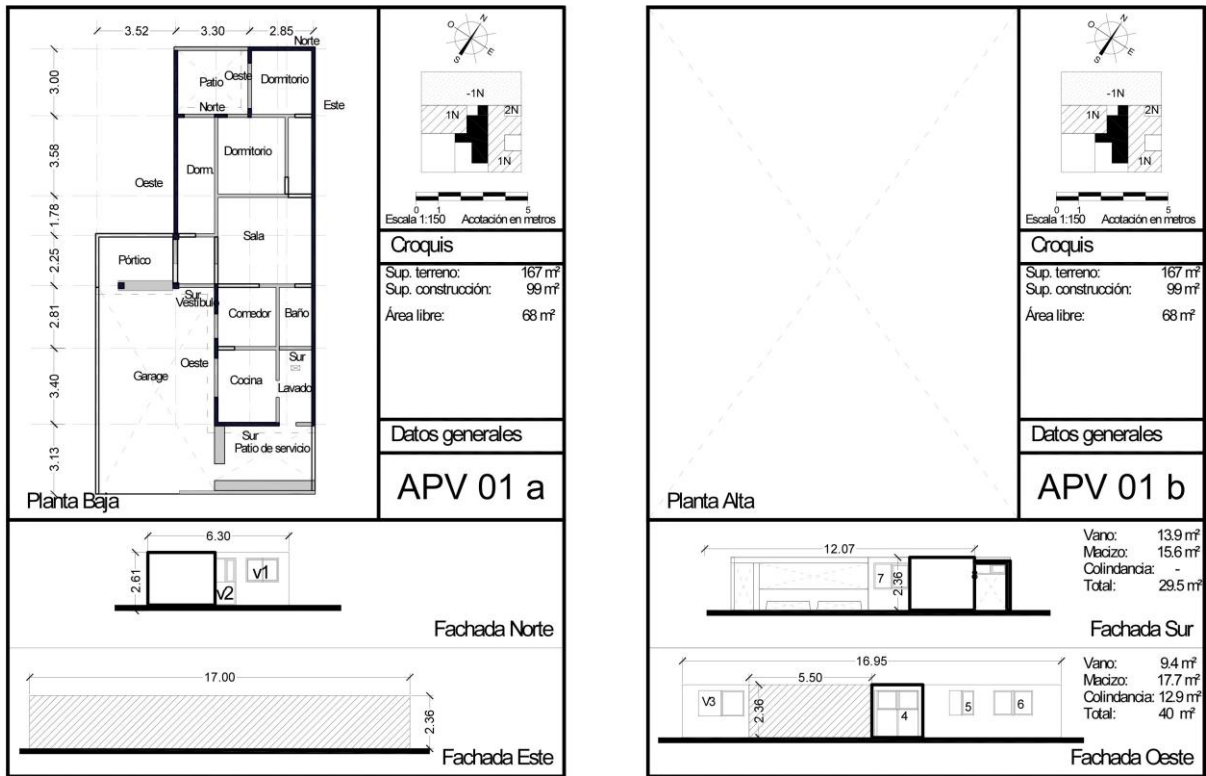


Figura 30. Plano APV-01 (Elaboración propia).

Habitada por familia nuclear compuesta por 5 miembros. Tienen tres mascotas: dos perros de talla pequeña y un gato. El padre de familia trabaja fuera de casa, la madre en casa, aunque tiene actividades fuera del hogar por las mañanas. Los hijos estudian lejos de la zona, así que se encuentran poco en casa, generalmente por las noches; uno de ellos sólo ocupa la vivienda los fines de semana.

Los materiales de construcción son duraderos: losa de concreto armado, muros de tabique rojo recocido, con acabados rústicos al exterior; al interior aplanados de yeso, con de azulejo en baño y loseta cerámica en algunas zonas de la cocina. El acceso se encuentra al sureste, la mayor parte de los vanos se localizan al suroeste, seguidos por los ubicados al noroeste y en menor medida al norte.

Las habitaciones se sienten bien iluminadas y la sensación térmica general de la vivienda es de confort, tendiendo ligeramente al calor, con excepción de una de las habitaciones, que por su orientación alineada con el eje de los vientos dominantes (noroeste) resulta fría. El aire se percibe limpio y sin estancamientos.

▪ Caso de estudio APV02

Vivienda unifamiliar, de 129m² de construcción en un solo nivel, en un terreno de 209 m². El inmueble se encuentra en buen estado de conservación, no se detectaron fisuras, agrietamientos ni humedades. Tiene una edad aproximada de 38 años. Las últimas modificaciones a la vivienda se hicieron hace aproximadamente 12 años.

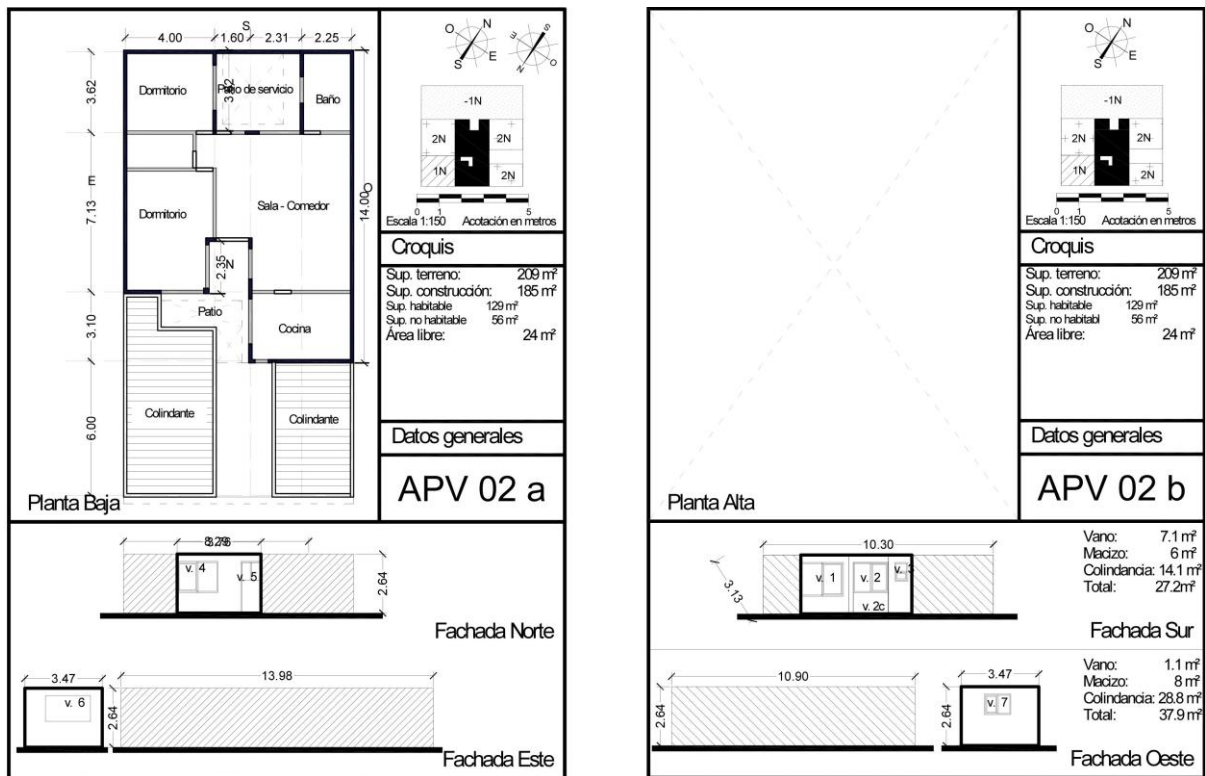


Figura 31. Plano APV-02 (Elaboración propia).

Habitada por familia nuclear compuesta por 2 miembros adultos y un adulto mayor. No tienen mascotas. No quisieron hablar de sus ocupaciones, sólo se sabe que el adulto mayor es jubilado y los hijos son adultos y solteros que trabajan fuera de casa sin un horario definido. La vivienda se ocupa intermitentemente a lo largo del día y difícilmente se encuentra vacía; reciben visitas con frecuencia.

Los materiales de construcción son duraderos: losa de concreto armado, muros de tabique rojo recocido, con acabado rústico grueso al exterior; al interior aplanados de yeso, con de azulejo en baño. El acceso se encuentra al sureste, la mayor parte de los vanos se localizan al noroeste, norte y en menor medida al este y al sur.

La iluminación es escasa, se hace necesario encender las luces aún antes de las 18:00hrs y la sensación térmica general de la vivienda tiende ligeramente al frío. Se percibe poca circulación del aire, exceptuando la el dormitorio suroeste, que está bien iluminado y ventilado gracias a un ventanal abierto con ese fin en la última modificación a la casa. Cuenta con dos locales comerciales que no están considerándose como parte de la envolvente, pues se construyeron independientes de la vivienda.

- Caso de estudio APV04

Vivienda unifamiliar, de 62.5 m² de construcción en un solo nivel, en un terreno de pendiente irregular de 170 m². El inmueble se encuentra en buen estado de conservación, no se detectaron fisuras, agrietamientos ni humedades, aunque la pintura presenta desgaste. Tiene una edad aproximada de 35

años. Las últimas modificaciones a la vivienda se hicieron hace aproximadamente 8 años, pero son externas a la envolvente; se trata de una serie de bodegas, dos de ellas en materiales duraderos y dos en lámina y madera.

Habitada por familia nuclear compuesta por 3 miembros: un adolescente, un adulto y un adulto mayor. No tienen mascotas. El adulto mayor se dedica al hogar, el adolescente estudia secundaria y el adulto responsable del menor trabaja fuera de casa. La vivienda se ocupa principalmente por las tardes y noches. Indican pasar toda la mañana en casa el fin de semana.

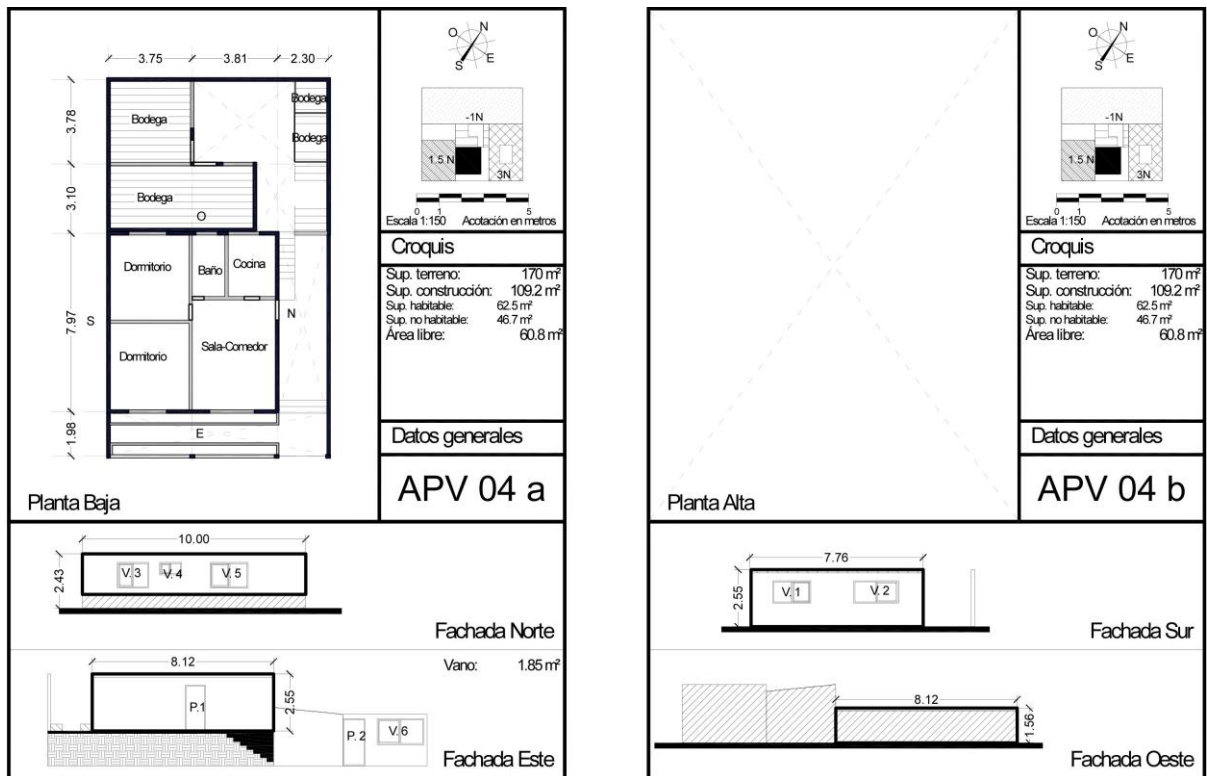


Figura 32. Plano APV-04 (Elaboración propia).

La parte habitable del inmueble está hecha con materiales duraderos: losa de concreto armado, muros de tabique rojo recocido, con aplanado simple al exterior; al interior aplanados de yeso, con de azulejo en el baño. El acceso al predio se ubica al sureste, mientras que el acceso a la vivienda se encuentra al este, los vanos se localizan al noroeste, y sureste.

La casa da la sensación de estar bien iluminada. La satisfacción de los usuarios con la sensación térmica fue óptima, sin quejas. El aire no parece estar viciado, aunque la sensación es de poco movimiento. Cuenta con cuatro bodegas separadas de la casa, que no se consideran parte de la envolvente, pues se construyeron de manera independiente y no comparten muros con la vivienda.

- Caso de estudio APV05

Vivienda unifamiliar, de geometría irregular y un área de construcción de 133m² en un solo nivel, en un terreno de polígono irregular de aproximadamente 300 m². El inmueble se encuentra en buen estado de conservación, no se detectaron fisuras, agrietamientos ni humedades. El costado norte de la vivienda colinda con un taller de doble altura en el que se trabaja cancelería de aluminio y fierro. El costado sur, está en obra para ampliación de la casa. La construcción actual tiene una edad aproximada de 30 años.

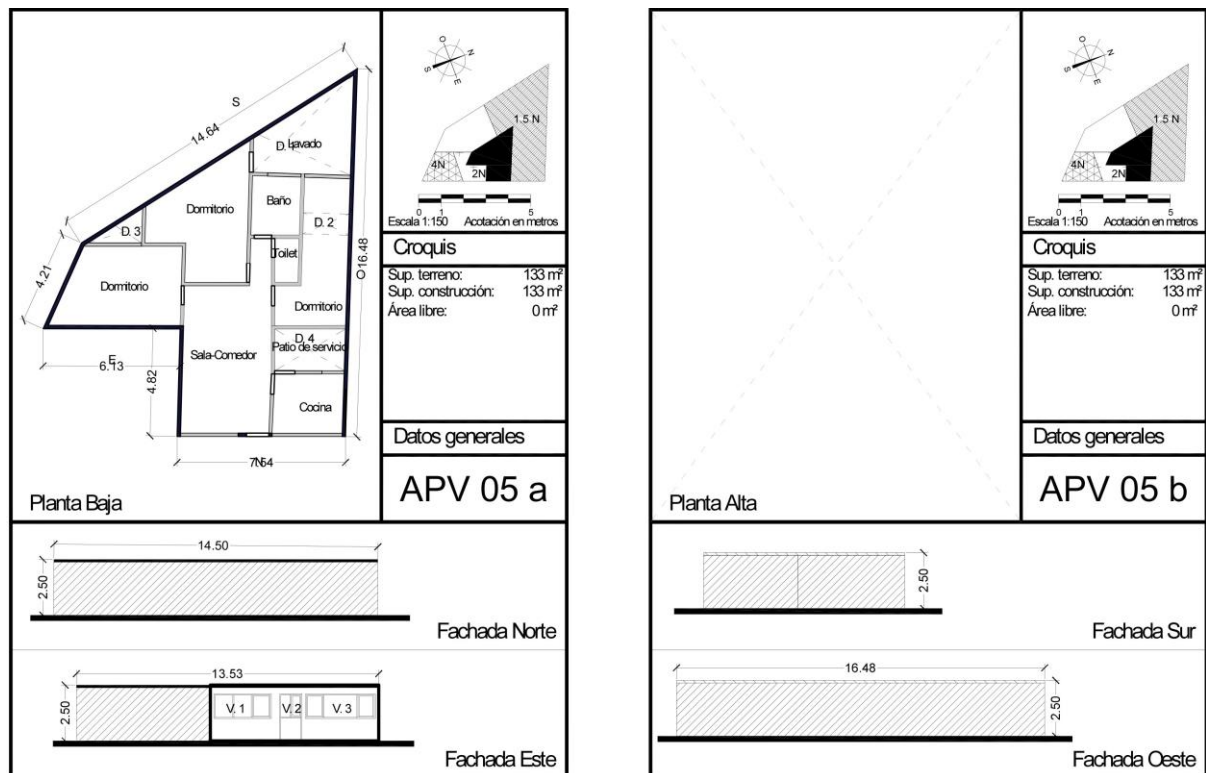


Figura 33. Plano APV-05 (Elaboración propia).

Habitada por familia nuclear compuesta por 5 miembros: dos adultos, dos jóvenes y un adolescente. Tienen 5 mascotas: cuatro perros de talla pequeña y un loro, este último se encuentra fuera de la vivienda. Los jefes de familia se dedican al negocio de la cancelería, trabajando en el taller vecino y el comedor de la casa. La vivienda se ocupa durante todo el día, en menor medida durante la mañana y con mayor intensidad después de las 19:00, aunque la mayoría de los miembros de la familia se encuentran en casa desde las 16:00. Reciben visitas eventualmente y cuentan con la ayuda de una empleada doméstica 3 veces por semana.

Los materiales de construcción son duraderos: losa de concreto armado, muros de tabicón gris, con aplanado fino al exterior; al interior aplanados de yeso, con de azulejo en baño y mosaico en cocina. El acceso se encuentra al este, y en esta fachada también se ubican las dos únicas ventanas al exterior

con las que cuenta la vivienda. La iluminación y ventilación naturales se dan mediante domos y tragaluces, de distintos materiales.

La iluminación es suficiente en la mayor parte de la vivienda, con excepción de la recámara matrimonial, que es oscura y un tanto fría, con respecto al resto de la vivienda casa. La visita a se hizo alrededor del mediodía y la sensación térmica era de calor ligero. La ventilación no parece suficiente, y es necesario abrir las puertas para que circule el aire. Actualmente se encuentra en obra de ampliación en el ala sur y se le está agregando un nivel a esta misma.

▪ Caso de estudio APV06

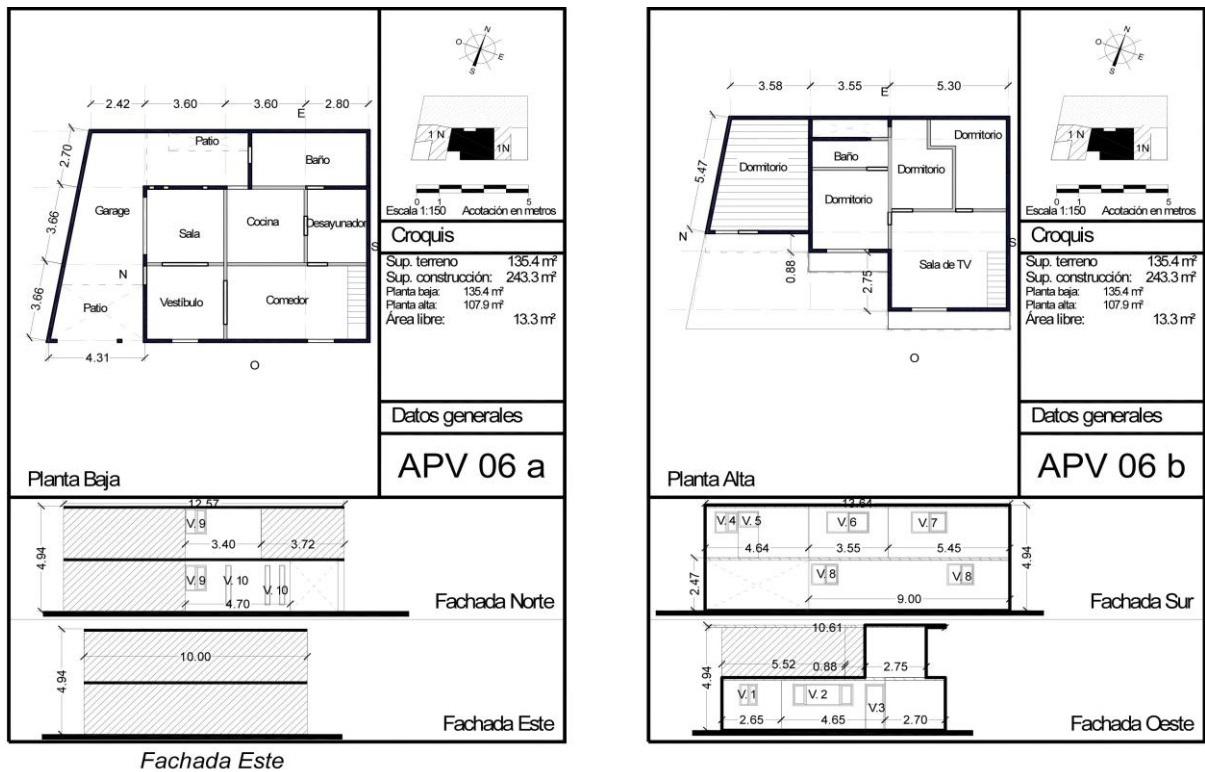


Figura 34. Plano APV-06 (Elaboración propia).

Vivienda unifamiliar, de 243m² de construcción en dos niveles, en un terreno irregular de 135 m². La planta baja comprende 122m² de construcción, en tanto que la planta alta es de 107.9m². No se detectaron fisuras ni humedades, pero la calidad de la construcción no es óptima: las esquinas de los muros presentan despostillamientos y desgastes, al igual que la escalera y los balcones. La primera etapa tiene una edad aproximada de 36 años, aunque la mayor parte de la vivienda se comenzó a construir hace 28 y se hicieron modificaciones hace menos de 10 años. Actualmente se está terminando el último cuarto, que hicieron separado de la casa para su alquiler.

Habitada por familia no-nuclear compuesta por 2 miembros adultos, dos jóvenes y un bebé. Tienen dos mascotas: dos perros de talla mediana que no entran a la vivienda y tienen guardada en el garage. Uno

de los jóvenes trabaja fuera de casa, en horario no fijo, preferentemente por las tardes, el otro se dedica al hogar y al cuidado del bebé. De los dos adultos, ambos trabajan, uno de ellos medio turno por las mañanas. La vivienda está ocupada todo el día, reciben pocas visitas durante la semana.

Los materiales de construcción son duraderos: losa de concreto armado, muros de tabicón gris, con aplanado sencillo al exterior; al interior aplanados de yeso y azulejo en los baños. El acceso se encuentra al oeste, la mayor parte de los vanos se localizan al sur y sureste, y en menor medida al oeste, pero se encuentran sombreados.

La iluminación es suficiente, y la sensación térmica general de la vivienda es de confort, con excepción de la cocina, que no está bien ventilada y se calienta mucho. Se percibe poca circulación del aire, probablemente porque las ventanas se mantienen cerradas. En la planta baja se ubican los servicios y áreas comunes, mientras que las áreas privadas y dormitorios se encuentran en la planta alta. La planta baja se percibe más fresca y confortable.

- Caso de estudio APV07

Vivienda unifamiliar, de 182.4m² de construcción en dos niveles, en un terreno regular de 200 m². El inmueble se encuentra en excelente estado de conservación, no se detectaron fisuras, agrietamientos ni humedades. Tiene una edad aproximada de 37 años. En la parte posterior del solar se ubican una bodega y un taller al aire libre, en el que se trabaja la carpintería y ebanistería, pero no están separados de la vivienda.

Habitada por familia no-nuclear compuesta por 2 adultos mayores, un adulto y un menor de 8 años. No tienen mascotas. No quisieron hablar de sus ocupaciones, sólo se sabe que el menor es estudiante y dos de los miembros trabajan fuera de casa, sin comentar el horario. La vivienda se ocupa intermitentemente a lo largo del día. Tienen planes de ampliar la edificación con un par de locales comerciales.

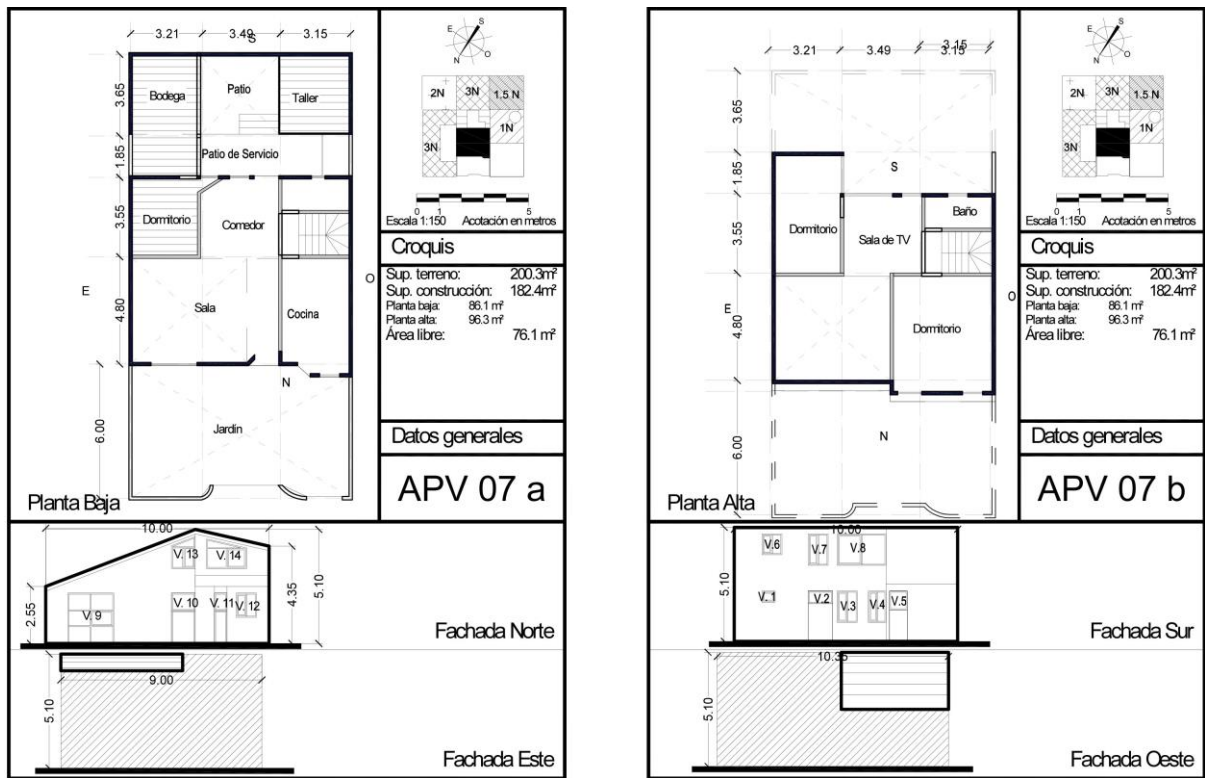


Figura 35. Plano APV-07(elaboración propia).

Los materiales de construcción son duraderos: losa de concreto armado, muros de tabique rojo recocido, con aplanado sencillo al exterior; al interior aplanados de yeso, con de azulejo en baño y en el área de sala, comedor y dormitorios rodapiés de lambrín de madera hasta una altura de 90cm. El acceso se encuentra al noroeste, y los vanos se ubican en esta misma orientación y también al sureste.

