

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOCIALES

PROGRAMA DE DOCTORADO EN PLANEACIÓN Y DESARROLLO SUSTENTABLE



**“MODELO DE METABOLISMO ENERGÉTICO, A PARTIR  
DEL CONSUMO ELÉCTRICO DE LA VIVIENDA  
ECONÓMICA DE MEXICALI, B.C.”**

**T E S I S**

Para obtener el grado de  
**DOCTOR EN PLANEACIÓN Y DESARROLLO  
SUSTENTABLE**

Presenta

**ROBERTO CALDERÓN VÁZQUEZ**

Director de Tesis  
**DR. JORGE AUGUSTO ARREDONDO VEGA**

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

JULIO DEL 2011

## **Dedicatoria:**

Siempre la más difícil de las razones de existir, es saber a quién le dedicas tus objetivos, tus sueños y tus desvelos; hoy él ya no está conmigo, sin embargo, su energía, su aliento y su enorme tenacidad me trajo hasta aquí.

A mi padre Roberto Calderón Pulido, por enseñarme el principio del trabajo y la dedicación, por quedarse aquí siempre hasta las últimas líneas.

A Lita por su permanencia y su vigor para encarar esta vida.

“When love is gone, is always justice, when justice is gone, there’s always force”.

**Lindsey Buckingham**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi esposa, con gran amor por entender estas jornadas y trabajar conmigo como voces al unísono.

A la Dra. Rosa Imelda Rojas, por creer en mí, en este nuevo camino de la planeación y el desarrollo sustentable, por darme siempre el sabio consejo y relajarme durante mis mayores momentos de estrés.

Al Dr. César Peña, por su gran capacidad asertiva para identificar mis errores y hacer de mi profesión, un mejor estilo de vida.

A mi director de tesis Dr. Jorge Augusto Arredondo, por su gran apoyo en este agreste tema de tesis y por darme la facilidad de proponer y rectificar cuantas veces fue necesario.

Al Dr. Ricardo Gallegos, para mí, el único gran maestro de la simulación y modelación térmica de edificios en México, gracias por su apoyo y por esa enorme cantidad de datos, sin ellos no sería posible esto, gracias por tu amistad.

Al Dr. Erasmo Cadenas por su apoyo, en la parte estadística, por su impulso a seguir siempre adelante, gracias por llegar conmigo hasta aquí.

Al Dr. Oswaldo Leyva, por su interés y apoyo en la parte de modelación dinámica.

A Fernanda y Alexia, por todo el apoyo gráfico y su amistad incondicional.

Al CONACYT, por el apoyo económico durante mis estudios de doctorado.

A todos mis compañeros de generación, Ednita, gracias por creer en mi acelere; Jerónimo, gracias por tu confianza.

A todos mis sobrinos, a mis hermanas Hosanna y Saandra, las quiero, gracias por su amor.

A Rocco y Boston, mis cuatro ojitos.

## RESUMEN

Con base en el análisis hecho en las propuestas de los programas sectoriales del gobierno de México, así como los balances de la Secretaría de Energía (SENER, 2004 y 2006), además de las guías de sustentabilidad y energéticas propuestas por los organismos gubernamentales de vivienda, y de acuerdo a lo planteado por el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2012 en su Programa Nacional de Vivienda 2007-2012 hacia un desarrollo habitacional sustentable, la problemática energética de la vivienda se circunscribe dentro de la búsqueda de la eficiencia, el uso racional de los recursos finitos y la reducción en el consumo de los hidrocarburos; de tal manera que para poder obtener un sano marco regulatorio sobre el uso de la energía, es importante crear y medir indicadores cuantitativos que permitan reducir los consumos energéticos, traducidos en consumos eléctricos, emisiones de CO<sub>2</sub> y barriles de petróleo entre otros, según sea la fuente principal de energía, incrementando por un lado el buen vivir y la calidad de vida, el nivel de confort térmico del usuario y la búsqueda de la sustentabilidad habitacional según sea el bioclima donde se edifique. Además de un instrumento de regulación que permita hacer un mayor uso racional de los energéticos fósiles.

Este proyecto de investigación, basó sus productos en la obtención de indicadores de eficiencia energética y huella ecológica en una forma cuantitativa, mediante la propuesta de un modelo dinámico de metabolismo energético aplicado a la vivienda económica de Mexicali, a partir de su consumo eléctrico y basado en la metodología de análisis de flujo de materia (AMF); con este modelo se pudo obtener el proceso metodológico aplicativo para el resto de las entidades del país. La obtención y generación del modelo dará valores de cuantificación energética capaces de influir en iniciativas de ley para la gestión y generación de políticas y agendas energéticas dirigidas a la vivienda que busca la sustentabilidad dentro del Plan Nacional de Desarrollo (PND, 2007).

La metodología utilizada para el modelo de metabolismo energético, sirvió para obtener el proceso que se seguirá en la obtención de la versión 2.0 de la hipoteca verde que implementará INFONAVIT Y CONAVI durante el segundo semestre del 2011. Además, de poder injerir sobre los mecanismos de financiamiento planteados para las nuevas propuestas de las ecotecnologías en la vivienda económica de México

INTRODUCCIÓN	1
<b>CAPITULO I. LA VIVIENDA Y EL URBANISMO EN EL MARCO DE LA SUSTENTABILIDAD</b>	
1.1 Desarrollo sustentable	6
1.2 Arquitectura y urbanismo sustentable	6
1.3 Políticas y agendas internacionales sobre eficiencia energética en la edificación	8
1.3.1 La tendencia actual en la eco-arquitectura y el urbanismo	11
1.4 Emisiones de CO <sub>2</sub> y el ciclo de carbono ante cambio climático	12
1.5 Cómo interpreta México las agendas internacionales sobre desarrollo Sustentable	14
1.5.1 Calidad y sustentabilidad: objetivo 2 del PND 2007-2012	15
1.5.2 Estrategias y líneas de acción	16
1.5.3 El escenario de la vivienda sustentable en México	17
1.5.4 Los planes sectoriales de vivienda sustentable en México	18
1.5.5 Programa Nacional de Vivienda 2007-2012	20
<b>CAPITULO II. EFICIENCIA ENERGÉTICA</b>	
2.1 Energía y eficiencia en la vivienda	23
2.1.1 La eficiencia energética en la vivienda	23
2.2 La eficiencia energética en al ámbito internacional aplicado a la vivienda	
2.2.1 El ACM francés	24
2.2.2 La normatividad RT 2000	26
2.2.3 El certificado vivienda pasiva en Europa	26
2.2.4 La concepción de la vivienda: bajo consumo energético	26
2.2.5 El certificado vivienda de bajo consumo energético alemán	27
2.2.6 El certificado suizo Minergie	28
2.2.7 El esquema conceptual de la vivienda avalada por el Sello Minergie	29
2.2.8 Los ecocertificados	29
2.2.9 La certificación de la vivienda en México	29
2.2.10 Los programas pilotos para la vivienda ahorradora en México	30
2.2.11 El modelo de vivienda Net-Zero	31
2.3 El consumo eléctrico de la vivienda en México	31
2.3.1 Fuentes de energías primarias y secundarias	32
2.3.2 Consumo final energético, 2006	34
2.3.3 Concentración de la producción y de la transformación de energía a nivel regional	35
2.4 Emisiones de CO <sub>2</sub> de la vivienda y su impacto en los indicadores nacionales	39
2.5 El instrumento de evaluación general y los indicadores de sustentabilidad	40
2.5.1 Criterios e indicadores para desarrollos habitacionales sustentables en México, CONAVI, 2008	42

2.5.2 La ley de vivienda	47
2.6 El programa sectorial de energía 2001-2006	48
2.6.1 El panorama del sector energético	49
2.6.2 Visión al 2025 del programa sectorial de energía	49
2.7 Ley para el aprovechamiento sustentable de la energía en México	49
2.8 Normas oficiales de eficiencia energética aplicables a edificios no residenciales (NOM-020-2N23)	53
2.8.1 Objetivo de las normas	53
2.9 El programa de vivienda 2010-2030	54

### **CAPITULO III ENERGÍA Y AMBIENTE, DESARROLLO INTELIGENTE Y NUEVO URBANISMO**

3.1 Ecología y naturaleza	55
3.1.1 La ciudad: un ecosistema abierto	57
3.1.2 Planeación urbana y ecología	58
3.2 Ciudad-Región: vivienda y energía	59
3.2.1 La vivienda y sus escalas, sitio, distrito y ciudad	61
3.3 El metabolismo urbano, un proceso dinámico de materia y energía	62
3.3.1 El metabolismo energético y la ciudad	62
3.3.2 El impacto del metabolismo energético, en el capital social, humano, económico y ambiental	67
3.3.3 Los modelos y estrategias generales del metabolismo energético	70
3.4 Indicadores de eficiencia ambiental y energética	76
3.5 Modelo de metabolismo urbano de ciudad sustentable	77
3.6 Las corrientes contemporáneas de la planeación, propuesta hacia una ciudad eficiente	
3.6.1 El desarrollo inteligente y el nuevo urbanismo: una propuesta para contribuir a la eficiencia energética	78
3.6.2 El desarrollo inteligente (Smarth Growth)	78
3.6.3 Principios del desarrollo inteligente y sus implicaciones en la eficiencia energética (EE)	81
3.6.4 Contribuciones al desarrollo sustentable	82
3.6.5 El nuevo urbanismo (UN)	83
3.6.6 El nuevo urbanismo y su impacto en la eficiencia energética	84
3.6.7 Contribuciones del desarrollo sustentable	85
3.7 Diferencias entre el desarrollo inteligente y el nuevo urbanismo	88

### **CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA**

4.1 El método	90
4.1.1 Caracterización y clasificación de la vivienda evaluada	90
4.2 La aplicación internacional de la metodología AFM en otros casos de estudio	93
4.3 Aplicación de la metodología AFM para el modelo de vivienda económica	95

4.4 Determinación de línea base de consumo eléctrico por tipología de vivienda y región	96
4.4.1 Consideraciones previas a la determinación de la muestra para validación del modelo	96
4.4.2 Determinación de la muestra	97
4.5 Validación del modelo en campo	97
4.6 Simulación y modelación dinámica para la obtención del modelo de metabolismo energético	98
4.6.1 Sistema	98
4.6.2 Análisis de sistemas	98
4.6.3 Modelo	98
4.6.4 Simulación	99
4.6.5 Etapa I, desarrollo del modelo conceptual	99
4.6.6 Etapa II, desarrollo del modelo cuantitativo	100
4.6.7 Etapa III, evaluación del modelo	101
4.6.8 La vivienda económica	102
4.6.8.1 El modelo de vivienda Net-Zero para Mexicali	102
4.6.8.2 El clúster de vivienda Net-Zero Cancún en el COP 16	103
4.6.9 Etapa IV, uso del modelo	103
4.6.10 Emisiones de CO <sub>2</sub>	103
4.6.11 Las normas de eficiencia energética mexicana y su aplicación a la vivienda económica	104
4.7 Validación del método	
4.7.1 La vivienda Net-Zero, programa piloto para Mexicali, B.C.	104
4.7.2 Propuestas de adecuación al caso base	105
4.7.3 Materiales y métodos	105
4.7.4 Patrones de uso de la vivienda	106
4.7.5 Otros aspectos a considerar en la simulación	107
4.8 Aplicación del modelo de metabolismo energético a un clúster de vivienda económica en Cancún, Q. Roo	107
4.8.1 Escenarios de adecuación a la vivienda	108
4.8.2 El método	108
4.9 Evaluación del modelo Net-Zero para Mexicali	109

## **CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

5.1. Línea base de consumo eléctrico (LBCE), para Mexicali, Hermosillo y Cd. Obregón	110
5.2 LBCE para la vivienda económica de México	111
5.3 Desglose de consumo eléctrico anual para la vivienda económica de Mexicali (38 m <sup>2</sup> )	113
5.4 Consumo eléctrico según la aplicación de las Normas de Eficiencia Energética Mexicana	114

5.4.1 La carga térmica en función del valor nominal de “R”	115
5.5 Costo beneficio según el salario del trabajador y las tecnologías de eficiencia energética	118
5.6 Programa piloto de vivienda Net-Zero en Mexicali, B.C.	118
5.7 La energía fotovoltaica en el proyecto Net-Zero	121
5.8 Un clúster de vivienda económica, una alternativa de vivienda Net-Zero ante el COP 16, Cancún, Q. Roo	122
5.8.1 Escenarios de evaluación	122
5.8.2 El objeto de estudio	123
5.8.3 Resultado de consumo eléctrico para el clúster de vivienda	127
5.8.4 Conclusiones caso Net-Zero, clúster Cancún	131
5.8.5 Análisis de costo-beneficio de la granja fotovoltaica para el clúster Cancún	132
5.8.6 Resultados de evaluación de la granja fotovoltaica	133
5.8.7 El método de cálculo	133
5.8.8 Análisis del ahorro en el consumo eléctrico por sistema de innovación BASF	134
5.8.9 Costo de inversión en envolvente térmica	134
5.9 Ajuste al modelo Net-Zero para Mexicali, a partir del modelo de clúster Cancún	135
5.9.1 Casos Net-Zero Mexicali, con sistemas BASF	136
5.9.2 Conclusiones sobre el caso Net-Zero Mexicali	138

## **CAPÍTULO VI. INICIATIVAS DE LEY Y POLÍTICAS ENERGÉTICAS**

6.1 Iniciativas de ley y políticas energéticas para vivienda económica y Net-Zero	140
6.2 Recomendación a las iniciativas de ley aplicables a la vivienda económica de México	140
6.3 Propuestas para las iniciativas de ley para la vivienda Net-Zero y Zero Emisiones	141
6.4 Propuesta para las políticas energéticas en la vivienda	142

## **CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES**

## **CAPÍTULO VIII. RECOMENDACIONES**

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIG. 1</b>	Brian Edwards (1996); adaptado de Salas (2008)	11
<b>FIG. 2</b>	Interacción hombre, vida y naturaleza; adaptado de Tjallingii (1995)	56
<b>FIG. 3</b>	Modelo “Ecodivide” de Van Leuwen (1982); adaptado de Tjallingii (1995)	58
<b>FIG. 4</b>	Modelo de “Triángulo”; adaptado de Tjallingii (1995)	58
<b>FIG. 5</b>	La interrelación de la ciudad región; adaptado de Ravetz (2001)	60
<b>FIG. 6</b>	Metabolismo externo; adaptado de Newman (2001)	63
<b>FIG. 7</b>	Modelo de metabolismo urbano; adaptado de Gordon (2004)	64
<b>FIG. 8</b>	Modelo de metabolismo esférico; adaptado de Gordon (2004)	65
<b>FIG. 9</b>	Metabolismo urbano ambiental; basado en Douglas (1983), modificado por Girardet (1994)	66
<b>FIG. 10</b>	El metabolismo urbano y su interacción con otros capitales; adaptado de Van Leuwen (1982) y Gordon (2004)	67
<b>FIG. 11</b>	Modelo en cadena de energía; adaptado de Tjallingii (1995)	69
<b>FIG. 12</b>	Metabolismo energético; adaptado de Ravetz (2001)	70
<b>FIG. 13</b>	Triángulo de interrelación de capitales; adaptado de Meadows (2004)	71
<b>FIG. 14</b>	Modelo de metabolismo energético para la vivienda, basado en las escalas de Tjallingii (1995, y el modelo de metabolismo energético de Ravetz (2001); elaboración propia	73
<b>FIG. 15</b>	Metabolismo energético de la vivienda a nivel sitio; elaboración propia	73
<b>FIG. 16</b>	Impacto y proyección global energética; elaboración propia	74
<b>FIG. 17</b>	Impacto nacional de la vivienda sobre energéticos fósiles; elaboración Propia	75
<b>FIG. 18</b>	Impacto y proyección global energética; elaboración propia	75
<b>FIG. 19</b>	Modelo de metabolismo urbano de ciudad sustentable; elaboración Propia	77
<b>FIG. 20</b>	Desarrollo Ángeles de Puebla; proporcionado por Urbi (2010)	93

<b>FIG. 21</b>	Planta Arquitectónica de la vivienda económica 38 m <sup>2</sup>	95
<b>FIG. 22</b>	Cuatro etapas en el análisis de sistemas	99
<b>FIG. 23</b>	Conceptualización para el modelo de metabolismo energético. Adaptado del modelo de SUME (2008)	100
<b>FIG. 24</b>	Modelo cuantitativo de metabolismo energético. Obtenido en el software Stella Ver. 9.03	101
<b>FIG. 25</b>	Estructura del modelo de metabolismo energético y las variables evaluadas. Elaboración propia	102

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>Gráfica 1.</b> Consumo final por energéticos, primarios y secundarios.	35
<b>Gráfica 2.</b> Origen de los recursos energéticos, 2006.	35
<b>Gráfica 3.</b> Concentración de la producción y de la transformación de energía.	36
<b>Gráfica 4.</b> Consumo total de energía	36
<b>Gráfica 5.</b> Consumo energético por sector	37
<b>Gráfica 6.</b> Consumo para el sector residencial, comercial y público	37
<b>Gráfica 7.</b> Relación de reservas	38
<b>Gráfica 8.</b> Modelo de regresión lineal simple en función del espesor de aislante	116
<b>Gráfica 9.</b> Evolución del coeficiente U en función del espesor del aislante (lana mineral, corcho, poliestireno) de 1984 al 2000 en comunidad Europea). Tomada de Ruano (2006).	116
<b>Gráfica 10.</b> Ganancia de Calor ambos casos	120
<b>Gráfica 11.</b> Impacto sobre las toneladas de refrigeración requeridas	120
<b>Gráfica 12.</b> Consumo eléctrico anualizado por casos	121
<b>Gráfica 13.</b> Evaluación térmica de clúster de 15 viviendas	123
<b>Gráfica 14.</b> Evaluación térmica con sistemas de innovación BASF	124
<b>Gráfica 15.</b> Evaluación térmica con nanotecnología	125
<b>Gráfica 16.</b> Impacto del sistema de (UEE), sobre cubierta	125
<b>Gráfica 17.</b> Evaluación EPS y UEE	126
<b>Gráfica 18.</b> Evaluación integral de los sistemas de innovación	126
<b>Gráfica 19.</b> Consumo eléctrico piso 1	127
<b>Gráfica 20.</b> Consumo eléctrico piso 2	128
<b>Gráfica 21.</b> Consumo eléctrico piso 3	128
<b>Gráfica 22.</b> Consumo anualizado por pisos y sistemas de innovación	129
<b>Gráfica 23.</b> Consumo eléctrico por clúster de vivienda y sistemas de innovación	130

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Beneficios a largo plazo de vivienda sustentable	20
<b>Tabla 2.</b> Comparación del consumo de calefacción en Alemania, según el tipo de vivienda, y la evolución en función de la normativa (en kWh/m <sup>2</sup> /año).	27
<b>Tabla 3.</b> Valores medios de los muros en la vivienda de bajo consumo energético, definidas mediante el coeficiente de transmisión térmica U para la unión Europea.	27
<b>Tabla 4.</b> Valores máximos de consumo de calefacción y electricidad para la obtención del sello Minergie	28
<b>Tabla 5.</b> Valores medios de las paredes en la vivienda Minergie según el valor U	28
<b>Tabla 6.</b> Producción de energía primaria (petajoules)	33
<b>Tabla 7.</b> Fuentes renovables de energía, 2006	34
<b>Tabla 8.</b> Consumo de energía Eléctrica por las Viviendas	38
<b>Tabla 9.</b> Emisiones de bióxido de carbono asociadas al consumo de energía (Tg)	39
<b>Tabla 10.</b> Ponderación de criterios regionales y generales	43
<b>Tabla 11.</b> Ubicación, densificación del suelo, verticalidad y servicios	44
<b>Tabla 12.</b> Uso eficiente de la energía	45
<b>Tabla 13.</b> Regionalización por bioclima	45
<b>Tabla 14.</b> Sistemas pasivos	46
<b>Tabla 15.</b> Puntuación mínima de los aspectos de sustentabilidad a evaluar	47
<b>Tabla 16.</b> Desarrollo inteligente y disperso (“Smart Growth”, VTPI, 2005; SGN, 2001)	79
<b>Tabla 17.</b> Principios e implicaciones energéticas de las acciones del desarrollo inteligente	81
<b>Tabla 18.</b> Principios del nuevo urbanismo y los impactos sobre la eficiencia energética	84
<b>Tabla 19.</b> Contribuciones del (NU) al desarrollo sustentable	86
<b>Tabla 20.</b> Simulaciones realizadas para la vivienda económica	92
<b>Tabla 21.</b> Distribución de viviendas del programa fide (2004) por fraccionamiento	92
<b>Tabla 22.</b> Variables consideradas en el tamaño de muestra estadística	96
<b>Tabla 23.</b> Características físicas de las viviendas Net-Zero (134 m <sup>2</sup> )	105
<b>Tabla 24.</b> Patrón de uso de la vivienda electrodomésticos, luces y gente.	106
<b>Tabla 25.</b> Aparatos de refrigeración e iluminación	107
<b>Tabla 26.</b> Características físicas de la vivienda simulada clúster de 15 viviendas (48 m <sup>2</sup> )	107
<b>Tabla 27.</b> Patrón de uso de la vivienda, electrodomésticos y luces.	108
<b>Tabla 28.</b> Consumo eléctrico anual por ciudad para vivienda económica simulada	111
<b>Tabla 29.</b> Línea base de consumo eléctrico anual por ciudad para vivienda Económica	111

<b>Tabla 30.</b> Facturación del consumo eléctrico por iluminación en invierno. Mexicali, Hermosillo Y Obregón	112
<b>Tabla 31.</b> Desglose del consumo eléctrico anual para la vivienda económica de Mexicali	113
<b>Tabla 32.</b> Indicadores de huella ecológica	113
<b>Tabla 33.</b> Indicadores per cápita	113
<b>Tabla 34.</b> Impacto en el capital ambiental (barriles de petróleo)	114
<b>Tabla 35.</b> Barriles de petróleo por densidad y escala urbana	114
<b>Tabla 36.</b> Reducción de carga térmica según normas de eficiencia energética Mexicana	115
<b>Tabla 37.</b> Reducción de carga térmica y consumo eléctrico según espesor de Aislante	115
<b>Tabla 38.</b> Reducción del consumo eléctrico y CO2 en función de espesor de Aislante	117
<b>Tabla 39.</b> Amortización según espesor de aislante y el consumo eléctrico	117
<b>Tabla 40.</b> Coeficiente “U” W/M2°C para México y la comunidad europea	118
<b>Tabla 41.</b> Resultados caso base vivienda 134 m <sup>2</sup>	119
<b>Tabla 42.</b> Resultados caso Net-Zero 134 m <sup>2</sup>	119
<b>Tabla 43.</b> Consumo eléctrico en kWh/año/clúster, con el sistema de ventilación Mecánica	132
<b>Tabla 44.</b> Resultados de potencia, consumos y costos de inversión del sistema fotovoltaico	133
<b>Tabla 45.</b> Ahorro de energía por sistema de innovación	134
<b>Tabla 46.</b> Tabla ahorro por costo de producción	134
<b>Tabla 47.</b> Costo de inversión de la envolvente térmica	135
<b>Tabla 48.</b> Caso base vivienda Net-Zero, 134 m <sup>2</sup>	135
<b>Tabla 49.</b> Caso Net-Zero con EPS	136
<b>Tabla 50.</b> Sistema Neopor	137
<b>Tabla 51.</b> Neopor + Uretano Elastopor Eco	137
<b>Tabla 52.</b> Neopor+Elastopor Eco +Micronal	138

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>IMAGEN 1</b>	Desarrollo inteligente (DI)	80
<b>IMAGEN 2</b>	Desarrollo disperso	80
<b>IMAGEN 3</b>	Desarrollo inteligente (DI)	80
<b>IMAGEN 4</b>	Desarrollo inteligente (DI)	80
<b>IMAGEN 5</b>	Victoria, Nueva Escocia, beneficiada por el (DI)	81

## INTRODUCCIÓN

Derivado de los grandes problemas ecológicos y ambientales mundiales alcanzados en el pasado siglo, así como la actual situación en la producción de petróleo, el uso de energías alternas con fuentes renovables y no contaminantes para la generación de energía eléctrica se ha convertido en una de las soluciones a los problemas de abastecimiento de electricidad global para el futuro (Gauzzin, 2001). Aun conociendo los inconvenientes que el uso de esta tecnología representa, como lo son el alto costo económico y ambiental, así como la poca eficiencia en su instalación, se propone gestionar fuertemente para recibir apoyos federales, nacionales y/o internacionales, para la implementación de generación de energía eléctrica limpia mediante el uso de fuentes de energía renovables y no contaminantes para cogeneración y autoabastecimiento para su uso en vivienda, básicamente.

Esta estrategia planteada anteriormente, tiene preponderantemente la función de ser el instrumento rector para que todo plan, programa o acción de gobierno enfocados a la vivienda en México, se lleven a cabo dentro de los parámetros establecidos y con los resultados deseados. Para garantizar que el marco regulatorio sea el adecuado, se propone gestionar la revisión y actualización de leyes, normas y reglamentos del grupo de dependencias gubernamentales envueltas en el proceso de proyecto/construcción de desarrollos habitacionales bajo el nuevo esquema de sustentabilidad, según el PND (2007) en su Programa Nacional de Vivienda 2007-2012.

La eficiencia energética consiste en buscar los medios para disminuir la energía consumida en la prestación de cada servicio, esto requiere reconsiderar el urbanismo, así como dar un mayor énfasis al desarrollo sustentable de la vivienda, lo que requiere una práctica concreta y real, con el sentido de que las construcciones (desarrollos habitacionales, viviendas, tecnologías y materiales de producción) sean eficientes desde el punto de vista energético, pero que sobre todo queden dentro de un marco legal y regulatorio para su construcción.

De acuerdo con la Secretaria de Energía SENER (2006), México cuenta con más de 23 millones de viviendas con características geográficas y económicas totalmente diferentes; el crecimiento demográfico del país lleva a una creciente urbanización sin control y con un gran impacto ambiental debido al consumo energético causado por la vivienda, su demanda eléctrica y de hidrocarburos. La demanda de la vivienda en nuestro país trae consigo la creación de nuevas plantas para la generación de la electricidad, y por lo tanto, mayor quema de hidrocarburos, contribuyendo así al calentamiento global y la degradación del medio ambiente.

La energía es un factor crítico que no se considera en el costo de la vivienda, además de omitir la mayoría de las veces la energía que se consume durante la construcción, así como la que se utilizará posteriormente en la vivienda. *“Ningún desarrollo podrá ser*

*sustentable mientras no mejore los niveles de vida por medio de la satisfacción de sus necesidades básicas inmediatas, tales como el abrigo y la energía” (CONAFOVI, 2006).*

Dentro de las estrategias del Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 (PND), complementariamente se impulsará una política de reconocimiento a los actores del sector privado y los organismos estatales y municipales de vivienda comprometidos con programas de redensificación o de opciones tendientes a corregir distorsiones del crecimiento urbano en los desarrollos existentes, o bien, que propicien que los nuevos desarrollos habitacionales adopten criterios de: *racionalidad en el uso del agua, la energía, se ubiquen cerca de la escuela y el centro de trabajo, optimen el aprovechamiento de la infraestructura existente, cuenten con servicios suficientes y un entorno que favorezca el orden, la convivencia, la recreación e inhiba la delincuencia y la conducta antisocial* (CONAFOVI, 2006), esto se basa en las tendencias del nuevo urbanismo y el desarrollo inteligente, sin embargo, no se han creado ni generado regulaciones para ello.

La conservación de la energía será esencial y deberá de estar dirigida a los desarrolladores de la vivienda y los usuarios, de igual manera, los diferentes niveles de gobierno deberán popularizar la eficiencia energética, teniendo primeramente aquellos indicadores de eficiencia que coadyuven al desarrollo de una vivienda energéticamente eficiente.

Los indicadores sirven para valorar y proponer sistemas óptimos de ahorro y consumo que repercutan en forma positiva en las economías familiares, y sobre todo, en la preservación del medio ambiente al reducir termoeléctricas, hidroeléctricas, deforestación y por tanto, emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, entre otras variables.

Para alcanzar ese estándar de calidad en la vivienda y los nuevos desarrollos de ésta, es necesario tener un indicador numérico que nos permita tomar una decisión sobre el nivel de eficiencia de los conjuntos habitacionales, contrastándolos con aquellos que no hacen uso eficiente de la energía y con los que están dentro de las normas internacionales.

Con base a la problemática analizada, es imperante que la eficiencia energética en la construcción de la vivienda y en los desarrollos habitacionales, tenga presente los indicadores como los catalizadores de proyectos energéticamente sustentables. Esta consideración tendrá un efecto directo de tipo económico y ambiental, que influirá en el desarrollo de los estándares de vida a corto y largo plazo de la vivienda, haciendo desarrollos habitacionales que provean, por medio de los indicadores, un ambiente adecuado para implementar las consideraciones técnicas necesarias en el ahorro de energía.

Los desarrollos habitacionales, ante las crisis energéticas y económicas actuales, deben ser considerados como: “limpios, verdes, inteligentes o eficientes”, por ello, las propuestas de los nuevos fraccionamientos o desarrollos habitacionales deberán atender los problemas financieros, económicos, energéticos, paisajísticos y ambientales de

acuerdo a la región donde éste se desarrollará, de tal forma que deberá considerarse desde la conservación de energía en el sitio, hasta el diseño y la planeación de la vivienda y el desarrollo habitacional en conjunto; será necesario modelarla y tipificarla según sea su demanda social, económica y ambiental de cada región.

El tema de investigación propone: generar un modelo de metabolismo energético aplicado a la vivienda económica en este caso, y con ello crear indicadores de eficiencia energética que permita al desarrollador de la vivienda en México: diseñar, proyectar, modelar y evaluar sus desarrollos habitacionales, y así buscar desarrollos de vivienda sustentable, pero que sobre todo, sean realizables de una manera técnica y económicamente factible, sin proponer adecuaciones costosas e irrealizables en sus plataformas de diseño.

De la problemática planteada anteriormente, surge *la hipótesis* de que la aplicación de tecnologías, metodologías, reglamentación y normatividad sobre los sistemas eficientes de energía en busca de vivienda sustentable, no son aplicables a la vivienda económica de México, debido a los altos costos de producción e instalación de medidas ahorradoras; además de que las tomas de decisiones no están en los actores principales, sino en los desarrolladores de vivienda y las empresas privadas, que actualmente presuponen cual debe ser la direccionalidad de la vivienda sustentable en México, esta falta de transversalidad en las políticas, los planes y las agendas energéticas, no se observa en la calidad de los programas de vivienda “verde”, ni en la realidad socioeconómica de los usuarios.

Los planes de desarrollo y programas para la vivienda económica en México, aun no han regulado políticas energéticas, así como las gestiones necesarias de éstas para desarrollar vivienda eficiente y de bajo consumo eléctrico. Asimismo, las agendas, los planes de manejo, los organismos gubernamentales en sus tres órdenes, los desarrolladores de vivienda y la normatividad hasta hoy propuesta, marcan diferencias, discontinuidad, segregación e inconsistencia en las propuestas sobre el ahorro y la eficiencia energética de la vivienda.

Bajo esta perspectiva, la presente investigación tuvo como objetivo general: desarrollar un modelo de metabolismo energético, aplicado a un desarrollo de vivienda económica de Mexicali, a partir de su consumo eléctrico mediante la simulación y modelación dinámica, comparándose el efecto entre un modelo de vivienda eficiente contra uno ineficiente, asimismo, conocer el impacto que tendrá este modelo en las implicaciones energéticas, sociales y ambientales de tres tipologías de vivienda, con el sentido de generar iniciativas de ley para la gestión de políticas, normatividad y reglamentación energética basadas en el marco regulatorio ya establecido y así contribuir al desarrollo sustentable, de manera particular se derivaron los siguientes objetivos:

Modelar y simular térmicamente en estado dinámico la vivienda económica de Mexicali, Hermosillo y Ciudad Obregón, para determinar las líneas bases de consumo eléctrico, y la carga térmica requerida para los modelos de vivienda eficiente e ineficiente, de la región noroeste de México.

Contrastar con las mediciones en campo, los niveles de consumo eléctrico de un fraccionamiento caso de estudio, contra la línea base de consumo eléctrico obtenida en la simulación térmica de la vivienda económica de Mexicali, B.C.

Generar un modelo dinámico que retome el consumo eléctrico de la vivienda evaluada, relacionándolo con otras variables como: las sociales, ambientales y económicas, afectadas por los consumos eléctricos determinados, contrastándose el caso de vivienda eficiente contra el ineficiente.

Generar recomendaciones sobre la reducción del consumo eléctrico en la vivienda, por medio de la utilización de tecnologías limpias y de eficiencia energética que coadyuven en la disminución de gases efecto invernadero, a fin de lograr políticas hacia las viviendas <sup>1</sup>Net-Zero y <sup>2</sup>Zero- Emisiones.

Determinar los indicadores de CO<sub>2</sub>, consumo eléctrico, el impacto del consumo eléctrico en el salario, así como un análisis de costo beneficio entre el consumo eléctrico, las energías renovables y las tecnologías de eficiencia energética propuestas.

Generar una matriz de indicadores de huella ecológica y eficiencia energética, expresados por: m<sup>2</sup>, vivienda, cápita, barriles de petróleo y toneladas de CO<sub>2</sub>, además de su impacto en las escalas urbanas, sitio, distrito y región.

Ajustar el modelo de metabolismo energético obtenido, para evaluar otros estratos de vivienda y bioclimas de México, considerando tecnologías de ahorro y sistemas de innovación tecnológica.

Proponer recomendaciones para la creación de programas de generación de energía eléctrica mediante métodos alternos con fuentes de energías renovables y libres de emisiones de <sup>3</sup>GEI ante los grupos desarrolladores de vivienda e hipotecaria federal.

---

<sup>1</sup> Se le denomina vivienda Net-Zero, aquella que propone el autoabastecimiento de energía eléctrica, por medio de energías renovables, consumiendo de la red eléctrica solo lo mínimo indispensable.

<sup>2</sup> Se le denomina, aquella vivienda cuyas emisiones de gases efecto invernadero son reducidas al máximo.

<sup>3</sup> Gases efecto invernadero, entre ellos destaca el CO<sub>2</sub>, gas que contribuye en mayor medida en el calentamiento global.

Proponer una metodología derivada del modelo de metabolismo energético que valide y justifique las ecotecnologías propuestas para la versión 2.0 para hipoteca verde, según la tipología de vivienda y su bioclima.

Ofertar los resultados obtenidos ante las fundaciones internacionales como <sup>4</sup>REEEP, para la búsqueda de fondos que coadyuven la eficiencia energética y las energías renovables de países en desarrollo.

Proponer programas para el aseguramiento de continuidad de suministro (híbridos/back-up); además de gestionar un mayor financiamiento de tecnologías por medio de REEEP y otras fundaciones.

Promover la revisión y actualización de leyes, normas y reglamentos de organismos gubernamentales (OG'S) y empresas privadas, envueltos en el proceso de proyecto/construcción de nuevos desarrollos habitacionales.

Con base en el análisis hecho en las propuestas de los programas sectoriales del gobierno de México, así como los balances de la Secretaría de Energía (SENER, 2004 y 2006), además de las guías de sustentabilidad y energéticas propuestas por los organismos gubernamentales de vivienda, y de acuerdo a lo planteado por el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2012 en su Programa Nacional de Vivienda 2007-2012 hacia un desarrollo habitacional sustentable, la problemática energética de la vivienda se circunscribe dentro de la búsqueda de la eficiencia, el uso racional de los recursos finitos y la reducción en el consumo de los hidrocarburos; de tal manera que para poder obtener un sano marco regulatorio sobre el uso de la energía, es importante crear y medir indicadores cuantitativos que permitan reducir los consumos energéticos, traducidos en eléctricos, emisiones de CO<sub>2</sub>, y agua por medio de la eficiencia, incrementando además el buen vivir y la calidad de vida, el nivel de confort térmico del usuario y la búsqueda de la sustentabilidad habitacional según sea el bioclima donde se edificará.

Este proyecto de investigación, basará sus productos en la elaboración de un modelo de metabolismo energético, para obtener indicadores de eficiencia energética y huella ecológica en una forma cuantitativa, aplicado a la vivienda económica de Mexicali, basado en la metodología de análisis de flujo de materia (AMF); con este modelo se podrá obtener el proceso metodológico aplicativo para el resto de las tipologías de viviendas entidades del país. La obtención y generación del modelo dará valores de cuantificación energética para evaluar iniciativas de ley en la gestión y generación de políticas y agendas energéticas dirigidas a la vivienda que busca la sustentabilidad dentro del Plan Nacional de Desarrollo (PND, 2007).

---

<sup>4</sup> Por sus siglas en inglés, REEEP (Renewable Energy and Energy Efficiency Program) este programa apoya a los países en desarrollo que propongan sistemas de e eficiencia energética en la edificación así como uso de energías renovables.

# **CAPITULO I. LA VIVIENDA Y EL URBANISMO EN EL MARCO DE LA SUSTENTABILIDAD**

## **1.1 DESARROLLO SUSTENTABLE**

El concepto de desarrollo sustentable se ha discutido desde las reuniones preparatorias de la conferencia sobre el medio ambiente humano, celebrada en Estocolmo en 1972, y descrito por algunos autores durante los años setenta, como R. Dasman, J. Milton y P. Freeman en su libro "Ecological Principles for Economic Development".

Después de la presentación del informe de la Comisión Mundial Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, conocido como "Nuestro futuro común" o simplemente "Informe Brundtland" (1987) y después de la Cumbre de Río en 1992, el concepto se ha difundido ampliamente alcanzando importantes repercusiones políticas y promoviéndose a niveles de decisiones internacionales.

Según la definición más conocida de desarrollo sustentable planteada en el Informe Brundtland (1987), el crecimiento económico y el uso racional de los recursos naturales y el medio ambiente están vinculados, definiéndolo como: *"el desarrollo sustentable satisface las necesidades de la generación actual, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas propias"*.

A pesar del tiempo transcurrido, aún no hay consenso respecto a lo que significa realmente el desarrollo sustentable, y las numerosas interpretaciones varían según sea la disciplina, el paradigma o la ideología que sirva de base para definirlo. En la literatura sobre el tema, se mencionan cuatro dimensiones del desarrollo sustentable: socioeconómica, institucional y política, productivo-tecnológica y ecológica.

El desarrollo sustentable, debe ser concebido como un proceso multidimensional e intertemporal en el cual la trilogía equidad: competitividad y sustentabilidad, se basan en principios éticos, culturales, socioeconómicos, ecológicos, institucionales, políticos y técnico-productivos (Salas, 2008).

## **1.2 ARQUITECTURA Y URBANISMO SUSTENTABLE**

Así como ésta, han surgido una serie de definiciones y aplicaciones del término; el abuso del mismo por los medios, los políticos, académicos, empresarios y sociedad en general, lo han ido adelgazando y desgastado al usarlo como la nueva conciencia y bandera "verde", al igual que se hizo con el término de ecología en los años 70's.

En este sentido, para el desarrollo sustentable en sus diferentes disciplinas, es importante definir con certeza tanto indicadores y lineamientos como organismos que gestionen, regulen y evalúen la sustentabilidad, asimismo, definir con precisión cuáles son aquellas necesidades entre los países en vías de desarrollo y los países desarrollados, ¿Cómo se puede llegar al desarrollo con equidad? ¿Qué es una necesidad real? ¿Qué es la eficiencia

en el mundo desarrollado y el subdesarrollado? ¿Cuáles son las necesidades básicas en ambos mundos? y sobre todo ¿Cómo se miden estos parámetros de sustentabilidad?

Una de las tendencias y visiones de la arquitectura y el urbanismo dentro de las problemáticas ambientales actuales, también está íntimamente relacionada con la forma en que éstas manejan y consideran a la sustentabilidad. La definición original de desarrollo sustentable dada en el informe Brundtland (1987), queda aun ambigua en muchos aspectos, y es por ello que se han dado una serie de interpretaciones según sea la disciplina.

Algunos otros autores más enfocados en la arquitectura y el urbanismo, como Ruano, M. (2006), han dado una interpretación a la definición original y han conceptualizado que: *el desarrollo sustentable mantiene la calidad general de vida, asegura un acceso continuo a los recursos naturales y evita la persistencia de daños ambientales.*

El campo de la arquitectura y el urbanismo no está exento del marco de la sustentabilidad, los primeros indicios por la preocupación entre los entornos naturales y artificiales aparecen desde Vitrubio, siglo I a.C., en las recomendaciones que daba sobre los emplazamientos, la iluminación natural y la orientación; sin embargo, se veía desde un enfoque antropocéntrico, donde la naturaleza es un recurso para satisfacer las necesidades humanas (Rogers, 1998).

Le Corbusier (1929), consideraba las áreas verdes como un elemento de integración paisajística, más que una forma de sustentabilidad; dentro del urbanismo, las zonas verdes eran utilizadas como una función que debería dar bienestar a sus habitantes, el asoleamiento y la ventilación natural eran un catalizador básico de una vida humanamente saludable, sin embargo, en estos proyectos no se veía una preocupación por el recurso natural, ni su manejo en forma racional, mucho menos eficiente. Chandigarh, Brasilia y actualmente Palm Jumeirah, en Dubái, son el claro ejemplo de una falta de adecuación a las necesidades sociales y culturales y ambientales de la región donde se desarrollaron.