La iluminación es buena, la sensación térmica de la casa muy confortable. El aire se percibe limpio y con movimiento ligero en todas las habitaciones. Esta es la única casa de la muestra en la que un arquitecto colaboró con asesoría en el diseño, pero no con la supervisión de la obra. Fue construida por etapas, a lo largo de 8 a 10 años, respetando el plano original

4.4.1.2 Vivienda de interés social desarrollada por el sector privado

Se eligieron 3 casos de estudio, repartidos entre Iztacala y Tenayo, los cuales se presentan y describen a continuación.

- Caso de estudio VD01

Vivienda unifamiliar en terreno de 70 m² en dos niveles; la planta baja tiene una superficie de construcción de 66 m², la planta alta 53 m². El inmueble se encuentra en excelente estado de conservación, no se detectaron fisuras, agrietamientos ni humedades, y ha recibido mantenimiento constantemente. Tiene una edad aproximada de 30 años. Las últimas modificaciones a la vivienda se hicieron hace aproximadamente 5 años y constan de un baño de visitas en la planta baja y un techado

de material ligero en la parte trasera, en lo que correspondería al patio de servicio. Se modificó con anterioridad la fachada. Cuenta con tres dormitorios, 1½ baños, sala-comedor, cocina y patio de servicio.

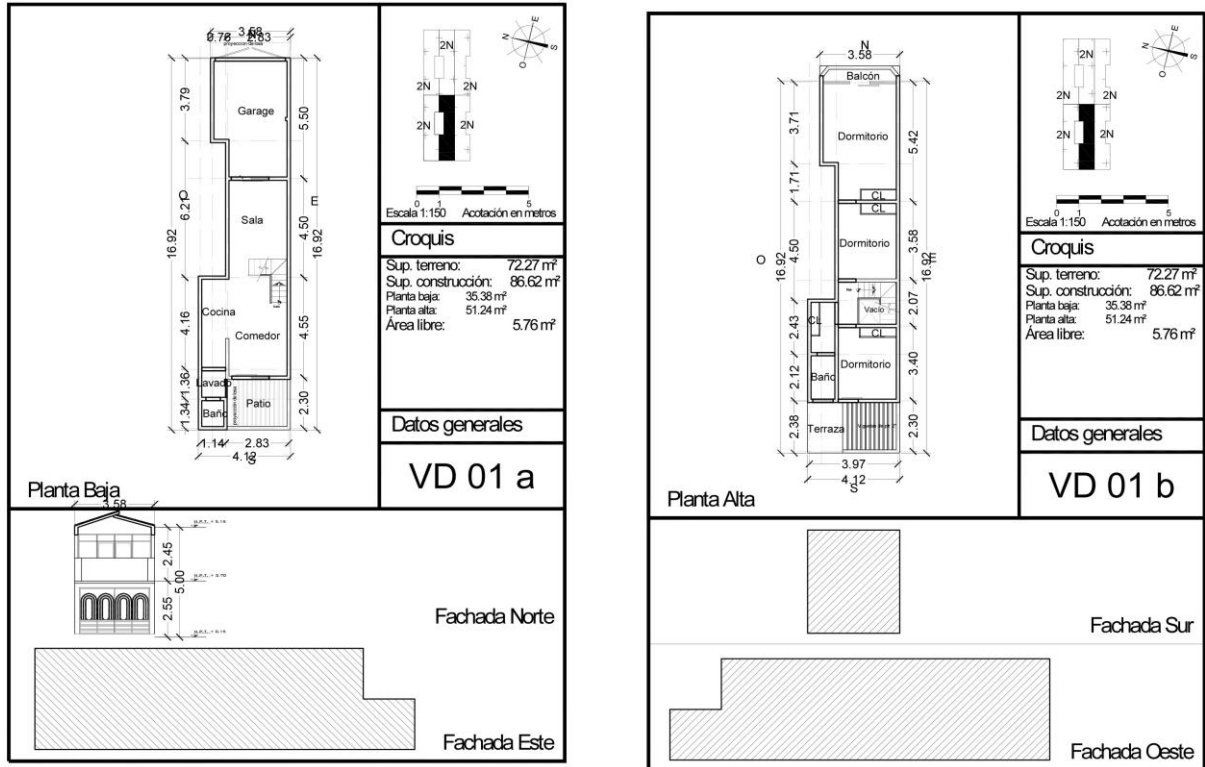


Figura 36. Plano VD01(Elaboración propia).

Habitada por familia nuclear compuesta por 4 miembros: dos adultos y dos menores de 14. No tienen mascotas. Ambos niños estudian y ambos padres trabajan. La casa está ocupada todo el día, por al menos uno de los integrantes de la familia, ya que sus turnos son dispares.

La construcción es de materiales duraderos: losa de concreto armado, muros de block de tabique hueco con aplanado simple al exterior; al interior aplanados de yeso, con de azulejo en el baño.

La casa da la sensación de estar bien iluminada. Los usuarios están satisfechos con el confort térmico, aunque hacen notar una tendencia al calor, que se controla abriendo ventanas y puertas. El aire no parece estar viciado, aunque la sensación es de poco movimiento, a menos que se abran puertas y ventanas a la vez.

- Caso de estudio VD02

Vivienda tipo dúplex en terreno de 93.75 m² en dos niveles; la planta baja tiene una superficie de construcción de 45 m², al igual que la planta alta. El inmueble se encuentra en excelente estado de

conservación, no se detectaron fisuras, agrietamientos ni humedades, y ha recibido mantenimiento constantemente. Tiene una edad aproximada de 12 años. No se han hecho modificaciones al prototipo original. Cada vivienda cuenta con tres dormitorios, 1 baño completo, sala-comedor, cocina, patio de servicio, garaje y jardín. La vivienda contigua es un espejo de la misma y entre ambas conforman una sola envolvente, pues comparten el muro del centro.

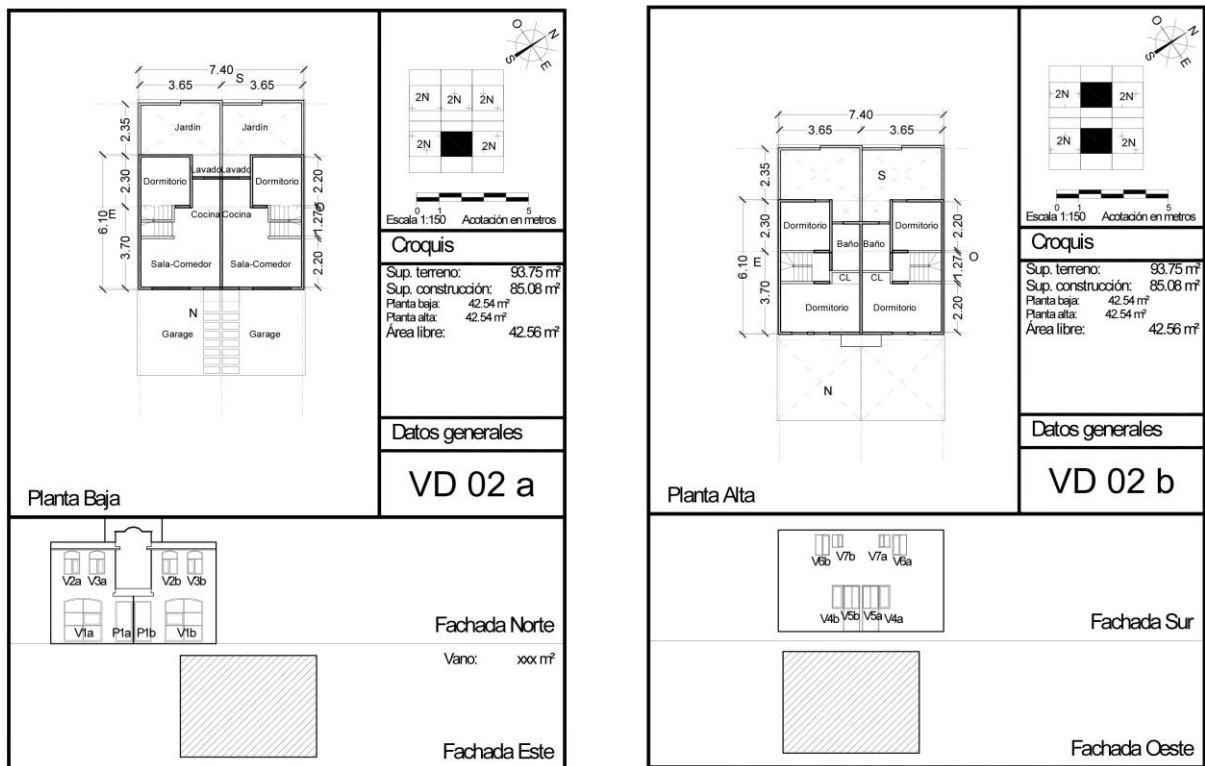


Figura 37. Plano VD02 (Elaboración propia).

Está habitada por familia nuclear compuesta por 3 miembros: dos adultos y un menor de 14. Tienen un perro de talla mediana. La madre se dedica al hogar y el pequeño asiste al jardín de niños, el padre trabaja fuera de casa. La casa está ocupada todo el día, por al menos uno de los integrantes de la familia, y está ocupada en su totalidad a partir de las 20:00. Reciben visitas frecuentemente y asistencia de una empleada doméstica dos veces por semana.

La construcción es de materiales duraderos: losa de concreto armado, muros de panel con aplanado simple al exterior; al interior aplanados de yeso, con de azulejo en baño y cocina.

La casa está bien iluminada. Los usuarios indican que la casa es ligeramente fría, sobre todo por las mañanas. El aire circula libremente y se siente limpio.

▪ Caso de estudio VD03

Vivienda cuádruplex en terreno de 105.09 m² en dos niveles; cada vivienda cuenta con 31.5 m², sumando un total de 126 m² de construcción. El inmueble se encuentra en excelente estado de conservación, no se detectaron fisuras, agrietamientos ni humedades, y ha recibido mantenimiento. Tiene una edad aproximada de 12 años.

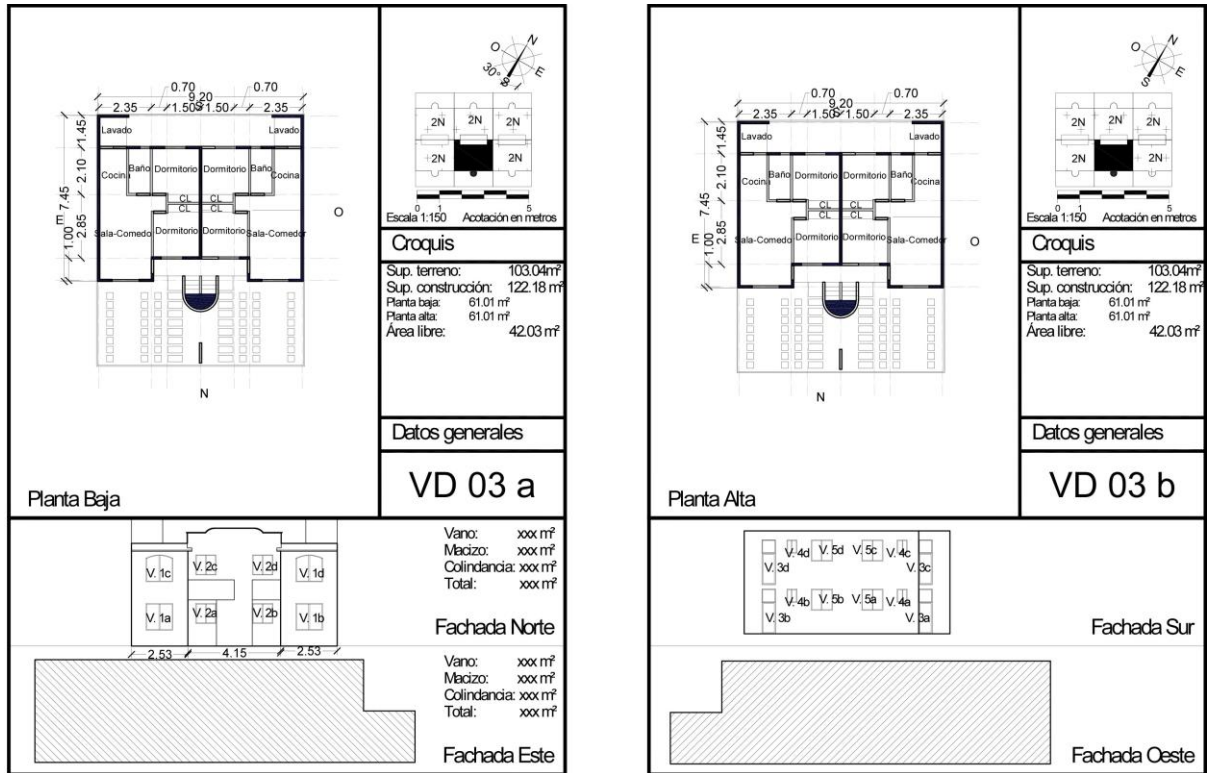


Figura 38. Plano VD03 (Elaboración propia).

No se han hecho modificaciones al prototipo original. Cada vivienda cuenta con dos dormitorios, 1 baño completo, sala-comedor, cocina, zotehuela y garaje. La vivienda contigua es un espejo de la misma y la planta alta repite el esquema. Cuatro viviendas conforman una sola envolvente, pues comparten el muro del centro

Está habitada por familia nuclear compuesta por 4 miembros: dos adultos y dos menores de 14. No tienen mascotas. Ambos padres trabajan. La casa se encuentra desocupada por la mañana, y a partir de las 16:00 se puede encontrar a la familia en casa, con excepción del padre, que llega alrededor de las 20:00

La construcción es de materiales duraderos: losa de concreto armado, muros de panel con aplanado simple al exterior; al interior aplanados de yeso, con de azulejo en baño y cocina.

La casa está bien iluminada. Los usuarios indican que la casa es ligeramente fría, sobre todo por las mañanas. El aire circula libremente y se siente fresco.

4.4.2 Materiales de construcción y procesamiento de datos para la captura

4.4.2.1 Desglose de las porciones de la envolvente

Al concluir con todos los levantamientos, para las porciones horizontales de la envolvente (losas) se identificaron 4 tipos de losa masiva, 3 ligeras y 5 traslúcidas. Las columnas de la tabla para cálculo de porciones horizontales (*Figura 39*) se estructuran como: clave, nombre de la porción, descripción de las capas de materiales, espesores, conductividades y resistencia térmicas.

CÁLCULO DE PORCIONES HORIZONTALES		Espesor (m)	Conductividad (W/mK)	Resistencia (m ² K/W)
Masivos				
HA	Sencilla	Mortero 0.020 Concreto armado 0.120	0.870 1.740	
HB	Con recubrimiento cerámico	Loseta 0.003 Mortero 0.020 Concreto armado 0.120	1.047 0.870 1.740	0.0029 0.0230 0.0690
HC	Con impermeabilizante	Impermeabilizante 0.001 Mortero 0.010 Concreto armado 0.120	0.870 1.740	- 0.0115 0.0690
HD	Losa de panel estructural núcleo espuma plástica 1	Impermeabilizante 0.001 Capa de compresión 0.055 Panel núcleo espuma 0.076 Recubrimiento conc. 0.025 Aplanado fino 0.015	0.820 0.044 0.870 0.870	- 0.0671 1.7240 0.0287 0.0172
Ligeros				
HD	Lámina de asbesto simple	Asbesto 0.010	0.582	0.0172
HE	Lámina de asbesto imp.	Chapopote 0.005 Asbesto 0.010	0.170 0.582	0.0294 0.0172
HF	Madera	Madera	0.130	0.0000
Traslúcidos				
HG	Vidrio	Vidrio 0.003	0.930	0.0032
HH	Cristal templado	Cristal templado 0.003	1.600	0.0019
HI	Acrílico	Acrílico 0.003	0.210	0.0143
HJ	Polycarbonato claro	Polycarbonato claro 0.005	0.190	0.0263
HK	Polycarbonato opaco	Polycarbonato opaco 0.005	0.220	0.0227

Figura 39. Tabla para cálculo de porciones horizontales. Fuente: Elaboración propia con valores energéticos de la NOM-020-ENER-2011.

Para las porciones verticales de la envolvente (muros), se identificaron (ver Figuras *Figura 40*, *Figura 41*, y *Figura 42*): 8 tipos de muro de tabique rojo, 2 tipos de panel estructurales de núcleo de espuma plástica, 7 tipos de muro de tabicón hueco gris, 3 tipos de elementos ligeros y 5 tipos de traslúcidos. Las columnas de la tabla para cálculo de porciones verticales de la envolvente se estructuran como: clave, nombre de la porción, descripción de las capas de materiales, espesores, conductividades y resistencia térmicas.

Porciones verticales		Espesor (m)	Conductividad (W/mK)	Aislante (m² K/W)
Muros de panel estructural, núcleo espuma plástica	P1 Panel estructural núcleo espuma plástica 1			
	Aplanado fino	0.0150	0.8700	0.01724
	Recubrimiento conc.	0.0250	0.8700	0.02874
	Panel núcleo espuma	0.0762	0.0442	1.72398
	Recubrimiento conc.	0.0250	0.8700	0.02874
	Aplanado fino	0.0150	0.8700	0.01724
P2 Panel estructural núcleo espuma plástica 2	Aplanado fino	0.0150	0.8700	0.01724
	Recubrimiento conc.	0.0250	0.8700	0.02874
	Panel núcleo espuma	0.0762	0.0442	1.72398
	Recubrimiento conc.	0.0250	0.8700	0.02874
	Mortero	0.0200	0.2600	0.07692
	Azulejo	0.0100	1.0470	0.00955

Figura 40. Tabla para cálculo de porciones verticales con muros de panel estructural y núcleo espuma plástica
Fuente: Elaboración propia con valores energéticos de la NOM-020-ENER-2011.

Porciones verticales Muros de tabique rojo		Espesor (m)	Conductividad (W/mK)	Resistencia (m ² K/W)
TR1	Tabique rojo 1			
	Tabique rojo	0.1000	0.8720	0.11468
TR2	Tabique rojo 2			
	Aplanado fino	0.0150	0.8700	0.01724
	Tabique rojo	0.1200	0.8720	0.13761
	Aplanado fino	0.0150	0.8700	0.01724
TR3	Tabique rojo 3			
	Pintura	0.0005		
	Aplanado fino	0.0150	0.8700	0.01724
	Tabique rojo	0.1000	0.8720	0.11468
	Aplanado fino	0.0150	0.8700	0.01724
	Yeso	0.0200	0.8100	0.02469
	Pintura	0.0005		
TR4	Tabique rojo 4			
	Pintura	0.0005		
	Aplanado fino	0.0150	0.8700	0.01724
	Tabique rojo	0.1000	0.8720	0.11468
	Mortero	0.0200	0.2600	0.07692
	Azulejo	0.0100	1.0470	0.00955
TR5	Tabique rojo 5			
	Aplanado rústico	0.0200	0.8700	0.02299
	Tabique rojo	0.1000	0.8720	0.11468
	Aplanado fino	0.0150	0.8700	0.01724
TR6	Tabique rojo 6			
	Pintura	0.0005		
	Aplanado rústico	0.0200	0.8700	0.02299
	Tabique rojo	0.1000	0.8720	0.11468
	Aplanado fino	0.0150	0.8700	0.01724
	Yeso	0.0200	0.8100	0.02469
	Pintura	0.0005		
TR7	Tabique rojo 7			
	Pintura	0.0005		
	Aplanado rústico	0.0200	0.8700	0.02299
	Tabique rojo	0.1000	0.8720	0.11468
	Mortero	0.0200	0.2600	0.07692
	Azulejo	0.0100	1.0470	0.00955
TR8	Tabique rojo 8			
	Pintura	0.0005		
	Aplanado	0.0200	0.8700	0.02299
	Tabique rojo	0.1000	0.8720	0.11468
	Aplanado	0.0200	0.8700	0.02299
	Lambrín	0.1300	0.1630	0.79755

Figura 41. Tabla para cálculo de porciones verticales con muros de tabique rojo. Fuente: Elaboración propia con valores energéticos de la NOM-020-ENER-2011.

Porciones verticales Materiales ligeros no estructurales		Espesor (m)	Conductividad (W/mK)	Resistencia (m² K/W)
TG1	Tabicón 1 Tabicón	0.1000	0.5900	0.16949
TG2	Tabicón 2 Aplanado fino	0.0150	0.8700	0.01724
	Tabicón	0.1000	0.5900	0.16949
	Aplanado fino	0.0150	0.8700	0.01724
TG3	Tabicón 3 Pintura	0.0005		
	Aplanado fino	0.0150	0.8700	0.01724
	Tabicón	0.1000	0.5900	0.16949
	Aplanado fino	0.0150	0.8700	0.01724
	Yeso	0.0200	0.8100	0.02469
	Pintura	0.0005		
TG4	Tabicón 4 Pintura	0.0005	0.0000	
	Aplanado fino	0.0150	0.8700	0.01724
	Tabicón	0.1000	0.5900	0.16949
	Mortero	0.0200	0.2600	0.07692
	Azulejo	0.0100	1.0470	0.00955
TG5	Tabicón 5 Aplanado rústico	0.0200	0.8700	0.02299
	Tabicón	0.1000	0.5900	0.16949
	Aplanado fino	0.0150	0.8700	0.01724
TG6	Tabicón 6 Pintura	0.0005		
	Aplanado rústico	0.0200	0.8700	0.02299
	Tabicón	0.1000	0.5900	0.16949
	Aplanado fino	0.0150	0.8700	0.01724
	Yeso	0.0200	0.8100	0.02469
	Pintura	0.0005		
TG7	Tabicón 7 Pintura	0.0005		
	Aplanado rústico	0.0200	0.8700	0.02299
	Tabicón	0.1000	0.5900	0.16949
	Mortero	0.0200	0.2600	0.07692
	Azulejo	0.0100	1.0470	0.00955
Porciones verticales Materiales ligeros no estructurales		Espesor (m)	Conductividad (W/mK)	Resistencia (m² K/W)
Ligeros				
L01	Aluminio	0.0040	204.0000	0.00002
L02	Lámina de fierro	0.0020	52.3000	0.00004
L03	Madera	0.0030	0.1630	0.00645
Traslúcidos				
T01	Vidrio	0.0060	0.9300	0.00654
T02	Cristal templado	0.0060	1.6000	0.00375
T03	Acrílico	0.0030	0.2100	0.01429
T04	Polycarbonato celular claro	0.0080	0.1900	0.04211
T05	Polycarbonato celular opaco	0.0080	0.2200	0.03636

Figura 42. Tabla para cálculo de porciones verticales con muros de tabicón gris y de materiales ligeros (Elaboración propia con valores de la NOM-020-ENER-2011).

4.4.2.2 Precaptura de las porciones

Para cada vivienda se realizó una tabla de precaptura; organizando así los datos de envolvente térmica (Figura 43).

Clave APV01				Porcentaje Opaco		307.49	96%	
Niveles				Porcentaje Traslúcido		12.47	4%	
No.	O	Tipo de porción	Área	Descripción				
1		HB	100.7	Losa plana de concreto, loseta cerámica		100%		
2	-	T02	0.12	Tragaluz de vitrobloc		0%	0.01%	
				Área de azotea		100.77		
3	N	TR6	4.28	Muro con acabado rústico, pintado de naranja				
4		TR2	9.78	Muro de colindancia				
5		L02	0.55	Porción metálica de cancel				
			14.61	Subtotal Opacos		84%		
6		T01	1.54	Ventana 1		1%		
6		T01	1.28	Ventana 2 (cancel)				
			2.82	Subtotal Traslúcidos		16%		
				Área Norte		17.43		
4	E	TR02	54.05	Muro de colindancia				
			Subtotal Opacos		100%			
			Subtotal Traslúcidos		0%			
				Este		54.05		
3	S	TR06	10.85	Muro con acabado rústico, pintado de naranja				
			10.85	Subtotal Opacos		69%		
6		T01	1.85	Ventana 7				
6		V01	3.05	Vacío				
			4.9	Subtotal Traslúcidos		31%		
				Área Sur		15.75		
3	O	TR6	17.45	Muro con acabado rústico, pintado de naranja				
4		TR2	17.92	Muro de colindancia				
5		L02	2.31	Porción metálica de cancel				
			127.3	Subtotal Opacos		96%		
6		T01	1.5	Ventana 3 (Cancel)				
6		T01	1.21	Ventana 4				
6	T01	1.92	Ventana 5					
			4.63	Subtotal Traslúcidos		4%		
				Área Oeste		131.96		

Figura 43. Formato de vaciado de datos (Elaboración propia).

En esta tabla, las columnas se refieren a: **No.** al número de la porción; **O** a la orientación; **Tipo de porción** se refiere a la composición de los materiales, utilizando las nomenclaturas de las tablas de las porciones de la envolvente; **Área** al área de la porción.

Una vez capturados todos los datos se procedió al llenado de la DEEVi para cada uno de los casos de estudio. Los resultados de los cálculos se presentan en el siguiente capítulo.

4.5 Conclusión al capítulo Obtención y procesamiento de datos

Esta fase se dividió en:

1. La selección de una muestra de vivienda que incluyera vivienda autoproducida y de interés social desarrollada por el sector privado
2. Diseño de herramientas metodológicas acordes a los instrumentos normativos (NOM-020-ENER-2011) y de evaluación (DEEVi)
3. Aplicación de herramientas: levantamiento y organización de datos en los casos de estudio
4. Aplicación de metodologías de cálculo y evaluación
5. Comparación de resultados de los cálculos entre las fracciones de la muestra

Las fases del desarrollo se detallan a continuación

Sobre la selección de la muestra

El Estado de México se encuentra en la zona centro de la República Mexicana y es la entidad federativa más densamente poblada del país y es la que registra mayor crecimiento en el mercado inmobiliario. Para identificar las características promedio de desarrollo municipal se recurrió a los resultados del Censo de Población y Vivienda 2010 en la sección Población, Hogares y Vivienda y se tomó en cuenta: 1) Población: Rango de edades, grado promedio de escolaridad; 2) Hogares: Número y tamaño de los hogares; 3) Vivienda y Urbanización: Número de habitaciones, dotación de servicios, posesión de bienes. Los hogares que cumplieron con las características promedio se identificaron Por AGEB.

Una vez seleccionada la zona de estudio, se eligieron los casos que cumplieran con 3 criterios más: Cercanía al centro administrativo del Municipio: 1) Que los elementos de la muestra representen las condiciones promedio de desarrollo municipal; 2) Disponibilidad y disposición de los ocupantes para participar en el ejercicio.

Con base en estos criterios, se considera que los elementos de la muestra presentan un perfil acorde con su situación geográfica y cuentan con elementos suficientes para identificar las variaciones que presente el análisis de los casos en conjunto.

Sobre el diseño y aplicación de las herramientas metodológicas

Una tarea particularmente provechosa en el transcurso de esta investigación fue el desarrollo de las herramientas metodológicas. El ejercicio de plantear un tipo de levantamiento más allá de lo arquitectónico y diseñarlo con base en una herramienta normativa, que en ese momento (2012) no contaba con guías para la aplicación, supuso un análisis detallado de los requisitos a cubrir en campo para recabar toda la información indispensable para el cálculo.

El desarrollo de las herramientas metodológicas puede dividirse en 3 fases principales:

- a. **Exploración.** Se analizaron las herramientas normativas: Metodología de cálculo del presupuesto energético de la NOM-020-ENER-2011; y de evaluación DEEVi del Sistema de evaluación de la vivienda verde. Con base en el análisis de necesidades de alimentación de cada una de ellas, se procedió a diseñar formatos para la obtención y manejo de la información
- b. **Diseño.** Una vez terminado el análisis de necesidades, se idearon:
- Folleto de contacto al usuario de la vivienda.
 - Formato para el levantamiento de datos.
 - Formatos para condensación y procesamiento de información
 - Cédula para vaciado de datos de la envolvente arquitectónica en formato *.dwg que considera: Dibujo de planos acotados, clave de identificación de la vivienda, superficies, colindancias con número de niveles)
 - Libro Excel para el vaciado de datos numéricos que comprende: Clave del prototipo/caso de estudio, número de niveles, superficies y porciones de la envolvente, orden de captura de acuerdo con las manecillas del reloj.
 - Consideraciones para la elaboración de planos arquitectónicos aptos para el procesamiento de datos energéticos. Con recomendaciones de juegos de planos específicos para evaluación energética: inclusión de *capas energéticas* en el dibujo asistido por computadora, cuadros de datos con: superficies de referencia energética, porciones de la envolvente, evitación de decoración en los planos, complementación del cuadro de datos con las zonas climática e hídrica, cortes, planos y fachadas limpios. Cotas especiales a paños interiores para cálculo de superficies de referencia y cotas exteriores para dimensiones energéticas. Detalles de cancelería y acabados, entre otros.
 - Protocolo para el levantamiento de datos energéticos que incluye:
 - Establecimiento de contacto con el usuario y planeación de la visita.
 - Realización de la visita (procedimiento y materiales)
 - Aplicación de encuesta
 - Levantamiento de información de acuerdo con formatos
 - Vaciado de datos en formatos electrónicos
- c. **Aplicación.** La aplicación de las herramientas se realizó en conformidad con las herramientas disponibles y diseñadas. Se consideró de extrema importancia la aplicación correcta del protocolo de visita, porque de un primer contacto exitoso depende el acceso a la edificación y la facilitación del levantamiento; y, de lo anterior, la calidad de los datos.

d. Retroalimentación, evaluación y valoración a futuro

- En una etapa muy tardía, tras la participación en la capacitación de Sisevive en junio de 2015, se consideró incluir información sobre consumo de electricidad, agua, gas en los formatos.
- En 2015 también, se consideró que los formatos pueden emplearse como apoyo cuando se busca una acreditación en el EC0431. “Promoción del ahorro en el desempeño integral de los sistemas energéticos de la vivienda”, punto en el que se abundará más adelante.

La planeación de una evaluación termoenergética de una edificación requiere de conocimientos y habilidades que competen a diferentes campos de especialidad. Una metodología de levantamiento de datos completa debe contemplar datos de tipo:

- a. **Geográfico.** Ubicación, coordenadas, orientación.
- b. **Demográfico.** Características de los hogares, para el estudio de hábitos de uso y ocupación de la vivienda.
- c. **Arquitectónico.** Datos geométricos y térmicos, tanto de la envolvente como del entorno.
- d. **Energético.** Número y características de equipos de acondicionamiento de aire. Número y características de luminarias. Número y características de electrodomésticos. Tarifas eléctricas.
- e. **Conductual.** Hábitos y horarios de uso de habitaciones y electrodomésticos. Percepción del confort.

Se reconocen 2 áreas de especialidad en el trabajo de la evaluación y certificación termoenergética de una edificación

- a. Para trabajo de campo. Técnico para la obtención y levantamiento de datos. Se requerirían habilidades técnicas en materia de:
 - i. Contacto con usuario
 - ii. Levantamientos arquitectónicos
 - iii. Cosecha y captura de datos energéticos
 - iv. Capacidad para el reporte de actividades y comunicación de resultados
- b. Para trabajo analítico. Para profesionales con conocimientos de planeación de experimentos y comportamiento termoenergético de las edificaciones.
 - i. Habilidad en la interpretación de datos energéticos
 - ii. Conocimiento de software especializado
 - iii. Conocimiento de reglamentaciones y sistemas de certificación

- iv. Capacidad de síntesis
- v. Capacidad y habilidad para hacer propuestas de diseño y optimización energética de las edificaciones

Sobre la aplicación de herramientas y metodologías de cálculo

Se considera que las herramientas diseñadas fueron aplicadas exitosamente en campo. Se levantaron datos de 9 viviendas: 6 ejemplos de vivienda autoconstruida y 3 prototipos de vivienda de interés social desarrollada por el sector privado:

Clave	Área (m ²)	Geometría	Niveles	Orientación de fachada principal	Tipo de materiales	Estado de conservación	Habitantes
APV01	99	Regular	1	SE	Duraderos	Muy bueno	5
AP02	129	Regular	1	SE	Duraderos	Muy bueno	3
APV04	62.5	Regular	1	SE	Duraderos	Bueno	3
APV05	133	Irregular	1	E	Duraderos	Bueno	5
APV06	243	Regular	1	O	Duraderos	Regular	5
APV07	182.4	Regular	2	NO	Duraderos	Muy bueno	4
VD01	119	Regular	2	O	Duraderos	Muy bueno	4
VD02	93.75	Regular	2	N	Duraderos	Muy bueno	3
VD03	126	Regular	2	SO	Duraderos	Muy bueno	4

Figura 44. Tabla de vista general de la muestra de vivienda (Elaboración propia).

Se identificaron 12 tipos de porciones horizontales, que comprenden: losas, pisos y cubiertas, de materiales masivos y ligeros. De las porciones verticales se identificaron: 17 variantes con materiales estructurales: 2 tipos de porción vertical de panel estructural, 8 ladrillo y 7 de tabicón (muros); y 8 verticales de materiales ligeros no estructurales (ventanas, puertas, divisiones) Se capturaron los valores: espesor, conductividad y resistencia térmicas para calcular sus valores U (coeficientes globales de transferencia de calor). En los formatos se asignaron claves para cada tipo de porción y se desglosó cada una de estas. Los datos geométricos de la envolvente se calcularon según dimensiones en planos.

5. INTERPRETACIÓN Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados de los cálculos del Presupuesto Energético, según la NOM-020-ENER-2011; de la Demanda Específica de Calefacción y de la Demanda Total Específica de Refrigeración con DEEVi para 6 ejemplos de vivienda autoconstruida y 3 prototipos de vivienda de interés social desarrollada por el sector privado.

Para cerrar el capítulo se presenta una comparativa de los resultados y un contraste de experiencia en la aplicación de ambas metodologías.

5.1 Cálculos del presupuesto energético

A continuación, se describen los resultados de los cálculos de ganancias por conducción, radiación y el porcentaje de ahorro en concordancia con el método de cálculo del presupuesto energético propuesto en la NOM-020-ENER-2011 para 6 casos de Vivienda autoconstruida y 3 casos de Vivienda de interés social desarrollada por el sector privado.

5.1.1 Cálculos del presupuesto energético en los ejemplos de vivienda autoconstruida

Se calcularon las ganancias por conducción, por radiación y totales con base en el procedimiento de cálculo de la NOM-020-ENER-2011 para una muestra de 6 viviendas autoconstruidas. A continuación, se presentan los resultados, contrastando las ganancias calculadas para el edificio de referencia y para el edificio proyectado en cada uno de los casos.

5.1.1.1 Ganancias por conducción

Todos los elementos de la muestra de vivienda autoconstruida tuvieron ganancias por conducción entre 1.8 y hasta 4.2 veces mayores a las calculadas para el edificio de referencia. En la Figura 45, se observa que las ganancias por conducción de referencia en los 6 ejemplos de la muestra se encuentran entre los 400 y los 1,000W, mientras que los valores proyectados rondan los 1,600 y 3,800W. En los elementos APV 01, APV02 y APV04 el valor proyectado es 3 veces mayor al de referencia, en APV05 el valor es 2 veces mayor y se multiplica por 5 en el caso de APV06 y APV07. Lo anterior indica que las viviendas con menor número de niveles mantienen una diferencia más baja entre los valores proyectados y los valores de referencia, de la anterior deducción se excluye únicamente el caso APV05, cuya geometría merece nuestra atención más adelante.

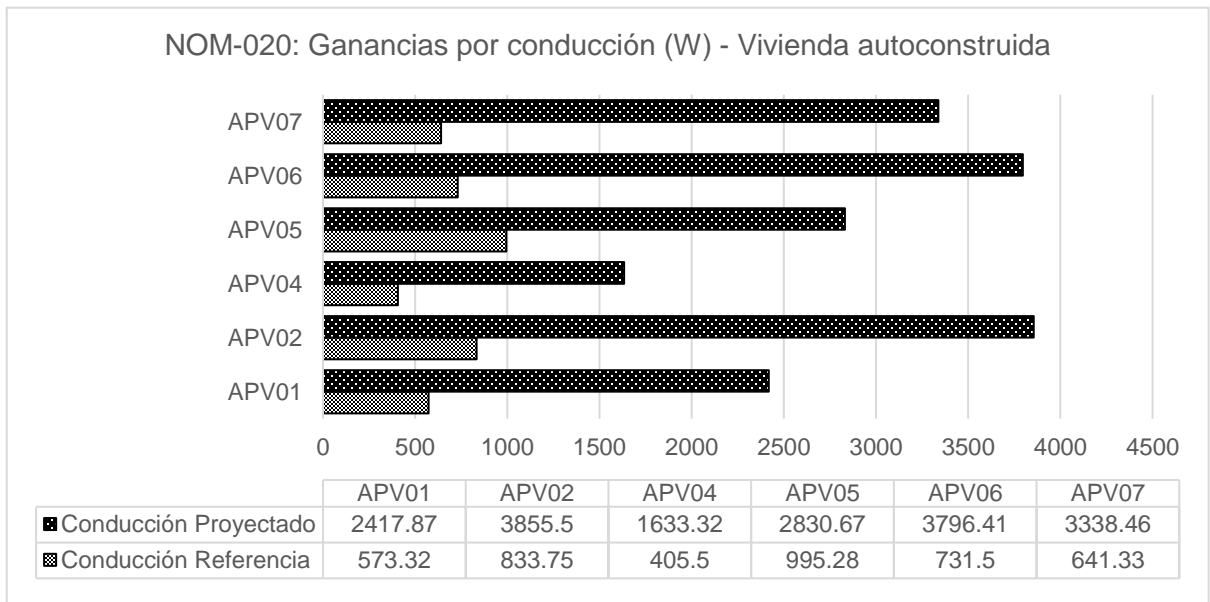


Figura 45. Gráfico de ganancias por conducción calculadas con la NOM-020-ENER-2011 en los ejemplos de Vivienda Autoconstruida. Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.2 Ganancias por radiación

En todos los ejemplos de vivienda autoconstruida, las ganancias por radiación proyectadas fueron entre 25% y 600% mayores a las del edificio de referencia. En la Figura 46, se observa que APV05 tiene una ganancia de referencia de 934W, mientras que su proyectada de 6,507W, lo cual indica que la presencia excesiva de domos y tragaluces en techo genera incrementos de 500% en las ganancias por radiación.

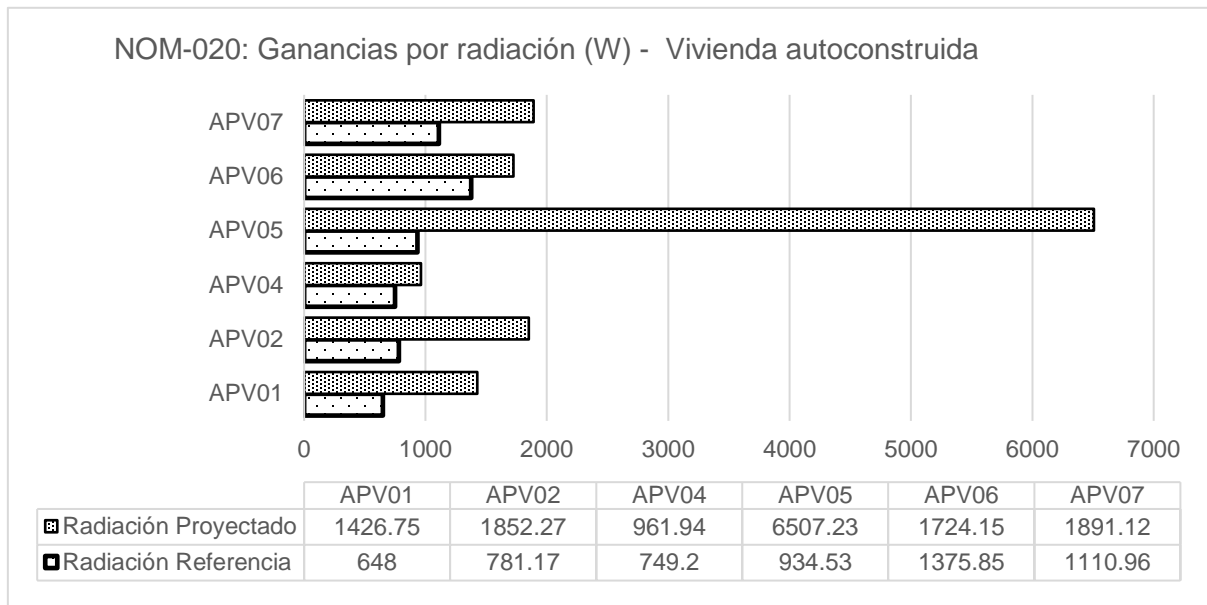


Figura 46 . Gráfico de ganancias por radiación calculadas con la NOM-020-ENER-2011 en los ejemplos de Vivienda Autoconstruida. Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.3 Ganancias de calor totales a través de la envolvente

Se identificó que en el 50% de los casos las ganancias por conducción corresponden a aproximadamente el 60% de las ganancias totales de la envolvente y en el 33% de los casos este valor se encuentra alrededor del 70%.

En la Figura 47, se distingue que, para el caso APV 05 las ganancias por radiación equivalen al 70% del total, lo que significa una ganancia adicional de más del 30%, con respecto al resto de los ejemplos. Esto se debe al exceso de área de domos y tragaluces.

Como puede verse en la misma Figura 47, los casos APV01, APV04 y APV07 mantienen un balance aproximado de 60% por conducción y 40% radiación, resultado de que estos casos tienen una distribución de planta más regular, con menor cantidad de facetas y presentan ventanas en únicamente dos orientaciones.

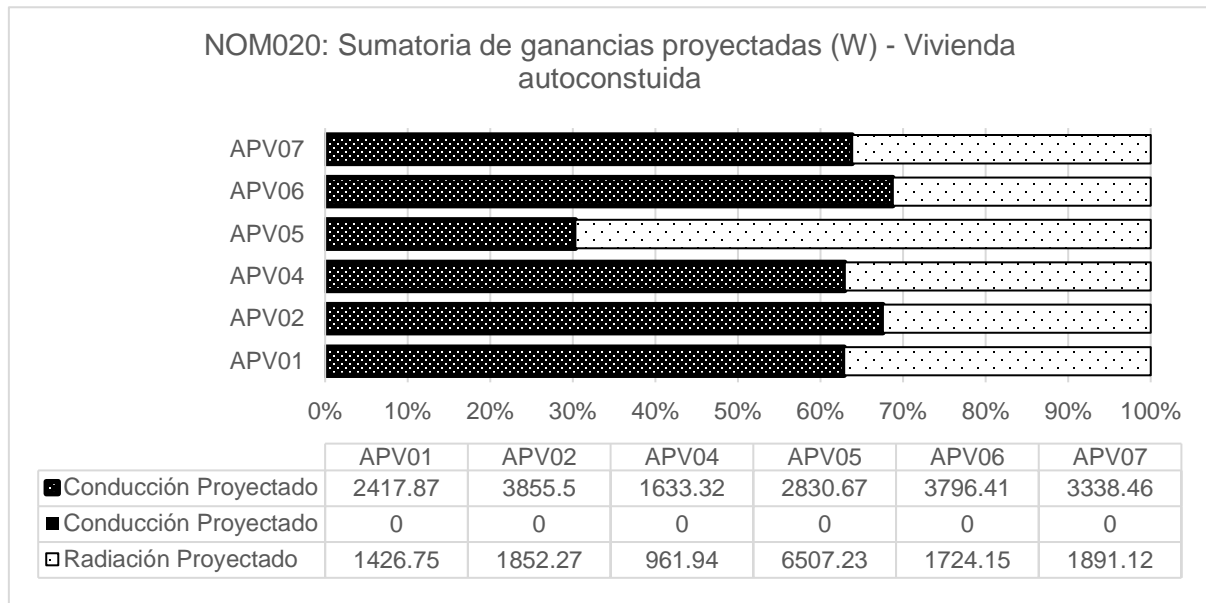


Figura 47. Gráfico de la sumatoria de ganancias por radiación y conducción calculadas con la NOM-020-ENER-2011 en los ejemplos de Vivienda Autoconstruida. Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.4 Cumplimiento con la NOM-020-ENER-2011

Todos los porcentajes de ahorro presentan valores negativos, esto indica que ninguna de las viviendas de la muestra aprobó la norma. Todas exceden el consumo proyectado por la norma para el edificio de referencia entre 125 y 384%. En la Figura 48, se observa que, nuevamente APV05 es el ejemplo más desfavorable, siendo su ahorro casi veces inferior al tolerado por la NOM. Este valor deriva de que la geometría de APV05 es desfavorable en varios aspectos, entre los cuales destaca que, el 10% de la superficie es traslúcida y mayormente cenital, hecho que genera un incremento de 600% en las ganancias por radiación y del 200% en las ganancias por conducción con respecto al cálculo de referencia.

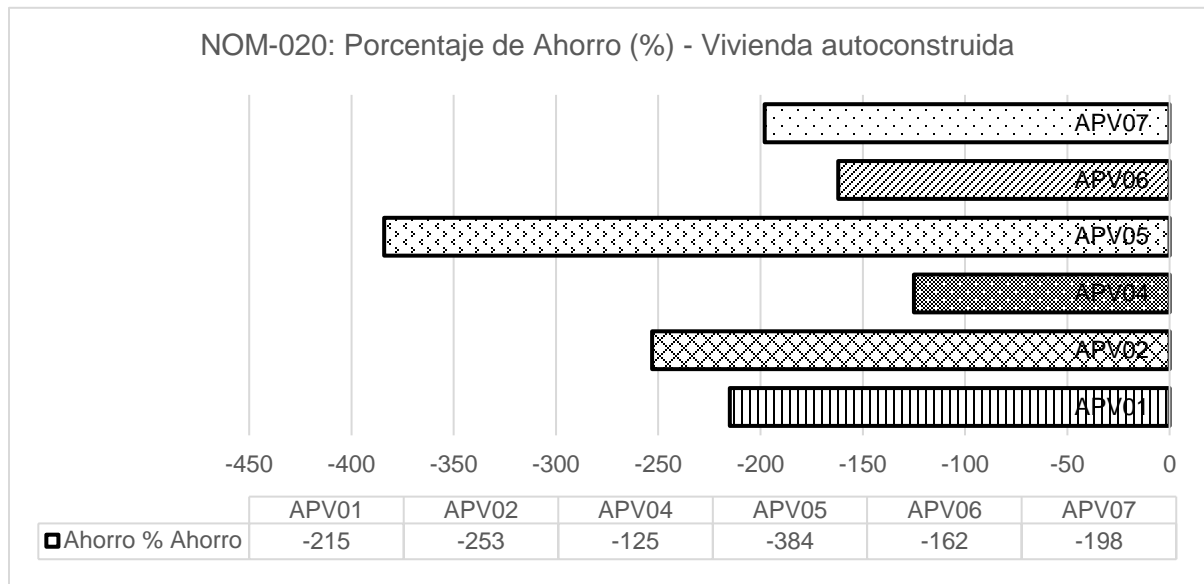


Figura 48. Gráfico del porcentaje de ahorro y cumplimiento con la NOM-020-ENER-2011 en los ejemplos de Vivienda Autoconstruida. Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Cálculos del presupuesto energético en los ejemplos de vivienda de interés social desarrollada por el sector privado

Se calcularon las ganancias por conducción, por radiación y totales con base en el procedimiento de cálculo de la NOM-020-ENER-2011 para una muestra de tres prototipos de vivienda de interés social. A continuación, se presentan los resultados, contrastando las ganancias calculadas para el edificio de referencia y para el edificio proyectado en cada uno de los casos.

5.1.2.1 Ganancias por conducción

Se observó que las ganancias por conducción en los ejemplos de Vivienda de Interés Social desarrollada por el sector privado son mayores a las de los valores de referencia entre 1 y 7 veces. La Figura 49 muestra que el valor de conducción proyectado para el prototipo VD01 (vivienda aislada) supera casi 3 veces el de referencia, en el caso de la del prototipo VD02 (vivienda dúplex adosada) el valor proyectado es 1.3 veces mayor al de referencia y en el caso del prototipo VD03 (vivienda cuádruplex) este es casi se multiplica por 7. Este exceso de ganancia térmica es atribuible al alto coeficiente de transferencia de calor de los materiales de diseño.

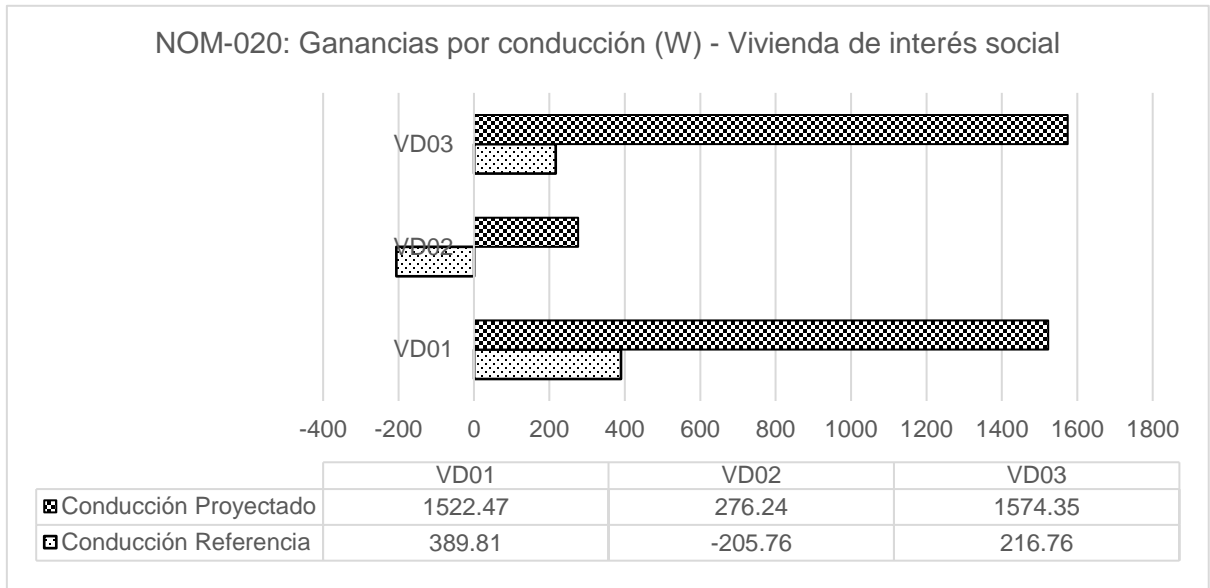


Figura 49. Gráfico de ganancias por conducción calculadas con la NOM-020-ENER-2011 en los ejemplos de Vivienda de Interés social. Fuente: Elaboración propia.

5.1.2.2 Ganancias por radiación

En el caso de las ganancias por radiación, los resultados se observan menos dramáticos. La Figura 50 muestra que el prototipo VD02 tiene ganancias proyectadas por 1,314 W, es decir, 50% superiores a los 866 W de referencia. En la misma figura, podemos observar que los prototipos VD03 y VD01 casi

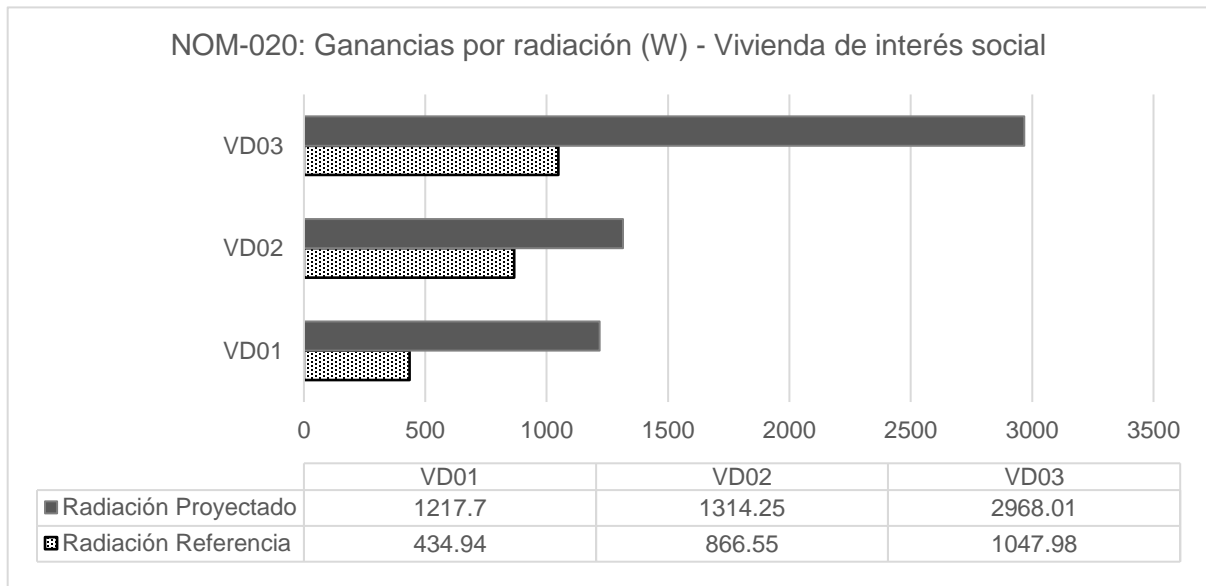


Figura 50. Gráfico de ganancias por radiación calculadas con la NOM-020-ENER-2011 en los ejemplos de Vivienda de Interés social. Fuente: Elaboración propia.

triplican los valores de referencia con 2,968 W y 1,217W y que VD01 y VD02 tienen ganancias muy similares (menos de 100W) de diferencia. El comportamiento de VD03 se explica porque tiene el mayor

número de ventanas en el mayor número de orientaciones: 20 unidades en 4 fachadas, además de que el 56% de su área de muro está expuesta a la radiación solar, a diferencia de VD02 cuya proporción fachadas asoleadas es únicamente del 15%.

5.1.2.3 Ganancias de calor totales a través de la envolvente

En los ejemplos de vivienda de interés social desarrollada por el sector privado, se tiene que: para el caso VD01 (vivienda aislada) las ganancias por conducción y radiación están proporcionadas en un balance de 55-45%, en tanto que el prototipo dúplex VD02 tuvo la mayor ganancia por radiación (+70%), probablemente debido a la amplitud de los ventanales en proporción a la fachada principal; en el caso de la vivienda cuádruplex VD03 el porcentaje de ganancias por conducción fue de aproximadamente 35%. En los ejemplos de vivienda de interés social desarrollada por el sector privado, se identificó que el mayor porcentaje de las ganancias son por radiación (VD02 y VD03). En la Figura 51, puede observarse que el prototipo VD01 (vivienda aislada) tiene el menor porcentaje de las ganancias por radiación, siguiendo una proporción 45-55%, debido a que el área de muro expuesta a la radiación es de únicamente 15% y las ventanas ocupan solamente el 3% de la superficie total de la geometría. En tanto que el prototipo dúplex VD02 tuvo la mayor ganancia por radiación (+70%) debido a que el 52% de su fachada recibe radiación y tiene 16 ventanas que representan el 30% del área de fachada y 5 del total de la superficie de la envolvente.