La arquitectura y el gran movimiento moderno hizo un uso irracional de los recursos energéticos durante sus propuestas de mega ciudades, sin considerar esos principios básicos de la sustentabilidad; esto nos lo refieren obras arquitectónicas que no resolvían el problema ambiental, pero sí el de la integración plástica y monumental de la arquitectura (Edwards, 2004).

Desde el inicio de las civilizaciones siempre han existidos las megaciudades, actualmente este patrón arquitectónico y urbano sigue latente, sólo que en este caso, la integración de la sustentabilidad en las nuevas megaciudades es una prioridad dentro de las actuales líneas del desarrollo económico, tecnológico y social; sin embargo, estos modelos

económicos de los países industrializados han sido cuestionado desde 1968 por el llamado Club de Roma (Ruano, 2006).

La energía, a través de la historia, ha desempeñado un bastión para el desarrollo y el crecimiento de las ciudades y las sociedades; las ciudades como grandes consumidoras de energía deben de reconsiderar los usos y la racionalización de los recursos naturales finitos, con el sentido de crear proyectos circunscritos en las agendas ambientales enfocadas en la búsqueda de la sustentabilidad; sectores como el transporte, la vivienda, el comercio y la industria demandan un uso eficiente y racional, sin embargo, esto será solo posible con la creación de políticas, agendas y mecanismos que atiendan en forma muy particular cada uno de los sectores, con el fin de garantizar y concatenar de manera general en cada uno de ellos el rubro energético.

Un uso más racional por preservar los recursos energéticos, así como elevar la calidad de vida de los habitantes y el buen vivir, han sido los nuevos retos del desarrollo sustentable en la arquitectura y el urbanismo.

Por ello, se debe gestionar una ley y normatividad energética que redescubra y enfoque políticas acordes al momento social y económico del país dentro de los planes de desarrollo nacional y sobre todo en los nuevos sistemas de competencias internacionales como paradigmas de producción, generación y cogeneración de energía en México.

### **1.3 POLÍTICAS Y AGENDAS INTERNACIONALES SOBRE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA EDIFICACIÓN**

Los principios de la declaración de Río, se asocian a un programa de desarrollo propuesto para el siglo XXI, denominado agendas 21 (Gauzzin, 2001). En esta cumbre de la tierra en Río de Janeiro Brasil, en 1992, dentro del rubro de la arquitectura y el urbanismo, se comprometió a que los jefes de estado juntos basaran el concepto de desarrollo sustentable en tres principios:

- El análisis en su totalidad del ciclo de vida de los materiales;
- El desarrollo del uso de materias primas y energías renovables;
- La reducción de las cantidades de materiales y energía utilizados en la extracción de recursos naturales, su explotación y la destrucción o el reciclaje de los residuos.

Desde 1992, la mayoría de las administraciones regionales han venido trabajando en las agendas actuando localmente, *“actúa local, piensa global”*, para resolver los problemas específicos de cada región y comunidad según sean sus necesidades.

En estas agendas, el campo del urbanismos y la arquitectura se ha visto más comprometido por atender problemas de planeamiento territorial y de arquitectura ecológica; sin embargo, el ahorro energético y su eficiencia en la construcción exige un

mayor esfuerzo a la hora de planificar, así como al utilizar las materias primas capaces de reducir emisiones de GEI, asunto primordial tratado en el protocolo de Kioto de 1996.

Dentro de la generación de dichas agendas ha resultado importante considerar en la búsqueda de la arquitectura sustentable, los indicadores que nos permitan marcar la dirección de los nuevos códigos de vivienda y planeación urbana; esto se traduce en que la construcción y el uso de los edificios tiene un impacto directo sobre el medio ambiente, consumen alrededor del 50% de los recursos naturales, el 40% de la energía y el 16% del agua, además de que las demoliciones y desechos que estos generan durante su construcción representan una cantidad mayor en toneladas que los desechos domésticos (Gauzzin, 2001).

Actualmente, en la mayoría de los países se han generado agendas ambientales en las que se da una importancia a la reducción energética y las emisiones de dióxido de carbono, impactando directamente sobre la reducción de los energéticos fósiles. En países como Francia, se señala que aun utilizando energías limpias, la construcción es responsable del 17.5% de las emisiones de CO<sub>2</sub> y del 26.5% de los gases causantes del efecto invernadero. En Friburgo, Alemania, el sector de la construcción es responsable del 30% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, representando un porcentaje mayor que el del transporte y la industria. En el Reino Unido, las emisiones de CO<sub>2</sub>, provienen en un 50% del consumo de energía, y la industria de los materiales de construcción (Egbf, 2001).

Actualmente en México el sector relacionado con los edificios consume el 19.7% del total de la energía del país, representando las viviendas el 83.8% de ese total, lo que equivale al 16.5% del total de la energía que se consume en el país (SENER, 2006).

Esto da un reflejo de lo importante que es el considerar el impacto que tiene la construcción sobre el medio ambiente, así como su planeación y eficiencia en el uso de los recursos naturales y las fuentes de energías renovables, capaces de reducir el efecto invernadero.

La reunión de los jefes de estado en Kioto, tuvo un carácter más operativo, debido a que el objetivo se centró en un principio básico: reducir los GEI causantes del efecto invernadero de 1990. Durante el periodo del 2008 al 2012; Francia necesita reducir 16 millones de toneladas de emisiones, de las cuales, 16.6% corresponden a la construcción (Gauzin-Muller, 2001). En este protocolo, se observó que los países industrializados deben seguir tres principales líneas de acción:

- Reducción del consumo de energía;
- Sustitución de energías fósiles por energías renovables;
- Fijación del carbono por la vegetación.

Para concretar estas acciones que estaban dentro del protocolo de Kioto, en la reunión de la Haya del 2000 se reunieron 180 países, con el sentido de imponer cuotas de reducción de emisión de CO<sub>2</sub> y otros gases, causantes del efecto invernadero. En estas reuniones, los Estados Unidos y países de Europa no tuvieron un acuerdo sobre la fijación del carbono, debido a los intereses particulares de los Estados Unidos, así, una nueva reunión se llevó a cabo: “Río+10”, en septiembre del 2002 en Johannesburgo.

El tratado de la unión Europea o también conocido como el de “Maastricht”, firmado el 7 de febrero del 1992, llamado así por haber sido firmado en dicha comunidad Holandesa, tiene implicaciones para la práctica de la arquitectura a mediano y largo plazo. Parte de este tratado establece que la protección al medio ambiente debe integrarse a otras políticas comunitarias.

De acuerdo con Salas (2008) en su libro “Una Nueva Visión, Arquitectura y Desarrollo Sustentable”, destaca que *“Maastricht promete dar forma al futuro del diseño arquitectónico con la introducción de las leyes de salud pública. El desarrollo sustentable en la industria de la construcción en Europa, pretende a través de la legislación e imperativos morales (fundamentos “verdes”), marcar la dirección en la cual los diseñadores, arquitectos e ingenieros de hoy necesitan replantearse”*.

Estas teorías sobre el desarrollo sustentable en la arquitectura, nos muestran que el panorama y las líneas de interacción entre los diferentes sectores deberán verse como una forma integradora de la arquitectura, para lograr ese crecimiento y desarrollo con equidad, así como la creación eficiente de sistemas urbanos y arquitectónicos que satisfagan las demandas de las actuales generaciones, preservando los recursos para las futuras.

Esta parte de la sustentabilidad se puede finalizar retomando a Salas (2008), que cita a Van Der Ryn y Stuart Cowan (1996) en su libro Ecological Design: *“Cuando integramos el diseño con la naturaleza se está tratando de logros donde: la naturaleza es una matriz dentro del cual el diseño encuentra una identidad y una coherencia que contribuye a la salud del todo”* esa es la óptica con la cual la arquitectura y el urbanismo deben de verse ante la problemática ambiental actual.

Con los argumentos y datos anteriormente manifestados, se observa que la vivienda en México debe retomar líneas base de consumo, que puedan inferir sobre las ecotecnologías aplicables y replicables al modelo social, ambiental y económico de México; de dicha manera, tendremos una vivienda eficiente capaz de reducir el consumo eléctrico, incentivar el confort del usuario, reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y reducir el impacto en las fuentes principales de energía (geotermia, hidroeléctrica, petróleo, otros). La vivienda en México es, entonces, un tema de estudio en el rubro de las políticas y lineamientos para generar vivienda verde y de bajo consumo energético, estrategia que en la actualidad se está tratando en la versión 2.0 de hipoteca verde de INFONAVIT.

### 1.3.1 La tendencia actual en la eco-arquitectura y el urbanismo

Después de la conferencia Habitat II, celebrada en Estambul, en junio de 1996, los profesionales se dieron cuenta que la construcción representa un bastión en el desarrollo sustentable; para ello se crearon inmediatamente, en Europa sobre todo, organismos, “actas de compromisos” y “declaraciones de intenciones”, que rápidamente se multiplicaron en el sector inmobiliario. Esto varía dependiendo de los países en los cuales esto fue planteado. *“En los países europeos, especialmente los escandinavos, la calidad medio ambiental y la eficiencia energética ha sido institucionalizada en forma de normativas, reglamentaciones e incluso en incentivos financieros”* (Ruano, 2006).

Tras el impacto de las cumbres como la de Rio, la toma de conciencia a favor de la arquitectura ecológica ha crecido e incluso ha llegado a tener partidarios que se han visto enfrentados por medio de las tendencias que cada uno de ellos maneja; los High-Tech de Norman Foster y los Low-Tech de Paolo Soleri. Así, las políticas de sustentabilidad se han aplicado tanto en la arquitectura como en el urbanismo con diferente rapidez y eficacia según sea el país; la unión europea está liderando en el rubro de las alternativas ecológicas y programas experimentales; en el caso de México, los proyectos no se han regulado ni conceptualizado en una forma integral, y el tema sólo se ha visto de una forma más aislada.

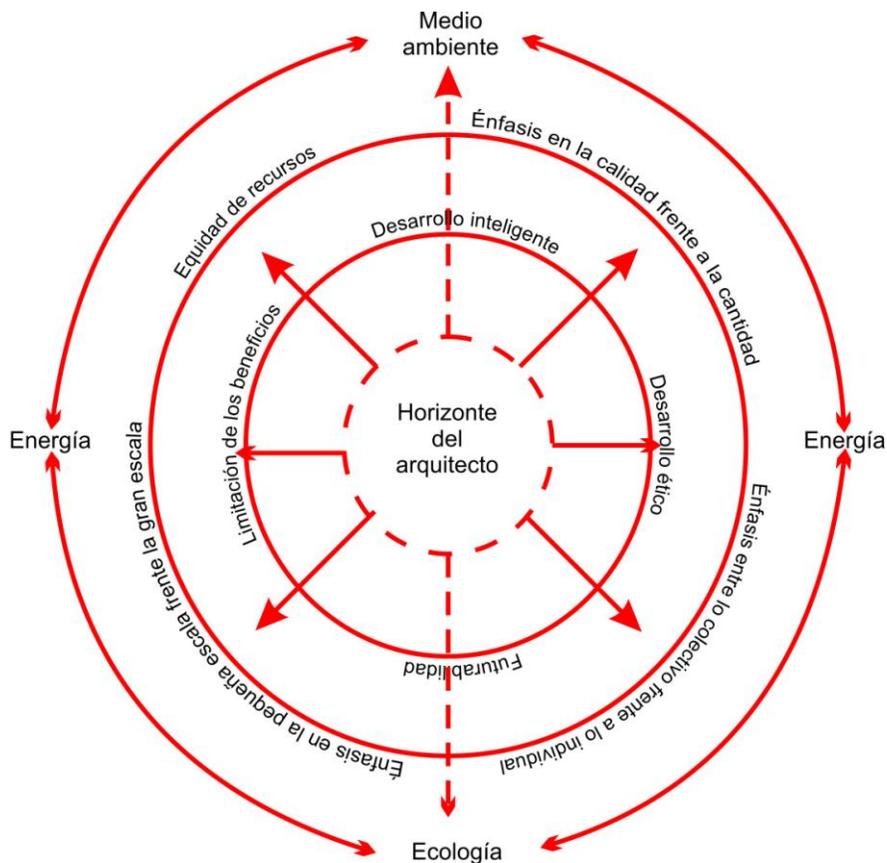


Figura: Brian Edwards (1996); adaptado de Salas (2008)

Bajo esta perspectiva, tanto los arquitectos como planeadores, deben de ver el desarrollo sustentable y situar la eficiencia energética en nuevos esquemas de actuación, la óptica del arquitecto debe fundamentarse no sólo en la energía, sino en las variables que con ésta se interrelacionan. La (figura 1), elaborada por Brian Edwards (1996), en su libro "Guía Básica de la Sostenibilidad", citada en Salas (2008), se hace una correlación de estos diferentes factores y su interacción entre sí.

#### **1.4 EMISIONES DE CO<sub>2</sub> Y EL CICLO DE CARBONO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO**

Las emisiones de CO<sub>2</sub> son el principal factor del cambio climático, dichas emisiones tienen una relación directa con los espacios arquitectónicos y urbanos construidos, es por ello que los países industrializados considerados como los mayores aportadores de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, se han visto en la necesidad de crear medidas e indicadores que muestren la reducción de dichos gases a corto mediano y largo plazo, estas medidas van dirigidas hacia entender el ciclo de carbono en la edificación y su impacto en el cambio climático. La perspectiva y el quehacer arquitectónico así como la tarea de la planeación urbana sustentable, deberá ir en la búsqueda de generar viviendas y edificación que impacten de una manera racional sobre los recursos energéticos no renovables. Es por ello, que se deben generar planteamientos en lo corto mediano y largo plazo como lo se propone en este documento en el programa de vivienda 20-30, destacándose la perspectiva que debe tener la vivienda a corto mediano y largo plazo del 2010 al 2030 señalándose los ejes rectores así como las acciones. Ver Anexo 1.

Durante el 2009 se realiza la primera reunión de negociación plena para configurar un nuevo acuerdo internacional en materia de lucha contra el cambio climático. En esta sesión celebrada en Copenhague (2009), por primera vez se ha incorporado la administración americana, apreciándose un cambio significativo en el discurso sobre su participación en la lucha contra el cambio climático, pero sin aportar de momento compromisos concretos. Los líderes del G-8 (EEUU, Japón, Canadá, Rusia, Alemania, Italia, Francia y Gran Bretaña) han reconocido en su manifiesto final la gravedad del problema del cambio climático. Sus países, con un 13% de la población mundial, emiten más del 40% de los gases de efecto invernadero, y por tanto, tienen la mayor responsabilidad en la limitación de esas emisiones. Estos países se han comprometido en la reunión de Italia (2006) a reducir en un 80% sus emisiones de gases para el año 2050. Lo cual, implica aceptar que es necesaria una revolución energética renovable que elimine de la dependencia de los combustibles fósiles. Sin embargo, al acuerdo le ha faltado un detalle fundamental, sin el cual pierde casi toda credibilidad: un compromiso intermedio y, en concreto, un acuerdo de cara a 2020.

México como país invitado y el cual no tiene la exigencia de reducir los GEI por ser un país en desarrollo, fue candidato para adentrarse en este tema y por ello, la cumbre sobre cambio climático COP-16 se realizó en Cancún, México en el 2010.

La reducción de GEI, causantes principales del cambio climático, han mostrado durante las cumbres diferencias en cuanto a los indicadores logrados en los distintos países, sin embargo, el ejemplo danés ha marcado el camino hacia una economía de eficiencia energética y ecología climática.

La experiencia danesa demuestra que, con una política energética persistente y activa centrada en la mejora de la eficiencia energética, es posible mantener un alto nivel de crecimiento económico y reducir al mismo tiempo la dependencia de los combustibles de origen fósil y proteger el medio ambiente. En lo que se refiere a la producción, Dinamarca es uno de los países con una utilización de energía más eficiente en comparación con otros estados miembros de la UE (Unión Europea) y países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), factor aplicable a las emisiones de CO<sub>2</sub> en relación con su producción. Aunque su consumo de energía es relativamente bajo, Dinamarca destaca entre los países de la UE y la OCDE por la reducción continua de su dependencia energética y de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por ello, en el contexto internacional, Dinamarca pertenece a un grupo de países con una <sup>5</sup>intensidad energética y de CO<sub>2</sub> relativamente baja (DEA, 2008).

Asimismo, en los últimos 25 años, ha conseguido reducir la intensidad energética y de CO<sub>2</sub> por encima de la media. De acuerdo con la DEA (2008) y AIE (2008) desde 1980, la economía danesa ha crecido en un 78%, pero el consumo energético se ha mantenido constante y las emisiones de CO<sub>2</sub> se han reducido. Este desarrollo refleja un aumento en la eficiencia energética y la disminución de CO<sub>2</sub>. La mayoría de países han experimentado un aumento subyacente de la eficiencia energética y reducción de CO<sub>2</sub>, pero el aumento danés es de los mayores en el área de la OCDE.

El enfoque persistente político y comercial en la eficiencia energética y la introducción de nuevas tecnologías significa que, durante varios años, las empresas danesas han desarrollado nuevas soluciones de tecnología energética y han obtenido una experiencia invaluable en ese campo. Estas soluciones han resultado en un aumento de las exportaciones. Por ejemplo, Dinamarca lidera en estos momentos la producción de turbinas eólicas, con un tercio del mercado global.

Dinamarca no es tan sólo un país competitivo en el sector energético. Las empresas danesas también están aprovechando las posibilidades de la globalización y, hoy en día, es una de las diez naciones más prósperas del mundo. Este país tiene un PIB per cápita superior y un nivel de desempleo más bajo que el promedio de los 15 países de la UE.

La investigación, el desarrollo y la demostración de nuevas tecnologías y sistemas han sido esenciales para que Dinamarca se consolide como líder del sector energético.

---

<sup>5</sup> La intensidad energética se calcula mediante la relación entre la producción de energía y el PIB real.

También tiene una gran tradición de cooperación en la investigación y el desarrollo en el sector energético, así como experiencia y buenos ejemplos de proyectos de cooperación eficaz y colaboración entre empresas e instituciones de investigación y conocimiento.

El estado ha apoyado las investigaciones a través de varios programas, en años recientes, se han asignado fondos públicos adicionales al sector energético y el objetivo gubernamental es redoblar los esfuerzos públicos en 2010. Más recientemente, se estableció el programa de desarrollo y demostración de tecnología energética, por sus siglas en inglés (EUDP) para ayudar a introducir en el mercado nuevas soluciones y tecnologías energéticas.

Este modelo danés es un claro ejemplo en la búsqueda hacia la eficiencia energética; así, podremos contextualizar el desarrollo sustentable en México, y sobre todo en la industria de la construcción en una realidad económica, social y ambiental muy particular, que apunte hacia la reducción de la intensidad energética, como lo plantea Dinamarca, para buscar reducir el efecto invernadero y la degradación del entorno ecológico en la construcción; estos modelos se deben fundamentar en tres objetivos indisolubles: a) justicia social b) prudencia ecológica y c) eficacia económica.

Por tanto, la metodología sustentable en la construcción deberá implicar a los usuarios en la concepción y la gestión de su marco de vida; la colaboración de los profesionales será fundamental para optimizar la relación entre la arquitectura, la técnica y el coste. Con ello, podemos decir que el desarrollo sustentable, tanto en la arquitectura como en el urbanismo, deberá de retomar conceptos que se convierten en un caso global, formado por variables co-dependientes de una variable global independiente, este es el caso de los nuevos desarrollos habitacionales, que desde su concepción deberán implicar una serie de estrategias y necesidades ambientales, sociales, tecnológicas, energéticas, políticas y culturales hasta su gestión, con el sentido de crecer en el marco de la sustentabilidad y en la óptima planeación de los conjuntos habitacionales.

Este enfoque holístico, deberá ver la nueva tendencia de los desarrollos habitacionales en México, como la búsqueda del encuadre entre la arquitectura y el urbanismo en el desarrollo sustentable, planteado ya desde hace más de tres décadas por el reporte Brundtland (1972).

### **1.5 CÓMO INTERPRETA MÉXICO LAS AGENDAS INTERNACIONALES SOBRE DESARROLLO SUSTENTABLE**

La tendencia acelerada de la urbanización ha rebasado la capacidad de carga de los recursos naturales en las ciudades; la vivienda es uno de los factores importantes que el Gobierno Federal está considerando como un atenuante en la calidad de vida de todos los mexicanos, por ello, el Plan Nacional de Gobierno 2007- 2012, ha propuesto un programa dirigido hacia el desarrollo habitacional sustentable, basado en la problemática siguiente:

en las metrópolis residen siete de cada diez habitantes asentados en barrios y colonias de alta y muy alta marginación, que carecen de los servicios básicos (Conapo, 2005).

Si bien es cierto que los esfuerzos de los tres órdenes de gobierno han logrado extender la disponibilidad de servicios, en 2005 aún se reporta que la población que carece de ellos representa 11.5% en el caso del agua entubada, 14.2 % de drenaje, el 6.6% de sanitario y 2.5 % de energía eléctrica. Adicionalmente, las viviendas que requieren mejoras o remodelaciones porque no cuentan con materiales durables son, en techos 35.8 %, en muros 20.7% y en pisos 10.3%. En materia de necesidades de ampliación, hay que considerar que el 74 % de las viviendas cuenta con uno o dos dormitorios y que, en el 90% de los casos, el promedio de ocupantes por dormitorio es de dos y en el resto de tres. Esta necesidad de ampliación se refuerza en el hecho de que en 40.6% de los hogares habitan cinco o más personas (INEGI, 2005).

Lo anterior exige que para tener un desarrollo habitacional sustentable, se deberán tener acciones en tres direcciones: por un lado, la corrección paulatina de las distorsiones del crecimiento anárquico, mediante mecanismos como: a) La redensificación de espacios urbanos; b) El impulso del mejoramiento y ampliación del parque habitacional que lo requiere; c) El fomento de conjuntos habitacionales que privilegien la verticalidad; d) El adecuado aprovechamiento de la infraestructura existente; e) La racionalidad en la explotación de la energía; f) El cuidado y reciclamiento del agua y por último; g) La provisión de espacios verdes.

*“El desarrollo habitacional sustentable del país requiere del impulso de un nuevo paradigma que se extienda y se comparta en todos los niveles de la sociedad y de la gestión pública. Instrumentos como el intercambio de experiencias internacionales y la capacitación para la formación de cuadros en los ayuntamientos, los estados, la federación, la industria, el sector financiero y las agrupaciones sociales constituyen un recurso valioso, pero poco explotado en nuestro país” (PND 2007-2012).*

Los objetivos y estrategias del Programa Nacional de Vivienda 2007-2012, responden a los retos del presente y el futuro de la vivienda en nuestro país, y su cumplimiento puede ser expresado en metas cuantitativas y cualitativas que buscan el mayor impacto en los niveles de bienestar de la población: el objetivo 2 de dicho plan habla sobre la calidad y la sustentabilidad de la vivienda.

#### **1.5.1 Calidad y sustentabilidad: objetivo 2 del PND 2007-2012**

En este apartado del PND 2007-2012, se plantean los objetivos así como las estrategias de mejoramiento en la vivienda buscando el camino de la sustentabilidad; el discurso político ya ha sido bien planteado, ahora sólo es necesario aplicar las acciones y estrategias que se proponen.

*“El desarrollo sustentable no puede limitarse a la construcción de casas, no se trata de hacinarse a la gente...”*

*Mi Gobierno apoyará todo esfuerzo de vivienda que se desarrolle con base en una adecuada planeación urbana y que promueva un desarrollo ordenado y sustentable de nuestras ciudades...*

*Viviendas que estén armónicas con el medio ambiente, desarrollos que permitan la recuperación de mantos acuíferos en las zonas que están en peligro, viviendas ahorradoras de energía eléctrica, viviendas que verdaderamente contribuyan a que el desarrollo se dé en armonía con la naturaleza” (Calderón, F., 2007).*

Un desarrollo habitacional sustentable requiere un enfoque racional y humano para afrontar los rezagos existentes en materia de disponibilidad de servicios, infraestructura y tecnología para hacer eficiente el uso de la energía y corregir las deficiencias e insuficiencias en la definición del suelo apropiado para el desarrollo económico y habitacional.

### **1.5.2 Estrategias y líneas de acción**

La primera estrategia de este plan, busca estimular la construcción de desarrollos habitacionales con características de sustentabilidad promoviendo diferentes líneas de acción. Aquí se destacan algunas que en la primera estrategia buscan el uso racional y la eficiencia energética para la vivienda y los desarrollos habitacionales dentro del PND 2007-2012:

- Instaurar las normas oficiales mexicanas que garanticen la calidad de la vivienda.
- Impulsar el programa de certificación y registro de modelos emblemáticos que estimulen la verticalidad, la sustentabilidad, el equipamiento, medidas de protección *contra el cambio climático y el aprovechamiento óptimo de la infraestructura existente, el agua y la energía.*
- Incentivar parámetros y acciones de redensificación impulsados por los ayuntamientos.
- Promover ante los tres órdenes de gobierno el impulso de estímulos fiscales a la vivienda y el desarrollo habitacional sustentable.
- Instaurar en los organismos nacionales de vivienda la “Hipoteca Verde” como mecanismo de financiamiento que estimule el desarrollo de proyectos habitacionales sustentables.
- Poner en marcha un programa internacional para la promoción y fomento del Desarrollo Habitacional Sustentable, que permita conocer, aprovechar e intercambiar experiencias de otros países y organismos especializados.
- Empezar un programa de capacitación y formación de cuadros habilitados para fomentar y operar el desarrollo habitacional sustentable en los tres órdenes de gobierno, con participación de expertos de los ámbitos nacional e internacional.

La vivienda y la planeación urbana no sólo son una política de Estado, son también un motor del desarrollo de México (Calderón, F., 2007). Algunos de los proyectos sustentables se traducirán en la edificación de 300 mil hogares que cumplirán criterios de uso eficiente de energía, reutilización de agua residual y cuidado al ambiente. Cuando menos dos ciudades que ya están en proceso de desarrollarse son Valle de las Palmas, localizada en Tecate, Baja California, a cargo de Urbi; así como Zona Dorada, en Culiacán, a cargo de Homex. Cabe señalar que en estas dos ciudades, es importante analizar los criterios de sustentabilidad, ya que en la actualidad se ha empezado un proyecto sin indicadores o instrumentos que avalen su marco sustentable, convirtiéndolas quizá en un discurso político más.

Acorde a este plan, el Infonavit buscará que de los 815 mil créditos que otorgará en 2011 sean "*Hipotecas Verdes*", es decir, recursos dirigidos hacia vivienda de carácter sustentable; algunas características del financiamiento consiste en sumar 15 mil pesos al crédito otorgado, para que así el nuevo propietario de una vivienda pueda incorporarle al menos, un calentador solar y sistemas para el ahorro de agua y electricidad.

Por su parte, en este mismo contexto, la Comisión Nacional de Vivienda (Conavi) anunció que otorgará 20% más en el monto del subsidio en aquellos proyectos donde los desarrollos cumplan con criterios sustentables.

### **1.5.3 El escenario de la vivienda sustentable en México**

Hoy en día, el desarrollo sostenible ha superado el estadio ideológico para convertirse en un factor económico, y la idoneidad medioambiental constituye para numerosas empresas un elemento que otorga una imagen moderna e innovadora. La búsqueda de una alternativa ecológica ha llevado al sector de la construcción a realizar reflexiones sobre la eficiencia energética en la vivienda y la planeación urbana, la misma unión internacional de arquitectos (UIA), ha preparado declaraciones de interdependencia para un futuro sustentable (CONAFOVI, 2008).

En México, la Comisión Nacional de fomento a la Vivienda (CONAFOVI), en aras del desarrollo sustentable, ha tomado cartas en el asunto al poner en marcha el Programa Piloto de Vivienda Sustentable (PPVS) que pretende fomentar el uso de ecotecnologías en la construcción, y evaluar los impactos de su práctica. Los resultados obtenidos servirán para desarrollar un conjunto de indicadores que definirán el concepto de vivienda sustentable y ayudarán a diseñar criterios técnicos de aplicación general, y a elaborar códigos y normas para establecer las bases de una política nacional de vivienda sustentable, sin embargo, estos indicadores son de carácter cualitativo y de forma genérica, requiriendo una evaluación más cuantitativa para llegar a dar una propuesta más objetiva. En el capítulo de eficiencia energética se discuten los pros y contras de estos indicadores.

Los primeros resultados del programa se esperaban para antes de que terminara el 2007; sin embargo, será hasta el 2008 cuando se conozcan, según CONAFOVI (2006): los resultados que ha tenido el PPVS hasta ahora les ha permitido tener conocimientos base sobre los efectos de esas acciones en el consumo de la energía, y por ende, en la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

El programa se compone de 4,997 viviendas sustentables distribuidas estratégicamente en los estados de la República con climas extremos (Guerrero, Nuevo León, Querétaro, Sonora, Baja California y Chihuahua), con la intención de probar diferentes modelos y tecnologías hasta encontrar alguno que se pueda reproducir comercialmente a gran escala. Los desarrolladores que participan son Pulte Homes México, ITAVU, INVI NL y Urbi Desarrollos Urbanos (CONAFOVI, 2008).

Se espera que el PPVS sienta las bases para que los desarrolladores incluyan elementos sustentables en sus conjuntos, primero de manera voluntaria y gradual, hasta hacerlo obligatorio. Según Gutiérrez (2008), director general de CONAFOVI *“La obligación de los constructores por edificar una vivienda sustentable en México será de manera gradual hasta el 2012”, en este sentido se busca que la construcción de nuevas viviendas tengan características y tecnologías que reduzcan el consumo de energía eléctrica, aprovechen la energía solar y disminuyan el consumo de agua y la reciclen. Así, se ve potencializado el desarrollo sostenible como una inversión a corto, mediano y largo plazo”*.

Aunque actualmente la vivienda sostenible en México refleja un mayor costo de inversión, se debe pensar en las alternativas como costo beneficio que éstas traerán en el futuro. En los desarrollos habitacionales de Urbi en Baja California y en Tecámac (zona metropolitana de la Ciudad de México), los gastos se elevaron 7% (Mayagoitia, 2007).

Los programas actuales de vivienda deberán desarrollar en el corto plazo los indicadores, criterios, lineamientos y parámetros que definan a la vivienda sustentable, la normatividad aplicable en códigos de edificación, los métodos de certificación, impulsar el desarrollo tecnológico para crear una cadena productiva completa en el país, y una base estadística de patrones de consumo.

Así, la vivienda sustentable tendrá que enfrentar la correcta búsqueda de tecnologías apropiadas, la correcta selección de materiales desde los tradicionales hasta los más modernos, considerando su renovabilidad y el correcto balance de mano de obra y capital, además de la incorporación de indicadores cuantitativos de eficiencia energética que impacten directamente sobre el manejo de los recursos fósiles.

#### **1.5.4 Los planes sectoriales de vivienda sustentable en México**

En México, organismos como Seduvi (Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda), la Conavi (Comisión Nacional de Vivienda) y la Canadevi (Cámara Nacional de Vivienda), han arrancado planes de estímulo para las denominadas viviendas sustentables, aun cuando

ya se han obtenido guías de uso eficiente de la energía (2007) y la de indicadores de eficiencia energética (2008), para desarrollos habitacionales sustentables no se tienen datos medidos o indicadores cuantitativos que permitan ir en la búsqueda del sello de sustentabilidad en la vivienda.

Seduvi y la Canadevi en el primer encuentro de vivienda del 2007, han planteado un paquete de premios que tienen beneficios fiscales y facilidades administrativas para aquellos desarrollos inmobiliarios que incluyan en sus obras la materia de sustentabilidad, como el ahorro de agua y mayores áreas libres. Los incentivos no se han dado a conocer debido a que uno de los primeros pasos sería aplicado a la ciudad de México, en aquellos proyectos de vivienda que tengan un enfoque de ahorro, y sería la eficiencia del agua el primer plan de acción (CONAFOVI, 2006).

Existe la propuesta de norma de vivienda sustentable que será enviada en este periodo de sesiones a la Asamblea Legislativa del DF para ser aprobada, esta norma busca que haya un uso eficiente del suelo urbano, la reducción de la demanda de agua potable y energía eléctrica e incluir la construcción de estacionamientos como un elemento urbano más que requisito.

Entre otros aspectos, la Canadevi señala que la sustentabilidad es un tema que tiene en México alrededor de 20 años, pero ha venido cobrando importancia de tal forma que la ONU ya está interesada en ver cuáles son los parámetros de una vivienda para que pueda considerarse como sustentable (CONAFOVI, 2006); de igual manera, se observa que “el nuevo urbanismo está enfocado a la sustentabilidad, lo cual implica una serie de aspectos que parecen muy teóricos, pero que en la vida real serían fácil de conseguir”. La guía de indicadores para desarrollos habitacionales sustentables de la CONAFOVI (2008), ya ha dado valores ponderados con el fin de poder valorar las estrategias de sustentabilidad en los desarrollos habitacionales en México.

Según CONAFOVI (2006) *“En esta situación deben intervenir todo los implicados, desde los arquitectos y los responsables de elaborar los reglamentos de construcción hasta los desarrolladores de vivienda, quienes no siempre son arquitectos e ingenieros, y por ello no comprenden la importancia de respetar las normas y proteger el hábitat en torno a los desarrollos inmobiliarios”*. Se sigue hablando de la autoconstrucción, pero esto tiene otros enfoques porque la globalización nos obliga a comprometernos con el tema de la calidad, de acuerdo con políticas de corte mundial, sin embargo primero, hay que definir qué es la calidad en la vivienda; segundo, cómo se mide la calidad y tercero, elaborar una base de datos para tener un indicador.

Lo anterior lleva al coste de la vivienda comparando los ahorros que se obtienen de una vivienda sustentable contra una vivienda no sustentable, además de las contribuciones positivas hacia la preservación del medio ambiente, la Tabla.1, muestra esta relación obtenida.

**Tabla 1. Beneficios a largo plazo de vivienda sustentable**

TIPO DE VIVIENDA	TRADICIONAL	SUSTENTABLE	AHORRO SOSTENIDO
Valor del inmueble	\$500,000	\$625,000	
Financiamiento	\$450,000	\$562,000	
Mensualidad	\$5,698	\$7,122	
Gastos de la vivienda anual (Total)	\$10,230	\$7,456	27%
Luz	\$2,460	\$1,722	30%
Gas LP	\$2,890	\$1,734	40%
Agua	\$2,880	\$2,400	17%
Mantenimiento	\$2,000	\$1,600	20%

*Fuente: Asociación de Bancos de México (ABM) 2006.*

El ejercicio toma en cuenta una tasa de 11.75%, un plazo a 15 años y un financiamiento del 90%. Simulación para una vivienda de 100 m<sup>2</sup>

Estos valores han sido determinados con base a la instrumentación de tecnologías de eficiencia energética que se han aplicado a la vivienda, lo cual significa que las tecnologías aplicadas son las más apegadas a aun indicador de eficiencia energética. Es sólo un estimado que contrasta la vivienda que presenta tecnologías y aquella que no las tiene, basado en un programa piloto de vivienda energética para México durante 2004 por FIDE, incentivado por organismos federales y los desarrolladores de vivienda. Es importante mencionar que este indicador económico fue hecho para vivienda de 100 m<sup>2</sup> y no económica, interés social y medio, lo que hace que los ahorros se incrementen.

### **1.5.5 Programa Nacional de Vivienda 2007-2012**

Derivado de los grandes problemas ecológicos y ambientales mundiales alcanzados en el pasado siglo, así como de la actual situación en la producción de petróleo, el uso de energías alternas con fuentes renovables y no contaminantes para la generación de energía eléctrica se ha convertido en una de las soluciones a los problemas de abastecimiento de electricidad global para el futuro. Aun conociendo los inconvenientes que el uso de esta tecnología representa, como lo son el alto costo y la poca eficiencia, se propone gestionar fuertemente para recibir apoyos federales, sean nacionales y/o internacionales, para la implementación de generación de energía eléctrica limpia mediante el uso de fuentes de energía renovables y no contaminantes para cogeneración y autoabastecimiento para su uso en vivienda básicamente.

Esta estrategia, tiene preponderantemente la función de ser el instrumento rector para que todo plan, programa o acción de gobierno enfocados a la vivienda en México, se

lleven a cabo dentro de los parámetros establecidos y con los resultados deseados, es decir bajo la reglamentación y la normatividad demandada. Para garantizar que el marco regulatorio sea el adecuado, se propone gestionar la revisión y actualización de leyes, normas y reglamentos del grupo de dependencias gubernamentales envueltas en el proceso de proyecto/construcción de desarrollos habitacionales bajo el nuevo esquema de sustentabilidad según el PND (2007).

En la actualidad, la generación de energía eléctrica es mayormente obtenida mediante el uso de fuentes de energía no renovables y contaminantes provenientes de fuentes derivadas del petróleo (SENER, 2007). Dentro del actual plan nacional de desarrollo, elaborado y presentado por parte del ejecutivo federal en el 2007, se propone el decremento paulatino del uso de derivados fósiles para la obtención de electricidad, reduciendo por un lado las emisiones de gases efecto invernadero principales causantes del calentamiento global. En contraparte, el auge en la detonación de las tecnologías para el uso de energías alternas y renovables, continua siendo en gran parte incierta, por lo que se propone gestionar intensamente ante las instancias gubernamentales responsables de la promoción de uso de energías alternas, la consideración del uso de energías alternas mediante fuentes de energía no renovable para la generación de electricidad.

De acuerdo con el PND (2007) en el rubro sobre el uso eficiente de la energía, por los resultados demostrados hasta el día de hoy, debería ser considerada por sí sola como una forma de energía alterna, ya que con ella se pretende lograr la reducción de las emisiones contaminantes en un gran porcentaje, evitando la quema de combustibles primarios para la generación de energía eléctrica. Por ello, organismo como el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (2004) pretende promover la intensificación de los programas de concientización sobre el uso eficiente de la energía e impulsar el uso de aparatos electrodomésticos de alta eficiencia.

El diseño de la vivienda, durante el pasado siglo, así como durante el principio de este, se ha ido mejorando mediante el uso de materiales tecnológicamente más ligeros y resistentes (Gauzzin, 2001), pero aun así, no se ha logrado reducir el uso de energía eléctrica para la climatización e iluminación de las viviendas, por lo que, la electricidad destinada para alcanzar el confort en la vivienda sigue representando altos consumos eléctricos. Con esta estrategia, se pretende gestionar el cumplimiento de las bases para la proyección de modelos de vivienda según los lineamientos del Programa Nacional de Vivienda 2007-2012: *Hacia un Desarrollo Habitacional Sustentable*, así como promover ante las secretarías responsables y los desarrolladores de la vivienda la actualización y/o adaptación de las leyes existentes de los servicios a la vivienda bajo el mismo esquema.

Bajo esta perspectiva energética, la vivienda debe entonces incorporar nuevas políticas y reglamentación, que van desde la conceptualización de su tipología arquitectónica, su construcción, su uso y su mantenimiento, hasta la incorporación de políticas y

reglamentación energética que regulen y establezcan la direccionalidad y la tendencia de la vivienda dentro de las agendas municipales, estatales y federales en el marco de la sustentabilidad, por ello algunos de los grandes desarrolladores de vivienda en México en conjunto con organismos gubernamentales han desarrollado el plan estratégico denominado 10-30, donde se establecen los ejes rectores que debe incorporar la vivienda y el urbanismo, así como las acciones y la transversalidad de los planes a corto, mediano y largo plazo fijados del 2010 al 2030, en el mismo plan se establece que: deben proponerse vivienda con sistemas eficientes que atiendan: los problemas del confort de usuario, el consumo eléctrico de la vivienda, la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, así como los impactos directos e indirectos sobre las fuentes no renovables de energía en las diferentes escalas urbanas, traduciéndose en el trinomio social, económico y ambiental que busca el desarrollo sustentable.

## **CAPÍTULO II. EFICIENCIA ENERGÉTICA**

### **2.1 ENERGÍA Y EFICIENCIA EN LA VIVIENDA**

El término energía tiene diversas acepciones y definiciones, relacionadas con la idea de una capacidad para obrar, transformar o poner en movimiento; en la física, «energía» se define como la capacidad para realizar un trabajo. En tecnología y economía, «energía» se refiere a un recurso natural y la tecnología asociada para explotarla y hacer un uso industrial o económico del mismo.

Las tendencias actuales en su consumo, generación y distribución, que en se hace de la energía, deben buscar un uso racional y eficiente, de tal forma que ésta contribuya a la preservación de los energéticos y del medio ambiente, además de impactar directamente sobre los indicadores económicos del país.

Los energéticos son insumos esenciales para gran parte del quehacer económico y humano. No es posible concebir una economía en crecimiento sin una oferta de energéticos de calidad y a precios competitivos. *Por ello, es nuestra responsabilidad que en México aprovechemos al máximo los recursos energéticos con los que cuenta el país, para contribuir al crecimiento económico y a la generación de empleos, desde una perspectiva de sustentabilidad (SENER, 2006).*

#### **2.1.1 La eficiencia energética en la vivienda**

La eficiencia energética (EE) se basa en un conjunto de acciones que buscan optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Esto se puede lograr a través de la implementación de diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y de hábitos culturales en la comunidad (ICE, 2007).

Los individuos y las organizaciones que son consumidores directos de la energía, pueden desear ahorrar energía para reducir costes energéticos y promover sostenibilidad económica, política y ambiental. Los usuarios industriales y comerciales pueden desear aumentar eficacia y maximizar así su beneficio. Entre las preocupaciones actuales, está el ahorro de energía y el efecto medio ambiental de la generación de energía eléctrica.