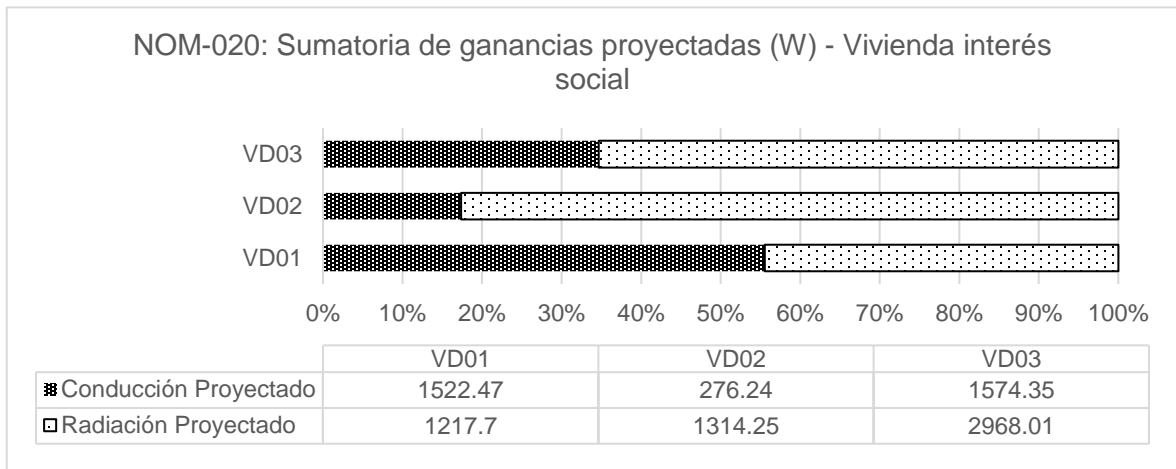


Figura 51. Gráfico de la sumatoria de ganancias por radiación y conducción calculadas con la NOM-020-ENER-2011 en los ejemplos de Vivienda de interés social. Fuente: Elaboración propia.

5.1.2.4 Porcentaje de ahorro y cumplimiento con la NOM-020-ENER-2011

En ninguno de los casos analizados se cumplió con la NOM020. Los presupuestos energéticos de las viviendas proyectadas excedieron los consumos proyectados -entre un 140 y 240%. En la Figura 52, se observa que el prototipo VD01 tiene obtiene la evaluación más desfavorable con un pronóstico de sobreconsumo superior en un 60% al de los otros dos casos debido a que el 54% de la fachada expuesta al asoleamiento corresponde a ventanales, lo que dispara las ganancias por radiación.

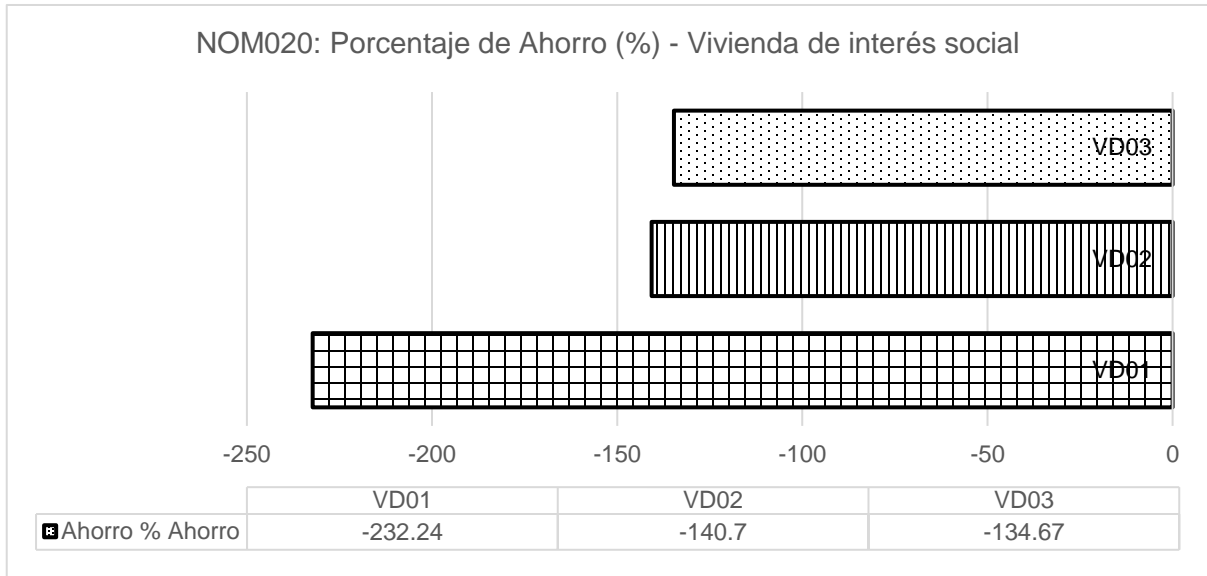


Figura 52. Gráfico del porcentaje de ahorro y cumplimiento con la NOM-020-ENER-2011 en los ejemplos de Vivienda de interés social. Fuente: Elaboración propia.

5.2 Cálculos de las demandas estimadas de energía por climatización artificial con DEEVi

A continuación, se describen los resultados de los cálculos de las demandas estimadas de energía por climatización artificial con DEEVi para seis casos de vivienda autoconstruida y tres casos de vivienda de interés social desarrollada por el sector privado.

5.2.1 Cálculos de las demandas estimadas de energía por climatización artificial con DEEVi en los ejemplos de vivienda autoconstruida

Se calcularon las demandas estimadas de energía por climatización artificial con DEEVi para una muestra de seis ejemplos de vivienda autoconstruida. A continuación, se presentan los resultados, separados por demanda específica de calefacción (DEC), demanda total específica de refrigeración (DTER) y demanda específica total (DET).

5.2.1.1 Demanda específica de calefacción

Se identifica que, a pesar de las diferencias en la configuración geométrica de las envolventes de cada vivienda, las demandas proyectadas de calefacción por metro cuadrado al año son bastante parecidas unas con las otras; en la Figura 53 se observa una diferencia máxima del 30% entre la mayor (APV01) y la menor (APV05). Estas diferencias se deben a que los casos de estudio fueron analizados con los mismos materiales, y las variaciones en la DEC dependen de las configuración geométrica del espacio, no así del material.

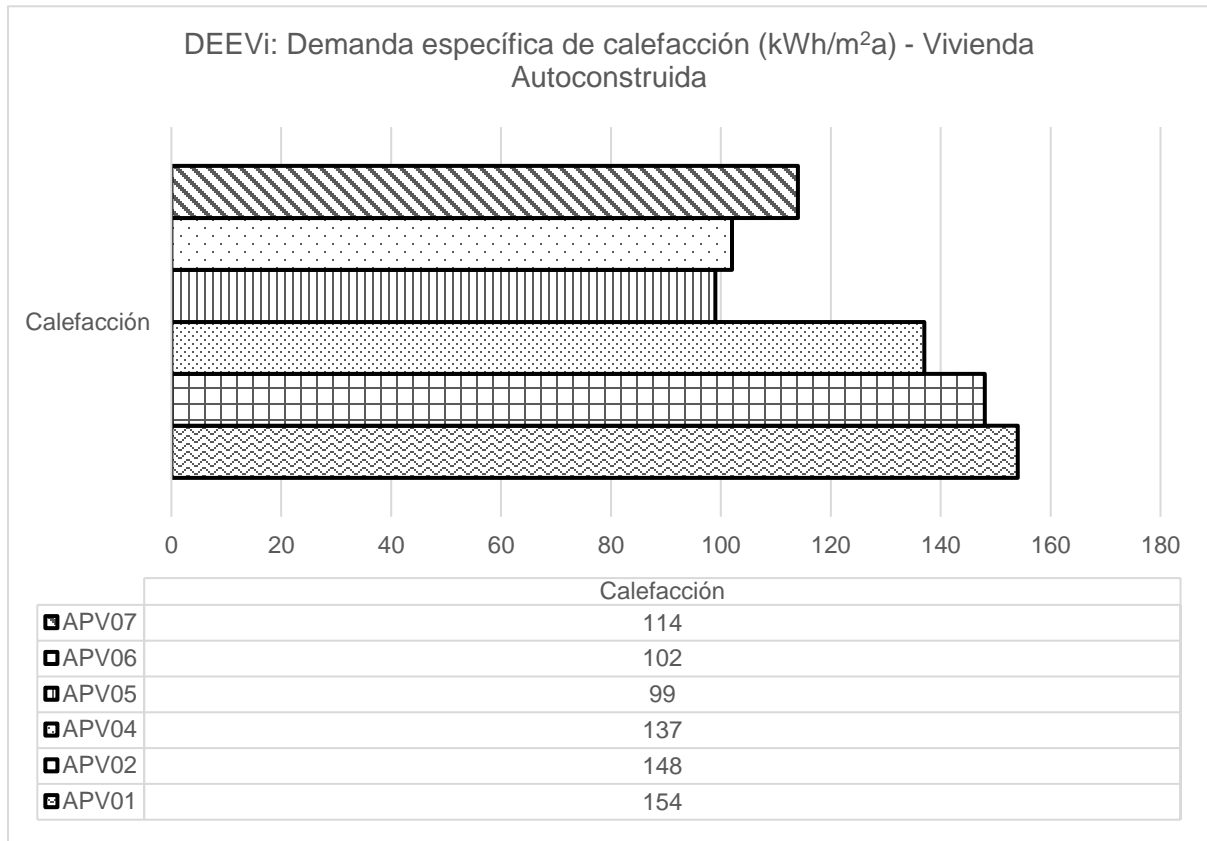


Figura 53. Gráfico de la Demanda específica de calefacción calculada con DEEVi en los ejemplos de Vivienda autoproducida. Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.2 Demanda total específica de refrigeración

Se identifica que la DTER en la vivienda autoconstruida es muy variable; en la Figura 54 se encuentra el origen de la referencia. se observa que va de los 21 kWh/m²a los 106 kWh/m²a. Puede distinguirse que la DTER de APV05 duplica la de APV01, APV03 y APV04 (que ronda los 50 kWh/m²a) y prácticamente quintuplica la DTER de APV06 (21 kWh/m²a). En el caso de APV05 el exceso de ventilación cenital es responsable de la carga proyectada tan disparada.

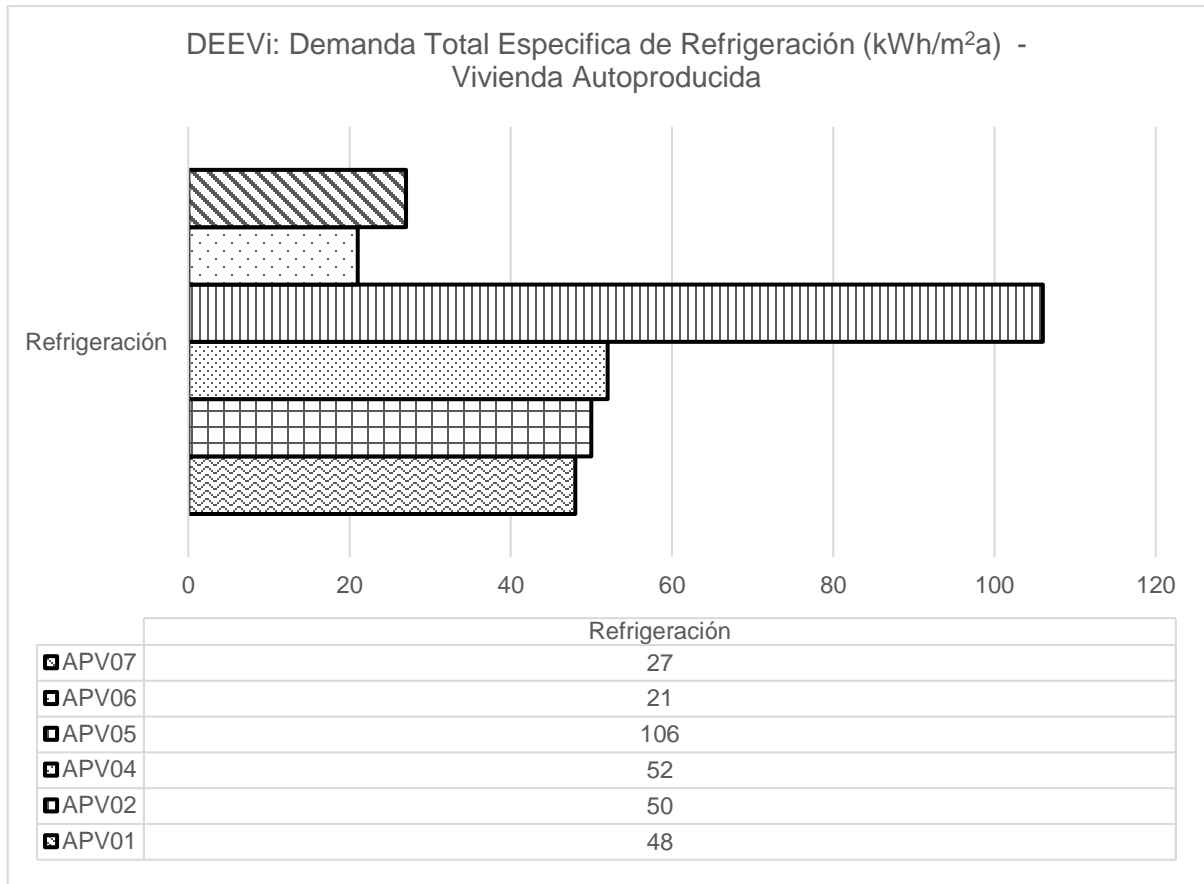


Figura 54. Gráfico de la Demanda total específica de refrigeración calculada con DEEVi en los ejemplos de Vivienda autoconstruida. Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.3 Sumatoria de las demandas estimadas para climatización artificial

Se observa que, las demandas de energía para calefactar el espacio son significativamente mayores a las de la energía requerida para refrigeración del aire. En la Figura 55, se observa que la energía específica para calefacción y refrigeración siguen proporciones alrededor del 80-20% en los casos APV06 y APV07 y del 70-30% en los casos APV01, APV02, APV04. En el caso APV05, el balance es casi 50-50, nuevamente, debido al exceso de domos y tragaluces. El hecho de que las demandas de

calefacción sean mayores a las de las demandas de refrigeración se debe a que nos encontramos en un clima templado subhúmedo, en el que los periodos de bajo calentamiento son mayores a los de sobrecalentamiento.

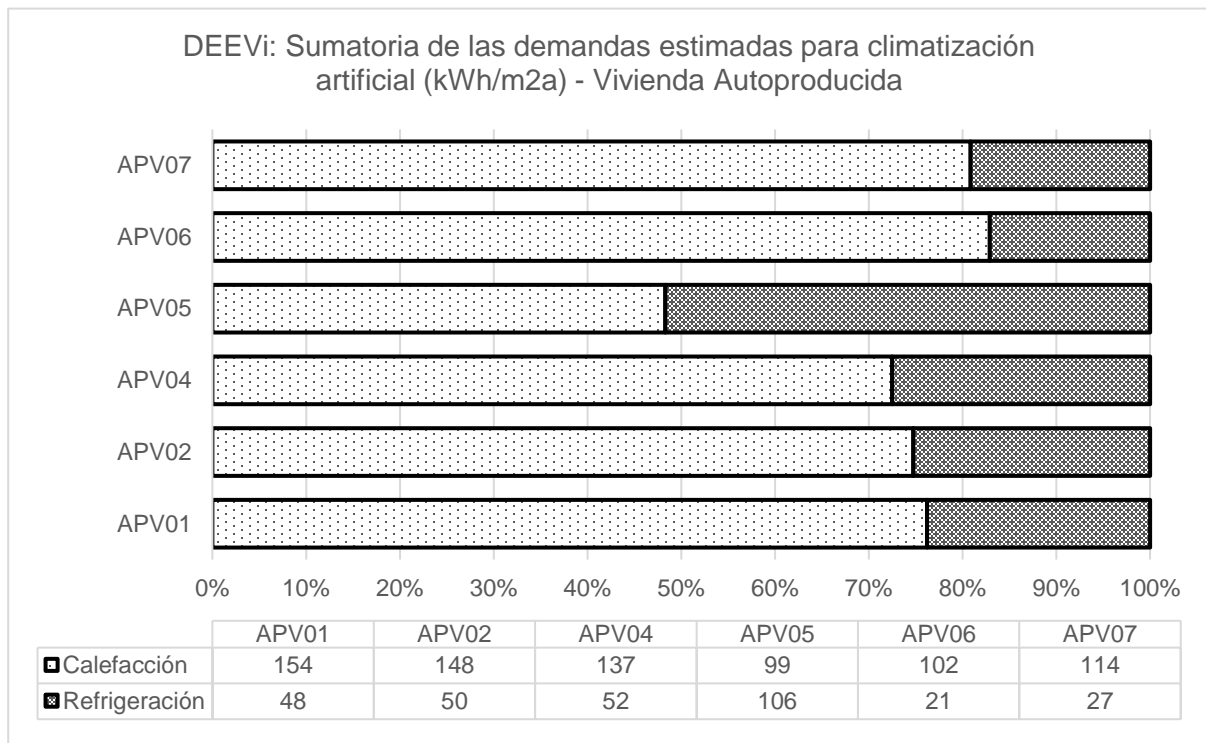


Figura 55. Gráfico de la sumatoria de las demandas estimadas para climatización artificial calculadas con DEEVi en los ejemplos de Vivienda autoconstruida. Fuente: Elaboración propia.

5.2.2 Cálculos de las demandas estimadas de energía por climatización artificial con DEEVi en los ejemplos de vivienda de interés social desarrollada por el sector privado

Se calcularon las demandas estimadas de energía por climatización artificial con DEEVi para una muestra de tres prototipos de vivienda de interés social desarrollada por el sector privado. A continuación, se presentan los resultados, separados por demanda específica de calefacción (DEC), demanda total específica de refrigeración (DTER) y demanda específica total (DET).

5.2.2.1 Demanda específica de calefacción

Se observa que la demanda específica de calefacción en la vivienda de interés social varía unos 40 kWh/m²a entre prototipos. En la Figura 56, podemos observar una DEC de de 95 kWh/m²a para el prototipo dúplex (VD02) y de 126 kWh/m²a para el cuádruplex (VD03) y de 176 kWh/m²a para el unifamiliar (VD01). La demanda significativamente mayor de VD03 se debe especialmente a las dimensiones de las ventanas que ocupan el 30% de la fachada expuesta al sol, lo que genera pérdidas de calor constantes a lo largo del día, se suma a esto que la fachada inferior tiene ventanas que jamás reciben radiación directa por encontrarse sombreada el 100% del tiempo.

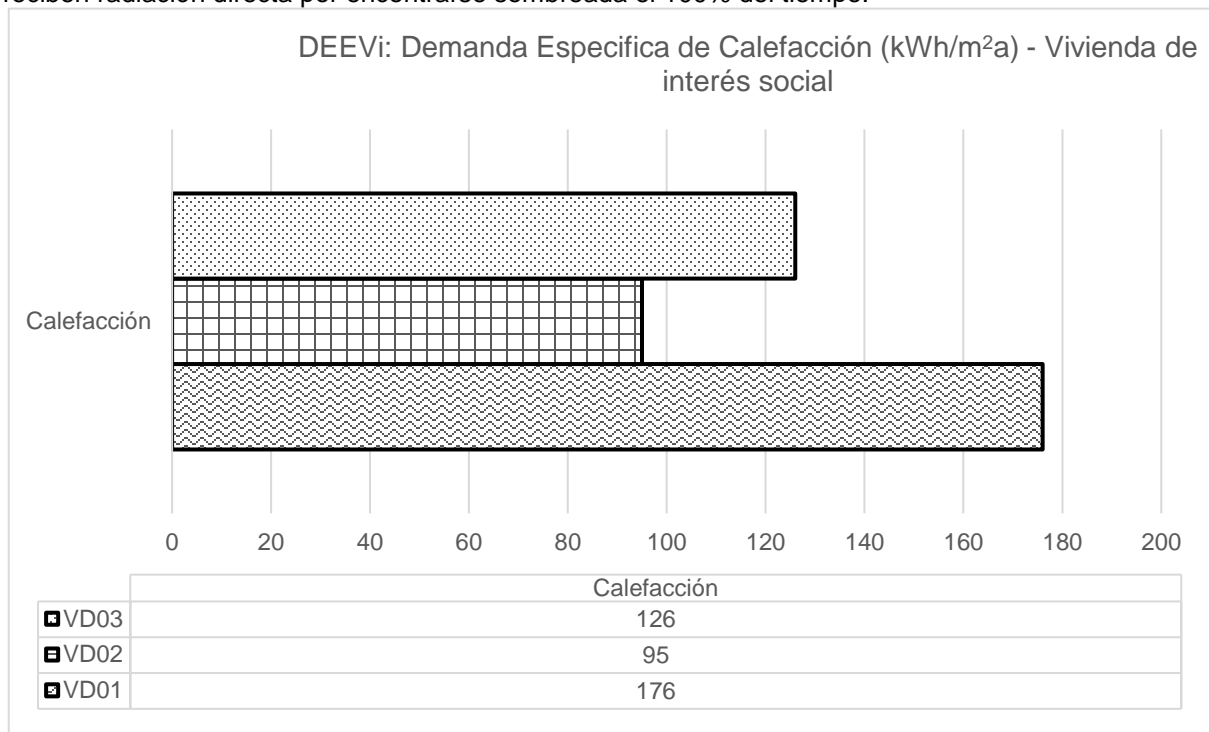


Figura 56. Gráfico de la Demanda específica de calefacción calculada con DEEVi en los ejemplos de Vivienda de interés social. Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.2 Demanda total específica de refrigeración

Se observa que, nuevamente el caso más desfavorable es la vivienda cuádruplex. La Figura 57 muestra que las demandas totales específicas de refrigeración son significativamente bajas (menores al 10%) para los casos de VD01 y VD02 por lo que, en estas viviendas, no se requeriría de equipos de acondicionamiento de aire (según los criterios de DEEVi). El prototipo cuádruplex la DTER sí ameritaría el uso de aire acondicionado (en un clima templado) debido a la mayor exposición de vanos a diferentes orientaciones, que generan que el consumo se duplique e incluso cuadruple con respecto a sus contrapartes.

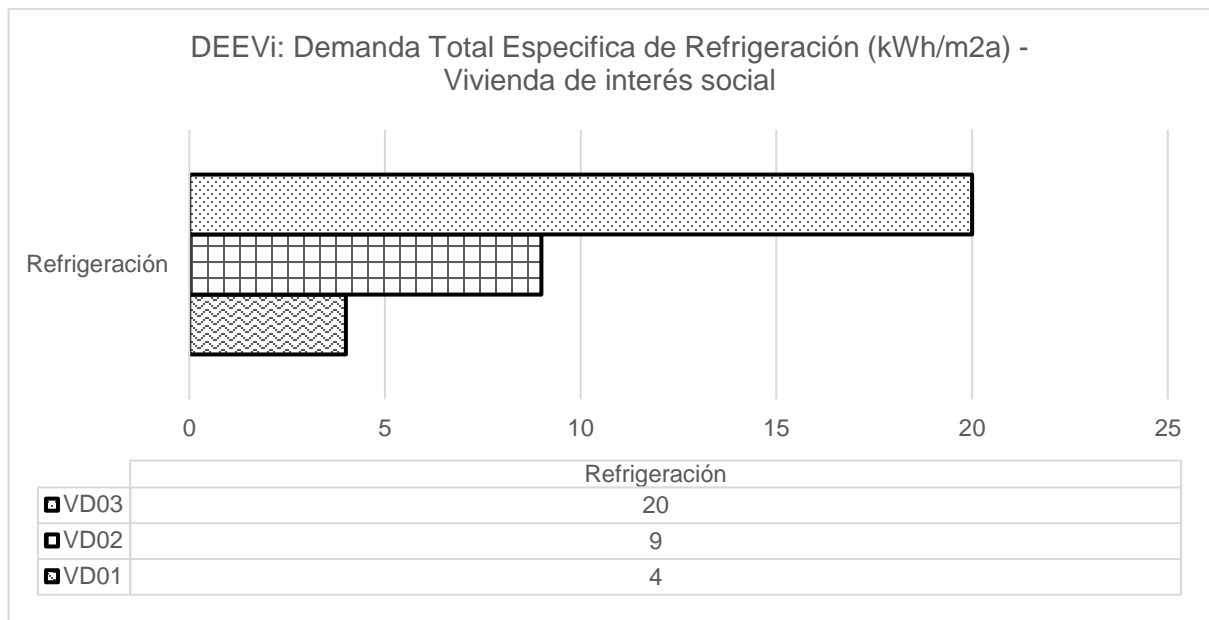


Figura 57. Gráfico de la Demanda total específica de refrigeración calculada con DEEVi en los ejemplos de Vivienda de interés social. Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.3 Sumatoria de las demandas estimadas para climatización artificial

En todos los casos de vivienda de interés social desarrollada por el sector privado las pérdidas de calor son considerables. En la Figura 58 se observa que la calefacción llega ser el 98% del total de la demanda en el caso más desfavorable. La baja demanda de energía para refrigeración se debe, principalmente a las que las condiciones climáticas, que no requieren del uso obligado de aire acondicionado.

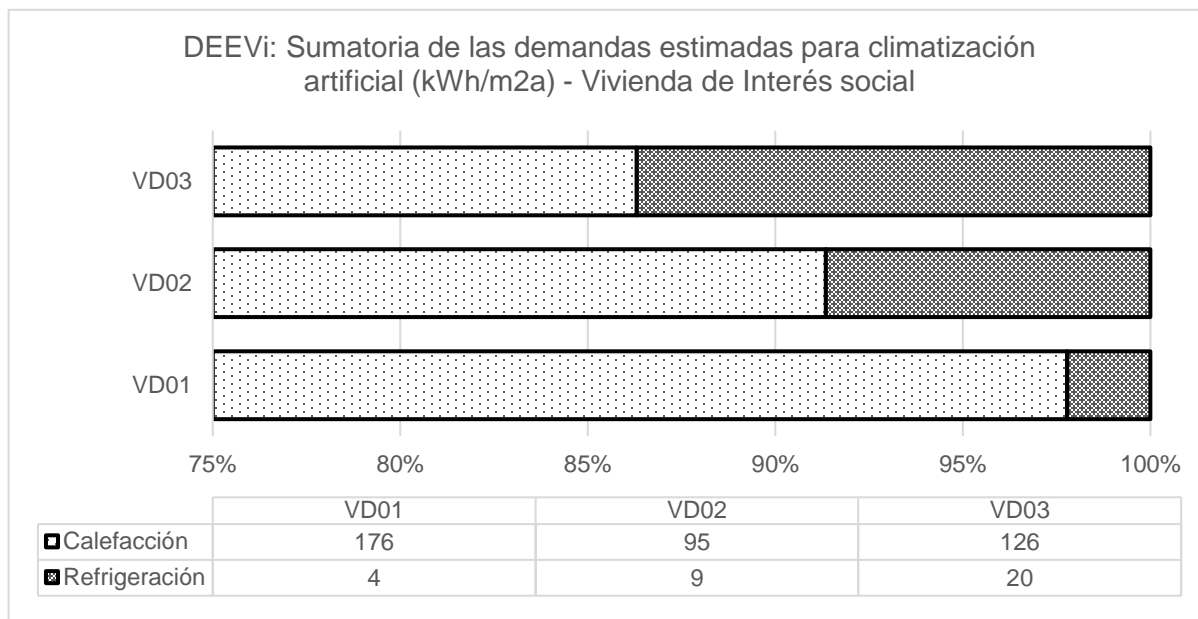


Figura 58. Gráfico de Sumatoria de las demandas estimadas de climatización artificial con DEEVi en los ejemplos de vivienda de interés social. Fuente: Elaboración propia.