La (EE), en la vivienda no es la excepción, debido a que es uno de los sectores de mayor consumo energético en el país (SENER, 2006), por ello, de acuerdo a diferentes estrategias y características, tanto regionales como sociales, culturales y económicas, internacionalmente los desarrolladores de vivienda, así como los gobiernos, han promovido la (EE) como un catalizador de la economía del país y como una forma de vida sustentable para las futuras generaciones.

Una revisión internacional sobre (EE), muestra que la preocupación por crear leyes, indicadores, balances, así como estrategias de diseño, sistemas tecnológicos y de

construcción coadyuvan al ahorro en el consumo energético a través de la (EE), logrando con esto, vivienda de bajo consumo energético; estos parámetros varían de acuerdo a las normas de cada país, pero sin embargo, es importante subrayar que todas irán encaminadas a la búsqueda de la preservación de los recursos naturales y el bajo consumo de los energéticos fósiles.

## **2.2 LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL APLICADO A LA VIVIENDA**

### **2.2.1 El ACM francés**

A lo largo de toda Europa se han venido desarrollando proyectos, regulaciones, y programas de desarrollo ambiental donde su punto principal es resolver la problemática medioambientalista, encaminándola por el desarrollo sostenible (Gauzzin-Müller, 2001). Esto ha traído como consecuencia, procedimientos como el desarrollado en Francia, llamado ACM (Alta Calidad Medioambiental), el cual considera 14 objetivos de control del impacto ambiental en el entorno y creación de un entorno interior satisfactorio, los cuales han sido divididos en cuatro renglones y estos subdivididos en otros no menos importantes. En Francia, desde los años setenta, se ha venido practicando una arquitectura solar, bioclimática, sin embargo fue hasta la Cumbre de Río que se empezó a difundir esta sensibilidad, a continuación se enumeran los 14 objetivos planteados por el ACM francés.

- Objetivo 1.- Relación armoniosa del edificio con su entorno inmediato
- Objetivo 2.- Elección integrada de los procesos y los productos constructivos
- Objetivo 3.- Bajo Impacto de la obra en el entorno
- Objetivo 4.- Gestión energética
- Objetivo 5.- Gestión del agua
- Objetivo 6.- Gestión de los residuos generados por el uso
- Objetivo 7.- Mantenimiento y conservación
- Objetivo 8.- Confort higrotérmico.
- Objetivo 9.- Confort acústico
- Objetivo 10.- Confort visual
- Objetivo 11.- Confort olfativo
- Objetivo 12.- Condiciones sanitarias
- Objetivo 13.- Calidad del aire
- Objetivo 14.- Calidad del agua

De esta manera, se han agrupado los catorce objetivos en cuatro grupos: ecoconstrucción ecogestión, salud y confort; así, el ACM francés propone desde el principio, un planteamiento más global y transversal que secunda así, al desarrollo sostenible; desde el principio se considera integrar la gestión energética y medioambiental en el proyecto, todo ello tratando de proponer las tres exigencias complementarias: crear un entorno

interior sano y confortable para los usuarios, controlar el impacto sobre el entorno exterior del edificio y preservar los recursos naturales mediante la optimización de su uso.

La puesta en marcha del ACM Francés, es iniciativa del promotor inmobiliario, contrariamente a las metodologías aplicadas en otros países, en Francia no se da apoyo ni en una normativa ni en un sello específico. Algunos aspectos de calidad medio ambiental se inscriben dentro de un marco normativo cada vez más exigente en la protección del medio ambiente. Algunas de estas normatividades son:

- Ley sobre el agua del 3 de enero de 1992
- Ley sobre aire y el uso racional de la energía de 1996
- Ley sobre el planeamiento sostenible de 1999.
- Plan nacional de lucha contra el cambio climático del año 2000
- Nueva normativa de ahorro energético RT 2000
- Nueva normativa acústica (NRA) 1994.

Así, el proyecto arquitectónico ACM busca un equilibrio inteligente entre las ventajas y los inconvenientes de las diferentes soluciones, en función de las particularidades del emplazamiento del programa y del presupuesto. La calidad medio ambiental en cualquier proyecto genera sobrecostes que se relacionan tanto con el tiempo, como con la concertación indispensable en esta fase de experimentación. De igual manera, esto se ve reflejado en la nueva utilización de los materiales y técnicas.

Los países europeos que han aplicado los procedimientos medioambientales han demostrado que los sobrecostes de la inversión, disminuyen rápidamente a partir de que se consideran estas nuevas prácticas, compensándose durante el funcionamiento pleno del edificio, gracias al ahorro en gastos de funcionamiento. Los estudios son realizados por equipos pluridisciplinarios de expertos que recurren entre otros, a programas de simulación dinámica del comportamiento térmico en función de los datos climáticos específicos del lugar.

La construcción de los primeros equipamientos públicos ACM, fue posible gracias a las preocupaciones políticas militantes. Una segunda generación de promotores públicos se interesó por las innovaciones técnicas, el valor pedagógico y la imagen de marca que comportaba el enfoque medioambiental. La tercera generación, aparecida hacia el año 2000, ve también en la arquitectura ecológica ventajas económicas a largo plazo y sobretodo la reducción de costo en calefacción, ventilación e iluminación. El enfoque ACM resulta, en efecto, rentable para las administraciones locales que son a la vez promotoras y gestoras.

A diferencia de los años 70 y 80, actualmente la arquitectura ya no se basa esencialmente en principios bioclimáticos que buscan el ahorro energético, ahora el procedimiento ACM plantea un acercamiento más completo, pero también más complejo y difícil de llevar a la

práctica. El mérito de este procedimiento radica en que rompe las barreras de comportamiento tradicional, buscando una mayor alternancia en las diferentes disciplinas implicadas (ingeniería acústica, térmica, arquitectura, urbanistas, etc.).

### **2.2.2 La normatividad RT 2000**

Es una normativa francesa muy eficaz, donde se definen las características térmicas de referencia, pero deja libertad sobre la selección de los materiales y sistemas. Impone una limitación del consumo global de energía para calefacción, producción de agua caliente sanitaria y climatización de la vivienda, y para iluminación en edificios terciarios. Incluye exigencias de mejora del confort en verano, y se ha extendido en el año 2002 a los sistemas de climatización (Herzog, 1996).

### **2.2.3 El certificado vivienda pasiva en Europa.**

La principal exigencia de este sello es un consumo de energía de 15 kWh/m<sup>2</sup>/año, estas primeras viviendas pasivas se evaluaron en 1991 en Darmstadt, fueron viviendas adosadas de 156 m<sup>2</sup>, bajo principios bioclimáticos que consideran desde la forma, hasta las estrategias de ahorro y eficiencia energética como los aislantes, la ventilación mecánica y los intercambiadores de calor (Rhandal, 1996).

El sello de vivienda pasiva a crecido rápidamente en Alemania, Suiza y Austria; a partir del año 2001, alrededor de unas 50 viviendas pasivas están ya en funcionamiento en barrios ecológicos de Friburgo de Brisgovia, 16 de ellas son parte de un proyecto piloto Hábitat y Trabajo del barrio Vauban. En Stuttgart-Feuerbach, 52 viviendas “pasivas” en hilera fueron construidas durante el 2000. El mayor conjunto pasivo Europeo fue finalizado en el año 2000 en el barrio de Sonnenfeld en Ulm, consta de 104 viviendas realizadas por las firmas arquitectónicas de Joachim Ele y el despacho Kottkamp & Schneider.

### **2.2.4 La concepción de la vivienda: bajo consumo energético**

Esta vivienda basa su principio en la integración del enfoque energético desde el principio del proyecto, forma compacta, aislamiento térmico reforzado, limitación de los puentes térmicos, estanqueidad al aire, empleo eficaz de la energía solar pasiva, instalaciones técnicas eficientes y fáciles de utilizar, sanitario de bajo consumo de agua, equipamientos eléctricos de bajo consumo energético, elección de materiales de construcción reciclables cuya producción y puesta en obra necesitan poca energía (tabla 2, 3).

**Tabla 2. Comparación del consumo de calefacción en Alemania, según el tipo de vivienda, y la evolución en función de la normativa (en kWh/m<sup>2</sup>/año).**

	VIVIENDA UNIFAMILIAR	VIVIENDA EN HILERA	EDIFICIO PLURIFAMILIAR
Parque inmobiliario existente	260	190	160
Normativa de ahorro energético de 1982 (valor máximo)	150	110	90
Normativa de ahorro energético de 1995 (valor máximo)	100	75	65
Vivienda de bajo consumo energético	<70	<60	<55

Fuente: Pro Clima 2000

**Tabla 3. Valores medios de los muros en la vivienda de bajo consumo energético, definidas mediante el coeficiente de transmisión térmica U para la unión Europea.**

Pared exterior de obra de fábrica	U<0.25 W/m <sup>2</sup> C (12 a 18 cm de aislante)
Pared exterior con estructura de madera	U<0.20 W/m <sup>2</sup> C (20 a 25 cm de aislante)
Cubierta	U<0.15 W/m <sup>2</sup> C (25 a 30 cm de aislante)
Tabique entre zona calefactada y zona no calefactada	U<0.30 W/m <sup>2</sup> C(8 a 12 cm de aislante)
Acristalamiento	U<1.3 W/m <sup>2</sup> C (doble acristalamiento aislante con cámara de gas)

Fuente: Pro Clima 2000

### 2.2.5 El certificado vivienda de bajo consumo energético alemán

La normativa alemana de 1982, establecía para el consumo anual de calefacción en los edificios de nueva planta un valor máximo de 150 Kwh/m<sup>2</sup>/año por vivienda individual. En 1980, Suecia adoptó una normativa igualmente restrictiva.

Hecho oficial, en 1999 el sello vivienda de bajo consumo energético indispensables para obtener ciertas subvenciones, obliga a un consumo de calefacción inferior a 65 Kwh/m<sup>2</sup>/año, a los que hay que añadir unos 25 Kwh/m<sup>2</sup>/año en agua caliente sanitaria y 30 Kwh/m<sup>2</sup> al año en iluminación, electrodomésticos y ventilación mecánica.

La vivienda de bajo consumo energético consume hasta un 80% menos energía que una de los años 70, y alrededor de un 30% menos que una vivienda nueva convencional (Gauzzin-Müller, 2001).

### 2.2.6 El certificado suizo Minergie

La confederación Helvética se plantea reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 10% antes del año 2010, el certificado Minergie, es una marca registrada y pertenece a los cantones de Zúrich y Berna, los derechos de explotación son administrados por la confederación, asociaciones y colegios. El certificado Minergie busca promover el uso racional de la energía, el empleo de energías renovables, mejorar la calidad de vida, competitividad

económica y la disminución del impacto medio ambiental. El sello Minergie propone un uso más racional y desde el principio fue su origen vinculado a la vivienda y en especial a las viviendas unifamiliares, se aplica desde el año 2000 y ahora a todos los edificios federales (Gauzzin-Müller, 2001).

Mediante el sello Minergie es posible obtener en algunos bancos una reducción del 1% en los créditos para la construcción durante los primeros 2 a 5 años del plazo de amortización. Al igual que el RT 2000 Francés el sello Minergie no impone técnicas particulares sino objetivos, es decir que el proyectista es libre de escoger los medios para alcanzar el sello, sin embargo se presupone una forma compacta, un aislamiento térmico reforzado, instalaciones técnicas optimizadas, control del aire y ventilación mecánica adecuada, el cumplimiento de estos objetivos es verificado al final de la obra, en el 2000 alrededor de 750 proyectos habían recibido el sello Minergie.

En las tablas 4 y 5 se presentan los valores máximos de consumo de calefacción y electricidad para la obtención del sello Minergie.

**Tabla 4. Valores máximos de consumo de calefacción y electricidad para la obtención del sello Minergie**

CONSUMO DE ENERGÍA EN CALEFACCIÓN	CONSTRUCCIÓN DE NUEVA PLANTA	EDIFICIOS ANTERIORES A 1990
Vivienda	<45 kwh/m <sup>2</sup> por año (<160 MJ/m <sup>2</sup> por año)	<90 kwh/m <sup>2</sup> por año (<320 MJ/m <sup>2</sup> por año)
Despachos	<40 kwh/m <sup>2</sup> por año (<145 MJ/m <sup>2</sup> por año)	<70 kwh/m <sup>2</sup> por año (<250 MJ/m <sup>2</sup> por año)
Vivienda y despachos	15 kwh/m <sup>2</sup> por año (<53 MJ/m <sup>2</sup> por año)	15 kwh/m <sup>2</sup> por año (<53 MJ/m <sup>2</sup> por año)

Fuente: Pro Clima 2000

**Tabla 5. Valores medios de las paredes en la vivienda Minergie según el valor U**

	EDIFICIO COMPACTO CON AISLAMIENTO REFORZADO
Muro y cubierta	U=0.20 W/m <sup>2</sup> .K
Entrepiso	U=0.25 W/m <sup>2</sup> .K
Cancelería	U=1 W/m <sup>2</sup> .K

Fuente: Pro Clima 2000

### 2.2.7 El esquema conceptual de la vivienda avalada por el Sello Minergie

La vivienda avalada por el sello Minergie en algunos casos contempla: a) colectores solares para el calentamiento de agua sanitaria; b) ventilación de doble flujo, recuperador de calor de alto rendimiento (65%); c) sanitarios de bajo consumo de agua; d) aparatos eléctricos y domésticos de bajo consumo de energía; e) cubierta ajardinada con retención de agua.

Estas características pertenecen a un edificio de 12 viviendas de cuatro habitaciones realizado en Zúrich. El sobrecosto ligado al ahorro de energía y de agua alcanza el 5% del presupuesto global. La reducción anual de los costos de funcionamiento representa el 6% de la inversión suplementaria. El sello Minergie permite obtener diversas ayudas económicas como créditos de bajo interés (Yannas, 1994).

El sello Minergie aun sin ser obligatorio, muestra claras tendencias en el mercado de la construcción; en Suiza el consumo de calefacción de la mayoría de los edificios será inferior a 55 kWh/m<sup>2</sup>, gracias a las medidas adoptadas para ahorrar energía en el parque inmobiliario existente. Los suizos consideran que un aislamiento térmico entre 10 y 20 cms de espesor podría reducir a la mitad las emisiones de CO<sub>2</sub>, lo que significaría una reducción anual de 10 millones de toneladas (Gauzzin–Müller 2001).

### **2.2.8 Los ecocertificados**

A raíz de las evaluaciones de los sistemas constructivos, materiales de construcción, procedimientos de alta calidad medioambiental y otros conceptos de ahorro y eficiencia energética, han surgido dentro de la gestión medioambiental certificados ecológicos, los cuales han sido instituidos por fundaciones preocupadas por la protección de la biodiversidad, protegiendo al medio ambiente y su explotación: algunos de ellos son: el sello Forrest Stewardship Council y el sello Pan European Certification Council. En varios países de Asia, América Central y África, también diversos sellos ecológicos han sido implantados. En Europa, las primeras normativas sobre aislamiento térmico fueron introducidas tras las crisis petrolíferas de 1973 (Eliasson, 1999). En Suecia y Finlandia el espesor del aislamiento térmico ya ha sido regulado. Para responder a las preocupaciones medioambientales, otros países europeos como Alemania, Suiza y Francia, han dotado recientemente de normativas más exigentes y certificados más ambiciosos.

La integración de métodos de cálculos y de medios de identificación de los productos definidos por las normativas europeas, permitirá adaptar estas nuevas disposiciones a los criterios internacionales. Mejorar el aislamiento térmico y la eficiencia de las instalaciones de los edificios existentes es tan necesario como adoptar medidas eficaces en la construcción.

### **2.2.9 La certificación de la vivienda en México**

En México, se han implantado este tipo de medidas en una forma similar pero no tan rigurosa como los sellos a través del Fideicomiso para el ahorro de energía (FIDE), el cual promueve la eficiencia energética de la vivienda a través de programas de ahorro y certificación de materiales, generando así el denominado sello FIDE (FIDE, 2004).

En el sector habitacional al igual que en el sector medioambiental, existe una serie de certificados de consumo y eficiencia energética. En nuestro país, el FIDE y la CONAE, son los organismos que han marcado la direccionalidad del consumo y el ahorro de energía en los edificios, implantando y regulando en cierta medida criterios y evaluaciones del

consumo energético en la vivienda. Asimismo, se han certificado materiales y tecnologías que aspiran, tanto a mejorar el consumo energético, como mejorar la calidad de vida del usuario. En el ámbito de la construcción, su aplicación se traduce en la creación de un sello que establece exigencias precisas sobre el consumo energético de aire acondicionado y electricidad durante la fase de construcción de edificios nuevos en los sectores de vivienda y servicios.

#### **2.2.10 Los programas piloto para la vivienda ahorradora en México.**

En nuestro país el FIDE, es uno de los organismos federales preocupados por el ahorro y la eficiencia energética en los edificios, según Ortega (2004) reconoce que se requiere una inversión adicional para desarrollar vivienda sustentable en México, ya que las actuales condiciones de construcción no incluyen sistemas que hagan factibles casas energéticamente eficientes. “Cuando se logre incorporar equipamientos ahorradores, inmediatamente provocaremos disminuir pago de servicios como luz eléctrica y gas”.

Las actuales condiciones de construcción de vivienda en México, no implican todavía equipos de ecotecnología. Sin embargo, algunos programas piloto ya han sido puestos en marcha por el FIDE, tal es el caso de uno en Mexicali que consiste en un programa de construcción de viviendas con celdas solares, mediante las cuales los usuarios bajaron su consumo de energía eléctrica, por lo que hay que promover la utilización de la energía solar para un impacto sustentable en las viviendas.

“El 90 por ciento del territorio nacional tiene condiciones para generar energía eléctrica a través de celdas fotovoltaicas para aprovechar la luz solar; hay zonas que son bajas, pero prácticamente la mayor parte del territorio mexicano tiene esa capacidad de generación” (Ortega, 2004).

Algunas de las tecnologías propuestas en este tipo de proyectos, permiten la aplicación de materiales aislantes en el techo, ventanas doble vidrio con película reflejante para menor transferencia de calor, así como proveer de dispositivos necesarios dentro de la vivienda para el mínimo consumo de energía, gas y agua. Dichos dispositivos son lámparas ahorradoras, aislantes térmicos, aires acondicionados y refrigeradores eficientes, entre otros. En algunos usuarios de bajos recursos involucraría la adquisición de equipos de bajo costo, “lo que provocaría que al ser equipo muy barato o de baja eficiencia EER 5, se eleve el gasto energético y su consumo se incremente”.

Algunos de los estudios hechos por los desarrolladores de vivienda, grupos de especialistas y el FIDE, han demostrado y determinado que el consumo de energía en la vivienda mexicana además, de obedecer a los sistemas constructivos de la vivienda, deben responder a las variables sociales y culturales que influyen en los consumos eléctricos (Calderón, R., 2009).

Un ejemplo de ello son algunas casas en Acapulco y Monterrey, que fueron construidas de acuerdo con este principio pero al que, además, se sumó la elección del material más adecuado porque hay lugares en donde el concreto es lo ideal, mientras que en otros lo será el tabique o la combinación de ambos.

Sabemos que el problema principal de estas viviendas en México es el calor, más que el frío; entonces, hay ciertos elementos que no cuestan más y podemos utilizarlos. Colocar focos ahorradores que, por supuesto, no implica cambiar la instalación eléctrica. Si se requiere plantear una vivienda de bajo consumo energético de nivel medio, se tendrá mayor capacidad para utilizar tecnología, por ejemplo: calentadores solares o celdas fotovoltaicas, un sistema que en México es muy caro pero que en un tiempo medio nos beneficiará al ahorrar en el recibo de la luz.

El programa se impulsa en el norte del país, sobre todo en Baja California y Sonora, con la aplicación del aislamiento térmico, que permite un menor uso del aire acondicionado y con ello un ahorro de energía eléctrica. El otorgamiento de Hipotecas Verdes se efectuará en todo el país (Borrás, 2007), pero serán los estados de climas más extremos los que tengan posibilidades de tener mayores ahorros de energía eléctrica (lugares cálidos) y de gas (zonas frías).

#### **2.2.11 El modelo de vivienda Net-Zero**

La vivienda Net-Zero constituye una alianza México-Canadá, encaminada hacia la vivienda sustentable, (a partir del 2008) aunque ya se ha venido trabajando desde 2004. Es un programa piloto de la vivienda con energía cero cuyo factor principal radica en la autosuficiencia de energía eléctrica, reduciendo al máximo los consumos y autoabasteciéndose por medio de sistemas fotovoltaicos.

El programa contempla que las viviendas sean: *bioclimáticas, sustentables y utilicen energías renovables* así como el uso eficiente de la energía y el agua, considerando *aspectos científicos y tecnológicos para su construcción*, además de establecer criterios de sustentabilidad en los que se busca que el gobierno establezca normas, códigos, certificación en el desarrollo de las viviendas.

### **2.3 EL CONSUMO ELÉCTRICO DE LA VIVIENDA EN MÉXICO**

En México, la energía es considerada una de las actividades económicas más importantes; además de constituir la fuente principal del ingreso público, el sector energético contribuye al PIB en un 3%; las exportaciones petroleras representan el 8.4% del total nacional y los impuestos de los hidrocarburos aportan el 37% de los ingresos fiscales.

El programa sectorial de energía 2001-2006 ha planteado en su visión hacia el 2025, diez objetivos estratégicos en los que se destaca: a) asegurar el abasto suficiente de energía, con estándares internacionales de calidad y precios competitivos; b) hacer del ordenamiento jurídico un instrumento de desarrollo del sector energético, otorgando

seguridad y certeza jurídica a los agentes económicos, asegurando la soberanía energética y la rectoría del Estado; c) impulsar la participación de empresas mexicanas en el sector energético; d) incrementar la utilización de fuentes renovables, además de promover el uso eficiente y el ahorro de energía; e) ser líderes en la generación, desarrollo, asimilación y aplicación del conocimiento científico y tecnológico, así como en la formación de recursos humanos altamente calificados para apoyar el desarrollo sustentable del sector energético; y f) ser un sector líder en la protección al medio ambiente en los proyectos de infraestructura.

En este panorama energético, dentro del sector habitacional, comercial y público, durante el 2006, según SENER (2006), la vivienda representó el 83% del consumo de energía en estos sectores, cifra que impacta directamente sobre el nivel de consumo nacional; los energéticos utilizados en la vivienda son: el gas licuado con un 40%, la leña con 36%, la electricidad con un 20% y el gas natural con un 4%. Estos indicadores son modificados en las zonas donde los sistemas de aire acondicionado son utilizados durante el verano, fenómeno representativo de ciudades como Mexicali, B.C., localizada en una zona de clima cálido seco de México, donde el consumo eléctrico por aire acondicionado ocupa el primer lugar.

### **2.3.1 Fuentes de energías primarias y secundarias.**

Las fuentes de energía son aquellas que producen energía útil directamente o por medio de una transformación. Éstas se clasifican en dos tipos: primarias y secundarias.

La energía primaria corresponde a las distintas fuentes de energía, tal y como se obtienen de la naturaleza; ya sea en forma directa, o después de un proceso de extracción. Este tipo de energía se utiliza como insumo para obtener productos secundarios o se consume en forma directa, como es el caso de la leña, el bagazo de caña y una parte del gas natural no asociado.

Las fuentes primarias de energía en nuestro país son: carbón mineral, petróleo crudo, condensados, gas natural, nucleenergía, hidrogenaría, geoenergía, energía eólica, bagazo de caña y leña. Los hidrocarburos se mantuvieron como la principal fuente en la producción de energía primaria. En términos de la estructura porcentual, en la producción total de energía primaria, los hidrocarburos disminuyeron su participación de 90.3% en 2005 a 90.0% en 2006, debido fundamentalmente al decremento, en términos energéticos, de la producción de condensados y petróleo crudo (véase tabla 6).

**Tabla 6. Producción de energía primaria (petajoules)**

	2005	2006	VARIACIÓN PORCENTUAL 2006/2005	ESTRUCTURA PORCENTUAL	
				2005%	2006%
<b>Total</b>	<b>10,691.287</b>	<b>10,619.005</b>	<b>-0.7</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>
<b>Carbón</b>	215.998	230.704	6.8	2.0	2.2
<b>Hidrocarburos</b>	9,653.889	9,553.762	1.0	90.3	90.0
<b>Petróleo crudo</b>	7,573.785	7,304.395	-3.6	70.8	68.8
<b>Condensados</b>	183.670	141.127	-23.2	1.7	1.3
<b>Gas natural</b>	1,896.435	2,108.240	11.2	17.7	19.9
<b>Electricidad primaria</b>	469.969	490.379	4.3	4.4	4.6
<b>Nucleoenergía</b>	117.880	119.419	1.3	1.1	1.1
<b>Hidroenergía</b>	278.434	303.550	9.0	2.6	2.9
<b>Geoenergía</b>	73.604	66.960	-9.0	0.7	0.6
<b>Energía eólica</b>	0.050	0.451	-	n.s.	n.s.
<b>Biomasa</b>	351.431	344.159	-2.1	3.3	3.2
<b>Bagazo de caña</b>	103.780	96.956	-6.6	1.0	0.9
<b>Leña</b>	247.651	247.202	-0.2	2.3	2.3

Fuente: Sistema de Información Energética, SENER, 2006.

Energía secundaria, bajo este concepto se agrupan a los derivados de las fuentes primarias, los cuales se obtienen en los centros de transformación, con características específicas para su consumo final. Estos derivados son el coque de carbón, el coque de petróleo, el gas licuado de petróleo, las gasolinas y naftas, los querosenos, el diesel, el combustóleo, los productos no energéticos, el gas seco y la electricidad, para obtener su definición completa. Otro tipo son las fuentes renovables de energía, las cuales se definen como la energía disponible a partir de procesos permanentes y naturales, con posibilidades técnicas de ser explotadas económicamente. Las principales fuentes renovables consideradas en México según el Balance Nacional de Energía SENER (2006), son: la hidroenergía, la geoenergía, la energía eólica y la solar. Éstas se aprovechan principalmente en la generación de energía eléctrica y en otras aplicaciones como: bombeo, iluminación y calentamiento de agua (Tabla 7)

**Tabla 7. Fuentes renovables de energía, 2006**

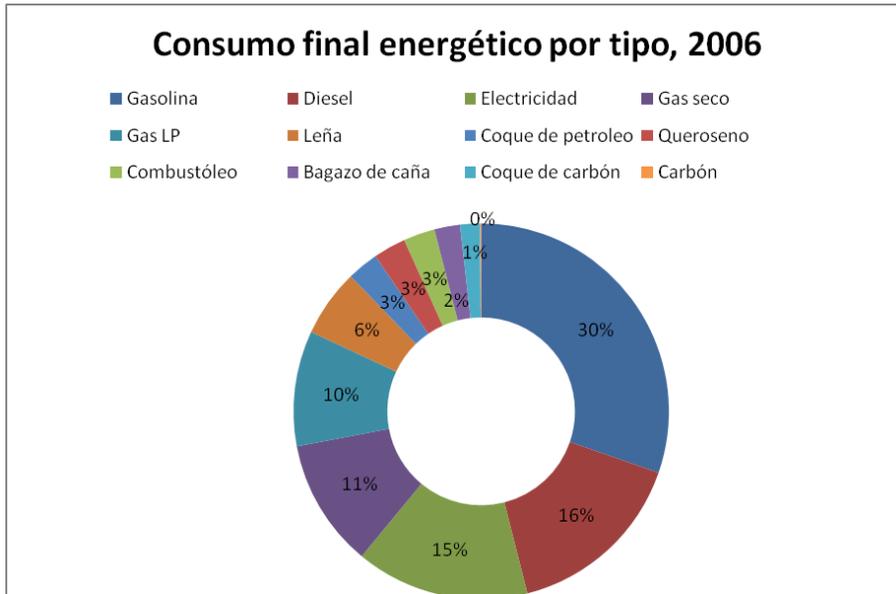
FUENTES	CARACTERÍSTICAS	USO FINAL
Radiación solar	Calentadores solares planos Instalados hasta 2006: 839,686 m <sup>2</sup> Eficiencia promedio: 70% Radiación solar promedio: 18,841 kJ/m <sup>2</sup> -día Disponibilidad de calor solar primario: 5.775 petajoules Generación: 3.913 petajoules	Calentamiento de agua para albercas y uso sanitario
	Módulos fotovoltaicos Total instalados en 2006: 1,056 Kw Instalados hasta 2006: 17,633 Kw Horas promedio de insolación: 6 horas/día Factor de planta: 25% Disponibilidad primaria de energía solar: 0.9702 petajoules Generación: 0.0347 petajoules	Electrificación rural, comunicaciones, señalamiento y bombeo de agua
Viento	Aerogeneradores de electricidad Total instalado en 2006: 8 Kw Instalados hasta 2006: 2,550 Kw Factor de capacidad medio: 40% Generación: 0.0322 petajoules	Generación eléctrica
	Aerogeneradores de agua (papalotes de agua) Total instalado en 2006: 5 Kw Instalados hasta 2006: 2,181 Kw Bombeo de agua Factor de capacidad medio: 25% Generación: 0.0172 petajoules	Bombeo de agua

FUENTE: Asociación Nacional de Energía Solar, 2005

### 2.3.2 Consumo final energético, 2006

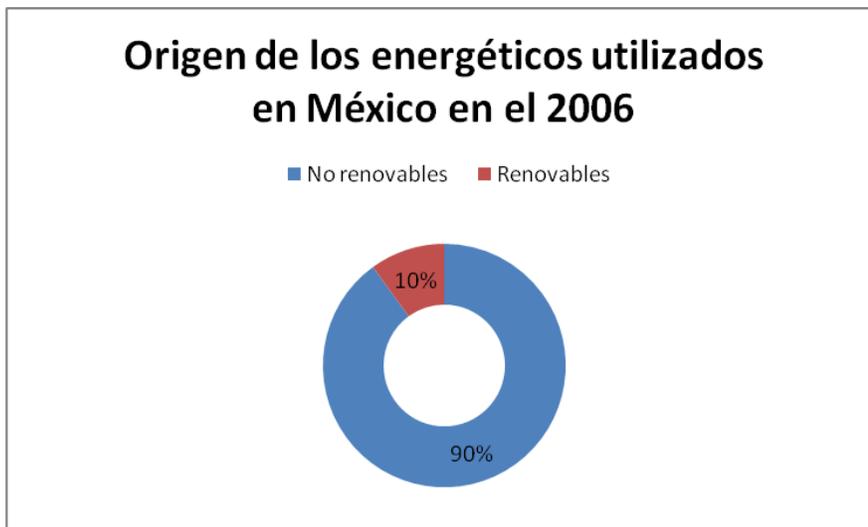
El consumo final energético servirá para poder inferir sobre los consumos nacionales y por tanto, las mayores demandas por energético en el país; este indicador resulta muy importante, ya que por medio de él, podremos tener una mejor claridad sobre la dirección que toman las energías a nivel nacional, así como los impactos que tienen en ellas los consumos finales. Durante 2005, la energía primaria y la secundaria representaron, respectivamente, el 8.6% y el 91.4% del consumo final energético total. Los derivados de los hidrocarburos representaron el 74.7% del consumo final energético, la electricidad el 15.0%, la leña el 6.1%, el bagazo de caña el 2.5%, el coque de carbón el 1.7% y el carbón mineral el 0.1% (Gráfica 1, 2).

**Gráfica 1. Consumo final por energéticos, primarios y secundarios.**



Fuente: SENER, 2006.

**Gráfica 2. Origen de los recursos energéticos, 2006.**

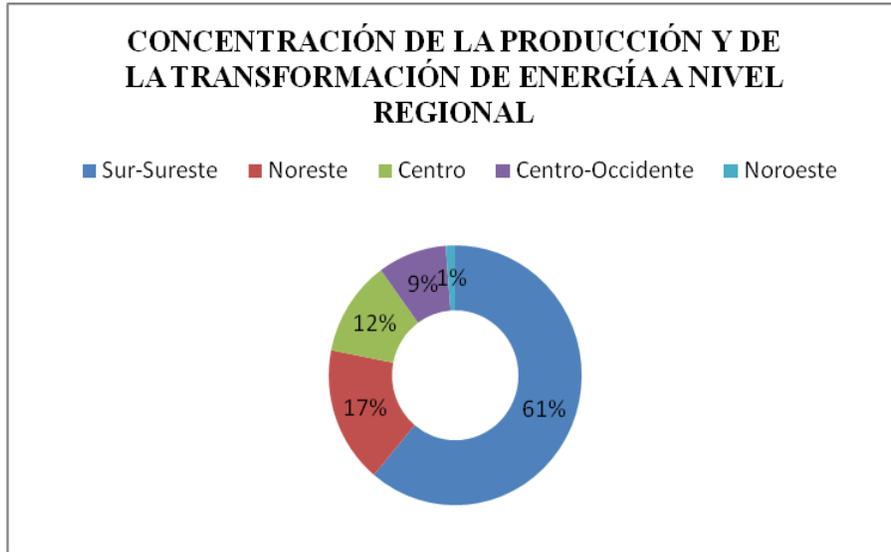


Fuente: SENER, 2006

### 2.3.3 Concentración de la producción y de la transformación de energía a nivel regional

Es importante conocer la producción y la transformación de energía por regiones; la región Sur-Sureste del país concentra la mayor parte de la producción de energía primaria (93.2%), mientras que los procesos de transformación de energía que se realizan en las regiones son: Sur-Sureste (61.1%) y Noreste (17.0%), seguidos por las regiones Centro (11.9%), Centro-Occidente (8.8%) y Noroeste (1.2%) en la gráfica 3 se observa.

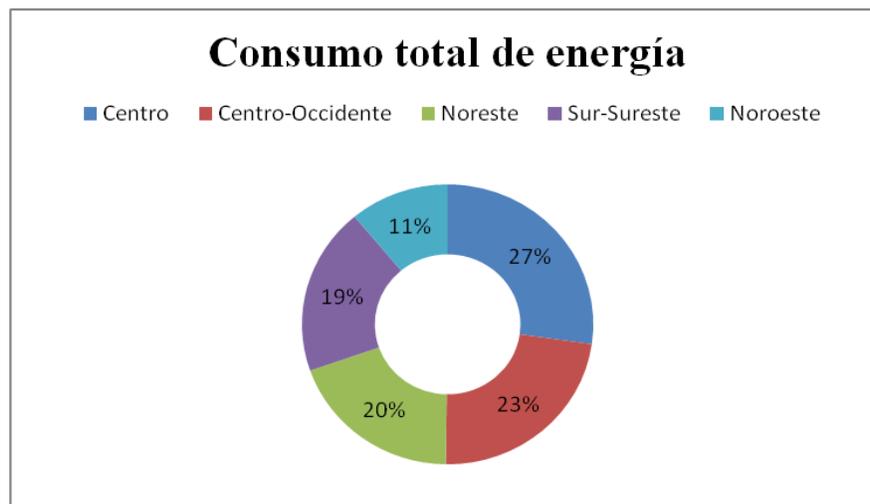
**Gráfica 3. Concentración de la producción y de la transformación de energía.**



Fuente: SENER, 2006

El consumo final total de energía se distribuye de forma más equilibrada en las cinco regiones: Centro (27.2%), Centro-Occidente (22.9%), Noreste (19.4%), Sur-Sureste (19.3%) y Noroeste (11.2%). En este dato estadístico, podemos observar que la región que menos produce es la noroeste al igual que es la que menos transforma energía (Ver gráfica 4).

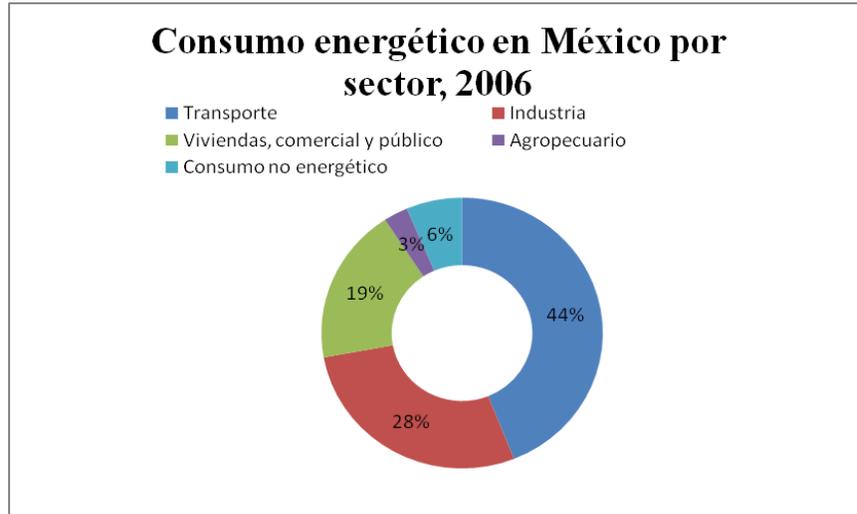
**Gráfica 4. Consumo total de energía.**



Fuente: SENER, 2006.

## CONSUMO FINAL ENERGÉTICO POR SECTORES

Gráfica 5. Consumo energético por sector

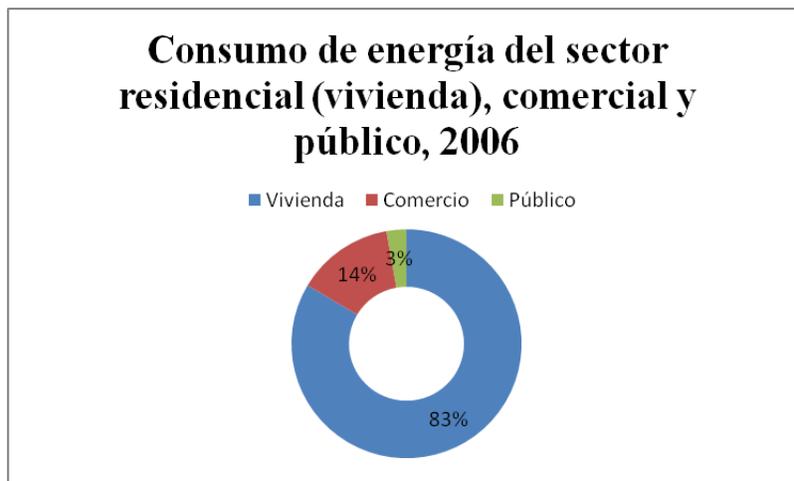


Fuente: SENER, 2006.

En la gráfica 5, se observa que el sector de vivienda comercial y público representan el tercer sitio en el consumo energético de México durante el 2006, según reporte SENER.

## CONSUMO DE ENERGÉTICOS UTILIZADOS EN EL SECTOR RESIDENCIAL

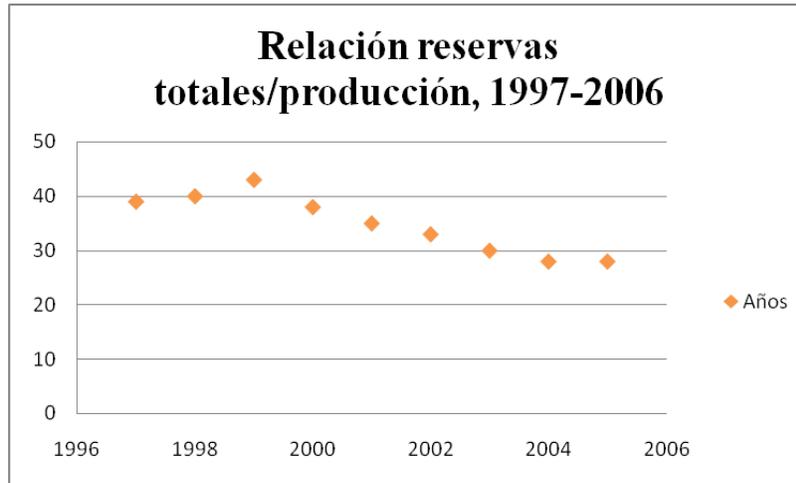
Gráfica 6. Consumo para el sector residencial, comercial y público



Fuente: SENER, 2006.

La gráfica 6, estima que de los tres sectores, es la vivienda la que representa un mayor consumo energético, con un 69% más que el sector comercial.

**Gráfica 7. Relación de reservas**



Fuente: SENER, 2006.

Dadas las características del consumo energético por sectores, la gráfica 7 determina que las reservas de 1998 al 2006 han tenido un fuerte decremento, es por ello que la eficiencia energética debe ser categorizada como una estrategia de ahorro, al reducir el consumo por sistemas, y por lo tanto, su impacto en las fuentes principales y reservas nacionales.

**Tabla 8. Consumo de energía Eléctrica por las Viviendas**

AÑO	CONSUMO NACIONAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA (GWH)	CONSUMO DEL SECTOR DOMÉSTICO (GWH)	USUARIOS TOTAL NACIONALES (MILES)	USUARIOS DOMÉSTICOS (MILES)
1990	92,123	20,390	16,285	14,318
1991	94,768	21,984	17,154	15,098
1992	97,570	24,051	17,975	15,843
1993	101,276	25,510	18,690	16,494
1994	109,533	27,782	19,434	17,157
1995	113,365	28,462	20,143	17,807
1996	121,571	28,497	20,668	18,293
1997	130,254	29,645	21,387	18,90
1998	137,213	31,690	22,155	19,562
1999	144,996	33,370	22,917	20,236
2000	155,349	33,130	23,881	21,055
2001	157,201	38,344	24,851	21,872
2002	160,201	39,032	25,912	22,784
2003	160,384	39,863	26,954	23,692

Fuente: FIDE 2004.

La tabla 8 demuestra que el consumo nacional de energía eléctrica tiene una fuerte demanda en el sector de vivienda. En 13 años se ha incrementado en un 43% el consumo

nacional, esto tiene una repercusión en las fuentes y yacimientos energéticos principales de generación de energía eléctrica del país.

## 2.4 EMISIONES DE CO<sub>2</sub> DE LA VIVIENDA Y SU IMPACTO EN LOS INDICADORES NACIONALES

La energía consumida en las viviendas de México, tiene un impacto ambiental directo sobre fenómenos como el efecto invernadero y el cambio climático. El consumo de combustibles fósiles que se empleen para satisfacer las necesidades en la vivienda, ha venido incrementando los niveles de concentraciones de gas carbónico o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el cual es el responsable del 60% del efecto invernadero, además de otros gases como: el vapor de agua (H<sub>2</sub>O), el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O) y los clorofluorocarburos (CFC).

De acuerdo con los reportes de emisiones de CO<sub>2</sub> asociados a las fuentes de consumo de energía, se estima que en 1996 se tuvieron un 16 % más emisiones que en 1990; y en 1998, aumentó de 217 mil 537 gigagramos (Gg) a 245 mil 788 (Gg), representando un 31%.(INE, 2004). La (tabla 9), muestra las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a los consumos de energía por sector.

**Tabla 9. Emisiones de bióxido de carbono asociadas al consumo de energía (Tg)**

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>Industrial</b>	55.757	56.149	61.070	61.070	62.083	62.408	25%
<b>Industrias energéticas</b>	38.586	35.980	32.201	32.201	38.976	47.301	13%
<b>Viviendas</b>	20.114	20.676	21.985	21.985	22.361	22.580	9%
<b>Comercial</b>	5.370	5.306	5.377	5.377	5.828	6.148	3%
<b>Agropecuario</b>	5.169	5.204	5.072	5.072	5.421	5.738	2%
<b>Generación electricidad</b>	67.761	70.350	77.958	77.958	82.868	101.343	42%
<b>Total sin biomasa</b>	192.752	193.663	203.662	203.662	217.537	245.788	100%

Fuente: FIDE 2004.

Bajo dichas problemáticas ambientales, se deberá replantear el uso racional de la energía en la vivienda y sus desarrollos habitacionales en México, los cuales deberán reconsiderar sus plataformas de diseño, debido a que no son energéticamente eficientes. Así, se buscará impactar menos en el medio ambiente, reduciendo por un lado, las emisiones de CO<sub>2</sub> así como incentivando al ahorro y la eficiencia energética que se reflejará en el consumo eléctrico y en el confort de usuario de dichas viviendas; por ello, el desarrollo y la planeación de los nuevos conjuntos de viviendas, deberán procurar estar dentro del marco de la sustentabilidad, para dar una vida de mejor calidad al usuario y una mayor preservación de los recursos energético del país.

Con tal problemática anunciada, surgen una serie de preguntas enfocadas a esta investigación: ¿Los indicadores cualitativos propuestos por la CONAFOVI son suficientes

para tener vivienda sustentable? ¿Se han diseñado indicadores cuantitativos de eficiencia energética según su zona climática? ¿Los desarrolladores de vivienda consideran en sus plataformas de diseño indicadores o lineamientos de sustentabilidad que hagan un uso óptimo de la energía, del agua, reduzcan las emisiones de CO<sub>2</sub>, e incorporen estrategias de arquitectura de paisaje en favor del desarrollo sustentable? ¿Se cuenta con metodologías que ayuden a la planeación y el desarrollo de conjuntos habitacionales para incorporar la eficiencia energética? ¿Existen sellos de vivienda pasiva en nuestro país? ¿Se han normado los consumos eléctricos a nivel vivienda, los aislantes y el consumo de agua a fin de obtener un sello de eficiencia según la región climática?

Para dar respuesta a estas preguntas, los desarrolladores de vivienda deberán tener indicadores cuantitativos que le permitan diseñar los desarrollos habitacionales de una forma sustentable, utilizando y normando el uso de la energía en una forma eficiente. Contar con indicadores permitirá tener valores reales y estimaciones concretas que busquen un sello de vivienda pasiva dentro de los estándares internacionales, afectando directamente a los códigos de vivienda y la reglamentación Federal, Estatal y Municipal.

## **2.5 EL INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN GENERAL Y LOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD**

Para determinar la evaluación de proyectos de vivienda con criterios de sustentabilidad, se han determinado cierto tipo de indicadores y atributos, resultados de encuestas a expertos y sobre todo a moradores de las viviendas construidas.

El nivel general de sustentabilidad del proyecto se determina evaluando ocho indicadores generales, según los productores de viviendas y los consultores que han trabajado en este desarrollo de vivienda:

1. Incidencia de los Materiales de Construcción
2. Incidencia del Diseño Arquitectónico.
3. Incidencia de las Soluciones Constructivas.
4. Incidencia del Diseño Estructural.
5. Incidencia del Factor Económico.
6. Incidencia de la Relación entre Agentes del Proyecto.
7. Incidencia Ecológica.
8. Incidencia Sociocultural.

Todos los indicadores de manera integral recorren los principales aspectos necesarios a cumplir por un proyecto sustentable de vivienda, y están estructurados de la siguiente manera:

1. Indicadores particulares: Indicadores que caracterizan al indicador general
2. Atributos: Indicadores que caracterizan al indicador particular.

3. Parámetros evaluadores: Aspectos que definen el comportamiento de los atributos, según las normas y principios de la sustentabilidad.
4. Valor a asignar: puntuación entre cero y cinco puntos, donde los expertos evalúan el grado de cumplimiento en el proyecto, de los principios y normas de la sustentabilidad.

Dentro del sistema, el indicador general "Incidencia Ecológica", constituye uno de los más significativos, cuyos aspectos que evalúa aparecen a continuación:

Indicador Particular 1: Incidencia Ecológica del diseño arquitectónico y urbanístico.

Atributos que lo integra:

- 1- Ofensividad del proceso de inserción arquitectónica.
- 2- Adaptación e integración al contexto natural.
- 3- Previsión para la destrucción, reuso o reciclaje de los desperdicios que provoca la inserción arquitectónica y urbanística general.

Indicador Particular 2: Incidencia ecológica de las decisiones técnico constructivas y estructurales.

Atributos que lo integra:

- 4- Ofensividad del proceso de construcción.
- 5- Aceptación del funcionamiento ecológico del medio circundante durante el período de construcción.
- 6- Previsión para la destrucción, reuso y reciclaje de los desperdicios que provoca el periodo de construcción.

Indicador Particular 3: Incidencia ecológica de los materiales.

Atributos que lo integra:

- 7- Ofensividad de la extracción de la materia prima.
- 8- Ofensividad durante el tiempo de explotación de la vivienda.

Para cada proyecto se determina el nivel general de sustentabilidad del mismo, lo cual también puede realizarse para un indicador general seleccionado, independiente de los demás; en el caso del proyecto se determina evaluando además, los otros siete indicadores, de acuerdo a una escala que los declara como: sustentable (80 a 100), medianamente sustentable (60 a 79) o poco sustentable (menor de 60). A estos tres niveles se llega luego de procesar todas las opiniones que los expertos han dado en cada caso y sus resultados nos indicarán entonces, en qué grado se cumplen los principios de la sustentabilidad en el proyecto o indicador general analizado, teniendo en cuenta las particularidades de la región. Es importante contar con estas herramientas de evaluación para poder determinar aquellos desarrollos que quedan dentro de los renglones de la

sustentabilidad, sin estos indicadores sería difícil poder mejorar la calidad de los ya existentes y los propuestos.

Construcción sustentable no significa edificar casas de madera, ni usar materiales reciclados o reciclables, sino ofrecer una propuesta integral que favorezca el equilibrio ecológico, la responsabilidad social y la eficiencia económica, para brindar una mejor calidad de vida a los futuros habitantes.

### **2.5.1 Criterios e indicadores para desarrollos habitacionales sustentables en México, CONAVI, 2008.**

Los desarrollos habitacionales sustentables pueden definirse como aquellos que respetan el clima, el lugar, la región y la cultura, incluyendo una vivienda efectiva, eficiente y construida con sistemas y tecnologías óptimas para que sus habitantes puedan enfrentar las condiciones climáticas extremas que prevalecen en algunas zonas del país; y, que facilitan el acceso de la población a la infraestructura, el equipamiento, los servicios básicos y los espacios públicos, de tal manera que sus ocupantes sean enriquecidos por el entorno.

En nuestro país, la CONAFOVI a partir de febrero del 2008, publicó una guía sobre criterios e indicadores para desarrollos habitacionales sustentables en México; es una guía que valúa ciertas medidas de la sustentabilidad; en la primera etapa, se cubren puntos relacionados con:

- El uso del suelo, su ubicación y sus características
- La energía
- El agua
- Los residuos sólidos

**Tabla 10. Ponderación de criterios regionales y generales**

	<b>CRITERIO</b>	<b>REGIONAL/GENERAL</b>	<b>VALOR</b>
<b>A.</b>	<b>Ubicación, densificación del suelo, verticalidad y servicios</b>		
I.	Integridad y proximidad a la mancha urbana	R	15
II.	Conectividad y movilidad	R	4
III.	Infraestructura	R	3
IV.	Uso del suelo y densidad habitacional	R	8
		Suma	30
<b>B.</b>	<b>Uso eficiente de la energía</b>		
I.	Gas	R	2
II.	Energía eléctrica	R	4
III.	Envolvente térmica	R	4
IV.	Sistemas pasivos	-	-
	IV.a Diseño Urbano	R	5
	IV b. Diseño arquitectónico	R	6
		Suma	21
<b>C.</b>	<b>Uso eficiente del agua</b>		
I.	Disponibilidad del agua en el conjunto	G	5
II.	Suministro de agua en la vivienda	G	3
III.	Agua residual	G	6
IV.	Agua pluvial	G	5
V.	Servicio post venta	G	1
		Suma	20
<b>D.</b>	<b>Manejo adecuado de residuos sólidos</b>		
I.	En el proceso de la construcción		3
I.1	Manejo de los residuos de la construcción	G	
II.	En la vivienda	G	1
III.	Del conjunto	G	3
IV.	Áreas verdes	G	1
V.	Servicios post venta	G	1
		Suma	9
		<b>Total</b>	<b>80</b>

Fuente: Conavi, 2008.

La guía general de indicadores para desarrollos sustentables de la CONAFOVI, considera criterios generales y regionales, mismos que son divididos por bioclima. Los criterios generales han sido ponderados y se muestran en las tablas de la 10 a la 15; así como los criterios por bioclima, en este caso, sólo se muestra la tabla para el clima cálido seco, correspondiente a la zona de estudio; para una referencia mayor se puede consultar la guía de indicadores para desarrollos habitacionales sustentables de la CONAFOVI (2008).

**Tabla 11. Ubicación, densificación del suelo, verticalidad y servicios**

<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>	<b>Evidencia</b>
<b>I Integralidad y proximidad a la mancha urbana</b>	<b>15</b>	<b>Cumplimiento con el PDU</b>
I.1 El desarrollo habitacional se ubica dentro de la mancha urbana en predios vacíos existentes, sobre todo, en las grandes ciudades, aquellos que van siendo liberados por el cambio de los usos de suelo y la movilidad de las actividades industriales o de equipamiento de gran consumo de suelo.	5	
I.2 El desarrollo habitacional se ubica en predios contiguos a la mancha urbana, con uso de suelo habitacional, ocupando intersticios generados por la expansión de las ciudades a lo largo de las vías regionales, propiciando la continuidad con el área urbana existente y un uso más eficiente del suelo, de la infraestructura y del transporte.	10	
<b>II Conectividad y movilidad</b>	<b>4</b>	
II.1 Se promueve la accesibilidad y movilidad de la población del desarrollo habitacional a los equipamientos y centros o subcentros urbanos de trabajo y servicios, a través de de acción la vialidad y de sistemas de transporte colectivo, con una distancia recomendable de la vivienda a un centro urbano concentrador de equipamiento y servicios de acuerdo al sistema normativo de equipamiento urbano de SEDESOL, de 0,5 a 1,5 km, o bien de 15 a 30 min.	2	Radios de acción.
II.2 Se prevé la donación de la superficie de terreno para equipamiento y los servicios, la cual cumple con los siguientes lineamientos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Área de donación mínima del 15%, de la cual el 10% se destina a área verde y el resto a equipamiento.</li> <li>• Tiene frente a vía pública, con reconocimiento oficial y aprovechable en materia urbana.</li> <li>• Responde a un esquema de desarrollo urbano que concentra el área, a fin de darle mayor funcionalidad y eficiencia.</li> </ul>	1	Detalles del proyecto
II.3 Se prevé el equipamiento urbano y operación del mismo dentro del conjunto habitacional, de acuerdo con los requerimientos del nivel de servicios del desarrollo habitacional, las regulaciones locales y según las normas de equipamiento de la SEDESOL	1	
<b>III Infraestructura</b>	<b>3</b>	
III.1 Cumple los requerimientos de agua, drenaje y energía eléctrica y la factibilidad de dotación del servicio, y da cumplimiento a la normatividad y regulaciones establecidas al respecto.	3	Evidencia de factibilidad y PDU
<b>IV Uso del Suelo y densidad habitacional</b>	<b>8</b>	<b>Cumplimiento con el PDU</b>
IV.1 Se mezclan usos del suelo incorporando usos comerciales	4	
IV.2 Se aumenta la intensidad del uso habitacional, incrementando el número de niveles para vivienda pasando de uso habitacional unifamiliar de los lotes, a uso habitacional plurifamiliar	2	
IV.3 Urbanización y lotificación compactos que optimizan la reducción de los usos no habitacionales (vialidad)	1	
IV.4 Se reduce la superficie de cada lote unifamiliar en sus áreas ajardinadas y de servicio (patio, estacionamiento), como contribución a áreas comunes.	1	

Fuente: Conavi, 2008.

**Tabla 12. Uso eficiente de la energía**

<b>Criterio</b>	<b>Valor 2</b>	<b>Evidencia</b>
<b>I. Gas</b>		
I.1 Calentador de gas tipo instantáneo (de paso) para agua, debe cumplir con la NOM-003-ENER-2000	1	Certificado de cumplimiento
I.2 Calentador solar que cumple con el protocolo propuesto por CONAE	1	Evidencia de cumplimiento con pruebas, certificado o dictamen
<b>II. Energía eléctrica</b>	<b>4</b>	
II.1 Lámpara fluorescente compacta autobalastada 20W, con Sello FIDE	1	Certificado de cumplimiento
II.2 Luminario de uso interior para lámpara fluorescente compacta o circular de mínimo 20W tipo pin, con sello FIDE	0.5	Certificado de cumplimiento
II.3 Luminario de uso exterior para lámpara fluorescente compacta de mínimo 13W tipo pin, con sello FIDE	0.5	Certificado de cumplimiento
II.4 Equipo de acondicionamiento de aire de alta eficiencia con sello FIDE	2	Certificado de cumplimiento
<b>III. Envoltente térmica</b>	<b>4</b>	
III.1 Aislamiento térmico para techo (utilización de materiales con sello FIDE)	2	Certificado de cumplimiento
III.2 Aislamiento térmico para muro de mayor insolación (utilización de materiales con sello FIDE)	2	Certificado de cumplimiento

Fuente: Conavi, 2008.

**Tabla 13. Regionalización por bioclima**

<b>Región ecológica</b>	<b>Región climática</b>	<b>Ciudades por región</b>
<b>1. Templada</b>	1. Semifrío-seco	Tulancingo y Zacatecas
	2. Semifrío	Ciudad de México, Toluca, Puebla, Morelia, Tlaxcala y Pachuca
	3. Semifrío-húmedo	Xalapa
	4. Templado-seco	Aguascalientes, Durango, León, Oaxaca, Querétaro, Saltillo, San Luis Potosí y Tijuana
	5. Templado	Guadalajara, Guanajuato y Chilpancingo
	6. Templado-húmedo	Tepic y Cuernavaca
<b>2. Árida</b>	7. Cálido-seco	Monterrey, Culiacán, Gómez Palacio, La Paz y Torreón
	8. Cálido seco-extremoso	Mexicali, Hermosillo, Ciudad Obregón, Chihuahua y Ciudad Juárez.
<b>3. Trópico Seco</b>	9. Cálido-semihúmedo	Mérida, Colima, Ciudad Victoria, Mazatlán y Tuxtla Gutiérrez
<b>4. Trópico Húmedo</b>	10. Cálido-húmedo	Acapulco, Madero-Tampico, Campeche, Cancún, Cozumel, Chetumal, Manzanillo, Tapachula, Veracruz y Villahermosa

Fuente: Conavi, 2008.

**Tabla 14. Sistemas pasivos**

**RECOMENDACIONES BIOCLIMÁTICAS PARA EL BIOCLIMA CÁLIDO SECO EXTREMOSO**

CRITERIO	VALOR	EVIDENCIA
<b>Diseño Urbano</b>	<b>5</b>	Presentación de soluciones arquitectónicas con detalles
<b>a. Agrupamiento</b>	<b>2</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espaciamiento entre edificios en sentido sureste-noroeste, 1.7 veces la altura del edificio</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Otras orientaciones lo más próximo posible para aprovechar las sombras proyectadas</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espacios exteriores diseñados como recintos donde se generen microclimas</li> </ul>		
<b>b. Orientación de las viviendas</b>	<b>2</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una crujía sur-sureste</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doble crujía norte-sur</li> </ul>		
<b>c. Espacios exteriores</b>	<b>1</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plazas y plazoletas: densamente arboladas con vegetación caducifolia</li> <li>• Vegetación perenne como control de vientos fríos</li> <li>• Andadores: mínimas dimensiones, mínimo pavimento sombreado en verano, soleados en invierno</li> <li>• Acabados de piso: permeables</li> </ul>		
<b>Diseño Arquitectónico</b>	<b>6</b>	Presentación de solución arquitectónica con detalles
<b>a. Localización de los espacios</b>	<b>1</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estar, comer, dormir: sureste</li> <li>• Cocinar: norte, noreste</li> <li>• Circulaciones, aseo: noroeste</li> </ul>		
<b>b. Tipo de techo</b>	<b>0.5</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con poca pendiente</li> </ul>		
<b>c. Altura del piso al techo</b>	<b>1</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mínima 2.5 m.</li> </ul>		
<b>d. Dispositivos de control solar</b>	<b>2.5</b>	
<b>Remetimientos y salientes en las fachadas:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los remetimientos y salientes deben evitarse</li> <li>• Ventanas remetidas</li> </ul>		
<b>Aleros:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• En todas las fachadas</li> <li>• Fachada sur, grande para evitar el soleamiento por las tardes, dominado con parteluces</li> <li>• Sureste calentamiento directo en invierno y control en verano</li> <li>• Suroeste, Noroeste, combinado con vegetación</li> </ul>		
<b>Pórticos y balcones:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como protección del acceso</li> <li>• Pórticos, pérgolas con vegetación al sur</li> <li>• Vestíbulos al norte</li> <li>• Techo verde como aislante</li> </ul>		
<b>Parteluces</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• En fachada norte para control solar en tardes, en verano</li> <li>• En fachada este, noreste, oeste, suroeste</li> </ul>		

CRITERIO	VALOR	EVIDENCIA
<b>Vegetación:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>De hoja caduca en todas las orientaciones. Muy densa en noreste, este suroeste, noroeste como control de ángulos solares muy bajos, suroeste, noroeste: árboles altos y densos</li> </ul>	1	
<ul style="list-style-type: none"> <li>De hoja perenne: en orientación oeste y como barrera de vientos fríos</li> </ul>		
<b>e. Ventilación:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cruzada con ventanas operables que den a patios interiores y reciban los vientos de primavera y otoño.</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Controlar los vientos fríos de invierno</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Renovación del aire para condiciones higiénicas y controlar los vientos fríos de invierno.</li> </ul>		

Fuente: Conavi, 2008.

**Tabla 15. Puntuación mínima de los aspectos de sustentabilidad a evaluar**

Aspectos a evaluar	Puntuación mínima por tipo de vivienda				
	Económica	Social	popular	Media	Residencial
<b>A. Ubicación, densificación del suelo, verticalidad y servicios</b>	20	20	20	20	20
<b>B. Uso eficiente de la energía</b>	14	14	18	19	20
<b>C. Uso eficiente del agua</b>	8	8	8	9	9
<b>D. Manejo adecuado de residuos sólidos</b>	6.5	6.5	6.5	7	8.5
<b>E. Solución estructural y materiales empleados</b>	Pendiente de desarrollo				
<b>F. Factores socioculturales</b>	Pendiente de desarrollo				
<b>Total</b>	48.5	48.5	52.5	55	57.5

Fuente: Conavi, 2008

### 2.5.2 La ley de vivienda

La Ley de Vivienda expedida en junio de 2006 por el gobierno federal, establece el sistema de distribución de competencias en materia de vivienda, así como los instrumentos más importantes a ser incluidos en las políticas sectoriales. Además, define algunos criterios básicos para dar una dimensión de sustentabilidad en el desarrollo de la vivienda promovida por los organismos de gobierno. Así, la Ley de Vivienda define que la política nacional de vivienda deberá considerar el respeto al entorno ecológico y la preservación y el uso eficiente de los recursos naturales (CONAFOVI, 2005).

Igualmente, según el artículo 6 de dicha ley, postula que debe propiciarse que las acciones de vivienda constituyan un factor de sustentabilidad ambiental, ordenación territorial y desarrollo urbano. Por otra parte, la ley le concede a la Comisión Nacional de Vivienda facultades en materia de coordinación, promoción e instrumentación de política, así como al respecto del desarrollo del programa nacional de vivienda del Gobierno Federal (artículos 16 y 19). Debe hacerse notar igualmente, que la ley determina criterios de *calidad, sustentabilidad y eficiencia energética de la vivienda* (artículo 71), así como un modelo normativo que incluye también consideraciones de sustentabilidad.

Es importante destacar aquí también, como referencia de contexto, que el ***Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012*** plantea en su Objetivo 17, referente al sector vivienda, “ampliar el acceso al financiamiento para vivienda de los segmentos de la población más desfavorecidos, así como para emprender proyectos de construcción en un contexto de desarrollo ordenado, racional y sustentable de los asentamientos humanos”.

Un elemento de particular significado lo representa la ***Estrategia Nacional de Cambio Climático***, publicada recientemente en este año 2007. Ahí, de manera explícita, se consideran acciones y políticas en materia de eficiencia energética en el sector vivienda. Se hace referencia al programa Ilumex, desarrollado con éxito por parte de la CFE con el apoyo del GEF, el cual logró la instalación de más de dos millones y medio de lámparas compactas fluorescentes en los estados de Jalisco y Nuevo León, que significaron el ahorro de más de 300 millones de kwh, y una reducción significativa de gases de efecto invernadero (GEI). La estrategia se propone continuar y extender el programa, e incluso, erradicar la producción y venta de focos incandescentes.

En lo que toca al aislamiento térmico de la vivienda (envolvente), la Estrategia reconoce los alcances del Programa de Ahorro Sistemático Integral (ASI), instrumentado por la CFE con los recursos del Fideicomiso del Programa de Aislamiento Térmico, orientado al aislamiento de techos de casas en Mexicali. Se trata de un financiamiento a bajas tasas de interés, que se paga por medio de la factura eléctrica. Se han logrado aislar cerca de 60,000 techos a través de este programa, y ha evolucionado hasta incluir también el aislamiento de puertas y ventanas, así como facilidades para la adquisición de equipos eficientes de aire acondicionado y refrigeradores.

## **2.6 EL PROGRAMA SECTORIAL DE ENERGÍA 2001-2006**

El programa sectorial de energía planteado por el ejecutivo federal en el sector energético explica los objetivos, políticas, prioridades estrategias y acciones que específicamente conducirán a alcanzar las metas y compromisos de la presente administración. Asimismo, es un ejercicio de planeación dinámica que buscara fortalecer el sector energético con el sentido de contribuir al desarrollo sustentable del país respondiendo a las necesidades derivadas del crecimiento.

Con los proyectos comprometidos o en proceso de licitación, tenemos garantizado el abasto de energía eléctrica hasta el año 2005. Sin embargo, aún siendo uno de los más grandes productores de petróleo, México enfrenta limitaciones serias por haberse rezagado en las inversiones necesarias. Desde 1984 han venido disminuyendo las reservas de petróleo y de gas natural. Para abastecer al mercado nacional importamos actualmente: 11% del gas natural, 29% del gas LP, 26% de la gasolina, 20% del combustóleo.

### **2.6.1 El panorama del sector energético**

Las decisiones importantes de las empresas no se toman en su Consejo de Administración, la contribución de las aportaciones de PEMEX a los ingresos fiscales ha ido en aumento en los últimos años, para pasar de un promedio del 24% en el periodo 1990-1994, a 36% en los últimos seis años. En los últimos tres años, el gravamen fiscal de PEMEX ha sido superior a su remanente bruto, por lo que la empresa ha tenido que endeudarse para pagar impuestos, mientras que los subsidios a las tarifas eléctricas otorgadas han sido superiores a su contribución fiscal por concepto de aprovechamiento. Esto ha provocado la descapitalización de ambas empresas (SENER, 2001).

### **2.6.2 Visión al 2025 del programa sectorial de energía**

El plan sectorial de energía planteado ante el ejecutivo federal considera dentro de su visión al 2025 los siguientes puntos estratégicos (SENER, 2001):

- Una población con acceso pleno a los insumos energéticos, a precios competitivos y con seguridad de abasto.
- Empresas públicas y privadas competitivas a nivel internacional: operando dentro de un marco legal y regulatorio adecuado, con respeto al medio ambiente, con un firme impulso al uso eficiente de la energía, con amplia promoción del uso de fuentes alternas y renovables, y con un fuerte respaldo a la investigación y al desarrollo tecnológico.

## **2.7 LEY PARA EL APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LA ENERGÍA EN MÉXICO**

De acuerdo con el escenario energético por el cual atraviesa el mercado global y en específico los mercados nacionales en fuentes energéticas desde sus disposición, transformación y consumo y en cumplimiento de lo dispuesto por la fracción I del Artículo 89 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y para su debida publicación y observancia, el congreso general de los Estados Unidos Mexicanos decreta: La ley para el aprovechamiento sustentable de la energía, a partir del 27 de noviembre del 2008, para esta investigación fueron retomados aquellos capítulos, artículos y fracciones que competen a la eficiencia energética y la planeación y participación social, fenómeno de estudio en el que se circunscribe esta investigación quedando como sigue:

**Artículo 1.-** La presente Ley es de orden público e interés social. Tiene como objeto propiciar un aprovechamiento sustentable de la energía mediante el uso óptimo de la misma en todos sus procesos y actividades, desde su explotación hasta su consumo.

**Artículo 2.-** Para los efectos de esta Ley se entenderá por:

**I. Aprovechamiento sustentable de la energía:** El uso óptimo de la energía en todos los procesos y actividades para su explotación, producción, transformación, distribución y consumo, incluyendo la eficiencia energética.

**II. Comisión:** La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.

**III. Consejo:** El Consejo Consultivo para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.

**IV. Eficiencia Energética:** 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.

**V. Ley:** La Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.

**VI. Programa:** El Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.

**VII. Reglamento:** El Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.

**VIII. Secretaría:** La Secretaría de Energía.

**IX. Subsistema:** El Subsistema Nacional de Información sobre el Aprovechamiento de la Energía.

**Artículo 5.-** En el diseño y aplicación de los programas en materia de aprovechamiento sustentable de la energía, se promoverá la participación social y la concertación, con el fin de vincular a las instituciones del sector público, a las organizaciones de la sociedad civil y del sector privado, a las instituciones académicas y a la población en general coordinando sus actividades en el ámbito de esta Ley.

**Artículo 6.-** El Programa es el instrumento mediante el cual el Ejecutivo Federal, de acuerdo con la Ley de Planeación, establecerá estrategias, objetivos, acciones y metas que permitan alcanzar el uso óptimo de la energía en todos los procesos y actividades para su explotación, producción, transformación, distribución y consumo; será un programa especial en los términos de la Ley de Planeación.

**Artículo 7.-** El Programa incluirá al menos, estrategias, objetivos, acciones y metas tendientes a:

**III.** Propiciar la investigación científica y tecnológica en materia de aprovechamiento sustentable de la energía;

**IV.** Incluir en los programas de estudios a nivel de educación básica, media y media superior, temas de aprovechamiento sustentable de la energía;

**V.** Promover, a nivel superior, la formación de especialistas en materia de aprovechamiento sustentable de la energía;

**VI.** Promover la aplicación de tecnologías y el uso de equipos, aparatos y vehículos eficientes energéticamente;

**VII.** Establecer un programa de normalización para la eficiencia energética;

**VIII.** Procurar que la población cuente con información veraz y efectiva en relación con el consumo energético de, entre otros, los equipos, aparatos y vehículos que requieren del suministro de energía para su funcionamiento;

**X.** Formular una estrategia para la sustitución de lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes ahorradoras de energía eléctrica.

**Artículo 10.-** La Comisión es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría, 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.

**Artículo 11.-** La Comisión tendrá las facultades siguientes:

**I.** Propiciar el uso óptimo de la energía, desde su explotación hasta su consumo;

**II.** Formular y emitir las metodologías para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero por la explotación, producción, transformación, distribución y consumo de energía, así como las emisiones evitadas debido a la incorporación de acciones para el aprovechamiento sustentable de la energía, para los efectos de esta Ley;

**III.** Formular y emitir las metodologías y procedimientos para cuantificar el uso de energéticos y determinar el valor económico del consumo y el de los procesos evitados derivados del aprovechamiento sustentable de la energía consumida;

**IV.** Expedir disposiciones administrativas de carácter general en materia de eficiencia energética, de conformidad con las disposiciones legales aplicables;

**V.** Proponer a las dependencias la creación o revisión de las Normas Oficiales Mexicanas a fin de propiciar la eficiencia energética;

**VI.** Implementar el Subsistema y asegurar su disponibilidad y actualización;

**VII.** Implementar y actualizar la información de los fondos y fideicomisos que tengan por objeto apoyar el aprovechamiento sustentable de la energía y que hayan sido constituidos por el Gobierno Federal, reciban recursos federales o en los cuales el Gobierno Federal constituya garantías;

**VIII.** Implementar, actualizar y publicar en los términos que señale el Reglamento, el Registro de usuarios que hayan obtenido el certificado de persona o institución energéticamente responsable;

**IX.** Promover la investigación científica y tecnológica en materia de aprovechamiento sustentable de la energía;

**X.** Brindar asesoría técnica en materia de aprovechamiento sustentable de la energía a las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, así como a los gobiernos de los estados y municipios que lo soliciten, y celebrar convenios para tal efecto;

**XIII.** Supervisar la ejecución de los procesos voluntarios que desarrollen los particulares para mejorar su eficiencia energética;

**XIV.** Preparar y publicar libros, catálogos, manuales, artículos e informes técnicos sobre los trabajos que realice en las materias de su competencia;

**XV.** Difundir en el Subsistema y en publicaciones científicas, los resultados de los proyectos y estudios realizados;

**Artículo 18.-** El Subsistema tiene por objeto registrar, organizar, actualizar y difundir la información sobre los siguientes temas:

**III.** Los indicadores de eficiencia energética que describen la relación en los usos finales de energía y los factores que los impulsan, y

**IV.** Los indicadores de eficiencia energética de otros países, con fines comparativos.

**Artículo 20.-** Para la integración y actualización del Subsistema, las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, así como los usuarios con un patrón de alto consumo de energía, deberán proporcionar a la Comisión, la siguiente información sobre la utilización energética obtenida en el año inmediato anterior:

**I.** La producción, exportación, importación y consumo de energía, por tipo de energético;

**II.** Eficiencia energética en el consumo;

**III.** Medidas implementadas de conservación de energía

## **2.8 NORMAS OFICIALES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA APLICABLES A EDIFICIOS NO RESIDENCIALES (NOM-020-ENER)**

La normatividad en materia de aislamiento térmico en México actualmente sigue sin ser regulada, los diferentes organismos involucrados en la eficiencia energética de la edificación, han propuesto específicamente para la vivienda una serie de valores que en términos de resistencia térmica (“R”) y coeficiente global de transferencia de calor (“U”) difieren entre sí, dicha normatividad muestra diferentes valores de resistencia térmica propuestos por las normas: NOM-020 ENER<sup>6</sup>, anteproyecto por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE antes CONAE), el CEV<sup>7</sup> y la NMX-C-460 a cargo del ONNCCE<sup>8</sup>. Una investigación realizada por Calderón, et al (2010b), determinó la línea base de consumo eléctrico de la vivienda económica (LBCE<sup>9</sup>), a partir de los valores propuestos por las diferentes normas de eficiencia energética mexicana, Los resultados de las simulaciones realizadas mostraron el consumo eléctrico y el espesor de aislante requerido de acuerdo con la normatividad propuesta. En los resultados obtenidos en esta investigación se muestran los valores nominales de “R” y se analiza, en términos de costo beneficio, su aplicación en la vivienda según el ahorro y el consumo eléctrico. Finalmente, se hace una comparación de la normatividad propuesta contra algunos otros códigos de vivienda de bajo consumo energético ya normado en algunos países de Europa. Esta investigación sirvió para determinar y poner dentro del marco regulatorio en materia de aislamiento térmico la aceptación de la norma NMX-C-460, en edificios residenciales.

A raíz de todas las certificaciones, la nueva planeación urbana y el desarrollo de vivienda han buscado en México, a través de la CONNUE, y los organismos antes mencionados regular por medio de las normas oficiales mexicanas, la eficiencia energética y su aplicación; para ello se han desarrollado básicamente la (NOM- 08-ENER y NOM-020-ENER), aplicadas a edificios no residenciales y residenciales, respectivamente tal y como lo establece la ley para el aprovechamiento sustentable de la energía en México, en sus artículos y fracciones ya analizadas.

### **2.8.1 Objetivo de la normas**

Según la CONNUE (2004), el objetivo es limitar la ganancia de calor de los edificios residenciales a través de su envolvente, con el objeto de racionalizar el uso de energía en los sistemas de enfriamiento. Para poder tener un mejor panorama de dicha norma, es necesario revisar el anteproyecto de la NOM-020-ENER, en la que se especifican tanto las propiedades de materiales, como el procesos sistemáticos y metodológicos utilizados para analizar los resultados, clasificación de materiales, especificaciones técnicas,

---

<sup>6</sup> Norma Oficial Mexicana 020 de Eficiencia Energética

<sup>7</sup> Código de edificación de vivienda desarrollado por la CONAFOVI.

<sup>8</sup> Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación

<sup>9</sup> Se le denomina a la demanda de energía eléctrica necesaria para satisfacer sus necesidades de operación basadas en caso base de vivienda.

presupuesto energético, métodos de prueba, muestreo, informe de resultados, información al público y etiquetado; de igual manera, se deberá especificar el monitoreo que tendrá, así como las sanciones por incumplimiento.

## **2.9 EL PROGRAMA DE VIVIENDA SUSTENTABLE 2010-2030**

El programa de vivienda sustentable 2010-2030, ha sido planteado por los OG'S y empresas privadas involucrados en la búsqueda por una vivienda sustentable, intentando estar dentro del marco regulatorio antes planteado por el ejecutivo federal en el PND (2005-2012) y en la ley para el aprovechamiento sustentable de la energía, para ello se planteo un programa denominado vivienda 20-30, en la que se establecen los diferentes ejes temáticos sobre la vivienda, los tiempos a corto mediano y largo plazo para la ejecución de acciones, además de los objetivos rectores, estrategias y líneas de acción, se destacan los sistemas o materiales a utilizar en la vivienda, las tecnologías aplicadas, el marco social y financiero, la difusión del programa, la capacitación y el mercado al que se enfrentara en dichos plazos; así como la referencia de transversalidad con los planes y programas circunscritos dentro del marco de la vivienda sustentable 2010-2030. Este programa integral de vivienda sustentable debido a su complejidad se puede ver completo en el anexo 1 del documento. La tabla 14, muestra únicamente el eje temático referente a la energía así como los campos involucrados en dicho sector para la búsqueda de una vivienda sustentable.

## **CAPÍTULO III ENERGÍA Y AMBIENTE, DESARROLLO INTELIGENTE Y NUEVO URBANISMO**

### **3.1 ECOLOGÍA Y NATURALEZA**

La búsqueda de la eficiencia energética en las ciudades y particularmente en la vivienda, a través de la planeación urbana sustentable, representa una revisión de conceptos y teorías los cuales deben ser conceptualizados y entendidos, para poder proponer estrategias de ahorro y consumo energético en la edificación.

En esta investigación fue necesario retomar una revisión de algunas de las teorías sobre la planeación y el desarrollo sustentable, incorporando términos que tienen que ver con el sistema de eficiencia energética de las ciudades, definiendo desde la ciudad como un ecosistema, hasta su metabolismo energético, entendiéndose este último como la interacción entre las entradas y salidas de flujos de materia y energía. La ciudad como se observará, es vista por diferentes críticos como un ecosistema, apoyados en las teorías propuestas por los distintos autores. Asimismo, se establece la definición de la ciudad como un sistema urbano con un metabolismo energético, capaz de correlacionar las distintas fuentes de energía, desde su procesos de extracción, transformación, generación, desecho uso y reúso.

En esta revisión de las teorías sobre la planeación ambiental, es necesario, definir las escalas urbanas según los autores revisados, además de establecer como contribuirá en el desarrollo sustentable, mediante agendas, iniciativas de ley, regulaciones y normatividad, para la aplicación de leyes en la vivienda sustentable, así como las regulaciones al momento de plantear los escenarios de eficiencia energética en la vivienda y sus posibles impactos en los capitales ambientales, sociales y económicos, principios fundados en el desarrollo sustentable.

De acuerdo con Odum (1971), la ecología puede definirse desde dos perspectivas: la primera, como organismo donde se establece que es el estudio de las relaciones e interacciones que guardan los organismos vivos (plantas, animales y hombre) con su ambiente; y la segunda conceptualización de la ecología, la define como el estudio de los ecosistemas, donde se estudia la relación de los sistemas entre los elementos bióticos y abióticos. Así, al ver que la ecología es una materia encargada de estudiar ciertos procesos que interaccionan en la naturaleza, resulta importante definir el concepto de naturaleza y su interrelación con el hombre.

El término naturaleza lleva implícita la ecología, debido a la serie de interacciones que se dan dentro de ella, por ello, resulta muy ambiguo definirla en un solo concepto, debido a que la percepción que se tenga de ésta depende de varios factores desde el punto de vista de la planeación urbana; el trabajo realizado por Tjallingii (1995), destaca que la naturaleza se puede ver de tres maneras: a) como un conjunto de plantas y vida animal en el cual se hace un mayor énfasis en su nivel de endemismo o preservación de la especie en la vida natural; b) como imagen,

es decir, aquella que se percibe en fotografías, cuadros, gráficos o en la vida urbana, donde la naturaleza transformada por el hombre en jardines, parques, plazas, zonas urbanas y mas escenarios, es vista como un elemento natural primordial de la ciudad, no importando si la especie es nativa o no. Esta forma de ver la naturaleza, atiende a patrones de percepción cultural y social dentro de una ciudad, provocando con la naturaleza como imagen, un bienestar de carácter cultural dentro de un ambiente urbano.

El tercer punto de vista es una forma más compleja de verla, lo define como la conjunción de todos los recursos y los procesos de vida en donde se destacan los abióticos (clima, energía, agua y suelo) y los bióticos (animales y plantas); estos procesos han sido retomados por el campo científico y tecnológico, haciendo diferentes usos y aprovechamientos de ellos. El hombre no queda fuera de estos conceptos de la naturaleza; sin embargo, por ser un actor social, se ha visto como un ente ligeramente separado de estos procesos. No obstante, el hombre será, en cierta medida el regulador y aquel que, dependiendo de sus acciones, preservará o modificará la naturaleza y sus procesos, según sea el caso.

Según Naess (1992) citado en Tjallingii (1995), muestra que la interacción entre naturaleza, vida y hombre se da a partir de que la naturaleza requiere de los procesos bióticos y abióticos para dar origen a la vida, y de la cual aparecen los organismos vivos y entre ellos el hombre, por tanto, esta relación intrínseca entre los tres factores puede ser definida como una serie de procesos co-dependientes para la creación del ciclo y la interacción hombre-vida-natura, dando origen a otras series de interacciones que afectan la planeación ambiental de una ciudad (Figura. 2).



Figura 2: Interacción hombre, vida y naturaleza; adaptado de Tjallingii (1995)

Modelos ecológicos generales como el anterior, han sido propuestos en la literatura alemana como modelos conceptuales. Uno de ellos, el modelo de Van Der Maarel y Dauvellier (1978), discute por un lado, la importancia que tiene la ecología y sus procesos de interacción en cada una de las esferas (naturaleza, vida, hombre), y por otro lado como se involucra el hombre con sus hábitos y comportamientos que han venido transformando y dominando las ciudades en el mundo.

Desde los planteamientos que hace la escuela de Chicago en los veinte, sobre la aplicación de conceptos ecológicos con sociológicos, y con base en los modelos conceptuales anteriores, la relación de las sociedades y la naturaleza es un concepto integral, que es posible notar dependiendo de esta interacción; el hombre ha tomado ciertos hábitos y transformaciones que afectan la co-relación de la vida y la naturaleza, convirtiendo este proceso en una relación ecológica y sociológica que no debe contraponerse, según dice Levy (1992) citado en Tjallingii (1995). Este problema podrá sólo ser resuelto si se hace una clara distinción entre las causas, las condiciones y las razones.

La ciudad es un claro ejemplo de esta serie de procesos e interacciones entre naturaleza y ecología, el fenómeno ecológico y sociológico debe entenderse y aplicarse para poder llegar a tener una óptima planeación dentro de las zonas urbanas; no es posible ver la ciudad sólo como un “ser vivo”, ni tampoco ser vista como un “ser social”, debe existir esta interacción de variables para poder llegar a la planeación de estrategias, políticas y disciplinas, que deben intervenir en una planeación urbana con un enfoque ambiental.