5.3 Resumen y comparación de resultados

5.3.1 Del presupuesto energético con la NOM-020-ENER-2011

5.3.1.1 De ganancias por conducción y radiación

Según lo calculado con el método de la NOM-020, en las viviendas de interés social la radiación está asociada a la mayor ganancia de calor. En la Figura 59, puede observarse que en el caso de VD01, la proporción es casi balanceada a un 55-45% (conducción-radiación).y para 5 de 6 ejemplos de vivienda autoconstruida, las ganancias por conducción tienden a duplicar las ganancias por radiación.

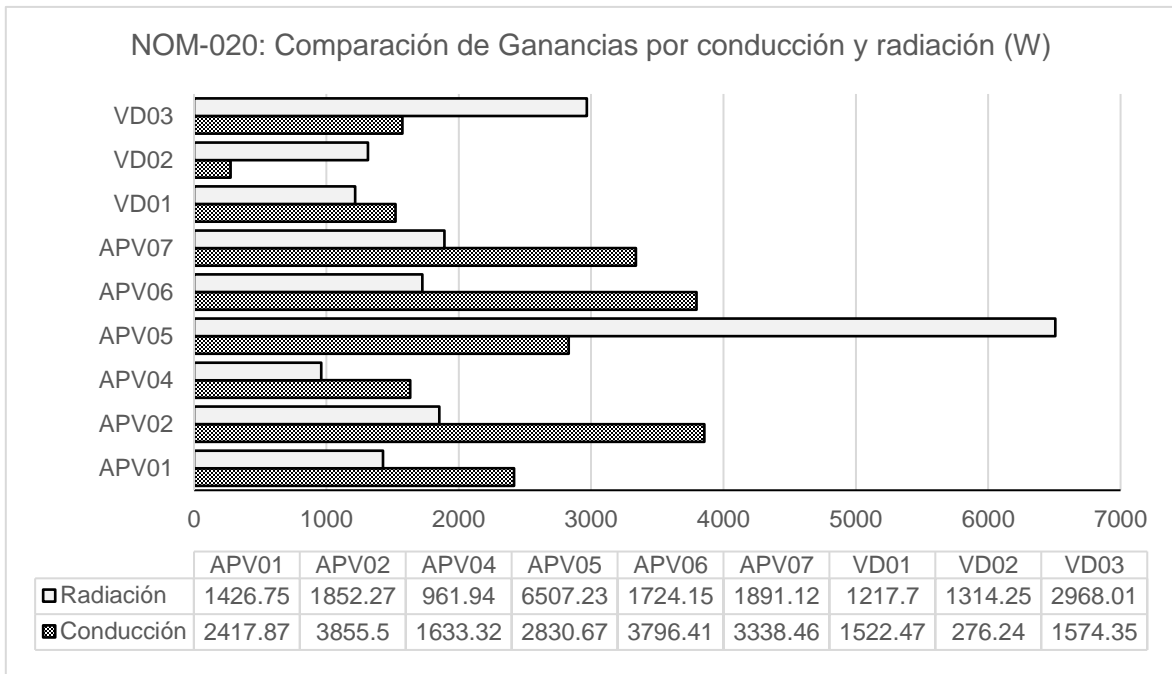


Figura 59. Gráfico de Ganancias totales por conducción y radiación calculadas con la NOM-020-ENER-2011. Fuente: Elaboración propia.

5.3.1.2 De ganancias totales

El porcentaje de ganancias por conducción tiende a ser mayor para la vivienda autoconstruida, que para la de interés social. Como puede observarse en la Figura 60, las ganancias por radiación son más bien bajas, tanto para la vivienda autoconstruida como para la de interés social, salvo el caso de APV05, en donde la ganancia por radiación triplica a la media de toda la muestra, debido a que como ya se

comentó, los domos y tragaluces en el techo del edificio propician un excesivo intercambio de calor con el exterior.

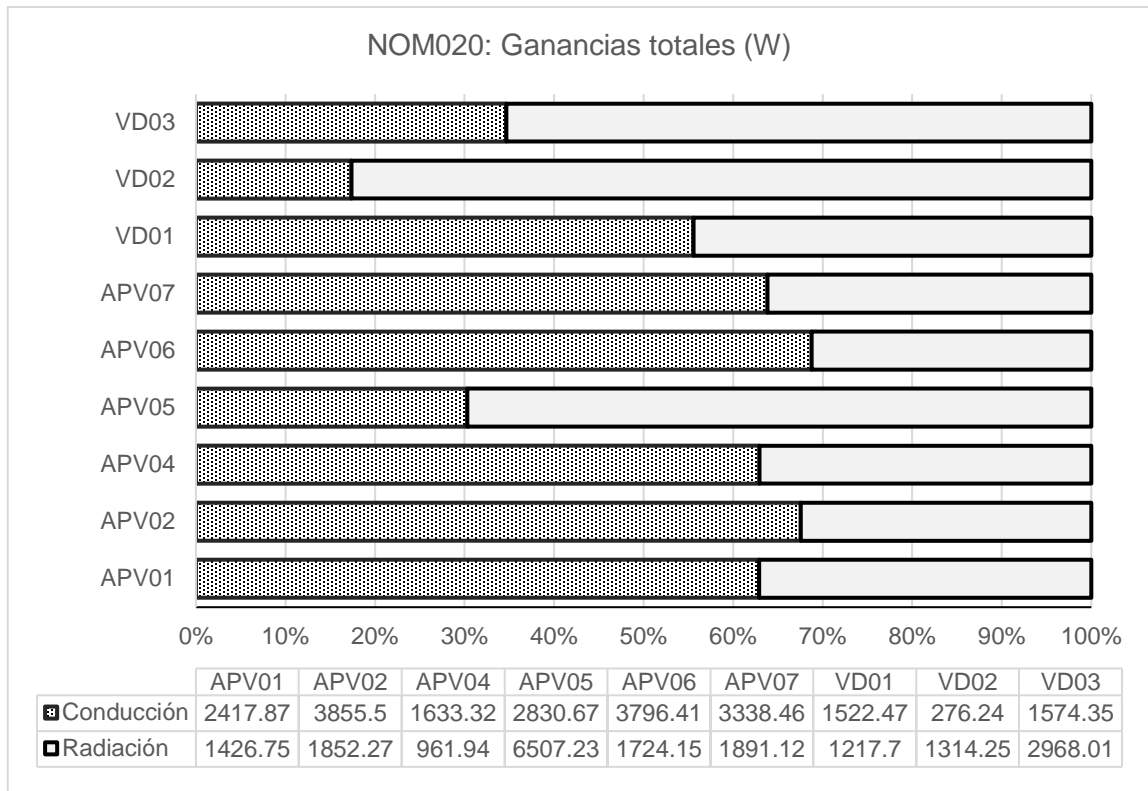


Figura 60. Gráfico de porcentajes de Ganancias totales calculadas con la NOM-020-ENER-2011. Fuente: Elaboración propia.

5.3.1.3 Del porcentaje de ahorro

Derivado del cálculo de ganancias por conducción y radiación con la NOM-020-ENER-2011, se observa un porcentaje de ahorro negativo muy importante para toda la muestra (Figura 61). Dentro de la categoría de vivienda autoconstruida encontramos tanto el ejemplo con el ahorro relativamente más favorable (APV04= -125%), como el más desfavorable (APV05= -384%). De la vivienda de interés social desarrollada por el sector privado es posible decir que la media de ahorro es de -169,2%, pues los resultados fueron relativamente homogéneos.

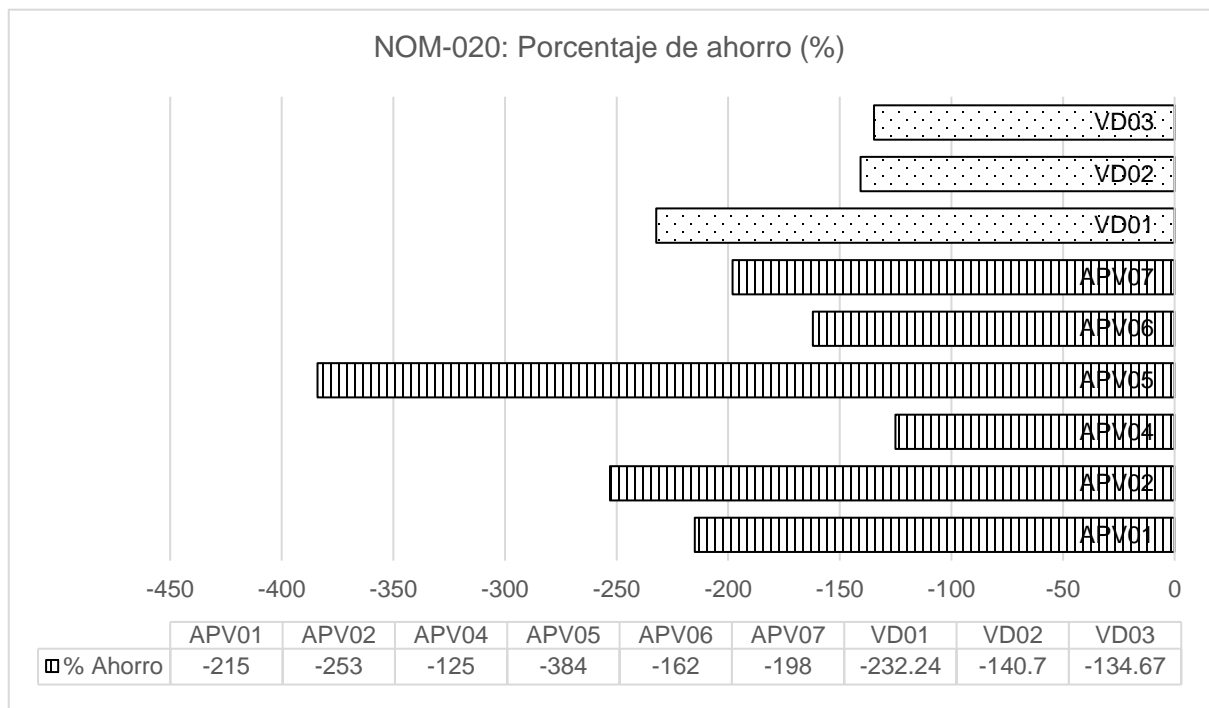


Figura 61. Gráfico de Porcentaje de ahorro calculado con la NOM-020-ENER-2011. Fuente: Elaboración propia

5.3.2 De las demandas específicas de energía para climatización artificial con DEEVi

Si bien la aplicación de la Herramienta DEEVi indica que para toda la muestra es más alta la Demanda Específica de Calefacción que la Demanda Total Específica de Refrigeración, es notable que el conjunto de viviendas de interés social resultó en una Demanda Total Específica de Refrigeración con un porcentaje promedio sumamente bajo, y en consecuencia, en una elevada Demanda Específica de Calefacción. En los ejemplos de vivienda autoproducida, la Demanda Específica de Calefacción es próxima al 80%, con salvedad del caso APV05, que muestra un balance cercano al 50-50% entre Demanda Específica de Calefacción y de Refrigeración, respectivamente.

5.4 Conclusión al capítulo Interpretación y comparación de resultados

DEEVi y la NOM-020-ENER-2011 son dos herramientas con diferentes propósitos, pero ambas tienen el objetivo de promover el confort y con ello ayudar a reducir el consumo de energéticos. Según las fuentes oficiales ambas suponen una reducción en los gastos de energía eléctrica y, en el caso de DEEVi, gas.

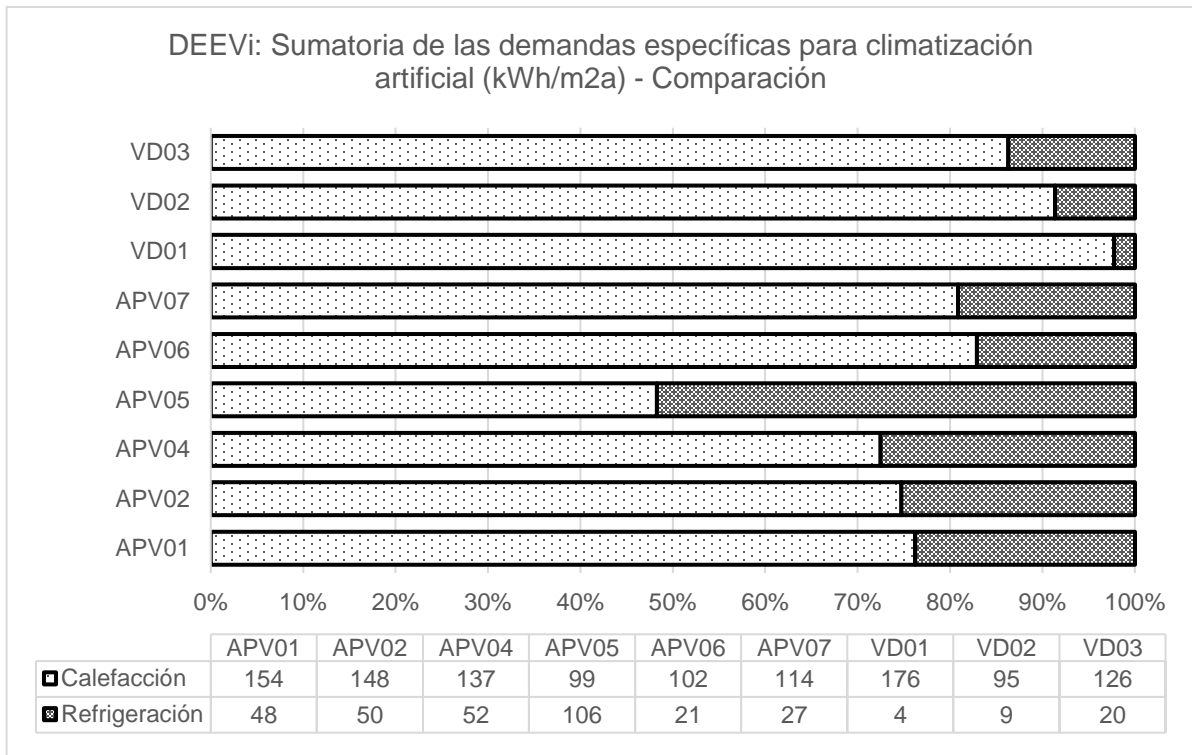


Figura 62. Gráfico de Comparación de la Sumatoria de Demandas Específicas de climatización artificial con DEEVi. Fuente: Elaboración propia.

La NOM-020 es un instrumento normativo, de alcance muy definido y acotado que tiene la cualidad de ser obligatorio a nivel nacional. Se limita a los aspectos térmicos de la envolvente y hace un cálculo rápido que utiliza una temperatura de diseño estática, lo que presupone el uso de climatización artificial. Esta es su principal limitante, ya que al no tener en cuenta la interacción simbiótica de los ambientes interiores y exteriores a lo largo del día, ni de los factores de ocupación y hábitos de uso, el alcance del ejercicio de balance térmico es muy limitado.

DEEVi es una herramienta más compleja, que solicita muchos más datos de entrada que la NOM-020-ENER-2011, por lo mismo, requiere de mayores conocimientos en el área de eficiencia energética. Con la NOM-020 es fácil inducir una reducción de las cargas totales, pues sólo se tienen dos variables a modificar, la Q por radiación y la Q por conducción. Es fácil ver cuál de ellas tiene condiciones menos favorables y por ende, actuar de acuerdo con ello.

En el caso de DEEVi, hay más datos tanto de entrada como de salida y la interpretación de los mismos depende del conocimiento y habilidad para el manejo de datos energéticos tanto del que hace el cálculo, como del encargado de interpretarlos. Si bien, esta herramienta permite la aplicación de más medidas bioclimáticas y pasivas, las propuestas requieren de experiencia en el diseño térmico de edificaciones.

Sobre los resultados de la evaluación con el método de cálculo de la NOM 020 se obtuvo que ninguno de los ejemplos estudiados aprueba la norma. Los casos VD02, VD01 Y APV06 son los más favorables, en tanto que los ejemplos VD01, APV02 y APV05 fueron los más desfavorables.

En cuanto a los cálculos de la DET, la DEC y la DTER con DEEVi, los casos más favorables fueron APV06, VD02 y VD03, mientras que los casos más desfavorables fueron APV02, APV01 y APV05.

En la Figura 63 se muestra que, a diferencia de lo que podría suponerse, el número y área de ventanas no influyó drásticamente en el aumento de las ganancias por radiación. El número de caras de la envolvente tampoco fue significativo al momento de contrastar los datos.

Características geométricas				Superficies Envolvente					Valores energéticos	
Clave	Número de Ventanas	Niveles	Caras	Área de ventanas	Muros en colindancia	Muros al exterior	Techo	Piso	Ahorro NOM020	DET (DEC+DTER)
Unidad	n/a	n/a	n/a	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	%	kWh/m ² a
APV01	8	1	10	12.16	49.8	38.0	80.5	80.5	-215	202
APV02	9	1	12	16.89	97.1	42.1	108.3	108.3	-253	198
APV04	5	1	4	7.7	20.7	50.4	62.5	62.5	-125	189
APV05	7	1	6	32.2	51.7	71.6	110.8	132.8	-384	205
APV06	14	2	12	14.51	103.8	92.1	114.4	89.0	-162	123
APV07	16	2	8	19.94	86.4	77.4	101.2	86.1	-198	141
VD01	4	2	10	12.88	133.6	23.9	54.2	53.7	-232.24	180
VD02	16	2	8	16.47	56.1	59.7	42.5	42.5	-140.7	104
VD03	20	2	8	15.13	56.6	70.7	51.5	51.5	-134.67	146

Se concluye que, para fines prácticos en la evaluación de prototipos con estas herramientas, conviene mantener las siguientes proporciones aproximadas en las porciones opacas de la envolvente: 20% losa,

Figura 63: Tabla de características geométricas de las envolventes. Fuente: Elaboración propia. 20% piso, 25% muros de colindancia, 25% muros en contacto con el aire. Y considerar la reducción de intercambios de calor mediante el uso de sistemas constructivos con coeficientes globales de transferencia de calor bajos.

6. CONCLUSIONES

Como resultado de este trabajo, se identificó que las acciones de las instituciones mexicanas orientadas a la promoción de la eficiencia energética en el sector vivienda, son resultado directo la agenda internacional de reducción de emisiones de GEI. De ellas, México obtiene beneficios económicos con los Certificados de Reducción de Emisiones a través de Mecanismos de Desarrollo Limpio (ONU, 1992b, 1998). Esto presenta dos inconvenientes:

- a. Dependencia de los recursos internacionales provenientes de los MDL para impulsar estrategias de desarrollo nacional.
- b. Priorización del desarrollo económico sobre el desarrollo social, si no se considera una perspectiva de crecimiento holística.

La reducción de GEI a través de la implementación de normas es un camino muy lento: A 15 años de su lanzamiento la NOM-008-ENER-2001 únicamente se ha implementado en 6 reglamentos de construcción; y a 6 años del lanzamiento de la NOM-020-ENER-2011, recién está integrándose al reglamento de construcción de 1 estado.

Los objetivos de reducción de GEI se alcanzan más fácilmente cuando los mecanismos de implementación condicionan factores económicos. Como ejemplos de éxito se tiene a) Hipoteca Verde, que tan sólo en 2015 estuvo presente en el 96% de los créditos de vivienda otorgados por el Infonavit; b) Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde (Sisevive) que, en mismo 2015, condicionó el financiamiento para la construcción de 23,914 viviendas.

En México, se cuenta con la aproximación dada por el cálculo del presupuesto energético de la NOM-020-ENER. La metodología se concentra en el cálculo comparativo de las ganancias de calor un edificio proyectado y un edificio de referencia para identificar el porcentaje de ahorro que tiene el edificio proyectado con respecto a una línea base. Por otro lado, se cuenta con la Herramienta para el Diseño Energéticamente Eficiente de la Vivienda (DEEVi), desarrollada como parte del Sisevive-Ecocasa. DEEVi sostiene un enfoque integral de la vivienda, en el que “el todo es mayor a la suma de sus partes”, por lo que considera: Evolvente térmica, Calidad de ventanas, Tipo de ventilación, Hermeticidad, Puentes térmicos Como resultados del cálculo con DEEVi se obtiene: Demanda Específica Total (DET) (refrigeración sensible y latente más calefacción); Demanda de Energía Primaria (DEP) (calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria, deshumidificación, electricidad auxiliar, electricidad doméstica) y adicionalmente realiza el cálculo de la NOM-020-ENER-2011.

Considerando que la vivienda autoproducida presenta más variantes en un mismo espacio geográfico se tomó la decisión de seleccionar 6 ejemplos de vivienda autoproducida y 3 ejemplos de vivienda tipo de interés social, responde a la relación porcentual de la que se compone el parque de vivienda en México.

El conocimiento avanzado de las metodologías de cálculo fue indispensable para la creación de herramientas metodológicas para el trabajo en campo que contemplaran la totalidad de la información que se requeriría al momento de hacer el vaciado de datos y la captura de los mismos en los softwares de dibujo asistido por computadora y cálculo.

Al tratarse de vivienda existente y habitada, el desarrollo de un protocolo de contacto cordial e informado fue crucial para obtener el acceso a los casos de estudio.

El procedimiento para obtener resultados de cálculos energéticos en vivienda habitada puede resumirse en:

1. Selección del área de estudio
2. Perfilación de la tipología de vivienda
3. Perfilación del usuario
4. Contacto según protocolo
5. Trabajo de campo, empleando las herramientas metodológicas adecuadas
6. Trabajo de gabinete para vaciado y captura de datos
7. Procesamiento de la información en software de dibujo y cálculo
8. Obtención de resultados
9. Interpretación de los resultados
10. Estudio del potencial de mejora de la envolvente/Optimización

El empleo de las herramientas validadas por el sector en este caso de estudio presentó ventajas y desventajas, que son:

1. Ventajas y desventajas del método de cálculo de la NOM020ENER2011:
 - Está disponible para el público en general, Tanto la norma como la Guía rápida para el cálculo (29 páginas) están disponibles de manera gratuita y sin restricciones
 - Es un balance térmico simplificado para su aplicación a nivel nacional
 - El método de cálculo es de Transferencia de calor en estado estacionario
 - Limitado al diseño obligado con aire acondicionado
 - Acción orientada únicamente a climas cálidos
2. Ventajas y desventajas del método de cálculo de DEEVi:
 - Desarrollado con base en una herramienta exitosa y validada a nivel internacional (PHPP)
 - Calibrado para su aplicación a nivel nacional, considerando los 6 tipos de clima principales existentes en México

- Los resultados están vinculados al otorgamiento de créditos de vivienda, por lo que su uso se extiende a gran escala
 - Actualmente se está validando la versión 2 del software, que contempla nuevas funciones que permitan más control del usuario sobre las variables.
 - Limitado al diseño de vivienda nueva construida masivamente
 - Requiere conocimientos considerables en comportamiento térmico de las edificaciones
 - El acceso a la herramienta (con licencia) sólo se obtiene después de tomar un curso pagado de entre 24 y 32 horas. El manual de uso de la herramienta tiene 177 páginas y sólo se obtiene mediante el pago del curso.
 - Los algoritmos de cálculo permanecen ocultos en un tipo de *caja negra* debido a los derechos de autor del PHI.
3. Ambas herramientas favorecen a la vivienda de interés social desarrollada de manera masiva y considerando el uso de sistemas de aire acondicionado.
 4. Ambas herramientas son de alcance limitado en cuanto a la evaluación integral de vivienda con características no estandarizadas para su producción en serie.

Lo anterior deja abierto un cuestionamiento a la utilidad de las NOM como incentivos de eficiencia energética orientadas a la reducción de emisiones. Las Normas tienen la fragilidad de depender de las administraciones gubernamentales y son vulnerables a caer en el olvido cuando no están embebidas en políticas públicas arraigadas en un quehacer que involucre y beneficie tanto a particulares como a instituciones.

El camino de la imposición en el desconocimiento no es una estrategia de acción sostenible, la experiencia ha demostrado que cuando el beneficio ambiental está asociado a un beneficio económico para el promotor y el usuario final las medidas se aplican con mayor efectividad. Una de las razones por las que la implementación de las NOM-008 y 020 ha sido tan lenta e ineficaz es la falta de capital humano capaz de traducirlas en provecho para los promotores de vivienda y usuarios finales; o bien, capaz de retarlas y proponer mejoras a las mismas para que su aplicación represente un valor agregado al sector de la construcción.

No se demerita el esfuerzo empleado para que de la normatividad impulse a la política pública, pero de éstas últimas sólo puede decirse que son eficientes cuando se sostienen por sí mismas con un beneficio al común de la sociedad. Para ello, aún es necesario fortalecer a las nuevas figuras profesionales que se involucren en la promoción de herramientas tecnológicas y normativas eficaces adaptadas a la realidad nacional, con base en pruebas empíricas cuya contundencia capaz de retar al *lobby* de vivienda con un quehacer arquitectónico informado y comprometido con la conservación del medio ambiente.

6.1 Cumplimiento de objetivos

Citando el objetivo principal:

Objetivo principal:

Identificar el tipo de vivienda con mayores demandas de energía estimadas, asociadas a la ganancia de calor a través de la geometría de la envolvente arquitectónica entre ejemplos de vivienda de interés social desarrollada por el sector privado y vivienda autoproducida en Tlalnepantla, Estado de México.

Se concluye que el objetivo general se cumplió, al identificar que la vivienda de interés social producida en serie tiene mayores probabilidades de ser bien calificada por las herramientas validadas por el sistema, esto debido a que las mismas están calibradas para la evaluación de prototipos y no de vivienda con características no estandarizadas.

El objetivo principal se alcanzó, cumpliendo con los objetivos secundarios:

- Se calculó el presupuesto energético de 6 viviendas autoproducidas y 3 prototipos de vivienda de interés social desarrollada por el sector privado en Tlalnepantla, Estado de México, con el Método de Cálculo proporcionado por la NOM-020-ENER-2011. Y se identificó que:
 - Los ejemplos: VD02, VD01, APV06 tienen las menores ganancias térmicas totales. Los ejemplos APV04, APV07 y VD03 tienen ganancias intermedias. Los ejemplos APV01, APV02, APV05 reciben las peores evaluaciones.
- Se evaluó el cumplimiento con la NOM-020-ENER-2011 de 6 viviendas autoproducidas y 3 prototipos de vivienda de interés social desarrolladas por el sector privado en Tlalnepantla, Estado de México y se obtuvo que:
 - Los casos APV04, VD03, VD02 tuvieron los porcentajes más bajos de ahorro negativo. Los casos APV06, APV07 y APV01 tuvieron los porcentajes intermedios de ahorro negativo. Los ejemplos VD01, APV02, APV05 fueron los casos menos favorables.
- Se calcularon la Demanda Específica Total (DET), Demanda específica de calefacción (DEC) y la Demanda total específica de refrigeración (DTER) de 6 viviendas autoproducidas y 3 prototipos de vivienda de interés social desarrolladas por el sector privado en Tlalnepantla, Estado de México con la herramienta DEEVi 1.1 y se obtuvo que:
 - Los casos VD02, APV06 y APV07 tuvieron las menores DET. Los casos VD03, VD01 y APV04 tienen las DET intermedias. Los casos menos favorables fueron: APV02, APV01, APV 05.

- Se compararon los resultados del cálculo del presupuesto energético obtenidos con la NOM-020-ENER-2011 entre la vivienda de interés social desarrollada por el sector privado y la vivienda de autoproducción y se obtuvo que:
 - Ninguno de los casos de autoproducción o de interés social aprobaron la norma al estandarizar los materiales de construcción.
 - La vivienda de autoproducción obtiene las evaluaciones más desfavorables
- Se compararon la Demanda Específica Total (DET) Demanda específica de calefacción (DEC) y la Demanda total específica de refrigeración (DTER), obtenidas con DEEVi 1.0 de 6 viviendas autoproducidas y 3 prototipos de vivienda de interés social desarrolladas por el sector privado y se obtuvo que:
 - Los casos más favorables son APV06, VD02 y VD03. Los casos intermedios son todos de autoproducción: APV07, APV04, APV01. Los casos más desfavorables son: APV02, VD01 y APV05.