### **3.1.1 La ciudad: un ecosistema abierto**

Como se definió el concepto de ecología planteado por Odum (1971) donde se establece que es una interacción de procesos bióticos y abióticos, coincide con lo que plantea Tjallingii (1995), de que la ciudad debe ser vista como un ecosistema abierto, al permitir que se tengan flujos de energía, organismos y materias que entran y salen de dicho ecosistema; una ciudad puede ser vista así, sin embargo, en ella el ecosistema se vuelve más complejo, donde no sólo la interacción de los factores bióticos y abióticos será el caso de estudio, sino que el factor social será un agente dinámico que deberá considerarse en el nuevo ecosistema.

La ciudad puede también ser vista desde otro ángulo, y conceptualizarse como un ecosistema donde los factores de interacción principal serán lo social, lo económico y lo ambiental (Meadows, 2004), esto la convierte en un ecosistema más complejo, pero que debe basar los principios de estas interacciones en los procesos naturales y en las leyes de conservación de materia y energía. Con base en lo anterior, Van Wirdum y Van Leuwen (1982) plantean su modelo denominado “Ecodivide”, en el que se logra ver la ciudad como un ecosistema urbano, donde se caracterizan todas las entradas y salidas de materia y energía al sistema. En el modelo se esquematiza que para que un ecosistema guarde el equilibrio, será primordial que los flujos de energía solar, agua, minerales y demás, salgan de éste para poder mantener el equilibrio, pero que sin embargo, todo ecosistema presenta una cierta capacidad de resistir y retener. Define que las entradas y salidas, resistencias y retenciones son los cuatro mecanismos básicos para operar en un ecosistema, ya sea natural o artificial (Figura 3). En la parte superior del esquema, se representan las entradas y salidas de flujos del sistema, y en la parte inferior, la forma en que resiste y retiene el sistema. Estos flujos se representan con las formas cóncavas y convexas, respectivamente.

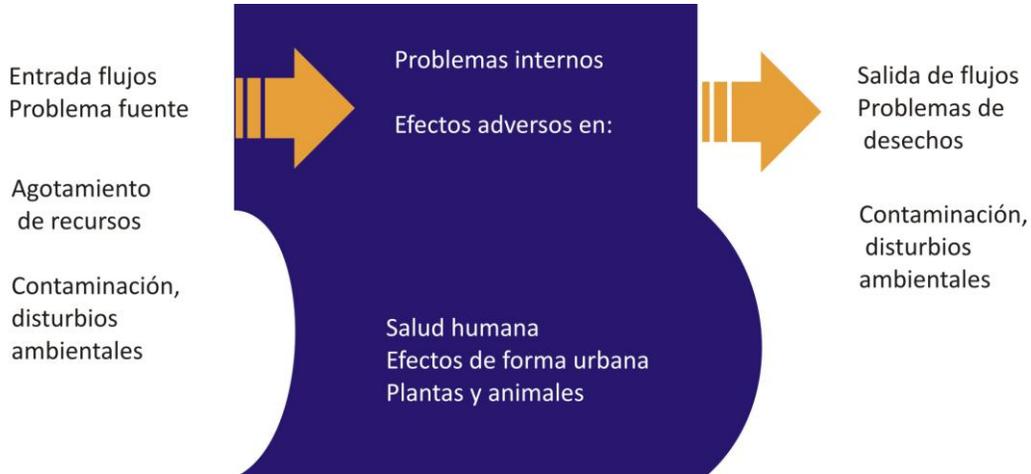


Figura 3: Modelo “Ecodivide” de Van Leuwen (1982); adaptado de Tjallingii (1995)

### 3.1.2 Planeación urbana y ecología

Como lo establece Odum (1971), la ecología es la encargada de estudiar los organismos vivos y su interacción, sin embargo, en el proceso de interacción de las ciudades con la naturaleza y al ver ésta como un ecosistema abierto, resulta importante reconocer que el hombre, por medio de sus hábitos sociales y culturales, tiene un impacto directo sobre el entorno natural y urbano, por ello, la planeación urbana y la ecología deben actuar en líneas paralelas e involucrando otras disciplinas; en Tjallingii (1995) se muestra el “modelo del triángulo”, en el que se especifican las disciplinas que deben intervenir en la realización de un plan, éstas se dividen en las disciplinas de análisis y las de diseño o planeación (Figura 4.)

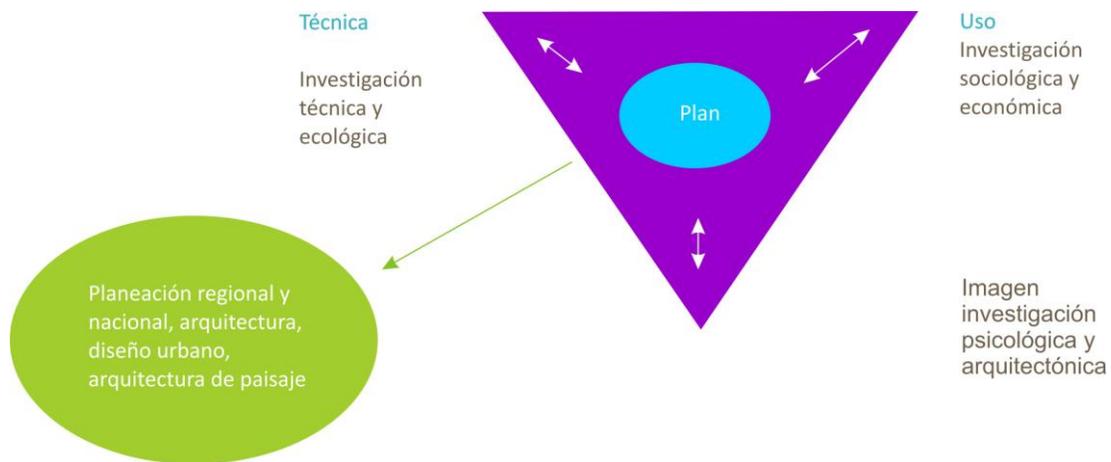


Figura 4: Modelo de “Triángulo”; adaptado de Tjallingii (1995)

Al ver una ciudad como un ecosistema conformado por diferentes grupos sociales, con distintos usos y costumbres, los cuales demandan diferentes problemas ambientales, ha sido necesario

incorporar modelos más holísticos como el anterior, donde se establezcan las demandas, las técnicas, los usos y la imagen, así, como las disciplinas capaces de resolver dicho plan. En ese sentido, la planeación urbana debe reconocer las necesidades sociales y culturales de una zona urbana, y en función de ello plantear las soluciones de educación, salud, desarrollo social, bienestar y calidad de vida.

Así, la ecología y la planeación urbana, deben ver la ciudad como un ecosistema, en el cual las interacciones de patrones sociales y culturales tienen un impacto directo sobre el medio ambiente; sin embargo, esto debe llevarnos a buscar las estrategias de integrar la planeación urbana con las tecnologías y técnicas adecuadas para ver el sistema de planeación con un carácter más ambiental, y no sólo como problemas de impacto sobre la naturaleza, es decir, que no se debe ver el efecto que causa la planeación urbana sobre la naturaleza, sino ver de qué manera, además de la ecología y la planeación, se buscará integrar otras disciplinas que consideren demandas de recursos naturales y sociales con el sentido de hacer más participativa la planeación en las ciudades.

### **3.2 CIUDAD-REGIÓN: VIVIENDA Y ENERGÍA**

Al ver la interacción que guarda la ciudad con el ambiente, resulta importante conocer y determinar las escalas y fronteras dentro de las ciudades y regiones; dichas fronteras físicas y ambientales son trabajo de la planeación integral que busca un ambiente sustentable (Grainger, 2004). Considerar el proceso de planeación como una serie de sinergias entre las diferentes fronteras físicas y ambientales, sirve para determinar las escalas a las que la ciudad y región debe atender, y por tanto, los factores con los que la edificación y la planeación urbana se enfrentarán.

En la planeación urbana ambiental, la ciudad-región puede ser vista como la suma de anillos concéntricos con particularidades ambientales, sociales y económicas que mantiene una constante co-dependencia, traducida en una sinergia entre la vivienda, el trabajo, el transporte, la producción de bienes y servicios, los alimentos y la industria (Ravetz, 2001). Dos componentes básicos en cualquier ciudad región serán: el transporte y la energía; lenguaje y principios de una agenda de sustentabilidad y en la cual la edificación juega un papel de suma importancia en dicha interacción.

En su libro ciudad región 2020, Ravetz (2001), determina que los umbrales de las ciudades, definidos como anillos concéntricos, tienen una fuerte co-dependencia al ver que la acción tomada o ejecutada a nivel sitio tendrá un impacto sobre el nivel distrito, éste sobre el nivel urbano y éste último en la siguiente frontera, hasta llegar al impacto global; cualquier alteración en los sistemas físicos y ambientales impactará de adentro hacia fuera y viceversa. Conocer estas fronteras, así como definir los alcances y los factores que influyen en la ciudad región, permite tener una visión global sobre lo que se quiere proponer y alcanzar en un modelo de planeación ambiental sustentable (Figura 5).

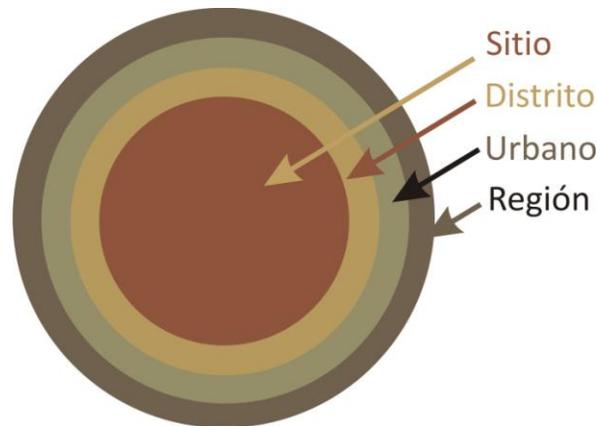


Figura 5: La interrelación de la ciudad región; adaptado de Ravetz (2001)

Aun cuando resulte difícil establecer las fronteras de una ciudad-región, por los límites físicos, sí existe una relación entre el tamaño de la ciudad y la influencia que ésta pueda tener con los límites municipales, administrativos y de servicios; los modelos de la planeación ambiental sustentable deben ser holísticos en su concepción al tomar en consideración los factores como: el capital económico, natural, humano y social como los elementos principales dentro de la planeación ambiental sustentable (Meadows, 2004). Visto así, podremos establecer que la extensión de los límites de una ciudad región estará en función de sus intercambios e influencias con los diferentes sistemas naturales, económicos, sociales y administrativos. Para Satterthwaite (2004), los costos ambientales de la ciudades estarán en función de las actividades sociales y de la importación de recursos ecológicos fuera de éstas, este impacto tendrá un costo ambiental en el futuro que dependerá de dicha interacción, sin embargo, establece que la ciudad no sólo causa impactos negativos, es importante analizar y ver los efectos que tienen las fronteras que exportan recursos en términos sociales y económicos (compra de bienes y servicios, alimentos, intercambio de energía, recursos, otros).

Así, las fronteras físicas y ambientales de una ciudad resultan difíciles de delimitar, pero puede ayudar a encontrar una solución más viable con respecto a las agendas de sustentabilidad, ya que como lo menciona Gordon (2004), al no haber ciudad sustentable podremos ir en busca de la región sustentable, dado que la sinergia entre sus componentes puede ser más fácil de resolver que ver la ciudad como un solo nodo.

En las ciudades con baja densidad de vivienda y dispersión urbana, los límites de la ciudad-región son incrementados al tener una menor accesibilidad entre vivienda, servicios y trabajo, lo que lleva que la escala entre la ciudad y región se extienda hasta zonas con las que se tenga un intercambio entre vivienda, bienes y servicios, energía, trabajo y alimentos (Ravetz, 2001). Este ejemplo es muy marcado en aquellas ciudades dispersas donde los bienes y servicios quedan lejos de los límites del vecindario, Los Ángeles, Chicago, Houston, entre otras más de Norte América.

### **3.2.1 La vivienda y sus escalas, sitio, distrito y ciudad**

La construcción de vivienda y su uso, tienen un impacto considerable en el medio ambiente: consumen alrededor del 50% de los recursos naturales, el 40% de la energía y el 16% del agua (Ravetz, 2001). Como Ruano (2006) lo especifica, la energía como recurso es la base del desarrollo económico y la dinámica social de cualquier ciudad o región. De ahí, que los códigos de vivienda sustentable se hayan convertido en una necesidad regulatoria.

El sitio en el cual se desarrollará una vivienda, no sólo demanda un espacio físico, sino que además, existen una serie de fronteras ambientales e implicaciones energéticas que van desde su concepción hasta su uso final. La construcción de una vivienda a nivel sitio tiende a relacionarse con la producción de materiales, el acarreo de desechos sólidos, transporte y puesta en obra de todas las materias primas involucradas para su construcción, además de los recursos naturales como agua, energía, suelo, entre otros, para su óptimo desarrollo. Son factores que requieren de un consumo directo de energéticos fósiles y fuentes secundarias de energía, teniendo implicaciones energéticas y ambientales que impactarán directamente sobre las fuentes no renovables de energía y los recursos naturales finitos.

Con base en este comportamiento energético de la vivienda a nivel sitio, se observa que sus implicaciones energéticas van más allá del primer umbral “sitio” como lo establece Ravetz (2001), enfatizando que la vivienda a nivel sitio tiene su impacto en el nivel siguiente, que puede ser el nivel distrito o urbano y así sucesivamente, hasta tener un impacto global en términos no sólo energéticos, sino ambientales, económicos y humanos.

Una sola vivienda, al igual que una ciudad, como ya se ha visto está sujeta a una serie de flujos energéticos como entradas y salidas en sus sistemas; este balance de energía está directamente relacionado con las leyes de la termodinámica, que más tarde se discutirán como elementos conformadores del metabolismo urbano de la ciudad. Ante esta perspectiva, la vivienda requiere del suministro de energía para calentar agua, cocción de alimentos, ventilar e iluminar los espacios y en algunas regiones, la climatización artificial. Estas demandas energéticas básicas muestran que la vivienda deberá ser un sistema en el cual el ahorro y la eficiencia de la energía, sean un punto de partida hacia los diferentes niveles de la ciudad región; dicho fenómeno puede ser resuelto a nivel sitio y buscará proponer viviendas de bajo consumo de recursos naturales y eficientes desde el punto de vista energético, con el sentido de buscar una “ley cero” impactando directamente sobre la reducción de consumo de energéticos fósiles y emisiones de gases a la atmósfera, problemas ambientales de mayor impacto por la vivienda.

De acuerdo con Newman (2001) y su concepto de sustentabilidad urbana, define que la ciudad debe ser vista como un “ecosistema” abierto complejo y dinámico, en el cual la interacción de los factores como el social, el económico y ambiental, relacionados con los flujos de energía y de materiales que entran y salen del sistema, pero que también son transformados, estos factores

deben ser analizados con el fin de llegar a tener un desarrollo ambiental sustentable en términos de crecimiento y desarrollo.

La vivienda, extendiéndose entonces desde el nivel sitio, distrito y urbano, hace que el complejo “ecosistema” de la ciudad-región atienda particularmente los flujos provocados desde el sitio hasta el nivel ciudad-región; lo que debe considerar la transformación de los flujos energéticos y ambientales desde su generación, hasta su transformación y uso en los desarrollos de viviendas que conforman las células urbanas de las ciudades y su región (Breheny, 1993).

Este fenómeno de interacción económica, social y ambiental, como lo establece Gordon, (2004) da origen al metabolismo de la ciudad, el cual se involucra con sectores como el transporte, la energía, los bienes y servicios y los recursos naturales, acrecentando sus límites ambientales para la ciudad región, extendiendo sus fronteras hasta donde encuentre la correlación de los límites físicos y la capacidad de carga de los recursos naturales.

### **3.3 EL METABOLISMO URBANO, UN PROCESO DINÁMICO DE MATERIA Y ENERGÍA**

Es sabido que en el campo de la medicina el metabolismo es un término biológico definido como el conjunto de reacciones y procesos físico-químicos que ocurren en una célula y en el organismo, esta analogía es posible llevarla a la ciudad y entender la ciudad como un “organismo vivo”, compuesto por células urbanas cuyas reacciones y procesos se basan en el intercambio de flujos de materia y energía que entran, salen y se transforman.

El término de metabolismo aplicado como discurso en la arquitectura, surge por primera vez en Japón durante 1965, en una reunión denominada “grupo de metabolismo” (Ali, 2008), término que es retomado por académicos para dar una aplicación a la arquitectura, sin embargo, en la planeación urbana no había sido incorporado, sino hasta mediados de los sesentas que fue adaptado por Wolman (1965), y Boyden, Millar, Newcombe, y O’Neill (1981) citado en Ali (2008). Este concepto aplicado al urbanismo claramente lo ha incorporado Ravetz (2001), definiéndolo como un concepto básico para entender el intercambio de flujos energéticos, sociales y ambientales como el funcionamiento de una ciudad desde la perspectiva de la planeación ambiental sustentable.

#### **3.3.1 El metabolismo energético y la ciudad**

El comportamiento metabólico de una ciudad, además de poder relacionarlo con las reacciones y procesos físico-químicos de un organismo, lo podemos asociar con las leyes de la termodinámica de la manera siguiente: de acuerdo con Mills (1999), se establece que la primera ley de la termodinámica o primer principio *“es una aplicación de la ley universal de conservación de la energía; la energía no se crea ni se destruye sólo se transforma”*; en la ciudad esto se relaciona con el intercambio de flujos de materia y energía creados y transformados para su óptimo funcionamiento; dicha materia y energía entra en la ciudad por medio de flujos energéticos traducidos en: demandas de bienes y servicios, energía, transporte, recursos naturales y otros;

todas estas entradas, salidas y desechos de materia y energía son transformadas y dan origen al metabolismo urbano de una ciudad apoyadas en la ley de la transformación de la energía antes mencionada (Ravetz, 2001).

El modelo denominado metabolismo urbano externo propuesto por Newman (2001), considera la ciudad como un organismo, donde los procesos físicos y biológicos se basan en las leyes naturales de la termodinámica (Figura 6), se establece que todo lo que entra en un sistema biológico debe pasar a través de éste, y que la cantidad de desechos dependerá de la cantidad de recursos requeridos para mantener el sistema; es así como se puede lograr un balance entre lo que entra y lo que sale, sin embargo, los desechos requieren de energía para ser convertidos en algo útil, esta transformación de recursos y cantidad de energía para su transformación se le conoce como entropía, y se relaciona con la segunda ley de la termodinámica que dice: "La cantidad de entropía de cualquier sistema aislado termodinámicamente tiende a incrementarse con el tiempo" (Karlekar, 1996).

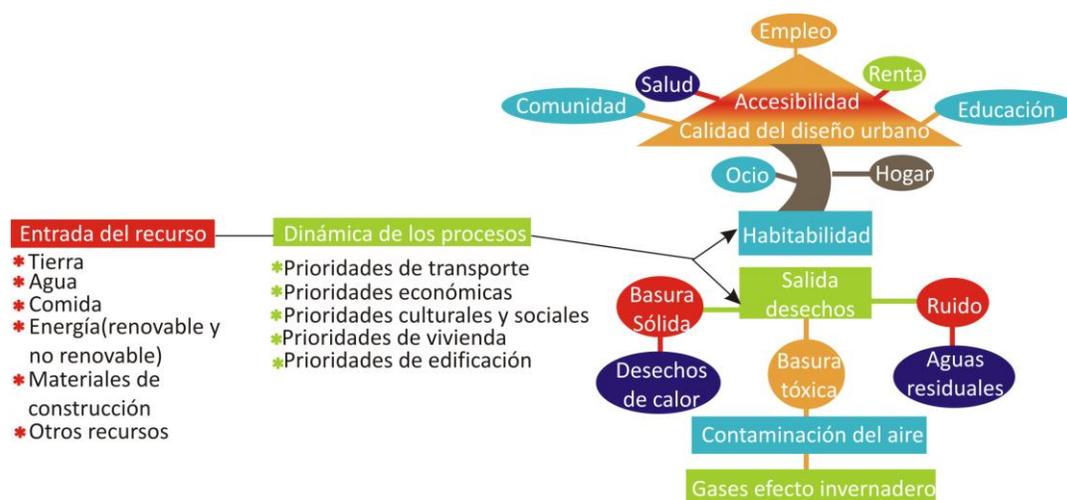


Figura 6: Metabolismo externo; adaptado de Newman (2001)

Otros autores como Mills (1999), definen la entropía como la magnitud física que mide la parte de la energía que no puede utilizarse para producir trabajo (estado de desorden de un sistema). Se dice que un sistema altamente distribuido al azar tiene alta entropía. La entropía alcanzará un máximo cuando el sistema se acerque al equilibrio, alcanzándose la configuración de mayor probabilidad.

En un metabolismo urbano, por ejemplo, los desechos provocados por las entradas y salidas del sistema requieren de energía para ser transformados en algo útil, es decir, la energía que entra y sale en la ciudad deja una parte en ésta que queda como desecho, para que ésta se incorpore en el sistema requiere de cierta energía, conocida como la entropía o el nivel de desorden energético de la ciudad, la cual requerirá de energía para su transformación útil y volver la estabilidad a la

ciudad; por ello, el concepto de reciclaje y reuso de la energía en este caso, será importante en el ciclo del metabolismo urbano de una ciudad.

Así, el metabolismo urbano de una ciudad debe considerar los cambios dinámicos de materia y energía, y ver como se debe relacionar dicho metabolismo con las leyes de la termodinámica, los procesos físico-químicos de los organismos, la ecología y la naturaleza misma, donde todos buscan la tendencia al equilibrio del sistema. Un adecuado metabolismo urbano en la ciudad, buscará el equilibrio de las reacciones en cada uno de sus sistemas y la interacción de estos, la eficiencia de cada metabolismo urbano mucho dependerá del manejo que se haga del recurso natural, la explotación de estos y el balance de materia y energía (entradas y salidas del sistema) que en ellos se establezca.

Esto coincide con el fenómeno de ver la ciudad como en la planeación urbana: como un “ser vivo” relacionando la interacción compleja entre los flujos económicos ambientales y sociales con el crecimiento y el desarrollo. Gordon (2004) y Ravetz (2001) definen dicho fenómeno como un metabolismo esférico, relacionado con el uso, reuso y manejo óptimo de los recursos, afectando directamente sobre la interrelación del crecimiento económico, la protección ambiental y la equidad social. Este concepto ve a la ciudad como un ecosistema cerrado, difiriendo con el concepto de ciudad como ecosistema abierto planteado por Newman (2001) o con los intercambios de recursos ecológicos y sociales planteados por Satterthwaite (2004).



Figura 7: Modelo de metabolismo urbano; adaptado de Gordon (2004)

En la (Figura 7), se establece que la ciudad guarda una relación directa con factores como la demanda de bienes y servicios, el uso y reuso de los recursos naturales y el intercambio en el manejo y distribución de los mismos, esto da por resultado la creación de una interacción de flujos que entre sí son responsables del metabolismo urbano, para ello es importante definir los límites de la región y las condiciones de entradas y salidas en el sistema (inputs, outputs). El metabolismo urbano eficiente tenderá a la búsqueda del equilibrio entre las salidas y entradas del sistema, considerando dichos flujos como un ciclo virtuoso que busca por naturaleza ser estable, apoyado en leyes como la del balance de energía. Gordon (2004) establece que los factores

principales en un metabolismo son: la producción de alimento, la energía y el agua; ello tiene una implicación en las salidas del sistema al transformarse en aguas residuales, basura y emisiones, consumo de energéticos convencionales y recursos naturales entre otras; en ese sentido se deberá buscar que el metabolismo sea el denominado esférico, como se esquematiza en la (Figura 8) donde se sintetiza en forma genérica las entradas y salidas de una ciudad y su relación metabólica.



Figura 8: Modelo de metabolismo esférico; adaptado de Gordon (2004)

Al analizar lo basado en el modelo de Gordon (2004), se establece que según sea el impacto ambiental en las ciudades (en lo social, económico, ecológico) podremos establecer y delimitar los alcances del metabolismo urbano y con ello las fronteras de la ciudad región que están siendo afectadas. Si bien es cierto como lo establece Gordon (2004), no existe ciudad sustentable, pero si región sustentable, en esa dirección las fronteras de su impacto deberán quedar definidas; en límites físicos, pero resulta más importante aun determinar la capacidad de la región y su correlación con la sobreexplotación de los recursos naturales y con ello, delimitar el umbral de la ciudad región afectada; una analogía semejante a la propuesta por Gordon (2004) se muestra en la (Figura 9), es un esquema de metabolismo urbano ambiental basado en Douglas (1983), ajustado por Girardet (1994), citado en Ravetz (2001).

En el figura 8, se define el modelo propuesto por Girardet (1994), basado en Douglas (1983), donde se observa la injerencia de cada uno de los sistemas sobre el metabolismo urbano ambiental de una ciudad; en éste se describen las entradas y salidas del sistema, la interacción de cada unos de ellos y las futuras implicaciones e impactos sobres las capacidades del sistema ambiental y urbano de la ciudad, dicha interacción será determinante en el impacto de la ciudad región.

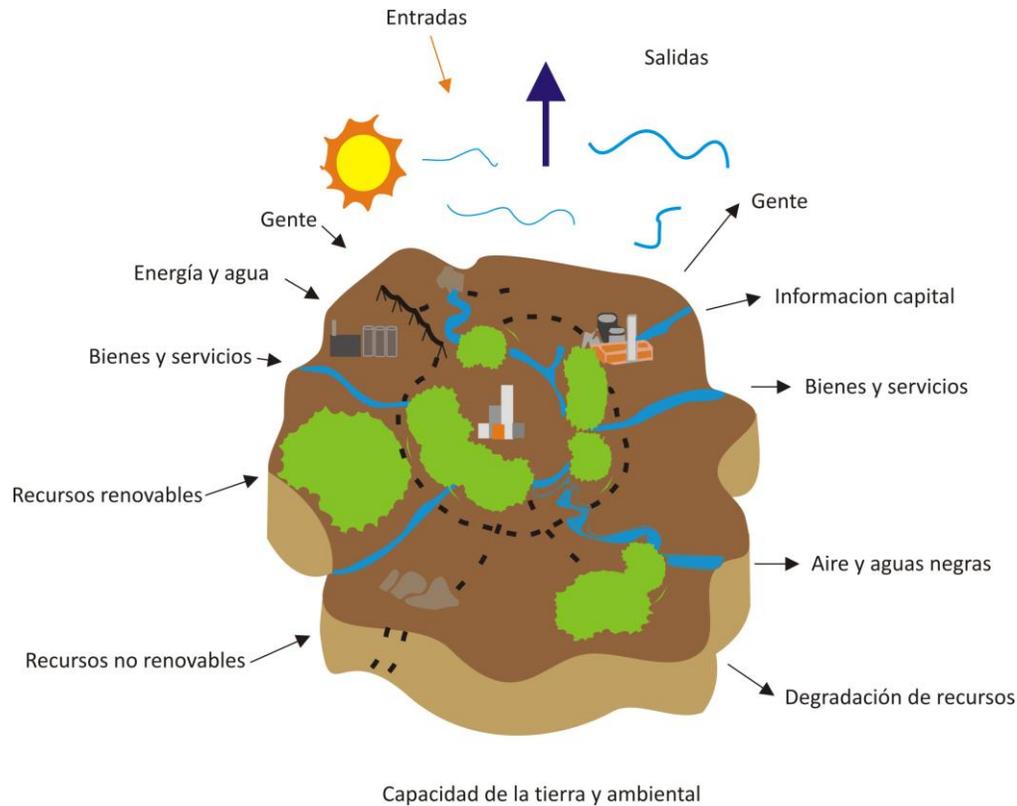


Figura 9: Metabolismo urbano ambiental; basado en Douglas (1983), modificado por Girardet (1994)

El metabolismo urbano como lo define Ravetz (2001), Gordon (2004), Newman (2001) y Girardet (1993), puede resumirse en tres grandes factores:

- a) *La entrada de materia y energía al sistema*
- b) *La salida de materia y energía del sistema y su transformación (desechos y emisiones)*
- c) *La dinámica que estos procesos guardan en términos de acumulación y desechos de la materia y la energía en el sistema la ciudad o la región*

Esta interacción define un ciclo metabólico denominado esférico, donde los actores sociales, económicos y ambientales que actúan desde adentro, repercuten en su balance y capacidad de carga del sistema en materia y energía (Weeb y Gossop, 1993). Así, el metabolismo urbano se torna un concepto complejo y dinámico. En cada uno de los modelos analizados sobre el metabolismo urbano, desde el modelo "Ecodivide" de Van Leuwen (1982), hasta el de Gordon (2004), involucran los tres capitales mencionados que al interactuar entre sí, marcan una relación directa entre la capacidad de carga y de resistencia de un sistema (Figura 10).

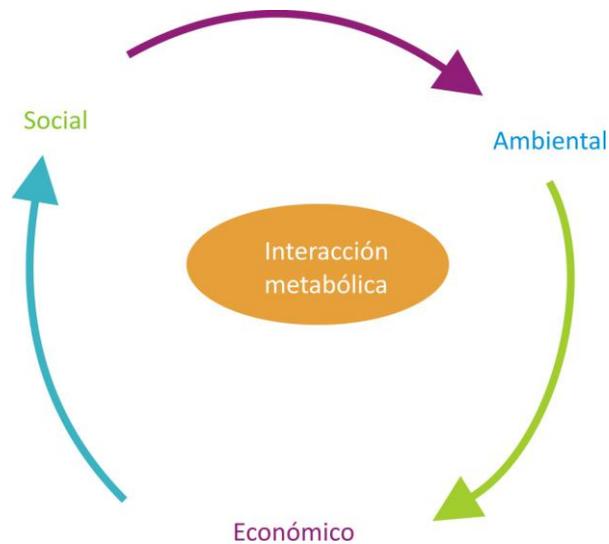


Figura 10: El metabolismo urbano y su interacción con otros capitales; adaptado de Van Leuwen (1982) y Gordon (2004)

Estos principios básicos de interacción, como lo establece el modelo Gordon (2004), con los diferentes capitales; el de Ravetz (2001), y Grainger (2004) en las distintas escalas; o lo planteado por Satterthwaite (2004), en su interacción con los recursos ecológicos y sociales, hasta las estrategias de planeación sustentable propuestas por Leitmann (1999); nos indican que no importa si la interacción con los capitales se da en menor o mayor escala, lo que resulta importante en los modelos del metabolismo urbano, es poder ver la ciudad como un “ser vivo” en el cual los flujos de materia y energía involucrados deben permanecer en balance, esto dará como consecuencia la búsqueda de metabolismos eficientes como los esféricos.

Po lo tanto, la planeación urbana debe buscar la manera de proponer estrategias en las demandas de las ciudades en términos de materia y energía (Weeb y Gossop, 1993). Esto determina que los nexos de las ciudades con la economía y los sistemas ambientales externos son fundamentales para dar origen a un metabolismo urbano, y que la ciudad-región se define como aquella correlación con los factores exógenos y endógenos que forman parte del correcto funcionamiento urbano de una ciudad.

### 3.3.2 El impacto del metabolismo energético, en el capital social, humano, económico y ambiental

La energía puede definirse como la capacidad que se tiene para desarrollar un trabajo; sin la energía los sistemas urbanos y las sociedades no tendrían la capacidad de desarrollarse, ya que no existe ninguna actividad en la ciudades y comunidades que no requiera del uso de ésta; el agua, la electricidad, el transporte, los alimentos y demás bienes y servicios, requieren de energía para su actividad; como se puede observar, la energía es un principio básico para el crecimiento y desarrollo económico de cualquier sistema urbano (Roelofs, 2004) citado en Satterthwaite (2004).

De acuerdo con la física, la energía es una magnitud física abstracta, ligada al estado dinámico de un sistema cerrado invariable con el tiempo, sin embargo, también la energía puede ser para sistemas abiertos, es decir partes no aisladas entre sí de un sistema cerrado mayor (Karlekar y Desmond, 1996). Esto lo podemos aterrizar con los conceptos manejados sobre el metabolismo urbano hecho por Gordon (2004), viendo la ciudad como un sistema cerrado o como lo define Newman (2001), un sistema abierto; lo que nos dice que cualquiera de estas dos perspectivas en la ciudad, obedecen a un ciclo definido como “metabolismo energético” establecido en Ravetz (2001), este ciclo metabólico se definirá como el uso, reuso y transformación de la energía dentro del sistema, la forma en que se utilice deseche y transforme definirán la actividad metabólica de la ciudad-región, ya sea esférica o lineal.

Por un lado Ravetz (2001) ha establecido que la ciudad es un sistema dinámico en el cual el impacto local afectara hasta la frontera regional. Por otro lado, Tjallingii (1995) establece en un mismo concepto, que el metabolismo energético es una reacción de cadenas las cuales tienen implicaciones desde el nivel sitio hasta el nivel país. Además de que la ciudad se convierte en una cadena de flujos energéticos con una interacción en todos sus niveles: sitio, local, distrito, urbano, regional y nacional; otras escalas más específicas como la supraregión y la escala del mundo establecidas por Grainger (2004) o hasta la global definida por Breheny y Rockwood (1983), son determinantes para que este ciclo energético permanezca y cumpla con las definiciones de balance de energía, dicho equilibrio desde el nivel sitio hasta el nivel mundo, dependerá del uso eficiente de la energía y su relación con el sistema.

Por lo cual, para que la energía que entra en la ciudad permanezca invariable debería de involucrar un metabolismo energético esférico (eficiente), donde los flujos de energía que entran al sistema y los que se desechan mantengan un nivel de entropía que en el tiempo convierta a la ciudad en un ciclo energético constante e invariable. Este principio lo podemos relacionar con el enunciado de la física Newtoniana y la termodinámica donde se afirma que: “la materia y la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma” (Mills, 1999); por ello, la ciudad y su metabolismo energético será una fuente de regulación energética donde la planeación urbana sustentable debe plantear modelos de metabolismo energético que coadyuven a una energía eficiente, que de sustento a las ciudades y que minimice su impacto desde el nivel sitio hasta el nivel ciudad región; además de las consideraciones de tipo global implícitas en dicho fenómeno.

El modelo de energía propuesto por Tjallingii (1995) en la (figura 11), destaca en una forma interconectada, o “en cadena”, la relación de las diferentes formas de la energía (electricidad, calor, combustible y gas) con los sectores que conforman el sitio, el distrito, la ciudad, la región y el país; en el modelo propuesto se determina que se debe establecer el impacto energético en cada una de las escalas para así conocer el efecto de una escala sobre la otra, y por tanto establecer las estrategias generales según el sistema.

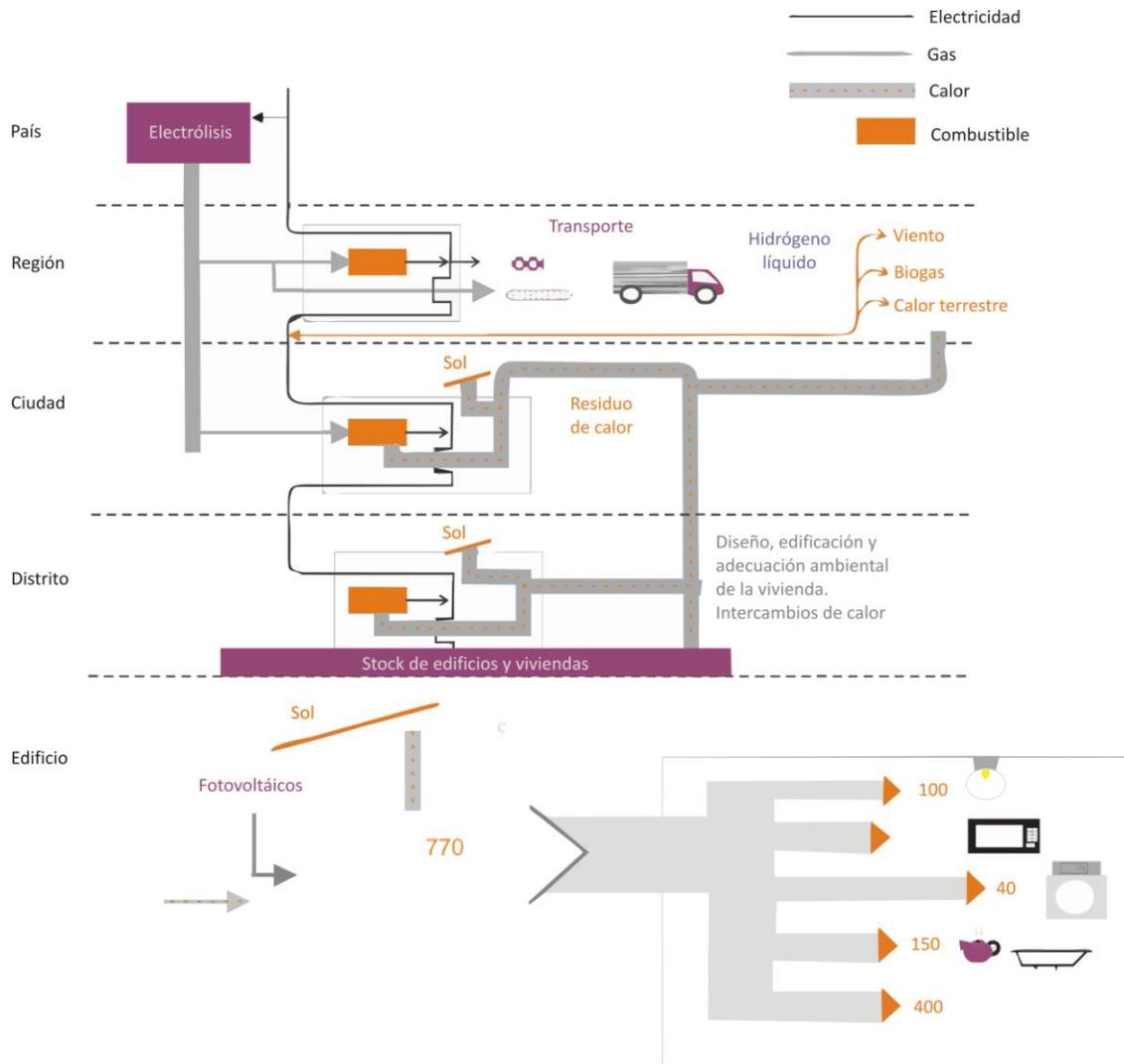


Figura 11: Modelo en cadena de energía; adaptado de Tjallingii (1995)

Ravetz (2001), propone un modelo de metabolismo energético, basado en la definición que hace Odum (1983) sobre la energía; establece que la energía debe ser una dinámica ecológica, basada en la disipación de sus fuentes principales sobre los sistemas humanos y naturales, provocando en ellos una entropía (Odum, 1983) citado en Ravetz (2001). En el trabajo de Ravetz (2001), se plantea el modelo del metabolismo energético (Figura 12), donde se observa, el acercamiento y la interacción entre los factores físicos, humanos, de infraestructura, tecnológicos y de impacto con la integración sectorial; además de su correlación sobre los diferentes capitales involucrados. El modelo de metabolismo energético de Ravetz (2001), muestra las necesidades humanas de abrigo, confort y movilidad, traducidas en demandas de los sectores de vivienda, transporte, e industria; además de cómo se traducen según las formas de energía y las tecnologías necesarias en el impacto sobre la economía, la sociedad y el ambiente.



Figura 12: Metabolismo energético; adaptado de Ravetz (2001)

El modelo de Ravetz (2001), nos muestra que el impacto que tiene cada uno de las interacciones energéticas, muestra una relación directa sobre cualquier grado de actividad de la ciudad región, establece que los modelos de de metabolismo energético pueden mantener un balance y elasticidad en su sistema, pero que mucho dependerá de las políticas, programas y estilos de vida que se manejen. Podemos determinar entonces, que el balance de un metabolismo urbano, ambiental o energético, estará en función de una serie de combinación de factores, culturales, económicos, políticos, de infraestructura, tecnología, acciones científicas y éticas. En el modelo de metabolismo energético se demuestra que las políticas y las acciones surgirán de las demandas de los impactos y los actores, y que el impacto total del metabolismo energético se traducirá en las diferentes escalas según lo planteado.

### 3.3.3 Los modelos y estrategias generales del metabolismo energético

Las metas y el discurso de una estrategia de energía sustentable son claros al marcar en sus principios, el manejo de niveles equitativos en la demanda y la eficiencia, basados en el suministro de energía dentro de los límites locales y los límites globales ambientales. Sin embargo, para llegar a ello y lograr su interacción surgen una serie de escalas interconectadas que representan ciertas incertidumbres y riesgos en la aplicación a través del tiempo y el espacio, las demandas sociales y económicas son el factor más complejo y controversial en el metabolismo energético de las ciudades (Krause et al., 1995) citado en Ravetz (2001).

En el modelo propuesto por Ravetz (2001), incorpora además el impacto sobre el capital social, ambiental, económico, climático y de recursos, mientras que Gordon (2004), el impacto se reduce tres capitales el social, en el cual el individuo y su interacción con bienestar y calidad de vida es el factor principal, el económico involucrado con el crecimiento y el desarrollo y el ambiental este último relacionado con todos los procesos bióticos y abióticos. Otro enfoque lo hace Meadows (2004) en Satterthwaite (2004), donde se establece que el desarrollo sustentable, así como una energía sustentable, debe basar sus principios en la interacción de 4 capitales básicos: económicos, naturales, humanos y sociales. Meadows (2004), basa dicho principio en el triángulo de interrelación de Daly, (1996). La (Figura 13), muestra que el capital natural es la base del planeta y la sustentabilidad, y que la magnitud que se guarde entre los distintos capitales mostrará la eficiencia con la que los recursos ambientales se traduzcan en bienestar humano.

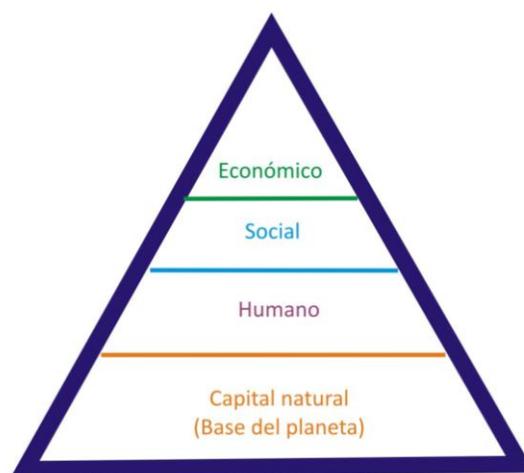


Figura 13: Triángulo de interrelación de capitales; adaptado de Meadows (2004)

Si se parte del modelo propuesto por Meadows (2004), encontraremos una serie de coincidencias, basadas en la interrelación sectorial dentro del metabolismo energético, propuesto por Satterthwaite (2004) y Ravetz (2001), aunque las escalas varían y se les asigna un valor como capital totalmente diferente (social, económico y ambiental) que repercutirá en las diferentes escalas propuestas dentro de la ciudad región; si se parte entonces del principio de Daly (1996), donde la naturaleza es la base del planeta, estaremos de acuerdo en que al alterar los sistemas que permiten el balance de energía (entradas, salidas, desechos) afectamos desde el nivel sitio hasta el nivel global, pasando por la interacción de capitales y afectando la base de interacción de estos con el metabolismo energético de la ciudad-región.

Esta interacción de capitales y su relación con el metabolismo energético, tiene un impacto directo sobre el ciclo de energía y carbón que lleva implícito desde el uso de nuevas formas de energías hasta la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente, impactando directamente sobre la salud y el bienestar de la sociedad. Por ello, como lo plantean los diferentes modelos de metabolismo de energía, no es posible desvincular

ninguno de los capitales analizados, ya que como lo menciona Web y Gossop (1993) en Satterthwaite (2004), en su concepto sobre energía, ésta debe ser constante y en un sistema cerrado, con el sentido de crear un ciclo energético que permite tener una mayor eficiencia y por tanto, un óptimo metabolismo que al interactuar en forma adecuada con los diferentes capitales, nos marque el camino hacia la sustentabilidad energética.

El capital energético, puede manejar diferentes escalas e interacción con los capitales como lo han venido manejando a través del tiempo los teóricos; sin embargo, el efecto sobre las fuentes principales de energía así como los impactos energéticos globales tendrá el mismo resultado (Web y Gossop, 1993).

Todos los modelos propuestos y revisados, desde el de Gordon (2004), Satterthwaite (2004), Ravetz (2001), Tjallingii (1995) y Breheny y Rockwood (1993); cada uno con sus particularidades analizadas, consideran que la energía debe ser vista y controlada desde las entradas y salidas en el sistema, y que un uso racional y eficiente podrá incentivar al uso de energías renovables, y sobre todo a disminuir los impactos ambientales afectando social, económica y ecológicamente en el sistema ciudad región. Por ello, resulta importante definir la escala, establecer cuáles son aquellos capitales que interactúan en la ciudad región a estudiar, y delimitar sobre todo los capitales en los que se quiere incidir de una manera directa.

En este estudio y revisión de casos, se retoman y resumen las escalas propuestas por Tjallingii (1995), así como su modelo de energía en cadena; de igual manera, para establecer un modelo de metabolismo energético específico, se aproxima a los capitales fundamentales basados en los propuestos por Gordon (2004), rescatando dinamismo del concepto de metabolismo energético de Ravetz (2001) y se relaciona e incorpora con los factores como: la demanda, la infraestructura la tecnología, y un indicador más, basado en el impacto directo sobre las fuentes de recursos naturales, principio planteado por Meadows (2004) que retomando a Daly (1996) viendo el capital ambiental como la base del planeta. En la (Figura 14), se muestra esta síntesis y la adaptación hecha al modelo según las escalas, las tecnologías y los capitales en los cuales se busca incidir con un modelo de metabolismo energético planteado para la ciudad región de Mexicali, B.C. En este se involucran de manera conceptual los recursos energéticos, las tecnologías utilizadas, así como el impacto sobre los distintos capitales basados en los modelos ya revisados.

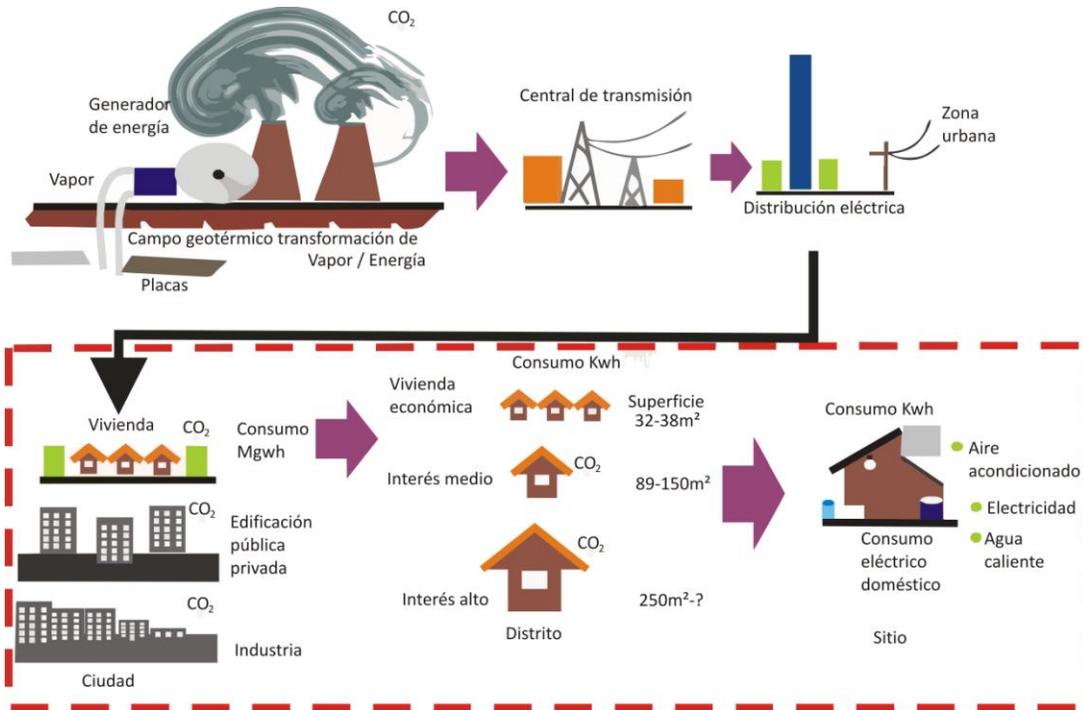


Figura 14: Modelo de metabolismo energético para la vivienda, basado en las escalas de Tjallingii (1995, y el modelo de metabolismo energético de Ravetz (2001); elaboración propia

Los impactos del metabolismo energético en las diferentes escalas seguirán teniendo una repercusión en los distintos capitales, como lo menciona Meadows (2004) y Gordon (2004), sin embargo, Ravetz (2001) establece que cada modelo de metabolismo energético deberá responder a las políticas, programas y estilos de vida de cada ciudad región. Las (Figuras 15, 16, 17 y 18), muestran los efectos e impactos que tiene un modelo ajustado a un sistema de producción de energía en México, estos modelos basan su principio en el metabolismo energético de Ravetz (2001) y las escalas propuestas por Tjallingii (1995) desde el nivel sitio hasta el nivel país.

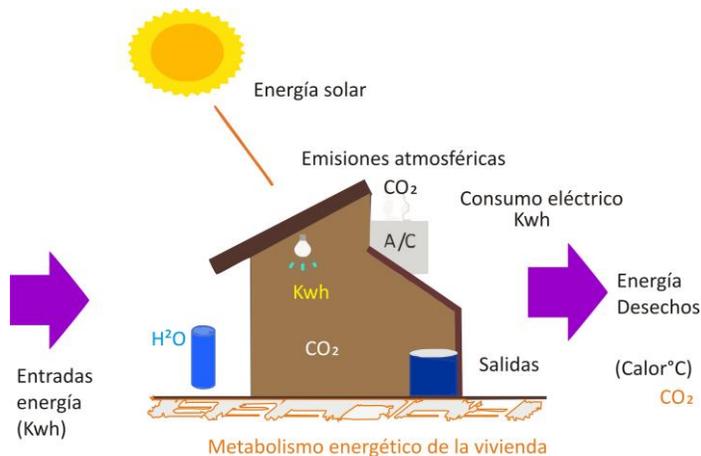


Figura 15: Metabolismo energético de la vivienda a nivel sitio; elaboración propia

De acuerdo con Tjallingii (1995), los intercambios de flujos energéticos desde el nivel sitio hasta el nivel nacional son escalables, y es en este punto donde resulta básico empezar a analizarse y buscar la eficiencia energética en la edificación, para el óptimo desarrollo y uso de materia y energía. En la (Figura 15), se especifica el metabolismo energético que guarda una vivienda en su escala sitio y las implicaciones que ésta tiene con los capitales ambientales, así como el económico a partir de la entrada de energía y la transformación de ésta; además de la salida de la misma traducida en desechos. En la (Figura 15), básicamente se destacan las emisiones de CO<sub>2</sub> y los consumos energéticos a partir de agua, gas y electricidad.

Según lo planteado por Meadows (2004), basado en Daly (1996) donde se destaca el capital natural como base del planeta, se puede asumir que el ciclo que mantiene el carbón y la energía, es un sistema de balance energético, que debe ser considerado dentro de un metabolismo energético ambiental, es decir que la producción de energía estará relacionada al consumo de carbón, y la quema de éste, a su vez, proporcionará una cantidad determinada de emisiones a la atmósfera, de ahí que encontrar un balance energético entre la fuente natural y el consumo de energía retomará el principio anteriormente planteado (Figura 16).

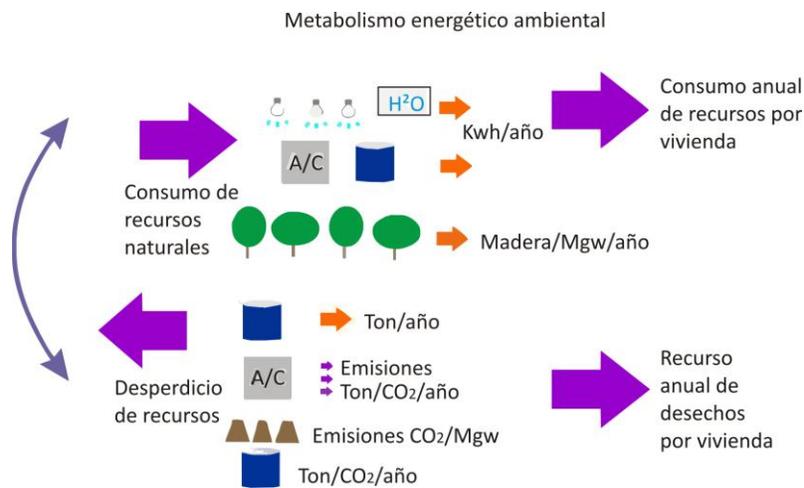


Figura 16: Impacto y proyección global energética; elaboración propia

El capital ambiental y su impacto nacional, como se establece en los diferentes modelos, tienen una afectación directa sobre el uso eficiente de la energía y el consumo de los energéticos fósiles. En la (Figura 17), se muestra el impacto nacional que puede tener la vivienda sobre dichos energéticos.

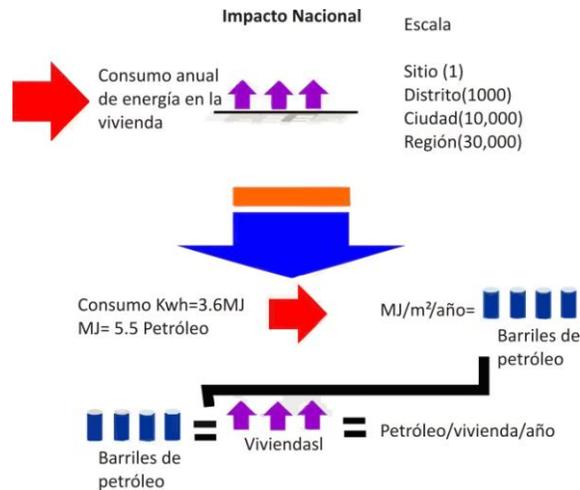


Figura 17: Impacto nacional de la vivienda sobre energéticos f6siles; elaboraci6n propia

El impacto global escala que destaca Breheny (1993), o la escala mundo de Grainger (2004), es un factor determinante sobre el capital ambiental del mundo, por ello, es necesario llevar el impacto que puede tener el metabolismo energ6tico de la vivienda desde la escala sitio hasta la escala global; en ella se destacan la preservaci6n de la vida en el planeta, as6 como la preservaci6n de los recursos finitos, y por tanto el uso e incentivo hacia las energ6as renovables. En la (Figura 18), se muestra el impacto global ambiental y en consumo el6ctrico de la vivienda en la escala global.

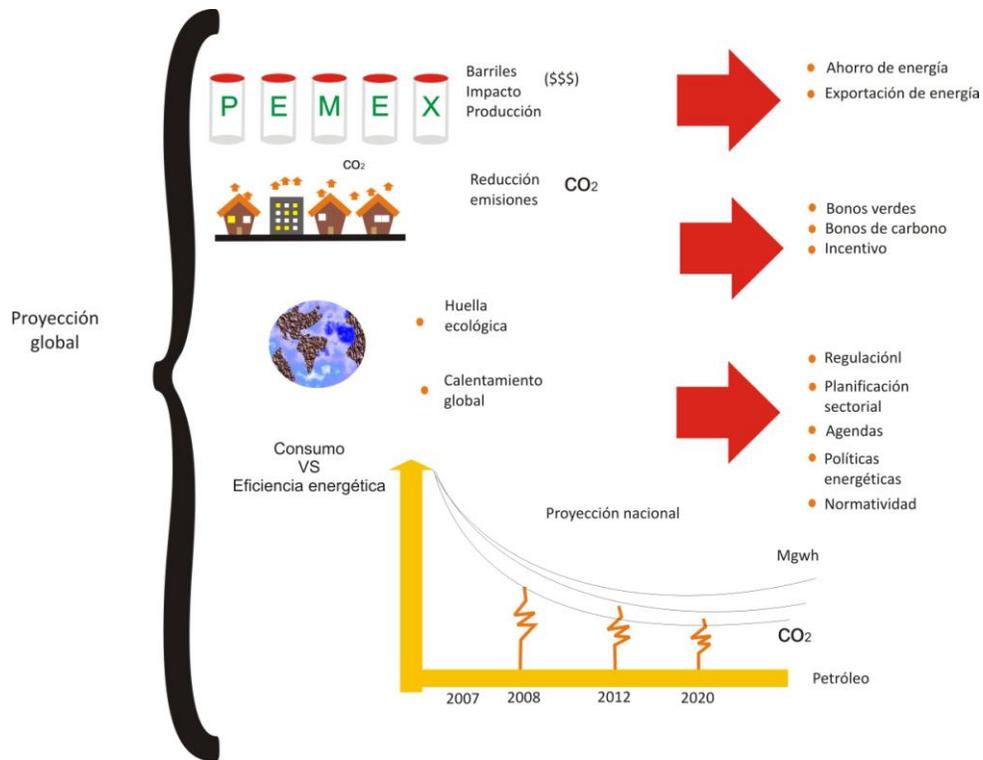


Figura 18: Impacto y proyecci6n global energ6tica; elaboraci6n propia

### **3.4 INDICADORES DE EFICIENCIA AMBIENTAL Y ENERGÉTICA**

Un indicador, según su concepto básico, es una herramienta que nos sirve para mostrar o indicar cuantitativa y cualitativamente un fenómeno, según sea el ámbito o sector en el que se esté trabajando; entre los indicadores en el renglón ambiental podemos encontrar: los ambientales, económicos, sociales, energéticos, sustentables entre otros. En la mayoría de los casos, los indicadores tradicionales miden los cambios en una parte del fenómeno como si fueran independientes unos de otros.

Los indicadores de sustentabilidad, no admiten solamente los efectos de un fenómeno sino que reflejan la interrelación con las causas, es decir la realidad de los tres diferentes segmentos que están fuertemente interconectados: el social, el económico y el ambiental (Maureen, 2000).

En este caso, se tendrá un indicador sobre el uso y la eficiencia que se hace de la energía en sus diferentes fases y sectores, considerando desde la fuente principal, la transformación de ésta, hasta el uso correcto y eficiente de la energía en cierto sector; en el caso de la vivienda, un indicador de eficiencia energética nos establecerá la manera en la que deberá operar una vivienda a partir del uso racional de la energía pero con la misma calidad y menor cantidad de ésta para su correcta operación.

De acuerdo con Meadows (2004), la importancia de estos radica en lo medible y en cómo pueden llegar a impactar en un sistema, mostrándonos los puntos de repercusión que se debe atender, además de ayudarnos a identificar las reservas (stock) de los sistemas y su estado actual (árboles, agua, energía, acuíferos, etc.).

Por ello, los indicadores ambientales y de sustentabilidad deberán considerarse, tanto los físicos medibles como los subjetivos. De tal forma, que tener un indicador no será sólo aquellos básicos cuantificables, sino aquellos que determinen: el bienestar y la integridad ambiental. Según Meadows (2004), la interacción entre los dos, nos dará la magnitud de la eficiencia con la que los recursos ambientales se traducirán en bienestar humano, dándonos una búsqueda más integral hacia la sustentabilidad. De acuerdo con lo planteado con Daly (1996) partiendo del capital natural como base del planeta, podremos ver que existe una relación entre la fuente y el destino de un sistema en términos de sustentabilidad; los indicadores de eficiencia energética nos servirán entonces, para poder medir el capital natural. En este caso, la fuente o yacimiento energético y su relación con el destino después de su uso reuso y transformación.

En el caso de los indicadores de eficiencia energética para la vivienda, se plantea una matriz donde se establece como construir un capital económico a partir de indicadores energéticos, es decir, la energía utilizada en la vivienda a diferentes escalas, y como se traducen estos en (Megawatts, toneladas de CO<sub>2</sub>), como el consumo y desecho energético según la vivienda.

### 3.5 MODELO DE METABOLISMO URBANO DE CIUDAD SUSTENTABLE

Con base en las teorías analizadas, en la (Figura 19) se observa un modelo de metabolismo urbano planteado para ciudad sustentable, en él se destaca la interacción de los sistemas de una ciudad y sus impactos en los diferentes capitales ambientales económicos y energéticos, como lo han venido desarrollando los teóricos, además de su dinámica urbana y efecto en las diferentes escalas, se identifican los sectores y su interconexión entre ellos, señalándose las entradas y salidas de flujos energéticos, traducidos en recursos naturales y desechos.

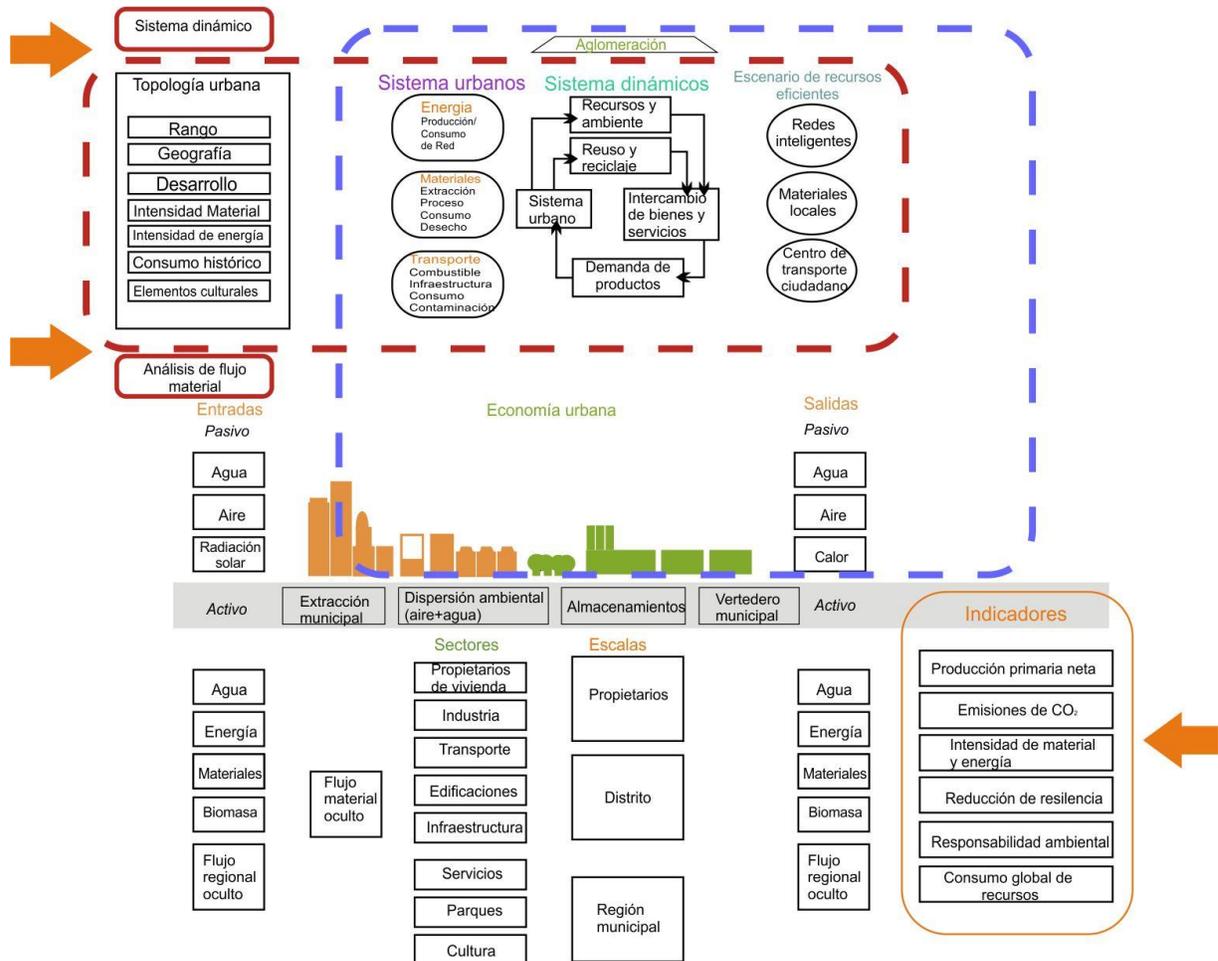


Figura 19: Modelo de metabolismo urbano de ciudad sustentable; elaboración propia

Los indicadores son traducidos en efectos cuantitativos como emisiones, intensidad del material y su energía, habitabilidad de los espacios, la reducción de la resiliencia, y finalmente esto como se traduce en el consumo global de los recursos naturales.

### **3.6 LAS CORRIENTES CONTEMPORÁNEAS DE LA PLANEACIÓN, PROPUESTA HACIA UNA CIUDAD EFICIENTE**

#### **3.6.1 El desarrollo inteligente y el nuevo urbanismo: una propuesta para contribuir a la eficiencia energética.**

La problemática medioambiental y de consumo energético, son factores que impactan directamente sobre las nuevas políticas de los tres niveles de gobierno y en los planes nacionales de desarrollo para nuevas comunidades; en respuesta a dichas necesidades, se han venido creando una serie de tendencias y corrientes internacionales de desarrollo y planeación urbana para las ciudades contemporáneas y sus problemáticas, esta vez enfocadas a la búsqueda de la racionalización de los recursos, los consumos energéticos, la cohesión social y la incorporación del paisaje en comunidades peatonales y disminución de las emisiones de gases a la atmósfera, entre otras (PND, 2007-2012).

Esta serie de variables, ha hecho que la planeación urbana y el diseño urbano estén en un camino más complejo, y consideren la eficiencia energética como un valor intrínseco en sus principios y bases de diseño, por lo que las acciones de planeación requieren como condición indispensable, la racionalización energética y la reducción de los flujos que impactarán directamente sobre las ciudades.

*“La nueva planeación urbana busca un crecimiento y desarrollo económico, armónico, energéticamente eficiente y equitativo, los arquitectos urbanistas y planeadores en países de Norteamérica han planteado diferentes corrientes que ya han sido puestas en práctica en diferentes conjuntos habitacionales”* (APAEU, 2005). El desarrollo inteligente (DI), es una de las corrientes preocupadas por contribuir a la nueva tendencia en la planeación e implementación de políticas hacia la sustentabilidad.

#### **3.6.2 El desarrollo inteligente (Smart Growth).**

Basado en la definición dada por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, APAEU (2005), por sus siglas en inglés, *el desarrollo inteligente: es una corriente del desarrollo urbano la cual crea la posibilidad de que las comunidades crezcan en maneras que favorecen el desarrollo económico y la generación de empleos; crea vecindarios sólidos con diferentes opciones de vivienda, comercio y transportación, y establece comunidades saludables que proveen a las familias de un medio ambiente limpio.*

El (DI) establece por sí solo, una serie de definiciones de acuerdo con diferentes autores y organizaciones, una de las más precisas es la que da Litman (2007), donde define que: *“el desarrollo inteligente (también llamado nuevo urbanismo) se refiere a los principios de desarrollo y prácticas de la planeación, basadas en el uso eficiente de la tierra y los sistemas de transporte.* Es un alternativa al desarrollo disperso (Sprawl development), respondiendo a fenómenos como la baja densidad, el crecimiento disperso, la

dependencia del automóvil y los patrones de uso de la tierra; la tabla 16 muestra las diferencias principales entre el desarrollo inteligente y el disperso.

**Tabla 16. Desarrollo inteligente y disperso (“Smart Growth”, VTPI, 2005; SGN, 2001)**

	<b>Smart Growth</b>	<b>Sprawl</b>
<b>Densidad</b>	Alta densidad, actividades cercanas.	Baja densidad actividades dispersas.
<b>Patrón de crecimiento</b>	Promueve el desarrollo de relleno, y el Brownfield	Crecimiento periférico (greenfield) development.
<b>Uso de Suelo</b>	Mixto	Segregado y único
<b>Escala</b>	Escala humana. Edificios pequeños, bloques y caminos amigables retomando el paisaje.	Grande escala edificios grandes bloques y calles anchas, se tiene un menor impacto en los caminos peatonales el paisaje y se da mayor énfasis a los vehículos.
<b>Servicios Públicos (Tiendas, escuelas y parques)</b>	Localmente distribuidos, compactamente, acceso peatonal..	Regional, se distribuye en forma más grande, se requiere automóvil para su acceso.
<b>Transporte</b>	Transporte multimodal, uso de suelo que promueva, caminar, ciclismo y transporte público.	Transporte orientado al uso del vehículo, no se promueve el caminar ni el ciclismo.
<b>Conectividad</b>	Caminos bien conectados, andadores peatonales, uso de transporte motorizado y no motorizado	Caminos no conectados y barreras para desplazamientos no motorizados, difícil accesibilidad peatonal.
<b>Diseño de Calles</b>	Calles diseñadas para los distintos tipos de actividades. Acústico.	Calles diseñadas para gran volumen de tráfico y alta velocidad
<b>Proceso de planeación</b>	Planeación mediante los procesos de jurisdicción.	No se planea, no existe coordinación entre la jurisdicción y el desarrollador.
<b>Espacio Publico</b>	Énfasis en el espacio público, calles, parques, lugares de reunión social.	Énfasis en lo privado (jardines, centros comerciales, comunidades cerradas, clubs).

La tabla anterior hace una comparación entre diferentes principios del (DI) y el desarrollo disperso. En el (DI), se hace énfasis en la accesibilidad, lo que significa la posibilidad de hacer que la gente tenga cerca sus actividades cotidianas y las áreas de servicio (VTPI, 2005). Por otro lado, respecto al desarrollo disperso, se busca reducir el movimiento físico, particularmente hecho por el automóvil, reduciendo distancias entre las actividades comunes (casa, trabajo, escuelas, servicios); además de las alternativas con las que esto se complementa, como son: la caminata, ciclismo. Esta diferencia hace que el desarrollo inteligente busque una mejor conectividad entre los sitios, reduciendo el uso del vehículo y haciendo, incluso, los viajes en éste más cortos, esto es una solución a los problemas que tiene el desarrollo disperso o “Sprawl”.

*El (DI) debe de promover todas sus estrategias basadas en todos sus objetivos generales; de ahí, que, la implementación de las acciones en forma aislada, no tendrá el mismo impacto que la integración de todas (Litman, 2007). Este conjunto de principios, va a cumplir objetivos muy específicos en las comunidades. En las figuras siguientes podemos*

observar el contraste entre aquellas comunidades con desarrollo inteligente y las de desarrollo disperso en Norte América.



Imagen 1. Desarrollo inteligente (DI)



Imagen 2. Desarrollo disperso.

El (DI), (imagen 1), propone conjuntos donde el uso del suelo es mixto, desarrollos de densidad media y sistemas de transporte que buscan un balance entre la peatonalización, el uso de bicicleta, el vehículo y el transporte público. A diferencia, el desarrollo disperso (imagen 2), presenta un uso de suelo esparcido, con calles comerciales en vías rápidas y anchas, comunidades de baja densidad, casas unifamiliares y sistemas de transporte más orientados al automóvil, que al transporte público.

En países como Canadá, el desarrollo inteligente ha cobrado un valor particular, y sus políticas se han venido implementando con mayor auge; tal es el caso de la zona suburbana de Langford, en las (imágenes 3 y 4), se observa la importancia de promover la comunidad peatonal, así mismo, el uso mixto del suelo incentiva a las comunidades compactas, calles con un ancho considerable, donde el peatón y la bicicleta forman parte del paisaje urbano.

Los andadores y las banquetas son diseñados para tener caminatas agradables y promover el uso de la arquitectura de paisaje, las ciclopistas son marcadas y la vivienda es integrada a las áreas verdes del exterior; el uso de vehículos disminuye y se crean comunidades de baja velocidad.



Imagen 3.



Imagen 4.

### 3.6.3 Principios del desarrollo inteligente y sus implicaciones en la eficiencia energética (EE).



Imagen 5. Victoria, Nueva Escocia, beneficiada por el (DI)

El desarrollo inteligente plantea una planeación urbana contra el desarrollo disperso (Sprawl), en el cual se incentiva al uso de comunidades más compactas, que sean capaces de reducir el uso del automóvil. Se busca la accesibilidad, así como la permanencia en las comunidades, equipándolas con los servicios e infraestructura necesaria para lograr comunidades denominadas de “24 horas” (Litman, 2007).

Al igual que otras corrientes contemporáneas de desarrollo, el (DI) basa sus acciones en principios de los cuales algunos llevan implícita la eficiencia energética (Tabla 17). En cada uno de ellos se destaca la manera en que el desarrollo inteligente impacta directamente sobre la eficiencia y el consumo energético.

**Tabla 17. Principios e implicaciones energéticas de las acciones del desarrollo inteligente.**

PRINCIPIO	ACCIÓN	IMPLICACIONES DE EE
<b>1.- Combinación de usos de terreno</b>	Incentivación del estado (vivienda trabajo cercano)	Se reduce el uso del vehículo y con ello, los consumos de hidrocarburos, así como la reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> al disminuir los traslados vivienda-trabajo.
	Zonificar por edificación y no por uso	Esto permite tener diferentes bloques de vivienda que ayudan al diseño bioclimático.
<b>2.-Incentivar diseños de edificación compacta</b>	Establecer códigos estatales para adaptar diseño de edificaciones compactas	La edificación compacta ayuda a disminuir las islas de calor y tiene una implicación directa sobre la instalación de servicios e infraestructura en la vivienda.
	Ofrecer bonos de densidad (construcción de amenidades)	La alta densidad provoca menos flujos energéticos en cuanto a movilidad dentro del desarrollo habitacional.
	Respaldar iniciativas regionales para la creación de comunidades compactas.	El consumo energético por comunidades compactas y por región beneficiará a la reducción del consumo de hidrocarburos.

PRINCIPIO	ACCIÓN	IMPLICACIONES DE EE
<b>3.-Ampliar la gama de oportunidades y alternativas de vivienda</b>	Hipotecas de recursos eficientes.	Incentiva las hipotecas verdes en México y las fuentes de energía renovable.
	Asignar prioridad a los proyectos de desarrollo inteligente y programas que lo fomenten.	Dará prioridad a proyectos de eficiencia energética.
<b>4. Crear comunidades peatonales</b>	Concentrar los servicios cerca de viviendas trabajos y transporte colectivo	Reducir emisiones de CO <sub>2</sub> e incentivar el uso de transporte colectivo "limpio".
	Técnicas para mitigar el tráfico en áreas urbanas.	Reducirá el uso del vehículo, impactando en las emisiones de CO <sub>2</sub> y consumo de hidrocarburos.
<b>5. Desarrollar comunidades atractivas y distintivas que provoquen un fuerte sentido de pertenencia al lugar</b>	Plantar árboles a través de todas las comunidades y preservar los árboles existentes en los proyectos nuevos de construcción	Remoción de CO <sub>2</sub> y modifica el microclima del sitio.
<b>6. Preservar espacios abiertos, terrenos agrícolas, de belleza natural y áreas ambientalmente críticas</b>	Crear un plan de infraestructura verde	Remoción de CO <sub>2</sub> , modifica el microclima del sitio y la adecuación bioclimática.
	Crear red de veredas y vías verdes	Remoción de CO <sub>2</sub> , modifica el microclima del sitio y la adecuación bioclimática.
	Preservar tierras agrícolas	Modificación del microclima.
<b>7. Proveer una variedad de opciones de transportación</b>	Planificar redes viales a escala vecinal	Reduce emisiones de CO <sub>2</sub>
	Zonificar para concentrar las actividades alrededor del transporte colectivo.	Reduce emisiones de CO <sub>2</sub>
	Aceras en todos los desarrollos	Incentiva la adecuación bioclimática y el impacto térmico, apoya la peatonalización.
	Atender las necesidades y oportunidades de estacionamiento	Ayuda al diseño bioclimático, reduce estrés térmico.
<b>8. Propiciar la colaboración de la comunidad y otros grupos interesados en la toma de decisiones sobre el desarrollo de los terrenos</b>	Asistencia técnica para un proceso de participación pública	Sensibilización social en programas de ahorro de eficiencia energética.
	Crear conciencia ambiental en los estudiantes	Sensibilización y conocimientos básicos del uso racional de la energía.

### 3.6.4 Contribuciones al desarrollo sustentable

El DI tiene una injerencia directa sobre la eficiencia energética, y está considerada como uno de los puntos básicos que deberá atender el desarrollo sustentable. En ese sentido y de acuerdo con el análisis hecho, se retoman y resaltan aquellos puntos que, de forma general, impactarán en el consumo y la eficiencia energética.

- ✓ Incentiva el uso del transporte público.
- ✓ Promueve la creación de comunidades de alta densidad lo que permite ahorrar energía necesaria para la distribución de recursos.
- ✓ Promueve las mezclas de usos de suelo, lo que permite reducir tráfico en traslados, además de lograr ahorro de energía y contaminación.
- ✓ Promueve el uso de diversos tipos de transporte, principalmente el peatonal.
- ✓ Promueve la generación de espacios abiertos de equipamiento, en particular áreas verdes.
- ✓ Reduce la desincorporación de áreas agrícolas para uso urbano.

### 3.6.5 El nuevo urbanismo (NU).

En la época de los 90's, algunos de los diseñadores que obtuvieron premios nacionales sobre el diseño de ciudades y barrios, se vieron en la necesidad de promover y convocar para resolver los siguientes problemas del desarrollo disperso en las ciudades; entre los mayores problemas a atender estaban (AETU, 1990):

- Segregación Racial
- Diferencia en el ingreso
- Degradación ambiental
- Uso Excesivo del automóvil

Con estos principios se formó el congreso sobre el (NU), una organización que estaría buscando una nueva generación de políticas públicas, con el sentido de crear nuevas comunidades peatonales y con un óptimo uso del automóvil (Baker, 2007). En este sentido, el (NU) trata de promover las comunidades compactas y peatonales, donde se retome el concepto del barrio antiguo y la escala humana sea el factor principal.

*El (NU) reúne a una serie de expertos que basan sus principios en los diseños anteriores, de bloques de comunidades, barrios y distritos de antaño, convirtiendo así en un paradigma y en una placentera fábrica urbana (Jacobsen, 2006).*

Algunos autores como Duany (2005), ha participado en proyectos cuya objetivo dentro del nuevo urbanismo es rescatar lo que los urbanistas nuevos han estado haciendo durante los últimos 25 años, buscar **hacer un arte cívico del urbanismo**, mermando los diseños antes establecidos, donde el automóvil era el punto central del diseño. Este tipo de proyectos donde se proponen nuevos conceptos y distintas estrategias de diseño, han servido para que los desarrolladores de los Estados Unidos sigan las líneas propuestas y se empiecen a ver estos desarrollos como el nuevo paradigma del desarrollo urbano, en el marco del nuevo urbanismo, incluso ya denominadas Diseño de comunidades tradicionales.

### 3.6.6 El nuevo urbanismo y su impacto en la eficiencia energética.

Uno de los puntos focales del nuevo urbanismo es la movilidad del peatón, donde establece que del centro a las orillas debería existir un desplazamiento en tiempo, de 5 minutos, lo que trae consigo que la densidad de vivienda debe de incrementarse, así como los usos mixtos de los suelos, haciendo un menor uso del automóvil, incentivando la comunidad peatonal por un lado y por otro, el recorrido de todo el conjunto, con el sentido de lograr una mayor interacción social, principio nostálgico basado en el barrio de antes (New Urbanism, 2008); la tabla 18 muestra los principios e impactos sobre la eficiencia energética del (NU).

**Tabla 18. Principios del nuevo urbanismo y los impactos sobre la eficiencia energética**

PRINCIPIO	ACCIÓN	IMPLICACIONES DE EE
<b>1 Comunidades Peatonales</b>	La mayoría de los espacios deberá estar dentro de una caminata no mayor a 10 minutos del hogar, al trabajo, servicios.	Reducir emisiones de CO <sub>2</sub> reducir el uso del vehículo dentro del conjunto.
	Diseño amistoso peatonal de la calle (edificios cerca de la calle; terrazas, ventanas y puertas; calles enmarcadas por árboles; cocheras ocultas; calles de baja velocidad, 20 Km./h).	Reducirá el uso del vehículo, impactando en las emisiones de CO <sub>2</sub> y consumo de hidrocarburos.
<b>2. Conectividad</b>	El diseño de las redes viales deberá estar interconectada y dispersar el tráfico, así como facilitar el caminar.	<p>Eficientizar los flujos vehiculares.</p> <p>Remoción de CO<sub>2</sub> y modifica el microclima del sitio.</p>
	Debe haber jerarquía entre calles, bulevares y callejones estrechos. La red de caminos peatonales deben hacer placentera la caminata	Promueve el diseño bioclimática en caminos peatonales, bulevares y calles, generando, sendas y encaminamientos por medio de la arquitectura de paisaje.
<b>3.- Uso Mixto y Diversidad.</b>	Mezcla de uso de suelos: tiendas, oficinas, apartamentos y viviendas en el mismo espacio; mezclados entre vecindades, cuadras y edificios.	Reducir el impacto térmico por medio del diseño compacto, se generan diferentes zonas térmicas.
		El amortiguamiento térmico reduce el uso de sistemas de climatización artificial, aire acondicionado o calefacción.
		Permite establecer zonas y áreas verdes que sean utilizadas como amortiguador de las islas de calor.
<b>4.- Mezcla de vivienda</b>	La vivienda deberá hacer un uso mixto, en tipos, precios y tamaños dentro de la comunidad.	Modificación del microclima.
		El diseño arquitectónico será flexible y podrá aprovecharse para implementar por medio de plataformas de diseño, el uso de eco tecnologías.