Con base en los resultados del cálculo se concluye que:

En los casos más favorables, las envolventes geométricas de la envolvente comparten las siguientes características:

- ✓ El porcentaje de superficie en contacto con el terreno alrededor del 20% del total de la envolvente
- ✓ El porcentaje de techos se mantiene alrededor del 20% del total de la envolvente.
- ✓ El porcentaje de muros se mantiene alrededor del 50% del total de la envolvente con:
 - 25% de muros de colindancia
 - 25% de muros en contacto con el aire

- ✓ Todos los casos favorables contaban con 2 niveles

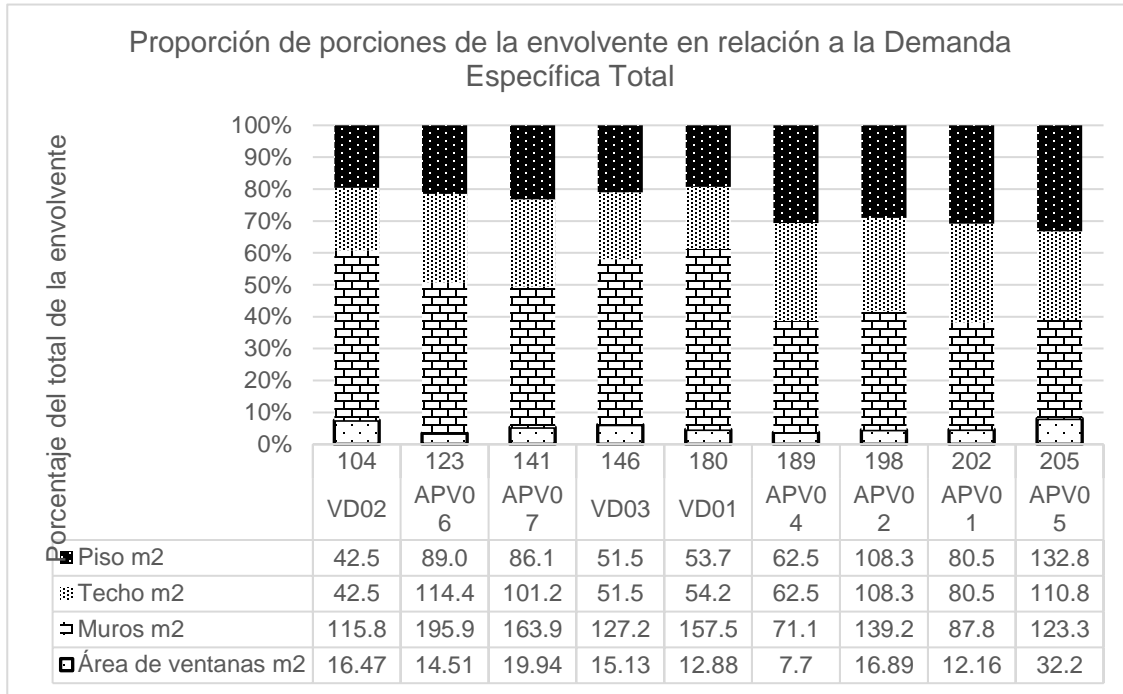


Figura 64. Gráfico de Proporción de porciones de la envolvente en relación a la Demanda Específica Total.
Fuente: Elaboración propia.

6.2 Confirmación o negación de la hipótesis de trabajo

Citando la hipótesis de la presente investigación:

La vivienda autoproducida en el municipio de Tlalnepantla Estado de México tiene menores demandas estimadas de energía derivadas de la climatización artificial que la vivienda de interés social desarrollada por el sector privado.

Se niega la hipótesis. Los datos arrojados demostraron que, empleando las herramientas validadas por el sector, la vivienda autoproducida presenta demandas estimadas de energía mayores a las de la vivienda de interés social producida en serie debido a las características geométricas de la misma.

La vivienda autoproducida de dos niveles que guardaba proporciones de las porciones de la envolvente similares a las de la vivienda de interés social producida en serie, obtuvo mejores calificaciones que las de un nivel y geometrías irregulares.

Se concluye que, tanto la NOM-020-ENER-2011 como el Sisevive no están optimizados para la evaluación de envolventes irregulares sin climatización artificial y esto presenta una vulnerabilidad importante, si se considera que la zona de estudio comprende al menos al 10% de la población del país, y que ésta, al igual que otras metrópolis densamente pobladas, se ubica en un clima templado, en los

que, por regla general no se requiere de aire acondicionado en una vivienda unifamiliar. El no considerar esta parte fundamental deja de lado a ciudades con crecimiento poblacional importante y con ello desatendida un área de oportunidad.

Esta conclusión se vería apoyada por el hecho de que la NOM-020 fue actualizada en el Diario Oficial de la Federación (octubre, 2016) y dice que:

La evaluación de la conformidad de la norma, sólo se realizará a los edificios nuevos para uso habitacional y las ampliaciones de los edificios para uso habitacional existentes, que se construyan en las ciudades cuyo suministro de energía eléctrica cuente con las siguientes tarifas eléctricas: 1 C, 1D, 1E y 1F.

Las tarifas de CFE son definidas en relación con la temperatura media mínima en verano de la ciudad, siendo de 30°C para tarifa 1C y aumentando en 1°C para las tarifas siguientes, culminando en 33°C para la 1F. Esta modificación excluye ahora de facto a todas aquellas localidades cuyas tarifas sean 1, 1A y 1B, como es el caso de la ZMVM, en particular de Tlalnepantla. Lo que soporta la conclusión de que el método de cálculo de la norma no es apto para inducir a un ahorro energético en un clima templado.

El hecho de que la norma se actualice y ya no considere estas zonas térmicas deja en abandono la iniciativa de promover la eficiencia energética en los climas templados, con el riesgo potencial de seguir generando vivienda que no cumpla con requisitos mínimos de eficiencia y, que en el peor escenario, de un mal diseño se deriven costos indirectos por compra innecesaria de equipos de acondicionamiento de aire.

6.3 Recomendaciones

Derivado de los resultados, conclusiones y aprendizajes obtenidos en el desarrollo de este trabajo se realizan las siguientes recomendaciones:

- Conviene vincular los sistemas de evaluación de la eficiencia energética de la vivienda a los planes de financiamiento de todos los métodos de producción. Siempre que sea aportando asesoría y acompañamiento técnico para el diseño, ejecución y remodelación energética.
- Promover la capacitación de capital humano, perfeccionando el perfil de profesionales con competencias técnicas, teóricas y ejecutivas específicas en el área de la eficiencia energética, hasta consolidar un nuevo *oficio* en el quehacer arquitectónico. Ya existe el *Estándar de Competencia 0431- "Promoción del ahorro en el desempeño integral de los sistemas energéticos de la vivienda"*, pero aún es necesaria la validación de un perfil que promueva el reconocimiento de competencias especializadas en la optimización del diseño.
- No se recomienda la excesiva simplificación de los métodos de cálculo del desempeño termoenergético de la vivienda, pues se corre el riesgo de caer en inexactitudes que impacten negativamente en el confort del usuario.
- Implementar la integración de Métodos de cálculo de la transferencia de calor dependientes del tiempo en los sistemas de evaluación de la vivienda energéticamente eficiente, especialmente para los climas templados.
- Emplear rangos de confort ampliados en los sistemas de evaluación de la vivienda energéticamente eficiente, especialmente para la vivienda unifamiliar en climas templados.
- Para optimizar el diseño de la envolvente arquitectónica con fines de evaluación con DEEVI y calificación en Sisevive, independientemente de los materiales elegidos:
 1. Mantener la proporción de techos al 20% del total de la superficie de la envolvente, para limitar las ganancias por radiación y las pérdidas por conducción no deseadas. Tanto en la fase de diseño, como de ampliación.
 2. Mantener la proporción de superficie en contacto con el terreno 20% del total de la superficie de la envolvente, para limitar los intercambios de calor no deseados con el terreno. Tanto en la fase de diseño, como de ampliación.
 3. Mantener una proporción de 25% del total de la envolvente para muros de colindancia y 25% para muros en contacto con el aire para equilibrar las ganancias por conducción y radiación. Tanto en la fase de diseño, como de ampliación.
 4. Preferir el diseño de vivienda en 2 niveles
 5. Favorecer la entrada de radiación solar en las porciones verticales de la envolvente, especialmente en las orientaciones Sur y Sureste.
 6. Hacer uso racional de domos y tragaluces, respetando las orientaciones Sur y Sureste.

6.4 Aportación al diseño

Se considera que este trabajo aporta:

- Evidencia que respalda la ineffectividad de la NOM-020-ENER-2011 para la evaluación del desempeño termonergético de la vivienda autoproducida en climas templados (*ver 5.3.1 Resumen y comparación de resultados a partir de p. 107*)
- Herramientas metodológicas para la práctica cotidiana de la evaluación de la eficiencia energética en la vivienda existente (*ver p. 62, Cap. 4.3 Elaboración de herramientas metodológicas*):
 1. Protocolo de contacto al usuario
 2. Formatos para la realización de un levantamiento energético
 3. Guía de buenas prácticas para el dibujo de planos por computadora
 4. Procedimiento para la comparación de datos de salida energéticos de dos fuentes distintas
- Recomendaciones para la optimización de las envolventes para su mejor calificación en los sistemas de vivienda existentes para un clima templado (*ver p. Figura 64. Gráfico de Proporción de porciones de la envolvente en relación a la Demanda Específica Total. Fuente: Elaboración propia., a partir de p. 116*)

6.5 Líneas abiertas

Se considera que, como posible continuación de esta investigación quedan tres tareas abiertas a realización, que son:

1. Desarrollo de una metodología de levantamiento y análisis energético de la edificación
2. Propuesta de la integración de Métodos de cálculo de la transferencia de calor dependientes del tiempo en los sistemas de evaluación de la vivienda energéticamente eficiente
3. Desarrollo de materiales didácticos para autoproductores, que promuevan el uso de estrategias pasivas comprobadas por la arquitectura bioclimática

7. ANEXOS

7.1 Bibliografía

ARNOLD, C. 2009. Building Envelope Design Guide - Introduction [Online]. Washington, DC: National Institute of Building Sciences, USA. Available: http://www.wbdg.org/design/env_introduction.php#evol2011].

ASHRAE 2009. Thermal Comfort. In: ASHRAE (ed.) ASHRAE Handbook Fundamentals. SI ed. Atlanta GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

ATKINSON KE, 2005, 'Numerical analysis', Encyclopædia Britannica [en línea], Encyclopædia Britannica Inc., consultado: 17 de Marzo de 2015, <https://www.britannica.com/topic/numerical-analysis>

CCNNPURRE 2011. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-020-ENER-2011, EFICIENCIA ENERGETICA EN EDIFICACIONES.- ENVOLVENTE DE EDIFICIOS PARA USO HABITACIONAL. In: ENERGÍA, S. D. (ed.). DOF: Secretaría de Gobernación.

CEMDA. 2014. Opinión del CEMDA sobre el Programa Especial de Cambio Climático 2014 [Online].

CHUA, K., S. CHOU, W. YANG, y J. YAN. 2013. Achieving better energy-efficient air conditioning – A review of technologies and strategies. Applied Energy, Volume 104. Pages 87-104, ISSN 0306-2619. Consultado: 28 de agosto de 2016, en: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.10.037>.

CICC 2009. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. In: SEMARNAT (ed.) México: Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Primera ed. México: SEMARNAT.

CICC 2012. Informe de Avances del Programa Especial de Cambio Climático, 2009-2012. SEMARNAT.

CMIC. 2012. Hipoteca Verde para Casas Ecológicas [Online]. México: Cámara Mexicana de la industria de la Construcción. Available: <http://www.cmic.org/mnsectores/vivienda/2008/INFONAVIT/hipotecaverde.htm>

CONAFOR, 2013, 'Bosques, cambio climático y REDD+ en México. Guía básica' [en línea], Comisión Nacional Forestal, segunda edición, Jalisco, consultado: 23 de abril de 2015, http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/35/4034Gu%C3%ADa%20B%C3%A1sica%20de%20Bosques,%20Cambio%20Clim%C3%A1tico%20y%20REDD_%20.pdf

CONAVI 2007. Código de Edificación de Vivienda. 2° ed. México, D.F. : Comisión Nacional de Vivienda.

CONAVI, 2016, 'Informe de autoevaluación de la dirección general de la Comisión Nacional de Vivienda: 1 de enero al 30 de junio de 2016' [en línea], CONAVI-SEDATU, México, s. f., consultado: abril 23 de 2015,

http://www.conavi.gob.mx/documentos/Fracc_XLVIII/Informe_Autoevaluacion_DG_1er_sem_2016.pdf

CONEXIÓN COP 2016, 'Infografía: Las 10 claves del Acuerdo de París sobre el cambio climático', Conexión COP [en línea], 11 de abril de 2016, consultado: 17 de julio de 2016, <http://conexioncop.com/infografia-las-10-claves-del-acuerdo-de-paris-sobre-el-cambio-climatico-2/>

CONUEE, 2013, Normas Oficiales Mexicanas en Eficiencia Energética Vigentes (consulta de documentos). En: Acciones y Programas de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía [página web], 6 de marzo de 2013, consultado: 19 de abril de 2015.

DE VENGOECHEA, A. 2012. Las Cumbres de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. In: FES, P. E. Y. C. D. L. F. F. E.-. (ed.) Proyecto Regional de Energía y Clima. Colombia: Friedrich Ebert Stiftung

DUHNE, M. 2012. Aprueban en México Ley General de Cambio Climático. En: ¿Cómo ves?, No. 163, UNAM. México.

EIBENSCHUTZ, R. T., ENZO 2005. Dimensión e impactos macro y microeconómicos de la producción social de vivienda en México, UAM-X.

EL PAÍS, 2015, 'Compromisos de reducción de emisiones', El país [en línea], 11 de junio de 2015, consultado: 7 de febrero de 2015, https://elpais.com/elpais/2015/11/06/media/1446837666_218847.html

ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA-Editores, 1999, 'Algorithm', Encyclopædia Britannica [en línea], Encyclopædia Britannica Inc., consultado, 20 de Marzo de 2015, <https://www.britannica.com/topic/algorithm>

FEDERAL, E. 2014. Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018. In: FEDERAL, G. (ed.) Primera ed. DOF: DOF.

FEHR, R. 2007. Guide to Building Energy Efficient Homes In Kentucky and Mixed Humid Climate Zone 4 [en línea]. University of Kentucky, College of Agriculture. 1a Edición. Kentucky. 103-124 pp. Consultado: 3 de abril de 2017, en: <https://www.uky.edu/bae/sites/www.uky.edu/bae/files/Guide.pdf>

GDF. 1998. Decreto que crea el Instituto de Vivienda del Distrito Federal. In: FEDERAL, G. D. D. (ed.). México: Gaceta Oficial del Distrito Federal.

GONZÁLEZ, J. M. 2009. La generación eléctrica a partir de combustibles fósiles. Boletín IIE. Cuernavaca, Morelos, México.: Instituto de Investigaciones Eléctricas.

IMCO 2016, 'México ratifica el acuerdo de París sobre el cambio climático' [en línea], 22 de abril de 2016, consultado: 12 de febrero de 2015, http://imco.org.mx/medio_ambiente/mexico-ratifica-el-acuerdo-de-paris-sobre-el-cambio-climatico/

IMEVIS, 2015, 'Acerca del IMEVIS: Antecedentes', Instituto Mexiquense de la Vivienda Social [página web], Gobierno del Estado de México, consultado: 20 de marzo de 2015, <http://imevis.edomex.gob.mx/antecedentes>

IMEVIS, 2015b, 'Acerca del IMEVIS: Funciones', Instituto Mexiquense de la Vivienda Social [página web], Gobierno del Estado de México, consultado: 20 de marzo de 2015, <http://imevis.edomex.gob.mx/funciones>

IMEVIS, 2015c, 'Inicio', Instituto Mexiquense de la Vivienda Social [página web], Gobierno del Estado de México, consultado: 20 de marzo de 2015, <http://imevis.edomex.gob.mx>

IMEVIS, 2015d, 'Proyectos: Vivienda Ecológica', Instituto Mexiquense de la Vivienda Social [página web], Gobierno del Estado de México, consultado: 20 de marzo de 2015, http://imevis.edomex.gob.mx/vivienda_ecologica

IMEVIS, 2015e, 'Avisos, programas y convocatorias: Convenio con la CONAVI', Instituto Mexiquense de la Vivienda Social [página web], Gobierno del Estado de México, consultado: 20 de marzo de 2015, http://imevis.edomex.gob.mx/convenio_comision_nacional_de_la_vivienda_conavi

INFONAVIT 2014c. ¿Qué es el Sisevive Ecocasa? Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde. In: TRABAJADORES, I. D. F. N. D. L. V. P. L. (ed.) Primera ed. México: CONUEE.

INFONAVIT. 2014a. El Infonavit: Historia [Online]. México: Gerencia de información Institucional. Available: http://portal.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/infonavit/el+instituto/el_infonavit/historia. 2015].

INFONAVIT. 2014b. Marco normativo del Infonavit [Online]. México: Subdirección General Jurídica. Available: <http://portal.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/infonavit/cuentas+claras+transparencia/informacion+obligatoria/xiii+marco+normativo/xiii+marco+normativo+del+infonavit> [Accessed 2014].

INFONAVIT. 2015. Estructura orgánica del Infonavit [Online]. México: Gerencia de Administración y Servicios de Personas. Available: <http://portal.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/Infonavit/Cuentas+Claras+Transparencia/Informacion+obligatoria/> [Accessed 2015].

INVI. s. f. Programas de Vivienda [Online]. Portal Ciudadano del Gobierno del Distrito Federal. Available: <http://www.invi.df.gob.mx/portal/programas.aspx> [Accessed 2014].

LANG, C. E. 2011. ¿Qué es Conuee? [Online]. México: Secretaría de Energía. Available: http://www.conuee.gob.mx/wb/Conuee/que_es_conuee 2014].

LEIPZIGER, D, 2013, 'Comparing Building Energy Performance Measurement - A framework for energy efficiency assessment systems', United States of America: Institute for Market Transformation, Washington DC.

LEY DE VIVIENDA, 2006. Ley de vivienda. México, D.F. Modificada el 23 de junio de 2017: Diario Oficial de la Federación [en línea], consultada el 14 de julio de 2017.

LOW CARBON ARCHITECTURE y GIZ PES-EDI 2014, 'Guía rápida de cálculo para la NOM-020-ENER-2011' [en línea], CONUUE, México, consultado: junio 4 de 2015, <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/92087/Guiarapida.pdf>

MAILE, T, M FISCHER, & V BAZJANAC, 2007, 'Building Energy Performance Simulation Tools - a Life-Cycle and Interoperable Perspective' [en línea], no. WP107, Center for Integrated Facility Engineering- Stanford University, California, consultado, 2 de mayo de 2010, <https://cife.stanford.edu/sites/default/files/WP107.pdf>

MÉXICO 2014. Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones. In: PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA, G. D. L. E. U. M. (ed.). México: DOF.

MOLINA, M. 2013. La Estrategia Nacional de Energía: en la ruta hacia una economía de bajo carbono. Noticias: Centro Mario Molina, p.1.

MORENO, G 2016, '¿Qué países forman parte del acuerdo de París?', World Economic Forum [en línea], 22 de abril del 2016, consultado: 15 de julio de 2016, <https://www.weforum.org/es/agenda/2017/06/que-paises-forman-parte-del-acuerdo-de-paris>

NACIONES UNIDAS, 1992, ' Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático' [en línea], 9 de mayo de 1992, Nueva York, consultado: 23 de abril de 2015, <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

NAYAK, JK & PRAJAPATI JA, 2006, 'Handbook on Energy Conscious Buildings' [en línea], Indian institute of Technology-Ministry of Non-Conventional Energy, India, consultado: marzo 16 de 2015, <http://www.mnre.gov.in/solar-energy/startpage.pdf>

OPS, 2009, 'Hacia una Vivienda Saludable – Guía para el facilitador' [en línea], Organización Panamericana de la Salud, 1a Edición, Lima, consultado: 21 de abril de 2015, pág. 8.

CEMNDA, 2015 Página Web del Centro Mexicano de Derecho Ambiental. Available: <http://www.cemda.org.mx/opinion-del-cemda-sobre-el-programa-especial-de-cambio-climatico-2014/2015>].

PARTIDA, V 2008, 'Proyecciones de la población económicamente activa de México y de las entidades federativas, 2005-2050' Consejo Nacional de Población, México, DF.

PRESIDENCIA 2008. LEY PARA EL APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LA ENERGÍA. In: PARLAMENTARIOS, S. D. S. (ed.). DOF: Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos.

PRESIDENCIA 2015. LEY ORGÁNICA DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA FEDERAL. In: MEXICANOS, C. D. L. E. U. (ed.) 2015 ed. México: DOF.

PRESIDENCIA. 2007. Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012: Mensaje del Presidente Felipe Calderón Hinojosa [Online]. México: Presidencia de la República. 2015]

PROFECO. 2011. Cómo comprar aires acondicionados. En: Educación y Divulgación-Brújula de Compra 2011. Portal web de la PROFECO. Consultado: 17 de noviembre de 2016 en: https://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj_2011/bol195_aires.asp

ROSAS-FLORES, MORILLÓN GÁLVEZ. What goes up: Recent trends in Mexican residential energy use, In Energy, Volume 35, Issue 6, 2010, Pages 2596-2602

SEDESOL, 2012, Guía Municipal de Acciones frente al Cambio Climático. Con énfasis en desarrollo urbano y ordenamiento territorial. Secretaría de Desarrollo Social. México. 11, 13 pp.

SEEBERG-ELVERFELDT C 2010, "Mercados de carbono: qué tipos existen y cómo funcionan" [en línea], en: Las posibilidades de financiación del carbono para la agricultura, la actividad forestal y otros proyectos de uso de la tierra en el contexto del pequeño agricultor, FAO, Roma.

SENDECO2, 2016, '¿Hay vida después del Brexit?... en los mercados de CO2', En: Sistema Europeo de Negociación de CO2 [página web], 4 de agosto de 2016, consultado: 28 de noviembre de 2016.

SENER 2013. ESTRATEGIA NACIONAL DE ENERGÍA 2013-2027. In: ENERGÍA, S. D. (ed.). México: Gobierno Federal.

SENER. 2012. SENER: Funciones [Online]. 2015].

SENER. 2014. SENER: Historia [Online]. México: Secretaría de Energía. Available: <http://www.energia.gob.mx/portal/Default.aspx?id=2623> 2015].

SENER-AIE, 2011 "Indicadores de Eficiencia energética en México: 5 sectores, 5 retos" [en línea], Embajada Británica, México D.F.

SERWAY RA Y JEWETT JR JW, 2008, 'Física para ciencias e ingeniería Vol.1' [en línea], Cengage Learning Editores, 7a edición, pág. 163.

SIN EMBARGO-REDACCIÓN, 2015, 'México, el noveno emisor de gases invernadero a nivel mundial', Sin Embargo [en línea], 24 de junio de 2015, consultado: 7 de febrero de 2016, <http://www.sinembargo.mx/24-06-2015/1391188>

STRAUßE, J. 2006a. The Building Enclosure. Building Science Digests, 018.

STRAUßE, J. 2006b. Historical Development of the Building Enclosure. Building Science Digest 007, 14

SUGARMAN, S. 2005. HVAC fundamentals [PDF]. Faimont Press, Inc. 1a Edición. Lilburn, Georgia. 295 pp. Consultado el 26 de octubre de 2016

SZEKELY, JE, JW EVANS & JW BRIMACOMBE, 1988, 'The Mathematical and Physical Modeling of Primary Metals Processing Operations', John Wiley & Sons, 1a edición, Nueva York.

TORRES, M. 2014. 20 claves para entender cómo quedó la reforma energética. CNN México En Línea, Viernes 08 de agosto de 2014.

VAKILOROAYA, V., B. SAMALI, A. FAKHAR, y K. PISHGHADAM. 2013. A review of different strategies for HVAC energy saving. Energy Conversion and Management. Volume 77. Pages 738-754. ISSN 0196-8904. Consultado: 30 de septiembre de 2016, en: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.10.023>.

VALERA, J. 2005. Conversión de energía, trabajo y calor. En: Apuntes de Física General [En línea]. UNAM. 1a edición. México DF. Pág. 160. Consultado: 22 de abril de 2017, en: <https://es.scribd.com/doc/115833165/08-CAPITULO-3-Apuntes-de-Fisica-General-Jose-Pedro-Agustin-Valera-Negrete>

VIDAL, J 2009, 'Copenhagen loopholes could mean rise in emissions, report warns', The Guardian [en línea], 15 de diciembre de 2009, consultado el 12 de febrero de 2015, <https://www.theguardian.com/environment/2009/dec/15/copenhagen-rise-in-emissions>

WORLD WATCH INSTITUTE 2015. Sitio del World Watch Institute [en línea], Enero de 2015.