PRINCIPIO	ACCIÓN	IMPLICACIONES DE EE
<b>5. Arquitectura de calidad y diseño urbano</b>	Énfasis en la belleza, estética y confort humano; espacios especiales para usos cívicos dentro de la comunidad	Sensibilización social en programas de ahorro de eficiencia energética.
	Arquitectura a escala humana y la belleza de los alrededores alimentando al espíritu.	Sensibilización y conocimientos básicos del uso racional de la energía.
<b>6. Estructura tradicional del vecindario</b>	Las distancias entre todos los usos y densidades de la población, deben estar a 10 minutos caminando.	Diseño bioclimática dentro del conjunto y reducción de uso vehicular, diseño urbano más orgánico.
	La planeación de los transectos de alta y baja densidad, deben considerar una metodología ambiental para el diseño de la zonificación de la comunidad.	Se hace análisis de flujos energéticos, considerando los más óptimos en función de la metodología ambiental, beneficiando en este caso los aspectos de confort y consumo energético.
<b>7. Incrementa la densidad</b>	Promover comunidades compactas, residencias, tiendas y servicios debe estar cerca para facilitar la caminata y habilitar una mejor efficientización en el uso de los servicios y recursos, creando un espacio que mejore la calidad de vida.	Se reducen los flujos de energía al tener concentrados los servicios, de las viviendas, y tiendas. Impacto directo sobre los energéticos y las energías secundarias.
<b>8. Transporte inteligente</b>	Debe haber una red de trenes de alta calidad, que conecte las ciudades, los pueblos y las comunidades.	Se promueve el diseño bioclimático para tener una comunidad peatonal amigable y de transporte inteligente, se diseñan apeaderos de autobuses, caminos, sendas, y ciclistas, considerando el impacto climático y las ecotecnologías.
	Debe existir una comunidad peatonal con diseño amigable donde se pueda hacer uso de las bicicletas, patines, trenes y caminata diaria.	
<b>9. Sustentabilidad</b>	Desarrollo de mínimo impacto ambiental y su operación. Ecotecnologías, respeto por la ecología y el valor por los sistemas naturales. Eficiencia energética. Menor uso de energía no renovable.	Se promueven las fuentes de la energía alterna, el diseño bioclimático, la helioarquitectura, la arquitectura ecológica y el ecourbanismo, como estrategias principales que ayuden a la conservación de energía y su eficiencia.
<b>10 Calidad de vida</b>	Lugares que enriquezcan e inspiren el espíritu humano.	Lugar donde se perciba la eficiencia y calidad medio ambiental, reflejada en el confort del individuo.

### 3.6.7 Contribuciones del desarrollo sustentable

El nuevo urbanismo propone que las comunidades sean compactas, reduciendo así los flujos energéticos y de movilidad en las nuevas ciudades, además de reducir el uso de tierras agrícolas y promover, por un lado, las comunidades peatonales.

Otra de las contribuciones con el desarrollo sustentable, está básicamente relacionada con la cercanía de la vivienda o la comunidad a las zonas de trabajo; esto, al promover el uso mixto del suelo dentro de las mismas comunidades, y lleva a comunidades en bicicleta o peatonales, como lo marcan sus principios.

El desarrollo disperso propuesto en los 50's se verá reducido, y por tanto, el uso de autopistas y el consumo energético de automóviles, así como el transporte urbano; reduciendo el impacto de las emisiones de CO2 a la atmósfera y con ello, el efecto invernadero (principios del tratado de Kioto, 1997). La tabla 19, hace referencia a las contribuciones del (NU) al desarrollo sustentable.

**Tabla 19. Contribuciones del (NU) al desarrollo sustentable**

PRINCIPIOS	CONTRIBUCIONES
Crear comunidades peatonales.	Promueve el desarrollo y la integración social de las comunidades
Concentración de usos de suelo (comerciales, equipamiento, servicios, residenciales, etc. dentro de una comunidad existente).	Promueve las mezclas de usos de suelo, lo que permite reducir tráfico en traslados además de lograr ahorro de energía y contaminación.
Diversificación de vivienda, ampliar la gama de oportunidades y alternativas de vivienda	Promueve la creación de comunidades de alta densidad lo que permite ahorrar energía necesaria para la distribución de recursos.
Incentivar diseños de edificación compacta.	
Crecimiento hacia el interior de las áreas Urbanas, fortalecer y dirigir el desarrollo de los terrenos hacia comunidades existentes.	Reduce la desincorporación de áreas agrícolas para uso urbano.
Proveer una variedad de opciones de transportación	Ayuda a la reducción de contaminación ambiental
Desarrollar comunidades atractivas y distintivas que provoquen un fuerte sentido de pertenencia al lugar.	
Preservar espacios abiertos, terrenos agrícolas, de belleza natural y áreas ambientalmente críticas.	Mejora las condiciones ambientales y la imagen urbana de la ciudad.
Valores equitativos en propiedades, hacer que las decisiones sobre desarrollo de los terrenos sean predecibles, justas y beneficiosas en cuanto a costos	Promueve la generación de espacios abiertos de equipamiento en particular áreas verdes.
Participación Ciudadana, propiciar la colaboración de la comunidad y otros grupos interesados en la toma de decisiones sobre el desarrollo de los terrenos.	Mejora los procesos de gestión ante la participación ciudadana.
Espacios peatonales, se recomienda un diseño amistoso al peatón y la ubicación de equipamientos a una distancia no mayor a 10 minutos caminando.	Las comunidades amistosas peatonales ofrecen más oportunidades de familiarizarse con otros barrios y ciudades, dando por resultado relaciones significativas con más gente, y una ciudad más amistosa;
Conectividad, establecer un jerarquía de vialidades y espacios que propicien los recorridos peatonales	Menos congestión de tráfico;

PRINCIPIOS	CONTRIBUCIONES
Usos mixto y diversidad, propiciar la mezcla de usos de suelo como oficinas, apartamentos dentro de edificios o manzanas.	Ahorro en costo en instalaciones para estacionamiento con usos mixto mediante la distribución de espacios a través del día y de la noche, dando por resultado menos duplicación en el abastecimiento del estacionamiento.
Diversificación de vivienda, promover un amplia gama de tipos, tamaños y precios de vivienda.	Menos crimen y menos vigilancia debido a la mayor presencia de la gente de más día y noche de la gente; Menos resistencia de la comunidad
Calidad en la Arquitectura y Diseño Urbano, énfasis en la belleza, la estética, la comodidad humana que creen un sentido de pertenencia del lugar.	Mejor imagen de la comunidad y mayor sentido de pertenencia del lugar
Estructura tradicional del Barrio, toma los elementos del barrio Neotradicionalista, que establece el espacio público central.	Mejora el sentido de la identidad del lugar y de la comunidad con una arquitectura única con más espacios abiertos, mejores lugares a vivir, trabajar y de esparcimiento
Incrementar la Densidad, edificios, tiendas y servicios con ubicaciones más cercanas que eficienten los servicios y los recursos para crear espacios más convenientes y agradables.	Menos necesidad de las instalaciones de estacionamiento debido a la mezcla de residencias y de aplicaciones del anuncio publicitario dentro de la distancia de caminata recomendada
Transporte Inteligente, promueve la inclusión de trenes de alta calidad para conectar ciudades, pueblos y barrios, así como transportes alternativos como bicicleta, patines y el caminar.	Grande los ahorros a los residentes reduciendo el costo en transporte hacia la escuela, los niños pueden caminar o montar en bicicleta a sus escuelas dentro de su barrio
Sustentabilidad, respeto por el medio ambiente, manejo de ecotecnologías y reducción del consumo en combustibles.	Una forma de vida más sana con más caminar y menos tensión;
Calidad de Vida, incrementar el nivel de calidad para hacerla más digna.	Alta calidad de vida;
Mejorar la circulación y caminabilidad de una comunidad	Ayuda a la reducción de contaminación ambiental
Lograr la conectividad en las vías de comunicación	Incentiva el uso del transporte público.
Concentración de usos de suelo (comerciales, equipamiento, servicios, residenciales, etc. dentro de una comunidad existente).	Promueve la concentración y mezcla de usos de suelo, lo que permite reducir el tráfico y como consecuencia reduce el consumo en combustibles.
Diversificación de vivienda.	Promueve la creación de comunidades que poseen diversificación de vivienda con el objeto de incentivar su integración social.
Edificios diseñados para ser accesibles.	Promueve el diseño de espacios amigables al peatón.
Crecimiento hacia el interior de las Áreas Urbanas, aprovechar los “huecos” en las comunidades, para revitalizar las zonas interiores	Consolidación de área urbana
Evitar la presión sobre las Zonas Rurales	Reduce la desincorporación de áreas agrícolas para uso urbano.
Valores equitativos en propiedades, Incrementar el Valor de las Propiedades al ser espacios rehabilitados.	Evita la especulación en valores de las propiedades.
Re-aprovechamiento de la Infraestructura existente	

PRINCIPIOS	CONTRIBUCIONES
Estimular la inversión económica y el desarrollo de comunidades establecidas.	Promueve el desarrollo económico local
Fomenta el re-uso. Aprovechamiento de terrenos para futuros usos.	Enfoque integrado para la planificación y administración de recursos del suelo.
Trata de impedir la extensión urbana. Densifica los terrenos abandonados.	Promueve el desarrollo urbano compacto reduciendo con ello la movilidad acortando distancias. Promueve del desarrollo de asentamientos humanos sustentables.
Aprovechamiento de infraestructura existente.	
Proteger el medio ambiente, la salud y seguridad. Eliminando los agentes contaminantes	Protege un medio ambiente sustentable. Fomenta la protección y promoción de la salud humana.
Identificación, evaluación, limpieza y saneamiento de sitios contaminados abandonados. Inventario y selección de sitios contaminados por grado de riesgo.	Manejo ambientalmente limpio y seguro de sitios contaminados.
Fortalecer la economía, el comercio y el mercado local. Genera nuevas fuentes económicas y laborales.	Estimula una economía local sustentable. Promueve mecanismos y recursos financieros.
Promover la formación de alianzas. Fomenta la coordinación de gobierno, el sector público y privado.	
Establecer procesos participativos de planificación en la restauración de terrenos. Fomenta la colaboración entre los actores responsables, propietarios, la comunidad e involucrados.	Fomenta la participación ciudadana. Promueve de la educación, la concientización pública y la capacitación.
Desarrollo y demostración de nuevas tecnologías de remediación y el desarrollo de herramientas científicas. Aplica conocimientos técnicos para la eliminación de contaminantes.	Transferencia de tecnología. Manejo ambientalmente limpio de la biotecnología.
Valores equitativos en propiedades, Incrementar el Valor de las Propiedades de espacios de riesgo ambiental que cambiaron a espacios más seguros.	

### 3.7 DIFERENCIAS ENTRE EL DESARROLLO INTELIGENTE Y EL NUEVO URBANISMO

Tanto el desarrollo inteligente como el nuevo urbanismo, buscan una manera de reducir el impacto del desarrollo disperso; como ya se observa en sus principios y objetivos, ambos están preocupados por reducir el uso del automóvil, así como lograr las comunidades compactas y los usos mixtos de suelos, entre otras características; sin embargo, cada uno de ellas se sitúa en diferentes ámbitos: el nuevo urbanismo lo ubicamos en una frontera que tiende a resolver problemas a nivel regional o de ciudades, aunque hace énfasis en conceptos muy particulares de los desarrollos habitacionales. Por otro lado, el desarrollo inteligente se ubica más a un nivel local, tratando de rescatar barrios y estructuras urbanas tradicionales, que pueden promoverse como una zona inteligente en las ciudades. El nuevo urbanismo ha propuesto en Norte América, conjuntos donde se ha incentivado cada una de las políticas, desde el transporte hasta el complicado uso mixto de la vivienda.

Por lo que respecta a la eficiencia energética, se observa que la direccionalidad que toma hacia el desarrollo sustentable se enfoca, básicamente, a la reducción del automóvil, promover las comunidades compactas y el uso mixto; así como desarrollar comunidades peatonales que incentiven la calidad de vida. Asimismo, se manifiesta la accesibilidad urbana del desarrollo inteligente y la movilidad del nuevo urbanismo.

En esta serie de principios, es donde se observa que tiene una connotación energética capaz de impactar directamente sobre la reducción de los flujos de energía, contribuyendo con ello al desarrollo sustentable.

Así, el desarrollo inteligente como el nuevo urbanismo, deben ser tratados y considerados con mesura, ya que dependerán de la cohesión social que se quiera lograr, el modelo económico donde se desarrollarán, los usos y costumbres de la población y la participación comunitaria, entre otras; debido a que estos son modelos de desarrollo y planeación urbana que surgen en los países desarrollados, y para aplicarlos a los países en vías de desarrollo, deberán buscar la actitud de participación, la convivencia y sentido de pertenencia por el lugar, con el fin de respetar el entorno, y así, poder vivir en comunión en las comunidades compactas, peatonales, de uso mixto, de transporte inteligente y eficiencia energética.

La evaluación hecha sobre el desarrollo inteligente y el (NU), se empieza a retomar en nuestro país por los organismos federales, como lo son: INFONAVIT y CONAFOVI; sin embargo, no se están retomando aspectos que ligen una reingeniería de la ciudad como una nueva forma de hacerla, ni tampoco relacionándola con la eficiencia energética. Es por ello, que el modelo de metabolismo energético aquí planteado, considera en su evaluación los impactos de la vivienda, desde el nivel sitio hasta el nivel región, destacando la eficiencia energética como uno de los sistemas modeladores del desarrollo sustentable aplicados a las condiciones y realidades sociales, ambientales y económicas de Mexicali.

## CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA

Con el sentido de establecer la metodología a emplear en la evaluación del modelo de metabolismo energético, fue necesaria una revisión bibliográfica, a mayor detalle, que permitiera ubicar los avances recientes en materia de metodologías aplicadas al estudio del metabolismo urbano, pero específicamente, al energético. En cada uno se revisó la metodología utilizada, y a partir de estas investigaciones, se pudo obtener el método más conveniente para ajustarse a las condiciones de Mexicali. Una vez generado el modelo, se procedió a evaluarlo mediante la modelación dinámica, según los casos de estudio. El modelo simulado fue necesario validarlo con datos medidos en campo, con el sentido de tener datos que consolidaran las bases de la simulación, comparándose los resultados evaluados contra los medidos. Esto permitió tener inferencias sobre el modelo que se estaba evaluando, y poder repetir la simulación para otros niveles de vivienda y otra región climática.

La tipología de vivienda a la que se ajustó el modelo para su evaluación fue: vivienda económica de 38 m<sup>2</sup>, media de 134 m<sup>2</sup> y un clúster de 15 viviendas de 48 m<sup>2</sup> para la región de Cancún, lo que significó una aplicación importante en este proyecto de investigación, dado que fueron proyectos reales que permitieron su ejecución, tanto en Mexicali como Cancún. El caso Cancún fue determinante para validar el modelo obtenido, debido a que el proyecto se presentó en el COP-16, México (cumbre sobre el cambio climático 2010). De esta manera, el modelo pudo aplicarse a diferentes escalas, como se planteaba. A continuación se describen los pasos seguidos, desde el modelo de vivienda económica hasta los modelos de vivienda Net-Zero ajustados a tres diferentes tipologías y dos bioclimas<sup>10</sup> de México.

### 4.1 EL MÉTODO

#### 4.1.1 Caracterización y clasificación de la vivienda evaluada

Para la evaluación de los diferentes tipos de vivienda, fue necesario clasificarlas según su superficie de construcción, debido a que éste genera las clasificaciones en función de sus m<sup>2</sup> construidos, y no así INFONAVIT, que lo hace en función del tope salarial y la máxima asignación del crédito, equivalente a \$480,000 pesos. La clasificación de INFONAVIT puede ser muy ambigua, debido a que se pueden considerar viviendas con un costo elevado y menos m<sup>2</sup> de construcción y viceversa, además de que las tecnologías y sistemas de ahorro de energía también quedarán en función del poder adquisitivo del usuario, como se verá en los resultados sobre el sistema de aislamiento y fotovoltaico. De esta manera, entenderemos que en lo sucesivo se le denominará vivienda económica, a la

---

<sup>10</sup> El bioclima depende del clima y de las condiciones de termofisiología humana. El clima tiene una gran influencia en la vegetación y en la vida animal, incluyendo a los seres humanos. Desempeña un papel significativo en muchos procesos fisiológicos, desde la concepción y el crecimiento de los seres vivos, hasta la salud y la enfermedad. El ser humano, por su parte, puede influir en el clima al cambiar su medio ambiente, tanto a través de la alteración de la superficie de la tierra, como por la emisión de contaminantes y productos químicos, como el dióxido de carbono.

conocida como vivienda de interés social, que comprende una superficie de construcción entre los 32 y 38 m<sup>2</sup>; la vivienda de interés medio se le denomina aquella comprendida entre los 89 y 150 m<sup>2</sup>; y a partir de los 250 m<sup>2</sup> se le denomina vivienda de interés alto.

**Escenarios de Evaluación:** el primer escenario de evaluación y punto de partida para obtener el modelo de metabolismo energético, se dio a partir de la evaluación de la vivienda económica con sistemas de aislamiento y focos ahorradores. Con ello se pudo inferir sobre las políticas e iniciativas de ley que tendrá la vivienda en el tema de aislamiento térmico y sistemas de innovación tecnológica.

**Determinación de la línea base de consumo eléctrico (LBCE)<sup>11</sup> para ciudades del mismo bioclima:** se determinó la (LBCE) de la vivienda económica, sin consideraciones de aislamiento térmico ni tecnologías de eficiencia; esta evaluación fue un punto de referencia básica para el desarrollo de esta investigación, la (LBCE) se determinó para la vivienda de Mexicali y se complementó con el de otras dos ciudades más del bioclima cálido seco de México: Cd. Obregón y Hermosillo, Sonora. Se seleccionaron, además, las ciudades por presentar altos índices de construcción en esta tipología de vivienda y un mismo bioclima.

La vivienda se tipificó según los sistemas constructivos, así como los escenarios de simulación (tabla 20); la primera vivienda evaluada fue la denominada “económica” por el desarrollador, la cual está distribuida sobre una superficie de 38 m<sup>2</sup>. El desarrollo habitacional seleccionado fue Ángeles de Puebla, debido a que representa uno de los fraccionamientos con mayor densidad en esta tipología de vivienda en Mexicali. La (tabla 21); muestra la densidad por fraccionamiento de este tipo en Mexicali, a la fecha, según el programa piloto de vivienda ahorradora propuesto por FIDE (2004).

La (tabla 21), muestra los fraccionamientos con mayor densidad de viviendas con estas características tipológicas, así como los desarrolladores de las mismas, de aquí se tomó la referencia y se contrastó con los resultados obtenidos de un monitoreo realizado para el proyecto de investigación CONACYT- CONAFOVI-2004-CO1-21, los resultados fueron básicos para validar la (LBCE), determinada en la simulación. La figura 20, muestra una sección del sembrado de viviendas del fraccionamiento seleccionado, 2,200 viviendas, distribuidas en 40 hectáreas, 55 viviendas/Ha.

En el proceso de evaluación para la vivienda económica, se compararon dos modelos, aquella denominada eficiente o *modelo esférico* y la ineficiente o *modelo lineal*; la eficiente: es la propuesta por el programa de vivienda ahorradora de FIDE, 2004, en la (tabla 20), se especificaron ya los escenarios de simulación.

---

<sup>11</sup> Se le denomina a la demanda de energía eléctrica necesaria para satisfacer sus necesidades de operación basadas en un caso base de vivienda.

**Tabla 20. Simulaciones realizadas para la vivienda económica**

ESTRATEGIA DE SIMULACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO	DESCRIPCIÓN DE LA SIMULACIÓN
CB (Caso Base) Temperatura de Diseño 26°C	Vivienda tradicional (bloc de concreto de 15 cms. y losa de vigueta bovedilla), sin tecnologías de ahorro.	Se realiza una simulación para la vivienda de caso base para Mexicali, bajo una temperatura de diseño y confort de 26°C.
AT (Aislante en losa)	Aislamiento térmico con placas de poliestireno en diferentes espesores.	Se coloca un sistema de aislamiento de diferentes espesores en la vivienda ahorradora, aplicados a losa y muro según las Normas de Eficiencia Energética en México.
AE (Aparatos de aire acondicionado EER 10.84 y EER 8.00)	Vivienda tradicional con sistemas de aire acondicionado eficiente vs ineficiente.	Se compara un sistema de aire acondicionado de alta eficiencia contra uno de baja eficiencia.
FA (focos ahorradores 13 W contra incandescentes 100 W) 5 focos por vivienda.	Vivienda tradicional con focos ahorradores e incandescentes.	Se compara una vivienda con focos ahorradores contra incandescentes.
IEER 1	Vivienda tradicional con medidas AE, FA.	Se evaluó AE y FA, siendo este el escenario del programa piloto, se realizaron 3 simulaciones.
IEER 2	Vivienda tradicional con sistema de aislamiento de poliestireno en 6 muros, diferentes espesores.	Se conjuntan las medidas AT, para losa y muros, se realizan 6 simulaciones correspondientes a 6 espesores de aislante para la ciudad de Mexicali.

**Tabla 21 distribución de viviendas del programa fide (2004) por fraccionamiento**

Desarrolladora Fraccionamiento	URBI	PROMOCASA	CADENA	GEO, B.C.
Número de viviendas en el fraccionamiento	Villa las Lomas y Ángeles de Puebla 2200	Portales sección II 1505	Real del río Sección III Sin Información	Valle de Puebla Sección azulejo 1054

Fuente: Proyecto de investigación CONACYT- Conafovi-2004-CO1-21

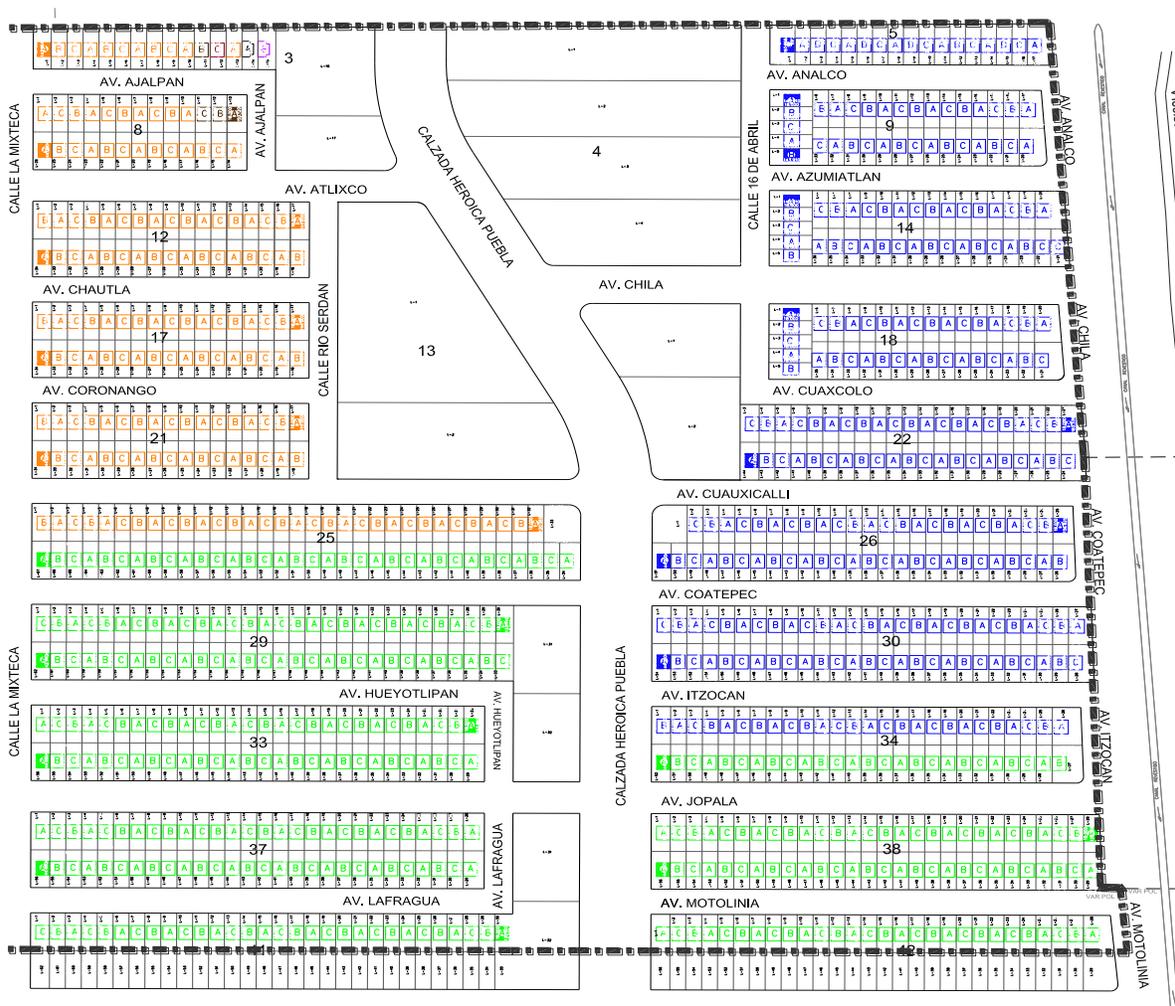


Figura 20. Desarrollo Ángeles de Puebla; proporcionado por Urbi (2010).

## 4.2 LA APLICACIÓN INTERNACIONAL DE LA METODOLOGÍA AFM EN OTROS CASOS DE ESTUDIO

Entre las revisiones de casos de estudio, se hizo una búsqueda desde la conceptualización teórica sobre metabolismo urbano dada por primera vez por Wolman (1965), hasta los procesos de balance de materia y energía propuestos por las investigaciones, realizadas en otros países y aplicadas a diferentes casos de estudio relacionadas con este tema, para consolidar el marco teórico y la introducción a la metodología. En la revisión se retoma la metodología análisis de flujo de materiales (AFM). Según (Ott, 2006), el (AFM) se define como un método para la comprensión, la descripción y la interpretación de sistemas de flujos de elementos o materiales; Baccini y Bader (1996), establecen que el procedimiento de un (AFM) consiste en los siguientes cuatro pasos:

- Análisis del sistema: selección de la delimitación, descripción del sistema a través de bienes y procesos

- Medición de los flujos de bienes
- Cálculo de los flujos de elementos o materiales
- Presentación esquemática e interpretación de los resultados

Esta metodología se basa en la ecuación general de balance de energía comúnmente utilizado en los estudios de sistemas en estado estable; para las variables del sistema se utilizan las siguientes ecuaciones de balance:

$$dM(j) = dM^{(j)} / dt = \sum_r A_{rj} - \sum_s A_{js}$$

$M(j)(t)$ : Cantidad de materia en  $V_j$

$A(t)_{rj}$ : Flujo de material de  $V_r$  a  $V_j$

Dentro de la metodología (AFM) que se utilizó específicamente en esta investigación, el modelo de balance de energía general en estado estable desglosa los insumos y consumos de la energía a partir del consumo eléctrico de la vivienda, como parte del metabolismo urbano; de acuerdo con la ecuación 1, este modelo será aplicable para las diferentes escalas: nivel sitio, escala, región.

$$\sum m_{\text{entradas}} = \sum m_{\text{salidas}} + m_{\text{acumulada}} \quad (1)$$

Donde:  $m$  = masa; en el modelo se representa la suma de las entradas y salidas energéticas

Baccini, Peter y Brunner (1991), además de Kennedy (2007), proponen la metodología (AFM) en estudios más recientes sobre metabolismo urbano; con éste último se tuvo asesoría sobre la revisión del estado del arte del metabolismo urbano, además de la aplicación metodológica en el análisis de materia y energía para el modelo propuesto. Asimismo, se revisaron otros autores que basaron sus investigaciones en las metodologías anteriormente citadas. Así, la validación de esta metodología, como se observa, ha sido ya utilizada y aplicada a ciudades y barrios, entre los que se mencionan el de Baccini y Brunner (1991) en “metabolismo de la antropósfera”, trabajo pionero en estudios de metabolismo urbano; Berg y Nycander (1997) investigación sobre “barrios sustentables”. Otro trabajo fundamental es el de Baccini (1997) “el metabolismo de la ciudad”; Newman (1999) con su investigación “modelo de metabolismo extendido”, además de las investigaciones más recientes sobre metabolismo urbano hechos por Sahely, Dudding y Kennedy (2003); además del estudio de Kennedy et al. (2007), todos ellos aplicados a las diferentes escalas urbanas y regionales.

La metodología general en esta investigación, por tanto, será (AFM) ya discutida, sin embargo, debido a que esto muestra un análisis únicamente en estado estable o bien se considera el sistema como abierto, es necesario aplicar y complementar dentro de la metodología con la modelación dinámica, observándose que el efecto de consumo

eléctrico de la vivienda tiene otras implicaciones energéticas a diferentes escalas y subsistemas.

#### 4.3 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA AFM PARA EL MODELO DE VIVIENDA ECONÓMICA

El principio de evaluación se realizó para la vivienda económica, determinado por medio de la metodología (AFM), primero la (LBCE) para las 3 ciudades definidas dentro de las regiones desérticas del noroeste de México (Mexicali, Hermosillo y Cd. Obregón), además de: *a)* el comportamiento térmico de la vivienda con el sistema constructivo tradicional y eficiente, según la ciudad y bioclima; *b)* la estimación del consumo eléctrico de la vivienda; *c)* el comportamiento y el consumo eléctrico de la misma vivienda tradicional, pero con la aplicación de tecnologías ahorradoras propuestas en el programa FIDE (2004); *d)* reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> a partir de su consumo eléctrico; *e)* reducción en el consumo de barriles de petróleo y *f)* indicadores de huella ecológica per cápita, por m<sup>2</sup>, por hectárea, por distrito y región.

Las tecnologías consideradas y simuladas en la tabla 20, se complementaron con una evaluación termoeconómica, que consistió en el análisis de los diferentes espesores de aislamiento térmico según las Normas de Eficiencia Energética Mexicana, CONAE (2006), CONAFOVI (2007) y ONNCCE (2008), mostrándose el consumo eléctrico, emisiones, ahorro económico y el retorno de inversión según el salario real del trabajador. En la (figura 21), se muestra el caso base de vivienda económica analizada para las tres ciudades de la región cálida árida de México.

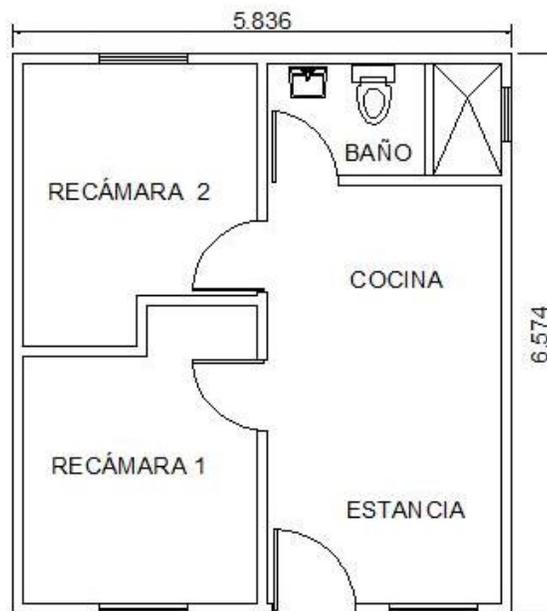


Fig. 21: Planta Arquitectónica de la vivienda económica 38 m<sup>2</sup>.

#### 4.4 DETERMINACIÓN DE LÍNEA BASE DE CONSUMO ELÉCTRICO POR TIPOLOGÍA DE VIVIENDA Y REGIÓN

Para establecer el nivel de consumo eléctrico de la vivienda, fue necesario determinar la línea base de consumo eléctrico (LBCE) por vivienda y región noroeste, desglosadas de la siguiente manera: consumo por electrodomésticos, refrigerador, aire acondicionado e iluminación; dichos sistemas se evaluaron considerándose tanto el modelo lineal como el esférico.

Con estos datos de consumo eléctrico, se procedió a la simulación térmica de la vivienda y la modelación dinámica, de donde se obtuvieron los indicadores de consumo eléctrico y su impacto desde la fuente principal, en este caso, el campo geotérmico de Cerro Prieto, las toneladas de CO<sub>2</sub>, así como el impacto en salarios reales y consumo en barriles de petróleo requerido según las diferentes escalas urbanas.

##### 4.4.1 Consideraciones previas a la determinación de la muestra para validación del modelo

Para determinar un muestreo estadístico según el desarrollo habitacional seleccionado con un universo de 2,200 viviendas, se consideró una muestra de tipo conglomerada, considerándose la tipología arquitectónica, el sistema constructivo y otros factores, la (tabla 22), muestra las variables consideradas en la determinación de la muestra.

**Tabla 22. Variables consideradas en el tamaño de muestra estadística**

DESCRIPCIÓN	MODELO LINEAL	MODELO ESFÉRICO	OBSERVACIONES
Tipología de vivienda	38 m <sup>2</sup>	38 m <sup>2</sup>	
No. Usuarios	5	5	
Sistemas de iluminación	Incandescentes 75 w	Fluorescentes 13 w	
Aire acondicionado	Ineficiente EER 5	Eficiente EER 10.84	Tipo ventana
Sistemas de aislamiento	No aplica	Poliestireno	2" de espesor
Orientación geográfica	Norte-Sur	Norte Sur	
Sembrado de la vivienda	Reticular	Reticular	
Electrodomésticos	Básicos	Especiales	Básicos: licuadora, plancha, tv, cafetera, refrigerador, estufa
Salario mínimo mensual	100 SM/mes	100 SM/mes	Salario/ mes

Así, podemos establecer un sistema de *muestreo conglomerado*, debido a que éste determina que cada grupo (en este caso desarrollos de vivienda) comparte características entre sus individuos y también entre otros conglomerados de vivienda, como los mostrados en la tabla 22.

#### 4.4.2 Determinación de la muestra

La muestra representativa del universo de viviendas, se determinó mediante el procedimiento estadístico correspondiente para definir tamaño de muestra. El tamaño de la muestra se determinó con un nivel de confianza de 95% y un intervalo de confianza de 5%, de acuerdo con la relación de la ecuación (2), dicho tamaño de muestra se calculó por medio del software propuesto en: ([http://www.macorr.com/ss\\_calculator.htm](http://www.macorr.com/ss_calculator.htm)), que ya ha sido utilizado en otras investigaciones. El modelo para determinar la muestra queda como sigue:

$$N = \left( \frac{m}{1 + \left( \frac{m-1}{n} \right)} \right) \text{-----} \quad (2)$$

$$m = \left( \frac{1.96 * 0.5}{c} \right)^2$$

donde:

c= intervalo de confianza

n =tamaño de la población (2200)

N= tamaño de la muestra (327)

Una vez determinado el tamaño de la muestra (327 viviendas), se procedió a definir las viviendas a encuestar para la validación del modelo, comparándolo contra la (LBCE) obtenida de las simulaciones térmicas, esto se hizo mediante un programa generador de números aleatorios, asignando sobre el plano del fraccionamiento un número a cada una de las 327 viviendas obtenidas de la muestra propuesta.

Con la muestra representativa del universo de viviendas y seleccionadas en forma aleatoria las viviendas a evaluar, se obtuvieron los historiales de consumo eléctrico proporcionados por CFE durante dos años, comparándose contra la (LBCE) obtenida del proceso de simulación térmica.

#### 4.5 VALIDACIÓN DEL MODELO EN CAMPO

Las encuestas aplicadas y los resultados obtenidos de éstas, sirvieron para poder inferir si los consumos que se obtuvieron por la simulación tenían un grado de significancia entre lo obtenido en campo y lo evaluado por la simulación, determinándose que el consumo promedio de la vivienda en campo resultó con un promedio de 6,900 kWh anual vs 7,200 kWh, diferencia del 5% correspondiente al intervalo de confianza de la muestra estadística.

Con el propósito de obtener una validación precisa de los resultados simulados, la encuesta arrojó el tipo de electrodomésticos más utilizados en la vivienda, para así determinar el patrón de consumo y uso según los habitantes de dichas viviendas, lo que sirvió para poder proponer el sistema de modelo eficiente y las tecnologías de ahorro propuestas por el programa piloto de vivienda ahorradora FIDE, 2004 (refrigeración de alta eficiencia EER 10.87 y focos ahorradores de 13 watts).

Con los resultados de la simulación térmica y los datos de consumo eléctrico obtenidos contrastados con campo, se pudo entonces tener una serie de información precisa que sirvió para la generación del modelo de metabolismo energético que buscaba esta investigación.

#### **4.6 SIMULACIÓN Y MODELACIÓN DINÁMICA PARA LA OBTENCIÓN DEL MODELO DE METABOLISMO ENERGÉTICO**

Para poder entender el proceso de simulación y modelación dinámica de esta metodología, habrá que entender los conceptos básicos involucrados en el análisis de sistemas y simulación, como: sistema, análisis de sistema y modelo.

##### **4.6.1 Sistema**

Un sistema es un conjunto de componentes interrelacionados que poseen un límite y funcionan como unidad. Un sistema es cualquier conjunto de materiales y procesos que se comunican para realizar una serie de funciones. Un sistema es un conjunto de procesos interconectados caracterizado por muchas vías recíprocas de causa y efecto (Grant, et al., 2001), de esta manera, podremos determinar que la vivienda es un sistema de interrelación con los diferentes procesos de materia y energía involucrados en el proceso urbano de las ciudades.

##### **4.6.2 Análisis de sistemas**

Grant, et al (2001) define en su libro *“ecología y manejo de los recursos naturales”*, el análisis de sistemas, como la aplicación del método científico a problemas que están relacionados con sistemas complejos, además de ser un conjunto de teorías y técnicas con las que se puede estudiar, describir y realizar predicciones sobre los sistemas complejos, y que frecuentemente hace uso de la matemática avanzada, procedimientos estadísticos y computadoras. Sin embargo, la esencia del análisis de sistemas no radica en el conjunto de técnicas, sino en la universalidad y la flexibilidad de su enfoque.

##### **4.6.3 Modelo**

Un modelo puede definirse como una abstracción de la realidad, se puede considerar como una descripción formal del sistema en estudio; dicha descripción puede ser física, matemática o verbal, sin embargo, los modelos verbales pueden ser ambiguos (Jeffers, 1978) citado en Grant (2001). Los modelos han sido clasificados en diferentes formas, estos ejemplos se dan en Forrester (1961), Gold (1977) y Jeffers (1978); algunas dicotomías de estas clasificaciones determinan que los modelos pueden ser: 1) físicos vs

abstractos; 2) dinámicos vs estáticos; 3) correlacionales (empíricos) vs explicativos (mecanísticos); 4) determinísticos vs estocásticos y 5) de simulación vs analíticos que es el caso de esta investigación.

Esta investigación, dadas las características del modelo, propone: un modelo de simulación vs analítico, debido a que es una problemática que se puede resolver mediante una forma matemática, estadística o bien bajo algunas ecuaciones diferenciales simples; si se analiza que el proceso de la modelación de la vivienda está fuertemente correlacionado con los mecanismos de transferencia de energía, así como los balances de materia, entonces se entenderá el modelo de metabolismo energético propuesto como un modelo de simulación comparado contra un proceso de análisis matemático, basado en un proceso matemático, estadístico y computacional, como se establece en la definición de análisis de sistema.

#### 4.6.4 Simulación

Simulación es el uso de un modelo para imitar, o describir paso a paso, el comportamiento del sistema que estamos estudiando. Los modelos de simulación están compuestos de una serie de operaciones aritméticas y lógicas que, en conjunto, representan la estructura (el estado) y el comportamiento (el cambio de estado) del sistema de interés. Los conceptos de “estado del sistema” y “cambio de estado” del sistema son muy simples, pero a la vez muy eficaces, y son fundamentales para la simulación (Patten, 1971) citado en Grant, et al., (2001). Conocidos los conceptos y factores que intervinieron en la generación del modelo, la (figura 22) describe las cuatro etapas de análisis de sistemas que siguió el modelo propuesto.

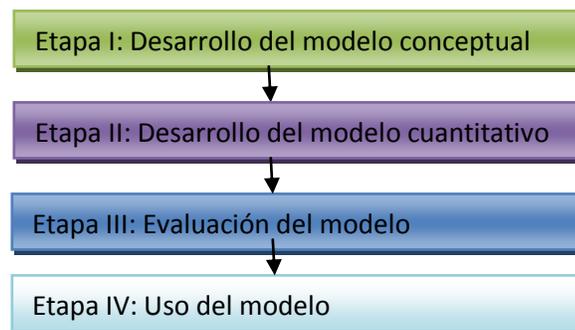


Figura 22. Cuatro etapas en el análisis de sistemas

#### 4.6.5 Etapa I, desarrollo del modelo conceptual

La (figura 23), muestra la conceptualización teórica del modelo según las variables y necesidades del sistema así como la interconexión de estas para poder modelar el fenómeno de la eficiencia energética en la vivienda y la planeación urbana a las diferentes escalas analizadas mediante un proceso de metabolismo energético.