7.2 Formato para levantamiento de datos en campo

ENCUESTA SOBRE CARACTERÍSTICAS DEL HOGAR

Habitantes y ocupaciones			
No.	Edad	Ocupación	Turno
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Grupos de edad		Turno	
< de 15	1	Matutino	M
De 15 a 19	2	Vespertino	V
De 20 a 39	3	Nocturno	N
De 40 a 59	4	Mixto	M
De 60 y +	5	N/D	N/D

Ocupación			
Hogar	H	Estudiante	E
Fuera	TF	Desempl.	D
En casa	TC	N/D	N/D

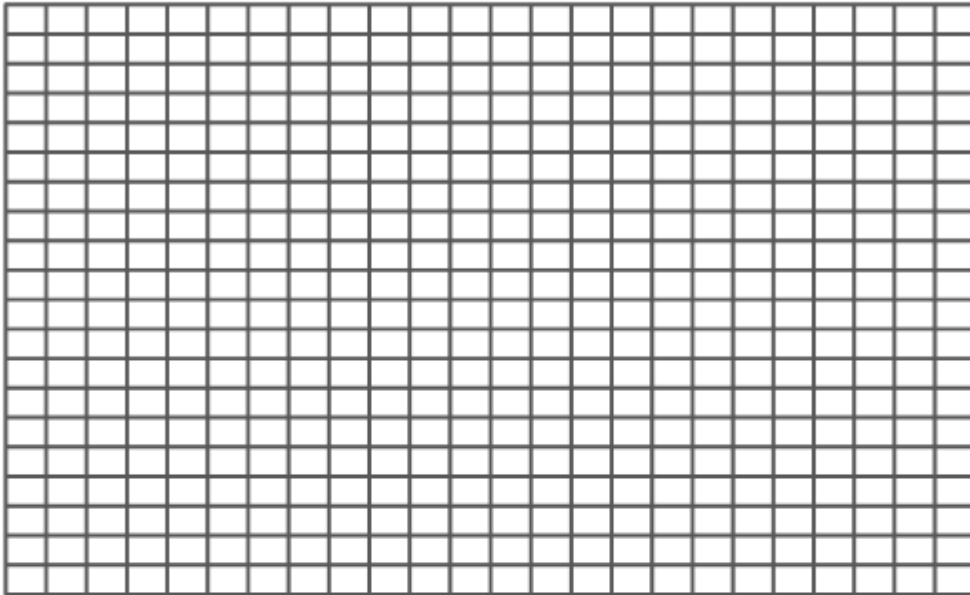
Número y potencia de luminarios								
Hab.	5 W	7 W	10 W	15 W	20 W	50 W	75 W	100 W
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

Equipos	Intensidad de uso				Edad (años)	
	Potencia (W/h)	Primavera/Verano		Otoño/Invierno		
		Horas	Nivel	Horas	Nivel	
Cal.						
Aire. Ac.						
Vent.						
Otro						
Refri						

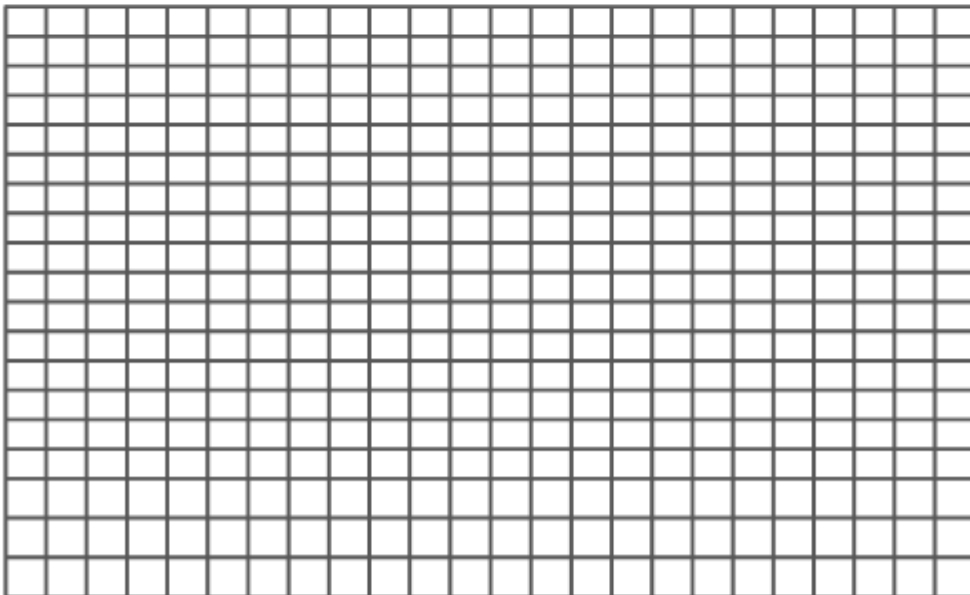
Sensación térmica predominante

	Mañana	Tarde	Noche	Madrugada
Invierno				
Otoño				
Primavera				
Verano				

CROQUIS _____



CROQUIS _____



7.4 Método de cálculo de la NOM-020-ENER-2011

Es la componente de la envolvente de un edificio para uso habitacional que tiene una superficie exterior cuya normal tiene un ángulo con respecto a la vertical mayor a 135° y hasta 180°.

4.21 Techo

Es la componente de la envolvente de un edificio para uso habitacional que tiene una superficie exterior cuya normal tiene un ángulo con respecto a la vertical mayor o igual a 0° y hasta 45°.

4.22 Temperatura equivalente promedio (t_e)

Es una temperatura indicativa, de la temperatura exterior promedio, durante el período de verano.

4.23 Transparente

(Translúcido) Lo que no es

opaco.

5. Clasificación

Para fines de esta Norma Oficial Mexicana, las partes que conforman la envolvente de un edificio para uso habitacional se clasifican y denominan de la siguiente manera.

Nombre de la componente y ángulo de la normal a la superficie exterior con respecto a la vertical		Partes
Techo	Desde 0° y hasta 45°	Opaco No opaco (domo y tragaluz)
Pared	Mayor a 45° y hasta 135°	Opaca (muro) No opaca (vidrio, acrílico)
Superficie inferior	Mayor a 135° y hasta 180°	Opaca No opaca (vidrio, acrílico)
Piso	Generalmente 180°: también se deben considerar los pisos inclinados	Opaco No opaco (vidrio, acrílico)

6. Especificaciones

6.1. Características del edificio para uso habitacional de referencia

Se entiende por edificio para uso habitacional de referencia aquel que conservando la misma orientación, las mismas condiciones de colindancia y las mismas dimensiones en planta y elevación del edificio para uso habitacional proyectado, considera las siguientes especificaciones para las componentes de la envolvente:

Techo		
Parte	Porcentaje del área total %	Coefficiente Global de Transferencia de Calor K (W/m ² K)
Opaca	100	Tabla 1
Transparente	0	-----

Pared			
Parte	Porcentaje del área total %	Coefficiente Global de Transferencia de Calor K (W/m ² K)	Coefficiente de Sombreado CS
Fachada opaca	90	Tabla 1	-----
Fachada Transparente	10	5,319	1
Colindancia opaca	100	Tabla 1	-----

Para el cálculo de ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia no se toma en cuenta la ganancia de calor a través del piso, debido a que se supone que se encuentra sobre el suelo. Sin embargo, en el caso de que el edificio para uso habitacional proyectado tenga uno o más pisos de estacionamiento por encima del suelo, se debe sumar la ganancia de calor a través del piso o entrepiso del 1er. nivel habitable del mismo.

7. Método de cálculo (Presupuesto energético)

7.1 Cálculo del presupuesto energético

A continuación, se describen los cálculos de la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado y del edificio para uso habitacional de referencia.

7.1.1 Cálculo de la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado

La ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado es la suma de la ganancia de calor por conducción, más la ganancia de calor por radiación solar, es decir:

$$\phi_p = \phi_{pc} + \phi_{ps}$$

en donde:

- ϕ_p es la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado, en W;
- ϕ_{pc} es la ganancia de calor por conducción a través de las partes opacas y no opacas de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado, determinada según el inciso 7.1.1.1, en W;
- ϕ_{ps} es la ganancia de calor por radiación solar a través de las partes no opacas de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado, determinada según el inciso 7.1.1.2, en W.

7.1.1.1 Ganancia de calor por conducción

Es la suma de la ganancia por conducción a través de cada una de las componentes, de acuerdo con su orientación, techo y superficie inferior y utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{pc} = \sum_{i=1}^6 \phi_{pci}$$

en donde:

- i son las diferentes orientaciones: 1 es techo, 2 es norte, 3 es este, 4 es sur, 5 es oeste y 6 es superficie inferior.

Cualquier porción de la envolvente directamente sobre la tierra se considera que tiene una ganancia de calor de cero. Sin embargo, si el edificio para uso habitacional proyectado tiene ganancia de calor a través del piso, éste debe considerarse como una superficie inferior, y su ganancia de calor debe sumarse a la del resto de la envolvente. Un ejemplo típico es un edificio para uso habitacional cuyo estacionamiento ocupa los primeros pisos.

La ganancia de calor por conducción a través de la componente con orientación i , se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{pci} = \sum_{j=1}^n [K_j \times A_{ij} \times (t_{ei} - t)]$$

en donde:

- ϕ_{pci} es la ganancia de calor por conducción a través de la componente con orientación i , en W;
- j son las diferentes porciones que forman la parte de la componente de la envolvente. Cada porción tendrá un coeficiente global de transferencia de calor. Por ejemplo, una porción típica de una parte opaca de una pared, es un muro formado por un repellado o aplanado exterior, tabique y un repellado interior, o un repellado exterior, una placa de poliestireno expandido y un tapiz plástico en el interior;
- K_j es el coeficiente global de transferencia de calor de cada porción, determinado según el Apéndice B, en W/m² K;
- A_{ij} es el área de la porción j con orientación i , en m²;
- t_{ei} es el valor de la temperatura equivalente promedio, para la orientación i , determinada según la tabla 1, en °C;
- t es el valor de la temperatura interior del edificio para uso habitacional, que se obtiene de la tabla 1, en °C.

7.1.1.2 La ganancia de calor por radiación

Es la suma de la ganancia por radiación solar a través de cada una de las partes no opacas, la cual se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{ps} = \sum_{i=1}^5 \phi_{psi}$$

en donde:

- i son las diferentes orientaciones: 1 es techo, 2 es norte, 3 es este, 4 es sur, 5 es oeste;

La ganancia de calor por radiación solar a través de la componente con orientación i , se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{psi} = \sum_{j=1}^m [A_{ij} \times CS_j \times FG_i \times SE_{ij}]$$

en donde:

- ϕ_{psi} es la ganancia de calor por radiación solar a través de las porciones no opacas de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado, en W;
- j son las diferentes porciones transparentes que forman la parte de la componente de la envolvente.

Cada porción tendrá un coeficiente de sombreado, un factor de ganancia de calor solar y un factor de corrección por sombreado exterior. Una porción típica de una parte no opaca es una pared de vidrio, o con bloques de vidrio;

- A_{ij} es el área de la porción transparente j con orientación i , en m^2 ;
- CS_j es el coeficiente de sombreado del vidrio de cada porción transparente, según la especificación del fabricante, con valor adimensional entre cero y uno;
- FG_i es la ganancia de calor solar por orientación, determinada según la tabla 1 del apéndice A, en W/m^2 ;
- SE_{ij} es el factor de corrección por sombreado exterior para cada porción transparente, determinado según el elemento utilizado para sombrear en la tabla 2, 3, 4 y 5 con valor adimensional entre cero y uno;

7.1.2 Cálculo de la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia

Para que el edificio para uso habitacional de referencia corresponda al edificio para uso habitacional proyectado, el área total de cada una de las componentes para cada orientación debe ser igual para ambos. Las paredes del edificio para uso habitacional de referencia se consideran con 90% de parte opaca (muro) y

10% de parte no opaca (transparente) y el techo con 100% de parte opaca y 0% de parte no opaca.

La ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia, es la suma de la ganancia de calor por conducción, más la ganancia de calor por radiación solar, es decir:

$$\phi_r = \phi_{rc} + \phi_{rs}$$

en donde:

- ϕ_r es la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia, en W ;
- ϕ_{rc} es la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia por conducción, en W ;
- ϕ_{rs} es la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia por radiación solar, en W .

7.1.2.1 Ganancia de calor por conducción

Es la suma de la ganancia por conducción a través de cada una de las componentes, de acuerdo con su orientación, y utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{rc} = \sum_{i=1}^5 \phi_{rci}$$

en donde:

i son las diferentes orientaciones: 1 es techo, 2 es norte, 3 es este, 4 es sur y 5 es oeste.

La ganancia de calor por conducción a través de la componente con orientación i , se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{rci} = \sum_{j=1}^n [K_j \times A_{ij} \times (t_{ei} - t)]$$

en donde:

- ϕ_{rc} es la ganancia de calor por conducción a través de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia, en W ;
- j son las diferentes partes de la componente de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia;
- K_j es el coeficiente global de transferencia de calor de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia j . Para las partes opacas se determina según la tabla 1, en dos condiciones: edificio para uso habitacional hasta de tres niveles y condominios horizontales con muros compartidos, y edificios para uso habitacional de más de tres niveles; para las partes transparentes de los techos es $5,952 W/m^2 K$ y para las partes transparentes de las paredes es $5,319$, en $W/m^2 K$;
- A_{ij} es el área de cada parte de la envolvente j , con orientación i , en m^2 ;
- t_{ei} es el valor de la temperatura equivalente promedio, para la orientación i , determinado según la tabla 1, en $^{\circ}C$;

t es el valor de la temperatura interior del edificio para uso habitacional, determinada según la tabla 1 del apéndice A, en °C.

Para las partes opacas de las paredes del edificio para uso habitacional de referencia se deben utilizar las temperaturas correspondientes a muro masivo, según se determina en la tabla 1.

7.1.2.2 Ganancia de calor por radiación es la suma de la ganancia por radiación solar a través de cada una de las partes no opacas, la cual se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{rz} = \sum_{i=1}^5 \phi_{rzi}$$

en donde:

i son las diferentes orientaciones: 1 es techo, 2 es norte, 3 es este, 4 es sur y 5 es oeste.

La ganancia de calor por radiación solar a través de la parte con orientación i, se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{rzi} = \sum_{i=1}^5 [Ar_i \times CSr_i \times FG_i]$$

en donde:

ϕ_{rzi} es la ganancia de calor por radiación solar a través de la parte transparente de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia, con orientación i, en W;

Ar_i es el área de la parte transparente de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia, con orientación i, en m²;

CSr_i es el coeficiente de sombreado del vidrio empleado en el edificio para uso habitacional de referencia, con orientación i, con valor adimensional de 1,0 para las paredes.

FG_i es la ganancia de calor solar por orientación, determinada según la tabla 1 del apéndice A, en W/m²;

7.2 Determinación del coeficiente global de transferencia de calor (K) de las porciones de la envolvente

Los valores del coeficiente global de transferencia de calor de las porciones de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado, se determinarán de acuerdo al método de cálculo establecido en el Apéndice B. Para el edificio para uso habitacional de referencia los valores de K se especifican en la tabla 1 y en el inciso 6.1.

7.3 Barreras de vapor (barrera para humedad)

En la tabla 1 se indica las ciudades donde es necesario utilizar barreras de vapor, para que la envolvente del edificio para uso habitacional no pierda sus características térmicas.

7.4 Orientación

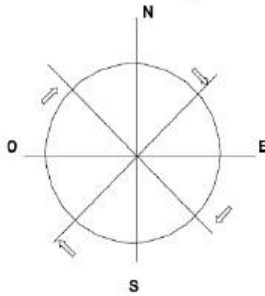
Debido a que la ganancia de calor a través de las paredes varía con la orientación, se establecen en esta Norma Oficial Mexicana las siguientes convenciones:

Norte: cuyo plano normal está orientado desde 45° al oeste y menos de 45° al este del norte.

Este: cuyo plano normal está orientado desde 45° al norte y menos de 45° al sur del este.

Sur: cuyo plano normal está orientado desde 45° al este y menos de 45° al oeste del sur.

Oeste: cuyo plano normal está orientado desde 45° al sur y menos de 45° al norte del oeste.



8. Criterio de aceptación

8.1 Presupuesto energético

La ganancia de calor (ϕ_p) a través de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado, debe ser menor o igual a la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia (ϕ_r), es decir:

$$\phi_p \leq \phi_r$$

9. Muestreo

Todos los edificios para uso habitacional nuevos o ampliaciones de edificios para uso habitacional existentes, incluidos en el campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana, están sujetos al cumplimiento de la misma.

10. Informe de resultados

En el Apéndice C se presentan los formatos para reportar los resultados del presupuesto energético. La Unidad de Verificación, acreditada y aprobada, es la responsable de verificar el cumplimiento con esta Norma Oficial Mexicana.

7.5 Conceptos y definiciones de balance térmico

A continuación se presentan los conceptos y definiciones relacionadas con el calor y el comportamiento térmico de las edificaciones.

7.5.1 Balance térmico

El estudio del comportamiento térmico de las edificaciones se dedica a la evaluación de los cambios en las condiciones de temperatura en el espacio interno, resultantes del intercambio de calor que se da entre la envolvente arquitectónica y el medio natural exterior (Nayak & Prajapati, 2006).

Una variedad de procesos de intercambio de calor puede tener lugar entre un edificio y el ambiente exterior. La influencia que tienen múltiples factores en el desempeño de una construcción puede ser estudiado gracias al uso de herramientas analíticas basadas en la termodinámica.

7.5.1.1 Confort térmico

Puede definirse el confort térmico como “un estado de la mente en que se expresa satisfacción con la temperatura del ambiente”. Se enfatiza que el juicio de confort es un proceso cognitivo, influenciado por factores fisiológicos y psicológicos, entre otros; además de ser participativo, pues respondemos a los cambios de humedad y temperatura con acciones conscientes o inconscientes en busca del mismo (ASHRAE, 2009). El confort térmico depende de varios factores, el grado de arropamiento, la temperatura del aire, la velocidad del viento, el grado de actividad metabólica, la edad y el sexo de la persona.

A pesar de las diferencias perceptivas y psicológicas de los seres humanos, todos compartimos características biológicas semejantes y límites de resistencia. Por ejemplo: la temperatura natural de todos los seres humanos es de aproximadamente 36°C, y somos capaces de mantenerla gracias a mecanismos de auto-regulación térmica. Cuando las condiciones ambientales son muy adversas y nuestra temperatura corporal desciende hasta los 30°C (hipotermia) o excede los 41°C (hipertermia), se supera la capacidad del organismo para auto-regularse y morimos.

Tomando en cuenta estos límites, y algunas pruebas estadísticas sobre confort, se han establecido estándares (parámetros de temperatura, iluminación y sonido) que funcionan como base (de datos y valores) para generar recomendaciones y normativa en materia de confort térmico, lumínico y acústico.

Las especificaciones de temperatura y humedad que determinan la zona de confort térmico pueden ser modificadas por:

- La incidencia de radiación (calor emitido por el sol o las superficies calientes), la cual dificulta la salida de calor del cuerpo humano.

- La ocurrencia de enfriamiento en el aire que entra en contacto con el cuerpo humano, lo cual aumenta la salida de calor del mismo.
- La pérdida de calor del cuerpo humano debido a superficies frías que lo circundan, lo que favorece la pérdida de confort térmico.
- La modificación de la temperatura del aire y del confort térmico humano por materiales que conforman parte del medio ambiente (por ejemplo, materiales de construcción del edificio) y que son capaces de almacenar calor o frío (p.e. piedra, adobe, concreto).

Termo-regulación humana

Los procesos metabólicos del cuerpo están estrechamente relacionados con la generación de calor y su intercambio con el ambiente. La hipotermia y la hipertermia son condiciones que pueden resultar fatales, por lo que los procesos se centran en equilibrar la temperatura interna y externa.

El encargado de regular los procesos de regulación térmica, tanto interna, como externa, es el hipotálamo, que funciona como un sensor de la actividad metabólica y del ambiente externo (ASHRAE, 2009). Los límites de temperatura interna en los que es posible la vida humana son un máximo de 46°C y un mínimo de 28°C; fuera de este rango sobreviene la muerte. El confort no es sólo una cuestión de elecciones, es un indicador de seguridad para la vida, de ahí la importancia de la regulación térmica.

A la sensación prolongada de incomodidad con la temperatura se le conoce como estrés térmico, en este estado, cualquier movimiento hacia una situación más cómoda es vista como algo muy placentero; por eso, a pesar de que las condiciones de calor fuesen extremas, una pequeña brisa podría significar todo un alivio. Lo mismo pasa con el calor: la ganancia de un par de grados mediante un correcto arropamiento puede hacer una diferencia enorme.

▪ Intercambios térmicos del ser humano con el ambiente

Se dan principalmente a través de la piel y se comportan como una búsqueda de balance térmico común. El intercambio reconoce las pérdidas y ganancias sensibles, así como las pérdidas por evaporación (sudor).

El factor más importante que tomar en cuenta es la superficie del cuerpo –por ser el principal medio de transferencia–, es decir la superficie de la piel. Para su cálculo se estableció una relación entre el peso y la estatura del ser humano en 1916:

$$A_D = 0.202m^{0.425}l^{0.725}$$

Ecuación 1 De DuBois para obtener la superficie de la piel.
(ASHRAE, 2009).

Descripción del Ensamble ^a	I_{cl}^c	I_t^b	f_{cl}	i_{cl}	i_m^b
	clo	clo			
Shorts, camisa de manga corta	0.36	1.02	1.10	0.34	0.42
Pantalones, camisa de manga corta	0.57	1.20	1.15	0.36	0.43
Pantalones, camisa de manga larga	0.61	1.21	1.20	0.41	0.45
El conjunto de arriba, más saco	0.96	1.54	1.23		
El conjunto de arriba, más chaleco y playera	0.14	1.69	1.32	0.32	0.37
Pantalones, camisa de manga larga, sweater de manga larga, playera	1.01	1.56	1.28		
El conjunto de arriba, más saco y pantaloncillos largos de ropa interior	1.30	1.83	1.33		
Pantalones deportivos, sudadera	0.74	1.35	1.19	0.41	0.45
Camisa de pijama de manga larga y pantalones largos de pijama, bata de manga 3/4, pantuflas (sin calcetines)	0.96	1.50	1.32	0.37	0.41
Falda hasta las rodillas, camisa de manga corta, pantimedias, sandalias	0.54	1.10	1.26		
Falda hasta las rodillas, camisa de manga larga, fondo completo, pantimedias	0.67	1.22	1.29		
Falda hasta las rodillas, camisa de manga larga, medio fondo, pantimedias, sweater de manga larga	1.10	1.59	1.46		
El conjunto de arriba, reemplazando el sweater por saco	1.04	1.60	1.30	0.35	0.40
Falda hasta los tobillos, camisa de manga larga, saco, pantimedias	1.10	1.59	1.46		
Overol de manga larga, playera	0.72	1.30	1.23		
Overol, camisa de manga larga, playera	0.89	1.46	1.27	0.35	0.40
Overoles aislantes, ropa interior térmica de manga larga, pantaloncillos largos de ropa interior	1.37	1.94	1.26	0.35	0.39

Fuente: De McCullough & Jones (1984) y McCullough et al. (1989).

^aTodos los ensambles incluyen zapatos y trusas o pantis. Todos los ensambles, excepto aquellos con pantimedias incluyen calcetines a menos que se indique lo contrario.

^bPara $t_r = t_a$ y velocidad del aire menor a 0.2 m/s ($I_a = 0.72$ clo y $i_m = 0.48$ cuando desnudo). 1 clo= 0.155

Figura 65. Tabla de valores de aislamiento y permeabilidad de prendas comunes (ASHRAE, 2009).

($m^2 \cdot K/W$).

▪ Determinación del rango de confort térmico

Como se dijo anteriormente, la sensación de confort depende de gran variedad de factores, muchos de ellos difíciles de medir y controlar –como los psicológicos, por ejemplo– (Fanger, 1982); es un rango subjetivo y varía de individuo en individuo, por lo que no se le puede generalizar universalmente. Lo que se ha conseguido con éxito, es establecer relaciones estadísticas, para encontrar rangos en los que un mayor número de personas se sienten mejor. El mismo Fanger desarrolló los modelos de cálculo de *Predicted Mean Vote* y *Predicted Percentage of Dissatisfied*, que sirven para calcular los índices de satisfacción aproximados que experimentará un grupo de gente bajo ciertas circunstancias. PMV maneja una escala para la sensación térmica estadística, que se mide en un rango de ± 5 opiniones entre el calor y el frío intolerable:

0. Cómodo
1. Un poco incómodo, pero aceptable
2. Incómoda y desagradable
3. Muy incómodo
4. Tolerancia limitada
5. Intolerable

La combinación PMV–PPD está muy extendida y es generalmente aceptada, considera factores como la humedad relativa, la temperatura y la velocidad del viento para establecer sus rangos de confort. El PPD, es un cálculo de los porcentajes en los que las condiciones ambientales resultan incómodas. Las fórmulas para su cálculo pueden encontrarse en el Manual de fundamentos de la ASHRAE.

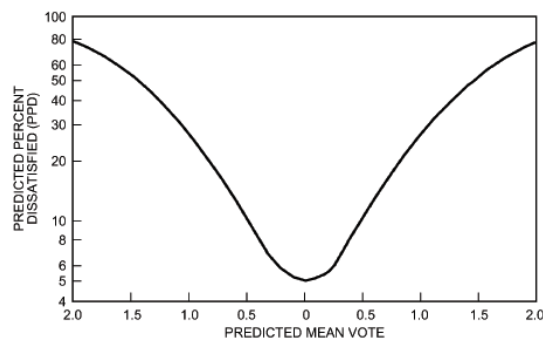


Figura 66. PPD como función del PMV, (ASHRAE, 2009).

7.5.1.2 Transferencia de calor

La transferencia de calor es el paso de energía térmica desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura. Cuando un cuerpo está a una temperatura diferente de la de su entorno u otro cuerpo, la transferencia de calor ocurre de tal manera que el cuerpo y su entorno alcancen equilibrio térmico.

7.5.1.3 Calor

Se define como energía en tránsito, debida a una propiedad de la materia conocida como temperatura (Torrella, 1999). Está asociado a la energía cinética de los átomos. El calor se origina de otras fuentes de energía; al igual que el trabajo, es una forma de energía en movimiento, la primera se debe a una diferencia de temperaturas y la segunda a la acción de fuerzas mecánicas. Se produce principalmente por: combustión, el paso de la corriente eléctrica, la compresión brusca de un gas, algunas reacciones químicas y nucleares (Rougeron, 1977).

En el Sistema Internacional de Unidades, se emplea el Joule (J) para medir el calor, sus unidades básicas son $\text{kg m}^2/\text{s}^2$. Equivale, aproximadamente a la energía necesaria para levantar 1 kg a una altura de 10 cm en la superficie terrestre.

- Calor latente. Su nombre viene del latín *latens*, que significa oculto. Es la energía calorífica necesaria para inducir a un cambio de fase en la materia, sin aumentar la temperatura. Por ejemplo: Cuando se aplica calor al hielo, va ascendiendo su temperatura hasta que llega a 0 °C (temperatura de cambio de fase), a partir de entonces, aun cuando se le siga aplicando calor, la temperatura no cambia hasta que se haya fundido del todo. Esto se debe a que el calor se emplea en la fusión del hielo. Una vez fundido el hielo la temperatura volverá a subir hasta llegar a 100 °C; desde ese momento se mantendrá estable hasta que se evapore toda el agua.
- Calor sensible. Es el que, al aplicarse a un cuerpo, hace que aumente su temperatura sin afectar su estructura molecular (manteniendo su estado de agregación).
- Cantidad de calor. La cantidad de calor de un cuerpo representa la suma de las energías térmicas de todas las moléculas que lo componen (Netto, n/d).

$$Q=m \cdot c(\Delta T)$$

Ecuación 2. Calorimétrica o de la cantidad de calor.

- Capacidad calorífica. Es una magnitud que indica la mayor o menor dificultad que presenta una sustancia para experimentar cambios de temperatura cuando se le suministra calor. Se representa como C, sus unidades de medida son J/K. Coloquialmente se le conoce como “la energía necesaria para aumentar una unidad de temperatura”, o bien, aumentar 1K en el Sistema Internacional de Unidades. Además de la temperatura puede depender de la presión, aunque en su ecuación general no se le considera.

$$C = Q/\Delta T = c \cdot m$$

Ecuación 3. Capacidad calorífica.

- Calor específico. El calor específico (c) es la energía necesaria para elevar 1 °C la temperatura de un gramo de materia. Depende del material y relaciona el calor que se proporciona a una masa determinada de una sustancia con el incremento de temperatura. Las unidades habituales para medir el calor específico son: J / (kg · K) ó (J·kg-1·K-1) y con menor frecuencia cal / (g · °C).

$$c = C/m$$

Ecuación 4. Calor específico.

7.5.1.4 Temperatura

La temperatura es una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico. Está relacionada con los movimientos de las partículas del sistema (energía cinética). A mayor energía cinética en un sistema, mayor temperatura (aunque no más calor). Dicho lo anterior, se puede definir la temperatura como la cuantificación de la actividad molecular de la materia.

7.5.1.5 Mecanismos de transferencia de calor

En física, proceso por el que se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están en distinto nivel energético. El calor se transfiere mediante convección, radiación o conducción. Aunque estos tres procesos pueden tener lugar simultáneamente, puede ocurrir que uno de los mecanismos predomine sobre los otros dos.

— Conducción

En los sólidos, la única forma de transferencia de calor es la conducción. Si se calienta un extremo de una varilla metálica, de forma que aumente su temperatura, el calor se transmite hasta el extremo más frío por conducción. No se comprende en su totalidad el mecanismo exacto de la conducción de calor en los sólidos, pero se cree que se debe, en parte, al movimiento de los electrones libres que transportan energía cuando existe una diferencia de temperatura. Esta teoría explica por qué los buenos conductores eléctricos también tienden a ser buenos conductores del calor.

— Convección

Si existe una diferencia de temperatura en el interior de un líquido o un gas, es casi seguro que se producirá un movimiento del fluido. Este movimiento transfiere calor de una parte del fluido a otra por un proceso llamado convección.

El movimiento del fluido puede ser natural o forzado. Si se calienta un líquido o un gas, su densidad (masa por unidad de volumen) suele disminuir. Si el líquido o gas se encuentra en el campo gravitatorio, el fluido más caliente y menos denso asciende, mientras que el fluido más frío y más denso desciende. Este tipo de movimiento, debido exclusivamente a la no uniformidad de la temperatura del fluido, se denomina convección natural. La convección forzada se logra sometiendo el fluido a un gradiente de presiones, con lo que se fuerza su movimiento de acuerdo a las leyes de la hidrodinámica.

— Radiación

La radiación presenta una diferencia fundamental respecto a la conducción y la convección: las sustancias que intercambian calor no tienen que estar en contacto, sino que pueden estar separadas por un vacío, o bien que no exista materia entre ellas. La radiación es un término que se aplica genéricamente a toda clase de fenómenos relacionados con ondas electromagnéticas. Algunos fenómenos de la radiación pueden describirse mediante la teoría de ondas, pero la única explicación general satisfactoria de la radiación electromagnética es la teoría cuántica.

7.5.1.6 Conductividad, resistencia y aislamiento térmicos

— Conductividad térmica (λ)

Es una propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción de calor. En el Sistema Internacional de Unidades la conductividad térmica se mide en $W/(K \cdot m)$. Su magnitud inversa es la resistividad

— **Resistencia térmica**

La resistencia térmica de un material representa la capacidad del material de oponerse al flujo del calor. En el Sistema Internacional de Unidades (SI) se expresa en m^2K/W (metro cuadrado kelvin por watt)

En el caso de materiales homogéneos es la razón entre el espesor y la conductividad térmica del material.

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

En materiales heterogéneos la resistencia es el inverso de la conductancia térmica.

$$R = \frac{1}{C}$$

— **Aislamiento térmico**

Decimos que un material es un aislante térmico cuando posee cierta capacidad para oponerse al paso del calor por conducción a través de él por conducción. Todos los materiales oponen resistencia, en mayor o menor medida, al paso del calor a través de ellos. Algunos, muy escasa, como los metales, por lo que se dice de ellos que son buenos conductores; los materiales de construcción (yesos, ladrillos, morteros) tienen, típicamente, una resistencia térmica media. Aquellos materiales que ofrecen una resistencia alta, se llaman aislantes térmicos específicos o, más sencillamente, aislantes térmicos

7.5.1.7 Balance térmico

Cuando la suma de las pérdidas y ganancias de calor en un sistema térmico iguala al cero, se dice que se encuentra en equilibrio térmico. El cero absoluto en un ejercicio de balance térmico es prácticamente imposible, sobre todo en las edificaciones.

La envolvente térmica es parte de un sistema (en este caso, una edificación) que está en proceso de equilibrio; éste se compone del ambiente exterior, el ambiente interno, los microclimas internos y externos, todos con sus propias cargas térmicas, de humedad, ruido, etc.

El estado de equilibrio térmico se representa con la ecuación:

$$Q_i + Q_s \pm Q_c \pm Q_v - Q_e \pm Q_m = 0$$

Donde:

Q_i ganancias internas

Q_s ganancias solares

Q_c pérdidas o ganancias por convección

Q_v pérdidas o ganancias por ventilación

Q_e pérdidas por evaporación

Q_m pérdidas y ganancias por equipos mecánicos

Para calcular el balance térmico de un edificio, se consideran las ganancias por radiación, o solares, las ganancias internas, las pérdidas o ganancias por convección (interacción con el exterior), las pérdidas o ganancias por ventilación, las pérdidas por evaporación y las pérdidas o ganancias por utilización de equipos mecánicos. La Q se refiere a la cantidad de calor que se gana o se pierde, y cada una de las Q tiene su propio método de obtención y cálculo.

▪ Q_i ganancias internas

Se refiere a las posibles cargas de calor derivadas de la ocupación del inmueble, ya sea por las condiciones operativas del inmueble (actividades), presencia de individuos y otros seres vivos, por iluminación, o por equipos mecánicos y eléctricos no relacionados con el acondicionamiento térmico del inmueble.

▪ Q_s ganancias solares

Las ganancias solares se refieren a las ganancias por radiación, tanto de elementos transparentes como de las superficies opacas. A las primeras se les conoce como ganancias solares directas, a las segundas como ganancias solares indirectas.

La suma de las ganancias solares directas y las indirectas tiene como resultado la ganancia solar total.

$$Q_s = Q_{sd} + Q_{si}$$

Las ganancias solares directas (a través de los elementos transparentes) se dan como sigue:

Directas:

$$Q_{sd} = G * A * fgs$$

El factor de ganancia solar (fgs) se relaciona con el tipo de superficie transparente y representa la radiación directa que puede atravesarla. Se trata de una fracción entre 0 y 1, donde 0 representaría una superficie totalmente opaca y 1 indicaría una superficie totalmente transparente. Generalmente un vidrio claro de 3mm tiene un fgs de 0.88, mientras que uno de 6mm tiene un fgs de 0.84. Algunos cristales de color pueden reducir su fgs a 0.40, en tanto algunos cristales reflejantes pueden llegar a reducirlo hasta 0.20. Sin embargo, es importante tomar en cuenta que los cristales de color y los reflejantes también reducen las ganancias de calor cuando estas serían deseables (en invierno) y que pueden llegar a obstruir de manera significativa las vistas al exterior.

Donde:

Q_{sd} = Ganancia directa total en Watts (W).

G = Radiación solar total incidente sobre la superficie transparente (W/m^2).

A = Área de la superficie transparente en m^2 .

fgs = Factor de ganancia solar del vidrio.

Indirectas:

Las ganancias solares indirectas implican un proceso en el que la radiación solar incidente primero aumenta la temperatura de la superficie exterior de los cerramientos, para después generar un flujo de calor por conducción a través de éstos. Para calcular las ganancias solares indirectas, independientemente de la temperatura del aire exterior, se puede recurrir a la siguiente fórmula

$$Q_{si} = U * A * (G * a * R_{so})$$

Donde:

Q_{si} = Ganancia solar indirecta total en Watts (W).

U = Valor U del elemento.

G = Radiación solar total incidente sobre el elemento opaco (W/m^2).

A = Área del componente opaco en (m^2).

a = Absortancia de la superficie (0-1).

R_{so} = Resistencia de la película exterior de aire.

Q_c pérdidas o ganancias por conducción

Cuando existen flujos de calor a través de la envolvente del edificio (muros, cubiertas y suelos, por ejemplo) tenemos, dependiendo del sentido de dichos flujos, pérdidas o ganancias por conducción. Si los cerramientos tienen cámaras de aire en su interior también se dan procesos de transferencia de calor por convección, aunque estos suelen ser menos intensos. La cantidad de calor ganado o perdido dependerá de las características térmicas de los materiales empleados, de la diferencia de temperatura interior-exterior y de la superficie total expuesta.

Mediante la siguiente ecuación podemos calcular las pérdidas o ganancias de calor en un momento dado:

$$QC = U * A * \Delta T$$

Donde:

QC = Flujo instantáneo de calor (W).

ΔT = Diferencia instantánea entre la temperatura del aire interior y el exterior (°C).

A = Área de la superficie del componente (m²).

U = Valor-U (transmitancia) del elemento.

Para un edificio cuyos cerramientos exteriores se ven sometidos a diferentes condiciones exteriores, o presentan distintas diferencias de temperatura interior-exterior, la ecuación anterior se aplica para cada cerramiento y se suman los resultados.

Si se considera la pérdida de calor de un edificio: $\Delta T = T_i - T_o$

Si se considera la ganancia de calor en un edificio con aire acondicionado: $\Delta T = T_o - T_i$

Si un elemento también está expuesto a la radiación solar, y se desea incluir las ganancias solares

indirectas: $\Delta T = T_s - T_i$

Donde:

ΔT = Diferencia instantánea entre la temperatura del aire interior y el exterior ($^{\circ}\text{C}$).

T_i = Temperatura interior ($^{\circ}\text{C}$).

T_o = Temperatura exterior ($^{\circ}\text{C}$).

T_s = Temperatura sol-aire ($^{\circ}\text{C}$).

▪ Qv pérdidas o ganancias por ventilación

Las pérdidas y ganancias por ventilación ocurren cuando el aire exterior ingresa y circula a través del edificio, lo cual implica también que el aire interior sea expulsado hacia afuera. La ventilación se puede dar de manera intencional, a través de ventilas, ventanas y puertas, o bien en forma involuntaria, mediante la infiltración a través de los componentes constructivos. Cuando la temperatura del aire exterior es mayor que la del aire interior se tienen ganancias, y viceversa.

$$Q_v = 1,300 * V * \Delta T$$

Donde:

Q_v = Pérdida o ganancia total por ventilación (W).

1,300 = Calor específico volumétrico del aire ($\text{J}/\text{m}^3\text{C}$).

V = Tasa de ventilación (m^3/s).

ΔT = Diferencia de temperatura entre el interior y el exterior ($^{\circ}\text{C}$).

Si se conoce el número de renovaciones de aire por hora, la tasa de ventilación se obtiene de la siguiente manera:

$$V = (N * Vol) / 3,600$$

Donde:

V = Tasa de ventilación (m^3/s).

N = Número de renovaciones de aire por hora.

Vol = Volumen total del espacio interior (m^3).

3,600 = Segundos en una hora (s).

Qe pérdidas por evaporación

Las pérdidas de calor por evaporación ocurren cuando el agua se evapora y se incorpora al aire del espacio interior. Si se conoce la tasa de evaporación (ev), en kilogramos por hora (kg/h), la pérdida total de calor por evaporación se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$Q_e = 666.66 * ev$$

Donde:

Q_e = Pérdida total por evaporación en Watts (W).

ev = Tasa de evaporación en kg/h.

Nota: El factor 666.66 se obtiene del calor latente del vapor de agua (2,400,000 J/kg) , considerando que la tasa de evaporación se da por hora (3,600 segundos), de tal manera que $2,400,000 / 3,600 = 666.66$.

- Qm pérdidas y ganancias por equipos mecánicos

El flujo calorífico debido a los sistemas mecánicos de climatización está sujeto a la voluntad del proyectista y pueden controlarse deliberadamente. Debido a ello generalmente se considera como una variable independiente, es decir, que se puede ajustar de acuerdo al balance de los demás factores.

7.6 Modelos de simulación

Una simulación térmica, consiste en la aplicación de algoritmos basados en los principios de la termodinámica. A través de estos, se estima la ganancia y pérdida de calor, por convección, por radiación, por condiciones internas y en algunos casos, el efecto del viento y posibles filtraciones. Estas estimaciones pueden realizarse manualmente o mediante herramientas más complejas, las cuales prometen mayor rapidez y eficacia en sus cálculos.

El auge del desarrollo de modelos computacionales para el análisis matemático se dio entre las décadas de 1980 y 1990, gracias a la difusión de las computadoras digitales. En ellos, se combina el análisis numérico, cálculos matemáticos simbólicos, generación de gráficos por computadora, y otras áreas de la informática para simplificar la configuración, resolver e interpretar los complicados modelos matemáticos del mundo (Atkinson, 2005).

El análisis numérico y por computadora, se extiende a prácticamente todas las ramas de la ciencia y la tecnología. Entre las áreas beneficiadas se encuentra la arquitectura, a través de la aplicación de modelos de representación gráfica, tales como el diseño asistido por computadora (CAD, por las siglas en inglés de Computer Assisted Design), o el modelado de información para las edificaciones (BIM, por las siglas en inglés de Building Information Modeling), ambos indispensables para el ejercicio profesional de la arquitectura en el siglo XXI.

El mundo de la simulación aplicable a la arquitectura no se limita al campo gráfico y técnico; también puede servirse de las ciencias, pues actualmente hay software que apoyado en ramas de la física, como la termodinámica o la óptica, simula condiciones de comportamiento térmico o de iluminación (natural o artificial), respectivamente.

El empleo de software especializado está en continuo desarrollo, y la oferta en el mercado es cada vez más amplia. En párrafos posteriores se describen los resultados de una investigación bibliográfica sobre algunas de estas, resaltando sus particularidades, ventajas e inconvenientes; así mismo se describirán algunos conceptos básicos para la comprensión general de lo que es una herramienta de simulación.

Simulaciones y modelaciones del comportamiento energético

En términos simples, simulación es una técnica, que tiene como finalidad reproducir hechos reales y resultados de procesos mediante análisis matemático.

Las simulaciones varían en su representación: pueden ir desde un esquema, una maqueta y algunos algoritmos simples, hasta complejos programas computacionales que combinan en análisis matemático con representaciones gráficas; estos pueden ser realizados en una computadora personal o mediante

una red de ordenadores sumamente potentes, interconectados entre sí. La obtención de resultados va de unos segundos, en simulaciones sencillas, hasta días (o incluso meses), en trabajos más complejos.

Toda simulación está basada en un modelo; el desarrollo de éste, se basa en la abstracción o circunscripción de la entidad a estudiar, llámese fenómeno, proceso o sistema, discretizando dicha entidad en los módulos o unidades que se requieran para deducir con precisión las relaciones matemáticas que describen a cada módulo o unidad (Szekely, 1988).

Un modelo matemático consiste en una serie de ecuaciones algebraicas o diferenciales que representan un proceso, o algún aspecto del mismo. La modelación ha probado ser efectiva para propósitos de diagnóstico, solución de problemas, mejora y optimización de procesos existentes y desarrollo de nuevos (Szekely, 1989).

El análisis matemático, crea, analiza, y aplica algoritmos para la obtención de soluciones numéricas a problemas relacionados con las variables continuas (que toman sus valores de un intervalo) (Atkinson, 2005).

Un algoritmo, según la RAE, es un conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema. Es un procedimiento sistemático que reproduce la respuesta a una pregunta planteada (Encyclopedia Britannica, 1999)

Los programas de simulación de comportamiento energético, cuentan con herramientas útiles para estimar el confort térmico de las edificaciones. El software que tenemos a nuestro alcance hoy día, a pesar de presentar muchas similitudes y perseguir fines semejantes, difiere en varios niveles: las interfaces de uso, los modelos termodinámicos en los que se basa y en la posibilidad de intercambiar datos con otras aplicaciones, entre otros (Maile et al., 2007).

7.6.1 Postulados elementales de software de simulación

Como se dijo anteriormente, toda simulación térmica se basa en postulados, supuestos y ecuaciones termodinámicas. Es necesario aclarar, que en la actualidad las simulaciones no son una representación exacta de la realidad y su precisión depende mayoritariamente de que los datos empleados sean acertados y cercanos a la realidad. Según el documento de Maile, Fisher y Bazjanac, los datos que más comúnmente están presentes en una simulación energética son:

- La geometría de la edificación
- Las cargas internas
- Los sistemas e instalaciones de aire acondicionado, calefacción y ventilación (HVAC por las siglas en inglés de Heating, Ventilation & Air Conditioning)
- Los datos climáticos
- Las estrategias y horarios de uso

- Los parámetros específicos de la simulación (tiempo, lugar, etc.)

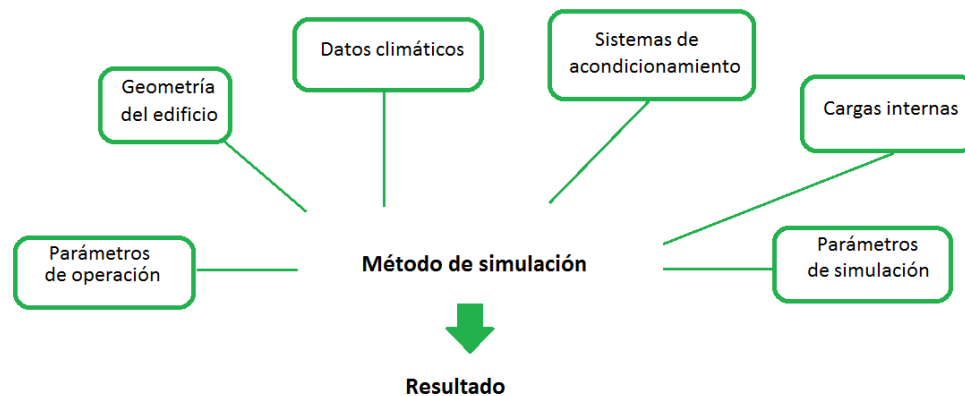


Figura 67. Datos necesarios para una simulación (Traducción propia de Maile et al., 2007)

Para utilizar una herramienta de simulación para el diseño térmico de una envolvente, los datos más importantes son la **geometría del edificio y los datos climáticos**. En esta fase inicial, se pueden contrastar los resultados de la emulación de distintas orientaciones, dispositivos de control solar y comparar los resultados para buscar un mejor desempeño pasivo y con ello disminuir las cargas de acondicionamiento.

Hoy en día, las herramientas de simulación energética se basan principalmente en transferencias de calor unidireccionales. Esto simplifica la información geométrica requerida y reduce –dramáticamente– los tiempos de ejecución.

Datos necesarios para una simulación

Los datos que se requieren para una simulación térmica son:

- **Geometría de la envolvente**

El modelado para simulación energética difiere del arquitectónico, porque el primero es una versión simplificada del segundo.

Las zonas térmicas, no son necesariamente las zonas arquitectónicas, pueden diferenciarse por su función, intensidad de uso y otras características que obedecen al comportamiento térmico y no al arquitectónico.

La delimitación térmica de los espacios no es estrictamente la misma que la que sugieren los planos arquitectónicos. En ocasiones, los muros pueden ser representados como distintos límites térmicos, en el caso de que espacios con distintas características térmicas resulten adyacentes.

En el caso de emplear un modelo térmico unidireccional, las intersecciones de los límites térmicos, se ignoran, al igual que los muros divisorios y columnas, a menos que estas tengan una masa considerable o cuenten con propiedades térmicas especiales.

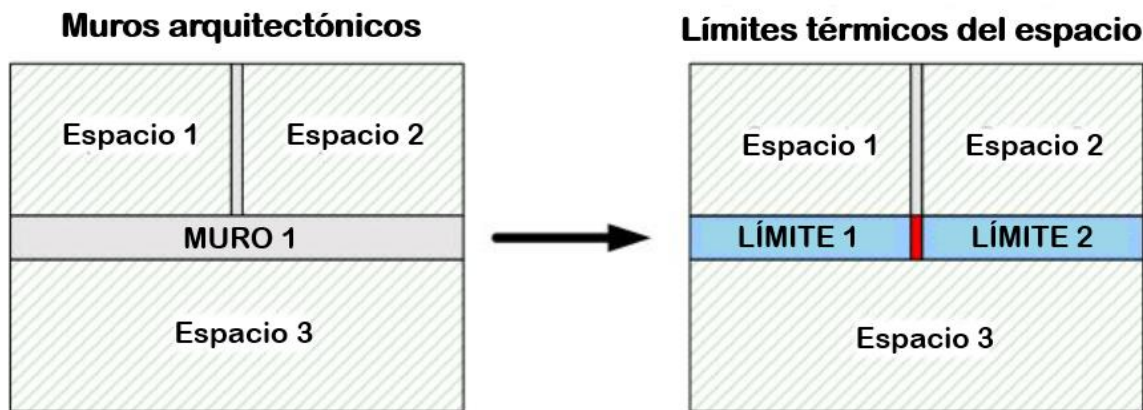


Figura 68. Diferencia entre muros y límites térmicos (Maile et al., 2007).

Las losas y muro que no son adyacentes al edificio también pueden ignorarse desde esta perspectiva, aunque deben tomarse en cuenta como elementos de sombreado, pues estos jamás deben depreciarse, por tener una influencia directa en la reducción de las cargas térmicas.

A la fecha, las superficies curvas, no pueden ser representadas en ningún motor basado en transferencias unidimensionales. Estos objetos, normalmente se analizan como una secuencia de caras planas.

— Cargas térmicas

Son indispensables para proveer información suficiente para realizar el balance térmico de un espacio.

Las cargas externas, dependen del clima, se recolectan estadísticamente y se integran en datos climáticos para aplicarse en la simulación. Estos datos no representan un momento específico, son referencias estadísticas de los patrones climáticos típicos de la localidad (Maile et al., 2017)

Las cargas internas, como la población, equipos de iluminación y acondicionamiento, dependen de la operación y los horarios de uso del edificio.

Los sistemas de calefacción, aire acondicionado y ventilación, se incluyen únicamente para las simulaciones de edificios ya existentes, puesto que en las fases de diseño, estos recién están dimensionándose. Cabe añadir, que esta es una de las partes más complicadas del proceso, y que requieren de más detalle y datos de entrada.

Por último, pero no menos importante, todas las herramientas de simulación necesitan parámetros específicos, por ejemplo, las tolerancias de convergencia numérica, que son necesarias para el modelo de simulación subyacente al motor. Estos parámetros influyen en el comportamiento numérico del motor de simulación. Además, la definición de parámetros tales como el marco de tiempo simulado y el paso del tiempo (si es aplicable) tiene que ser proporcionado (Maile et al., 2017).

Consideraciones

Como se mencionó anteriormente, la entrada, sobre todo los datos del tiempo y las cargas internas, para la simulación de la energía ya se basa en supuestos, como son los conceptos termodinámicos.

Por lo demás, cualquier simulación se basa en suposiciones, por lo que las interrelaciones complejas se pueden simplificar y gestionar. Los usuarios deben ser conscientes de estos supuestos y ser capaz de decidir si son razonables para su simulación específica o no. Por ejemplo, la mayoría de las herramientas de simulación de energía se basan en la suposición de que cada espacio en un edificio está bien mezclado. En otras palabras, la temperatura dentro de un espacio es espacialmente uniforme. Este supuesto se aplica para la mayoría de los espacios de uno o varios niveles, pero se vuelve menos aceptable a medida que aumenta la altura del espacio. Los atrios, por ejemplo, se extienden sobre varios pisos, por lo tanto, la distribución de temperatura varía en función de la altura del espacio debido a la estratificación.

Muchos programas de simulación de energía usan métodos simplificados para la infiltración y ventilación natural que es independiente de la presión. Mientras que el enfoque tradicional para presionar levemente un edificio es suficiente para que los sistemas convencionales de climatización, no es adecuada para los edificios que son principalmente con ventilación natural.

7.6.2 Software para simulación y diseño térmico

En la actualidad, Energy Plus (en adelante, E+) es la herramienta de simulación que sirve como base a sinnúmero de softwares de evaluación del desempeño termoenergético de las edificaciones. E+ combina los motores de simulación energética más potentes: BLAST y DOE-2, aumentando los alcances y sofisticación de las estimaciones

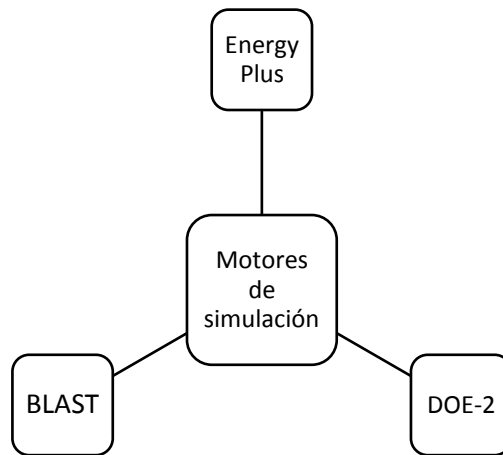


Figura 69. Algunos paquetes de simulación con uso extendido en la actualidad.

7.7 Currículum vitae

TANIA RAQUEL RAMÍREZ RIVERA

Ciudad de México, 2017.

E-mail: tania.ramirez.rivera@gmail.com;

Teléfono fijo: 01 55 5686 6912

Teléfono móvil: 55 2717 5759

Skype: tan.ramirez

RESUMEN

Arquitecta con especialización en Diseño Bioclimático por la Universidad Autónoma Metropolitana. Con 5 años de experiencia en desarrollo y edición de material didáctico, fortalecimiento de capacidades e impartición de cursos de manera presencial y a distancia a multiplicadores de conocimiento en temas de Eficiencia Energética en la Edificación en México. Actualmente es candidata al grado de Maestra en Diseño Bioclimático con la investigación "Comparación de las demandas energéticas estimadas en climatización artificial entre la vivienda autoproducida y la vivienda de interés social en un clima templado. Caso de estudio Tlalnepantla, estado de México. Cálculos realizados con DEEVi y el método de cálculo del presupuesto energético de la NOM-020-ENER-2011" y forma parte del grupo de trabajo del Comité de Gestión por Competencias en el Estándar EC0431.

EXPERIENCIA PROFESIONAL

2015 – 2017 *GOPA Consultants, por encargo de GIZ. Programa de Gestión Ambiental Urbana e Industrial II*

Apoyo administrativo y logístico en la coordinación de consultores expertos nacionales e internacionales; planeación, ejecución y seguimiento de talleres de capacitación multidisciplinarios con la iniciativa privada y entidades gubernamentales.

2016 *GOPA Consultants, por encargo de GIZ. Programa de Edificación Sustentable*

Acompañamiento técnico y logístico en la en la Consolidación del Trayecto Técnico Eficiencia Energética en la Edificación. Acompañamiento técnico y logístico en la Evaluación con fines de certificación de competencias laborales en el estándar EC0431.

2015 *GOPA Consultants, por encargo de GIZ. Programa de Edificación Sustentable*

Seguimiento de la implementación del primer piloto del Trayecto Técnico Eficiencia Energética en la Edificación. Apoyo en los planes y programas de estudio del segundo semestre del Trayecto Técnico. Colaboración en la organización capacitación de docentes del sistema CONALEP en el SiseVive.

2014 *GOPA Consultants, por encargo de GIZ. Programa de Edificación Sustentable*

Participación en la revisión de Planes y programas de estudio para el desarrollo del Trayecto Técnico Eficiencia Energética en la Edificación. Desarrollo de material didáctico de Eficiencia Energética en Edificación para estudiantes de nivel medio superior. Capacitación presencial a docentes del sistema CONALEP en materia de Arquitectura Bioclimática y eficiencia energética.

2013 *GOPA Consultants, por encargo de GIZ. Programa de Edificación Sustentable*

Diseño e impartición de capacitación a profesores del sistema CONALEP en materia de Eficiencia Energética en modalidades presencial y a distancia.

2012 *Independiente*

Asistente de investigación (sector privado). Colaboración en la elaboración y edición de material didáctico.

2009-2010 *TAD S.A.*

Coordinadora del grupo de proyectos; Diseño arquitectónico (casa habitación uni y multifamiliar; pequeños comercios, bodegas y ampliaciones); Diseño y revisión de instalaciones hidrosanitarias domésticas; Coordinación de personal.

2008-2009 *Casa y Ciudad*

Prestadora de servicio social; Asistente de proyecto arquitectónico; Revisión de proyectos de vivienda multifamiliar en acuerdo con las normativas vigentes para el D.F.

EDUCACIÓN

Actualidad: Universidad Autónoma Metropolitana. Candidata al grado de Maestra en Diseño Bioclimático.

2011 Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. Especialización en Diseño, línea de Arquitectura Bioclimática.

2009 Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. Arquitecta.

OTROS CURSOS RELEVANTES

2017, SHF-CONAVI Curso para Multiplicadores del Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde.

2018, CMIC-GIZ Curso para la segunda generación de Multiplicadores del EC0431.

2015, INFONAVIT. Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde.

2007 Universidad Autónoma Metropolitana + Universität Stuttgart + Politechnika Wrocławska. *Taller de Arquitectura Viva: Stuttgart-Berlín-Heidelberg-Wroclaw-Ciudad de México.*

IDIOMAS

Inglés intermedio avanzado, Comprensión lectora intermedia de francés.