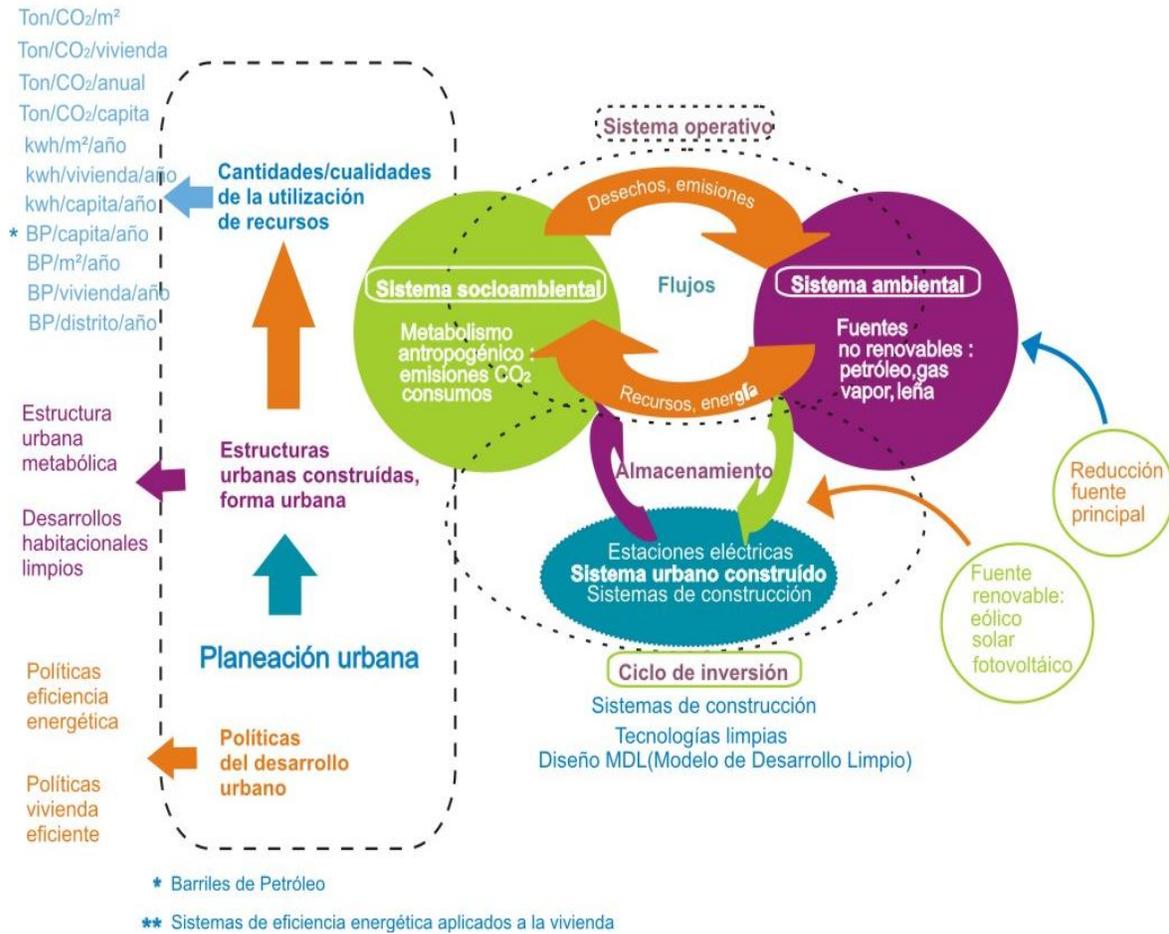


Figura 23. Conceptualización para el modelo de metabolismo energético. Adaptado del modelo de SUME (2008)

#### 4.6.6 Etapa II, desarrollo del modelo cuantitativo

Una vez conceptualizado el modelo, se procedió a matematizarlo con los resultados obtenidos de la simulación térmica y la validación realizada en campo (LBCE), los datos de las simulaciones térmicas se realizaron en el simulador TRNSYS y DOE. 2.1. Con esta información se generó el modelo cuantitativo con el programa Stella<sup>MR</sup> Ver.9.03, dando origen al modelo de metabolismo energético perseguido en esta investigación, y producto final de las evaluaciones y validaciones preliminares a este punto; la (figura 24), muestra el modelo y las variables de correlación e interconexión en el sistema analizado, modelado y simulado, que cumplió con las cuatro etapas propuestas.

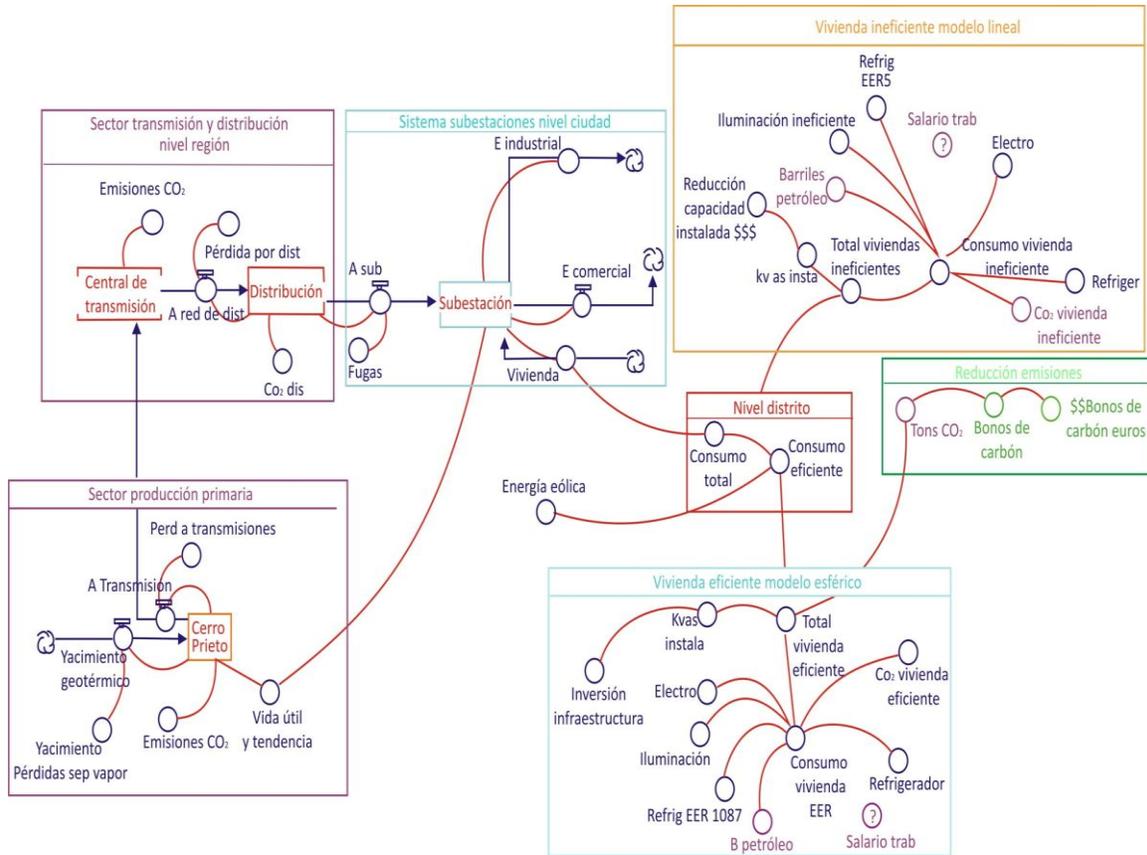


Figura 24. Modelo cuantitativo de metabolismo energético. Obtenido en el software Stella Ver. 9.03.

#### 4.6.7 Etapa III, evaluación del modelo

La modelación dinámica nos enseña que un sistema está correlacionado e interconectado con diferentes subsistemas, y que por medio de la interacción de estos podemos entender el sistema como un todo, en ese sentido, la modelación dinámica puede simular el sistema y modelar dichas interacciones obteniendo resultados que nos permitan inferir sobre tendencias, comportamientos y capacidades de dicho sistema a través del tiempo; (Ford, 1999); por ello fue necesario simular el fenómeno en estado dinámico y no sólo en estado estable, como lo hace la metodología (AFM); la modelación dinámica, entonces, nos mostró en este modelo de metabolismo energético las implicaciones que tiene el consumo eléctrico de la vivienda desde su producción en la fuente principal (Cerro Prieto), hasta su consumo final a nivel sitio (vivienda), considerando las entradas, salidas, la acumulación y los desechos de energía transformada, así como la implicaciones sociales, ambientales y económicas y su injerencia sobre los actores principales. La (figura 25), resume la etapa III de evaluación del modelo, según las variables correlacionadas en los objetivos de esta investigación y la aplicación a diferentes proyectos.

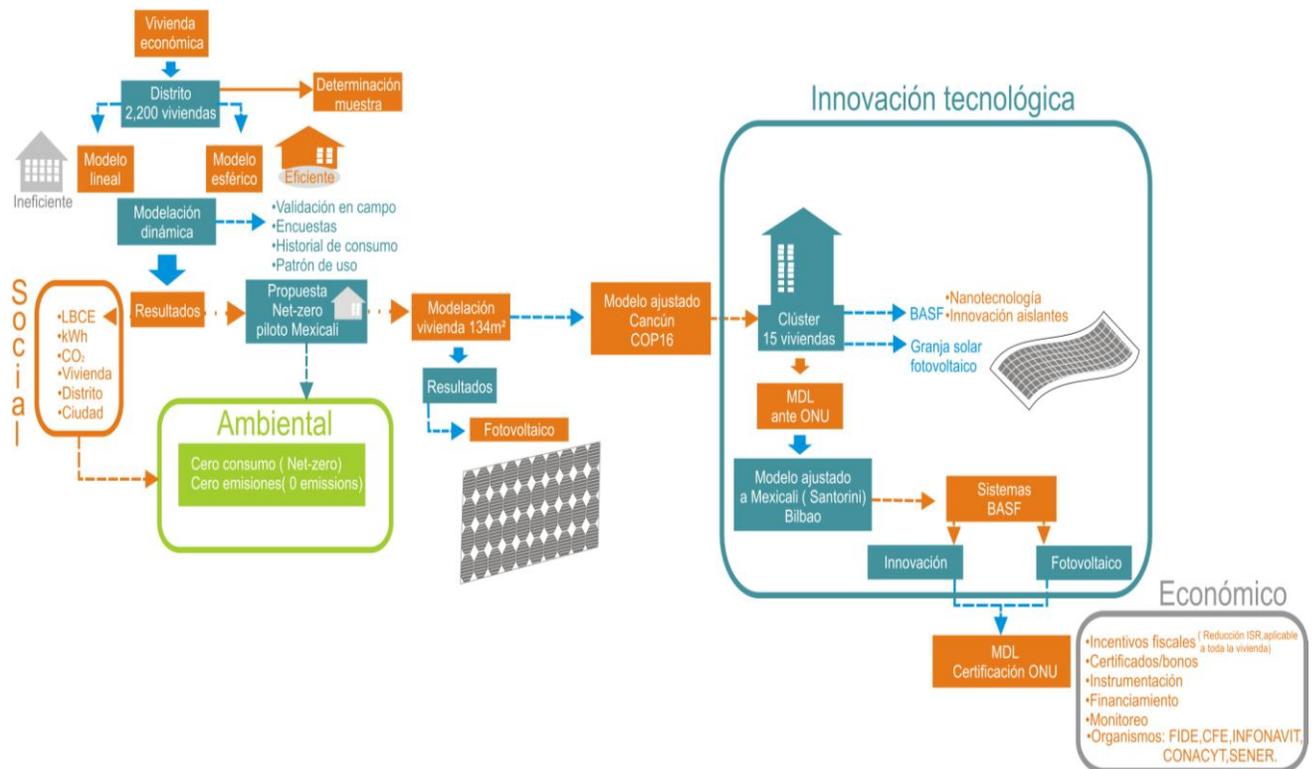


Figura 25. Estructura del modelo de metabolismo energético y las variables evaluadas. Elaboración propia.

#### 4.6.8 La vivienda económica

Una vez obtenido el modelo dinámico, fue aplicado al prototipo de vivienda económica de Mexicali (38 m<sup>2</sup>); cumpliendo así con uno de los objetivos de esta investigación; los resultados obtenidos permitieron inferir sobre otras tipologías de vivienda (134 m<sup>2</sup>) y un clúster de 15 viviendas de 48 m<sup>2</sup>, en la ciudad de Cancún, ajustando el modelo para la evaluación de las mismas; a continuación se describen los otros dos prototipos de viviendas evaluadas con dicho modelo, producto de esta investigación.

##### 4.6.8.1 El modelo de vivienda Net-Zero para Mexicali

La vivienda Net-Zero ha sido encaminada hacia la vivienda sustentable (a partir del 2008), aunque ya se ha venido trabajando desde 2004. Es un programa piloto de la vivienda con energía cero, cuyo factor principal radica en la autosuficiencia de energía eléctrica, reduciendo al máximo los consumos y autoabasteciéndose por medio de sistemas fotovoltaicos.

El programa contempla que las viviendas sean: *bioclimáticas, sustentables y utilicen energías renovables*, así como el uso eficiente de la energía y el agua, considerando *aspectos científicos y tecnológicos para su construcción*; además de establecer criterios de sustentabilidad en los que se busca que el gobierno establezca normas, códigos y certificación en el desarrollo de las viviendas.

Este modelo piloto de vivienda fue posible evaluarlo con el modelo planteado, ajustando diferentes escenarios bajo una interacción diferente de sistemas. Este prototipo de vivienda sirvió para proponer un sistema colectivo de energía fotovoltaica en otra región de México, ya que permitió: diferenciar la vivienda media de la económica, en términos energéticos y de factibilidad en la aplicación de tecnologías, con el sentido de buscar las iniciativas de ley y las políticas de energía buscadas en esta investigación; la evolución del modelo ante los distintos escenarios de vivienda definió indicadores de eficiencia energética para cada prototipo de vivienda.

#### **4.6.8.2 El clúster de vivienda Net-Zero Cancún en el COP 16**

Dada las circunstancias económicas en materia de energía, y los eventos de cumbres internacionales presentados en México durante el 2010, como sede internacional de la cumbre sobre cambio climático COP-16 en Cancún, Q. Roo, se planteó un escenario de vivienda que considerara sistemas de innovación tecnológica y de eficiencia energética, todo ello con el sentido de obtener un escenario ante la comunidad internacional en el tema de la vivienda ahorradora. De esta manera, el modelo evaluado se pudo ajustar a otra realidad económica y social de la vivienda, además de otras consideraciones como el bioclima, esta vez el modelo se ajustó para un clúster de 15 viviendas.

En la (figura 25), se muestra el proceso que siguió el modelo de metabolismo desde el planteamiento de los sistemas, la modelación y la simulación de cada prototipo de vivienda evaluado; asimismo, el modelo resume la interconexión de cada subsistema y los efectos e implicaciones en cada una de las variables involucradas.

#### **4.6.9 Etapa IV, uso del modelo**

Los resultados obtenidos de las simulaciones sirvieron para comparar los dos modelos; esférico vs el lineal (eficiente e ineficiente) respectivamente, se evalúa la capacidad de cada uno de ellos para reducir la energía en el sistema de almacenamiento (Stock), así como su impacto en la fuente de producción eléctrica y la alternativa para el uso de energías renovables. En el capítulo de resultados se muestran los datos obtenidos con mayor detalle, a partir del uso del modelo ajustado a las diferentes viviendas; los resultados están en términos de consumos eléctricos y emisiones de CO<sub>2</sub>, además de inferir sobre otras variables ambientales, relacionadas con el consumo en barriles de petróleo, impacto sobre el salario del trabajador, y otras variables como confort utilización de fuentes de energía limpia y tecnologías de eficiencia energética.

#### **4.6.10 Emisiones de CO<sub>2</sub>**

La estimación de las emisiones se retomó de fuentes como el inventario de emisiones realizado para Baja California, 2006, por Molina (2007), y mediante algoritmos que estiman la cantidad de emisiones por cada Mgw/h según sea la fuente de producción de energía. Para otros modelos de cálculo, se puede retomar la información nacional disponible de SENER (2007) y CONAGEI (2005). Con estos datos, se llega a establecer mediante la modelación dinámica, el efecto sobre la fuente principal de energía, así como

el impacto en las diferentes escalas: regional, nacional, global, en términos de consumo eléctrico y emisiones de CO<sub>2</sub>.

En el modelo dinámico se involucraron otras variables; para complementar el modelo de metabolismo energético se retomaron niveles de ingresos (rango máximo de 100 salarios mínimos mensuales), confort del usuario y fuentes alternas de energía propuestas para la adecuación a la vivienda. Para poder tener estos indicadores, se aplicó una encuesta en la que se destacaron los rangos de temperaturas interiores en las viviendas, los tipos de sistemas de aire acondicionado, las horas uso de las viviendas, los consumos eléctricos promedio, los electrodomésticos tipo, y las características de sistemas y tecnologías para el ahorro de la energía eléctrica.

#### **4.6.11 Las normas de eficiencia energética mexicana y su aplicación a la vivienda económica**

La normatividad en materia de aislamiento térmico en México, sigue sin ser regulada. Los diferentes organismos involucrados en la eficiencia energética de la edificación, han propuesto específicamente para la vivienda una serie de valores que en términos de resistencia térmica (“R”) y coeficiente global de transferencia de calor (“U”), difieren entre sí. Una vez determinada la (LBCE) para la vivienda económica, se procedió a evaluar la vivienda con los valores de resistencia térmica propuestos por las normas: NOM-020 ENER<sup>12</sup>, anteproyecto por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONNUE antes CONAE), el CEV<sup>13</sup> y la NMX-C-460 a cargo del ONNCCE<sup>14</sup>. Los resultados de las simulaciones realizadas mostraron el consumo eléctrico y el espesor de aislante requerido de acuerdo con la normatividad propuesta. En los resultados obtenidos se muestran los valores nominales de “R” y se analiza, en términos de costo beneficio, su aplicación en la vivienda, según el ahorro y el consumo eléctrico.

Finalmente, obtenidos los resultados, se generó una matriz de indicadores mostrada en el anexo 1, donde se relaciona en forma sucinta los indicadores e impactos sobre los capitales social, económico y ambiental antes establecidos, además de las contribuciones de ahorro según las normas de eficiencia energética y su impacto en el consumo eléctrico de la vivienda económica. La matriz servirá para determinar el efecto del metabolismo energético de la vivienda de Mexicali a partir de su consumo eléctrico; dicha metodología será una aportación que puede cambiar de región y escala, y adaptarse a diferentes fuentes y recursos utilizados para la generación de energía eléctrica.

### **4.7 VALIDACIÓN DEL MÉTODO**

#### **4.7.1 La vivienda Net-Zero, programa piloto para Mexicali, B.C.**

Para la evaluación de la vivienda Net-Zero, fue necesario tomar un caso de referencia denominado caso base (CB), el cual consiste en mostrar la vivienda tal y como la entrega el desarrollador, comparándose contra un modelo de vivienda a la cual se le aplican los

---

<sup>12</sup> Norma Oficial Mexicana 020 de Eficiencia Energética

<sup>13</sup> Código de edificación de vivienda desarrollado por la CONAFOVI.

<sup>14</sup> Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación

sistemas de aislamiento reglamentados por las normas de eficiencia energética mexicana; dicha evaluación determinó dos escenarios, la vivienda base vs la vivienda Net-Zero. En la (tabla 23) se muestran las características constructivas de las viviendas, así como los sistemas de adecuación que se le hicieron a la misma en búsqueda de la vivienda Net-Zero.

**Tabla 23. Características físicas de las viviendas Net-Zero (134 m<sup>2</sup>)**

Sistema constructivo		SISTEMA	ESPECIFICACIÓN
Techos	Impermeabilización	1 capa de emulsión asfáltica tapaporo 1 capa de asfalto oxidado 1 capa de cartón de fibra de vidrio mineralizada color rojo	espesor = 1 mm espesor = 3 mm espesor = 5 mm
	Capa de concreto armado	con malla electrosoldada 6-6/10-10 colocada a 2 cm. del lecho superior y concreto F'c=200 kg/cm <sup>2</sup>	espesor = 5 cm
	Vigueta de concreto armado	con vigarmex 14-64, sección de concreto de 12x12 cm. y concreto F'c=200 kg/cm <sup>2</sup>	espesor = 12 cm
	Bovedilla	de poliestireno	espesor = 12 cm
	Repellado yeso en cielo	1 capa de repellado de yeso	espesor = 1 cm
Muros	en exterior: fachada principal norte	aplanado cemento-arena y estuco con color integrado beige	espesor = 1 cm
	en exterior: fachadas laterales y posterior	sellador color blanco	espesor = 1 mm
	interior: todos los muros	floteado cemento arena	espesor = 1 cm
Pisos (cimentación)	Losa de cimentación mas dentellón perimetral	Losa de concreto armado con malla electrosoldada 6-6/6-6 colocada a 2 cm. del lecho superior de firme, concreto F'c= 200 kg/cm <sup>2</sup> . Acabado aparente	espesor = 12 cm
		Dentellones de concreto armado con armex 12-20-4 de sección 15 x 22 cms, concreto F'c=200 kg/cm <sup>2</sup> .	

Fuente: Desarrollador de vivienda; URBI 2010.

#### 4.7.2 Propuestas de adecuación al caso base

Para la vivienda Net-Zero, se consideró este mismo sistema constructivo, adicionándose: a) Aislamiento térmico con poliestireno de 2" en muros b) poliestireno de 3" en techos, c) Ventanas de doble vidrio con una cámara de aire de 6 mm, d) Aleros para las diferentes orientaciones y e) Sistema de sombreado con árbol caducifolio en la orientación oeste, dadas las características de mayor asoleamiento en esta fachada en el verano.

#### 4.7.3 Materiales y métodos

Para la evaluación de la vivienda Net-Zero, se seleccionó la ciudad de Mexicali, B.C. y una vivienda con una superficie aproximada de 134 m<sup>2</sup>, donde el grupo desarrollador edificará el fraccionamiento denominado Santorini; para la evaluación de dicha vivienda, se realizaron las simulaciones térmicas correspondientes aplicadas a la vivienda. Las

simulaciones se realizaron en estado dinámico, estimándose preliminarmente la carga térmica en el simulador TRNSYS, se realizaron los análisis del consumo eléctrico de los aparatos de refrigeración adecuados a la carga térmica interna mostrada por TRNSYS, finalmente se comparan los datos obtenidos y se obtienen indicadores de huella ecológica mediante el modelo de metabolismo energético antes aplicado a la vivienda económica.

**Tabla 24. Patrón de uso de la vivienda electrodomésticos, luces y gente.**

EQUIPO	POTENCIA PROMEDIO (W)	TIEMPO DE USO AL DÍA	TIEMPO DE USO AL MES (HRS)	CONSUMO MENSUAL (KWH)
Licadora	350	10 min/día	5	1.75
Horno de microondas	1,200	15 min/día	10	12
Videocasetera o DVD (2 equipo)	50	3 hrs 4 *vec./sem	48	2.4
Tv color (19-21") (2 equipos)	140	6 hrs diarias	180	25.2
Campana extractora de cocina	381	2 hrs diarias	60	22.86
Lavadora Automática	700	4 hrs 2* vec./sem	32	22.4
Secadora de ropa (eléctrica)	5,600	4 hrs/sem	16	89.6
Plancha de ropa	1,000	3 Hr 2* vec./sem	24	24
Equipo de computo	300	4 hrs/día	120	36
Refrigerador de (18-22 Ft <sup>3</sup> )	500	9 hrs/día	270	135

Fuente: Desarrollador de vivienda, Urbi (2010).

\*vec= veces por semana

#### 4.7.4 Patrones de uso de la vivienda

Con el sentido de determinar con mayor precisión la carga interna (ganancia de calor), así como la carga térmica total de la vivienda, y con ello la capacidad máxima de enfriamiento, fue necesario determinar un patrón de uso de la vivienda, el cual fue sustentado por el grupo desarrollador mostrado en la (tabla 24). En ella, se muestran las horas uso de los electrodomésticos, así como la potencia y los consumos de los mismos; estos datos fueron cargados al simulador y se relacionaron con el patrón de uso las 24 horas del día y los 365 días del año, cada uno de ellos fue especificado con los tiempos de trabajo de los equipos, de igual manera, se hizo para las luces y gente. Cabe señalar que para esta vivienda, se consideraron 4 personas adultas, cada una de ellas con su aportación de carga interna en función de las horas uso del espacio propuesto, los valores de calor sensible y latente son retomados de ASHRAE (2007), considerando el grado de actividad de las personas, edad y sexo.

#### 4.7.5 Otros aspectos a considerar en la simulación

Además de considerar la carga interna, así como los sistemas constructivos de la vivienda, otro factor determinante en el consumo eléctrico de la vivienda fue el tipo de focos y la eficiencia de los sistemas de aire acondicionado denominada EER, ver (tabla 25).

**Tabla 25. Aparatos de refrigeración e iluminación**

Refrigeración (Mayo a Octubre)	EER 13	*Uso de 8 pm a 6 am en planta alta	*Uso de 8 am a 8 pm en planta baja	*Temperatura de Confort 26°C
Iluminación	Focos			
	Fluorescentes	13 watts	13 watts	

Fuente: Desarrollador de Vivienda; Urbi (2010)

#### 4.8 APLICACIÓN DEL MODELO DE METABOLISMO ENERGÉTICO A UN CLÚSTER DE VIVIENDA ECONÓMICA EN CANCÚN, Q. ROO.

Una vez establecida la metodología de evaluación y con el modelo de metabolismo energético validado, se procedió a realizar la evaluación para un modelo de clúster de 15 viviendas, desarrollado en Cancún; el sentido de dicha evaluación tuvo como principal propósito mostrar un conjunto de viviendas tipo Net-Zero, durante el evento COP 16 (Reunión cumbre sobre cambio climático 2010) celebrado en Cancún, donde se permitió mostrar una vivienda de “consumo cero” mediante el sistema de granjas fotovoltaicas. En la (tabla 26) se muestran las características constructivas de las viviendas, así como los sistemas de adecuación que se le hicieron a la misma.

**Tabla 26. Características físicas de la vivienda simulada clúster de 15 viviendas (48 m<sup>2</sup>)**

CASO BASE	SISTEMAS		
		ESPECIFICACIÓN	
TECHOS	Impermeabilización	1 capa de emulsión asfáltica tapaporo	espesor = 1 mm
		1 capa de asfalto oxidado	espesor = 3 mm
		1 capa de cartón de fibra de vidrio mineralizada color rojo	espesor = 5 mm
	losa de concreto armado	concreto F'c=250 kg/cm <sup>2</sup>	espesor = 10 cm
	repellado yeso en cielo	1 capa de repellado de yeso	espesor = 1 cm
MUROS	en exterior: fachada principal norte	aplanado cemento-arena y estuco con color integrado beige	espesor = 1 cm
	en exterior: fachadas laterales y posterior	sellador color blanco	espesor = 1 mm
	interior: todos los muros	floteado cemento arena	espesor = 1 cm
PISOS (CIMENTACIÓN)	losa de cimentación mas dentellón perimetral	de concreto armado con malla electrosoldada 6-6/6-6 colocada a 2 cm. del lecho superior de firme, concreto F'c= 200 kg/cm <sup>2</sup> . acabado aparente	espesor = 12 cm
		dentellones de concreto armado con armex 12-20-4 de sección 15 x 22 cms, concreto F'c=200 kg/cm <sup>2</sup> .	

#### 4.8.1 Escenarios de adecuación a la vivienda

Para el clúster de vivienda Net-Zero, se consideró este mismo sistema constructivo, adicionándose: *a)* Aislamiento térmico en muros con poliestireno tipo Neopor (es una EPS con mejores propiedades termofísicas adicionadas por un sistema a base de grafito, además de tener una densidad de 22 kg/m<sup>3</sup>; *b)* Uretano Elastopor Eco denominado así por su baja conductividad comparada contra el sistema de uretanos tradicionales; *c)* Micronal Thoro Stucco Thermo, material con alta capacidad de absorción por sus propiedades a base de nanotecnología. Para el clúster de viviendas se realizaron interacciones entre los diferentes materiales propuestos tanto para muro como para techos, las gráficas obtenidas por los resultados muestran dichas interacciones de variables.

#### 4.8.2 El Método

Para la evaluación de la vivienda Net-Zero, se seleccionó la ciudad de Cancún, Q. Roo y un clúster de 15 viviendas repartidas en 3 pisos, cada una de ellas con una superficie de 48 m<sup>2</sup>; este prototipo ya fue edificado y validado por el desarrollador. Para la evaluación de dichas viviendas se realizaron las simulaciones térmicas correspondientes aplicadas a la vivienda que ayudaron a entender: *a)* el comportamiento térmico de la vivienda con el sistema constructivo tradicional, según la ciudad y bioclima; *b)* la estimación del consumo eléctrico de la vivienda y *c)* el comportamiento y el consumo eléctrico de la misma vivienda tradicional pero con la aplicación de tecnologías ahorradoras propuestas por los sistemas BASF antes descritos. Asimismo, para determinar la carga interna y la carga térmica total de la vivienda, se determinó el patrón de uso de la vivienda, sustentado por el grupo desarrollador, mostrado en la (tabla 27).

**Tabla 27. Patrón de uso de la vivienda, electrodomésticos y luces.**

EQUIPO	POTENCIA PROMEDIO (W)	TIEMPO DE USO AL DÍA	TIEMPO DE USO AL MES (HRS)	CONSUMO MENSUAL (KWH)
Licuada	350	10 min/día	5	1.75
Horno de microondas	1,200	10 min/día	5	6
DVD	0	3 hrs 4 vec/sem	48	0
Tv color (19-21") (1 equipos)	70	6 hrs diarias	180	12.6
Lavadora Automática	400	4 hrs 2 vec/sem	32	12.8
Plancha de ropa	1,000	3 Hr 2 vec/sem	24	24
Ventilador de techo (3 aparatos 65 w)	195	8 hrs/día	240	46.8
Refrigerador (18-22 Ft <sup>3</sup> )	195	8 hrs/día	240	46.8
Focos LFC interior (6 lamp de 13 W)	78	2.4 hrs/día	72	5.616
Focos LFC exterior (4 lamp de 13 W)	52	4 hrs/día	120	6.24
			Total	162.606

Fuente: Desarrollador de vivienda; Urbi (2010).

#### **4.9 EVALUACIÓN DEL MODELO NET-ZERO PARA MEXICALI**

Con el sentido de validar dicho modelo aplicado a Mexicali, se retomaron sistemas de aislamiento térmico con innovación propuestos por la empresa BASF, aplicados para Cancún. De manera que la vivienda piloto Net-Zero que inicialmente se tenía para Mexicali, se modificó y se aplicaron sistemas de innovación tecnológica, el objetivo fue poder inferir sobre los dos sistemas de vivienda Net-Zero en Mexicali. El contraste entre los dos modelos de vivienda Net-Zero se marcó con las siguientes referencias:

Para la vivienda Net-Zero piloto, se consideró:

*a)* Aislamiento térmico con poliestireno de 2" en muros; *b)* poliestireno de 3" en techos; *c)* Ventanas de doble vidrio con una cámara de aire de 6 mm; *d)* Aleros para las diferentes orientaciones y *e)* Sistema de sombreado con árbol caducifolio en la orientación oeste.

Para la vivienda Net-Zero con sistemas de innovación, se tuvieron escenarios como:

*a)* Aislamiento térmico con Neopor de 2" en muros y 3" en techos; *b)* Neopor de 2" en muros y 3" de uretano elastopor eco en techos; *c)* Neopor de 2" en muros, 3" de uretano elastopor eco en techos mas micronal thorostucco thermo en toda la envolvente (este último es un material en evaluación, debido a que funciona por medio de la nanotecnología).

Con la aplicación del modelo de metabolismo energético pasando por la vivienda económica, la vivienda Net-Zero Mexicali hasta el clúster de viviendas para Cancún, ha sido posible validar dicho modelo y poderlo ajustarlo a diferentes tipologías de vivienda y dos regiones del país.

## **CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **5.1. LÍNEA BASE DE CONSUMO ELÉCTRICO (LBCE), PARA MEXICALI, HERMOSILLO Y CD. OBREGÓN**

Los primeros resultados obtenidos a partir de la LBCE para la vivienda económica, permitieron hacer uso del modelo de metabolismo energético obtenido en la investigación, y con ello, los resultados de indicadores de eficiencia energética y huella ecológica para la vivienda económica de 38 m<sup>2</sup>. Además, se presentan los resultados arrojados por el modelo para la vivienda piloto Net-Zero de Mexicali de 134 m<sup>2</sup>, que sirvió para ajustar el modelo al clúster de 15 viviendas de 48 m<sup>2</sup> edificadas en Cancún; después de la evaluación, en los resultados se presentan los impactos sobre los diferentes capitales del desarrollo sustentable (económico, ambiental y social). Dicha evaluación sirvió para validar el modelo propuesto. Asimismo, en los resultados se involucran las realidades financieras y económicas de México frente a los subsidios, la financiación e instrumentación de las tecnologías basadas en las energías renovables, como la fotovoltaica, la innovación tecnológica y la instrumentación y regulación de políticas energéticas que se presentaron ante hipotecaria federal.

En México, se han desarrollado tres grandes ciudades que constituyen el progreso y crecimiento económico de la región noroeste del país (Mexicali, Hermosillo y Cd. Obregón); en ellas los desarrolladores de vivienda han creado conjuntos habitacionales que van desde 600 hasta 3,200 casas, representando una alta densidad por fraccionamiento; entre 55 y 84 viviendas por hectárea. Dicha demanda de vivienda y dinámica de las ciudades, obliga a buscar acciones que reduzcan la intensidad energética (relación entre la producción de energía y PIB real), directamente vinculada con el consumo eléctrico, las emisiones de CO<sub>2</sub>, el uso de los energéticos fósiles y con ello, el calentamiento global.

Esta primera parte de la investigación, se centra en los resultados obtenidos por el modelo de metabolismo energético, así como el análisis del consumo eléctrico y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, aplicado a la vivienda económica en tres ciudades de clima cálido seco de México, evaluándose el sistema constructivo tradicional contra un sistema ahorrador (basado en focos ahorradores, sistemas de aire acondicionado y aislamiento térmico). La investigación consideró un factor de 0.570 toneladas de CO<sub>2</sub> por cada MW de energía eléctrica producida en la región de Baja California, de acuerdo con Molina (2007).

**Tabla 28: Consumo eléctrico anual por ciudad para vivienda económica simulada**

MEDIDAS EVALUADAS	MEXICALI	HERMOSILLO	CD. OBREGÓN
Iluminación ineficiente kWh/año	1,195	1,195	1,195
Iluminación eficiente kWh/año	240	240	240
A/A ineficiente kWh/año	3,778	3,648	3,628
A/A eficiente kWh/año	1,945	1,850	1,776
Consumo eléctrico total ineficiente kWh (LBCE)	7,014	6,883	6,863
Consumo eléctrico total eficiente kWh (LBCE)	4,226	4,130	4,056
Ahorro anual por sistemas eficientes (%)	40	40	40

La (tabla 28) mostró, en forma decreciente, el consumo eléctrico y su reducción por ciudad; además, se determina el índice de ahorro anual por sistema eficientes e ineficientes, así como la (LBCE) para las tres ciudades ubicadas en la región noroeste de México, objetivo perseguido en esta investigación. El porcentaje reducido con uso de tecnologías ahorradoras es del 40%, porcentaje que se incrementa en los sistemas de aire acondicionado, mostrando un rango de ahorro del 40 al 50%. En los sistemas de iluminación, los ahorros alcanzan hasta el 80%, no obstante que el consumo total por sistema de iluminación en estas regiones áridas, sólo representa el 18% del consumo total para sistema ineficiente y 5% para el sistema de vivienda eficiente.

## 5.2 LBCE PARA LA VIVIENDA ECONÓMICA DE MÉXICO

Con el sentido de tener un marco de referencia y un análisis más preciso sobre las (LBCE), se pudieron comparar las líneas de consumo eléctrico obtenidas para las tres ciudades propuestas en esta investigación contra otras, ya determinadas, para la vivienda económica del resto del país. En la (tabla 29) se comparan las (LBCE) producto de esta investigación y las obtenidas en el trabajo de Calderón, et al (2009); la tabla muestra la vivienda en 12 ciudades representativas del país, donde el desarrollador edificó vivienda económica. Los resultados sirvieron para conocer las ciudades con mayor consumo eléctrico en este tipo de vivienda a nivel nacional.

**Tabla 29. Línea base de consumo eléctrico anual por ciudad para vivienda económica**

CIUDADES	ILUMINACIÓN		AIRE ACONDICIONADO		TOTAL		(%)
	KWH	KWH	INEFICIENTE KWH	EFICIENTE KWH	INEFICIENTE KWH	EFICIENTE KWH	AHORRO ANUAL
Mexicali	1195	240	3778	1945	7014	4226	40
Hermosillo	1195	240	3648	1850	6883	4130	40
Obregón	1195	240	3628	1776	6863	4056	40
Culiacán	1195	240	2531	1202	5766	3482	40
Monterrey	1195	240	2879	1378	6114	3658	40
Chihuahua	1195	240	1122	547	4357	2827	35
Juárez	1195	240	1498	695	4733	2975	37
Tijuana	1195	240	2682	1408	5777	3743	35
Ensenada	1195	240	2124	1167	5219	3502	33
México, DF.	1195	240	1825	1179	5473	3839	30
Guadalajara	1195	240	No aplica	No aplica	3330	2375	29
Zamora	1195	240	No aplica	No aplica	3330	2375	29

En los resultados se observa que aunque los sistemas de iluminación presentan rangos de consumo menores a los sistemas de aire acondicionado, la iluminación durante el invierno tienen una mayor relevancia, debido a que en las regiones áridas de México, el gobierno federal ha subsidiado la tarifa 1F durante los meses de mayor consumo eléctrico (mayo a octubre), y al dejar de ser subsidiada, el consumo eléctrico por iluminación tiene un grave impacto.

En la (tabla 30), se muestra la facturación para la vivienda económica para las ciudades de Mexicali, Hermosillo y Obregón durante el invierno (noviembre-abril); asimismo, se presenta la evaluación para los sistemas de iluminación, con el sentido de ver únicamente el efecto que tiene en el pago del recibo eléctrico, el uso de un sistema de iluminación eficiente contra el ineficiente; los datos del escalón tarifario son tomados de CFE (Comisión Federal de Electricidad, 2010), los escalones tarifarios son: el básico comprende el rango de 0 a 75 kWh, el intermedio de 76 a 200 kWh y el excedente es cada kWh arriba de 201.

**Tabla 30 facturación del consumo eléctrico por iluminación en invierno. Mexicali, Hermosillo Y Obregón**

DESGLOSE DE CONSUMO	BÁSICO	INTERMEDIO	EXCEDENTE	SUBTOTAL FACTURADO
<b>Iluminación ineficiente kWh</b>	75	125	397	597
<b>Precio tarifa 1F kWh</b>	0.685	1.133	2.40	
<b>Subtotal en pesos mexicanos</b>	51.37	141.62	952.8	1,145.79
<b>Iluminación eficiente kWh</b>	75	45	No aplica	120
<b>Precio tarifa 1F kWh</b>	0.685	1.133	2.40	
<b>Subtotal en pesos mexicanos</b>	51.37	50.98		102.36
<b>Ahorro en pesos con sistema eficiente</b>				1,043.43

Se observa que el ahorro económico es del 89% en el consumo eléctrico con un sistema eficiente, fenómeno de significancia en la época de invierno, ya que esto llega a representar entre el 17 y el 23% del salario del propietario de la vivienda. Con este análisis podemos ver que los sistemas de iluminación de alta eficiencia tienen un impacto directo en el consumo eléctrico de la vivienda de clima cálido seco durante los meses de invierno, como consecuencia de la tarifa eléctrica no subsidiada.

Como complemento a la investigación basada en el análisis del consumo eléctrico y la reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub>, se realizó un análisis complementario con la cuantificación en las diferentes escalas urbanas de la ciudad de Mexicali: sitio, distrito y región, expresado en indicadores de huella ecológica en kWh/cápita, CO<sub>2</sub>/cápita, kWh/m<sup>2</sup>/año, CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/año, entre otros. En los siguientes resultados se muestra el consumo eléctrico global, tanto para el modelo de vivienda eficiente como el ineficiente.

### 5.3 DESGLOSE DE CONSUMO ELÉCTRICO ANUAL PARA LA VIVIENDA ECONÓMICA DE MEXICALI (38 M<sup>2</sup>)

La (tabla 31) resume los resultados del consumo eléctrico global, observando que un 40% del consumo eléctrico es por sistema de aire acondicionado ineficiente y 31% por eficiente, además de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 30% y 26%, respectivamente.

**Tabla 31 desglose del consumo eléctrico anual para la vivienda económica de Mexicali**

Iluminación ineficiente kWh/año	1,195
Iluminación eficiente kWh/año	240
*Se consideran electrodomésticos para ambas viviendas	2,039
A/A ineficiente kWh/año	3,778
A/A eficiente kWh/año	1,945
Consumo eléctrico total ineficiente kWh/año	9,053
Consumo eléctrico total eficiente kWh/año	6,265
Toneladas de CO <sub>2</sub> /año ineficiente	4.88
Toneladas de CO <sub>2</sub> /año eficiente	3.57

En la (tabla 32) se dan indicadores de huella ecológica (demanda de consumo y emisiones por m<sup>2</sup> de superficie construida); la vivienda eficiente tiene un consumo eléctrico anual de 30% menos por cada m<sup>2</sup> de superficie construida, y 31% menos en toneladas de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/año.

**Tabla 32. Indicadores de huella ecológica**

Iluminación ineficiente kWh/m <sup>2</sup> /año	31.447
Iluminación eficiente kWh/m <sup>2</sup> /año	6.315
Aire acondicionado ineficiente kWh/m <sup>2</sup> /año	99.421
Aire acondicionado eficiente kWh/m <sup>2</sup> /año	51.184
Total ineficiente kWh/m <sup>2</sup> /año	238.236
Total eficiente kWh/m <sup>2</sup> /año	164.868
Toneladas de CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /año ineficiente	0.1356
Toneladas de CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /año eficiente	0.0934

Los resultados determinaron el consumo eléctrico per cápita, así como el indicador correspondiente a las toneladas de CO<sub>2</sub>. De acuerdo con el censo nacional de población realizado por INEGI (2005), se consideró un número de 5 habitantes por vivienda. En la (tabla 33) se resumen los resultados obtenidos para consumo eléctrico y emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita, encontrándose que una persona en una vivienda ineficiente consume un 31% más de energía eléctrica y genera 0.31 toneladas más de CO<sub>2</sub>.

**Tabla 33. Indicadores per cápita**

Total ineficiente kWh/cápita/año	1,810.6
Total eficiente kWh/cápita/año	1,253
Toneladas de CO <sub>2</sub> /cápita/año ineficiente	1.03
Toneladas de CO <sub>2</sub> /cápita/año eficiente	0.714

En la (tabla 34), se observa el impacto sobre el capital ambiental y los energéticos fósiles que tuvo el consumo eléctrico de la vivienda en barriles de petróleo. Los indicadores en barriles/m<sup>2</sup>/año fueron mayores para la vivienda ineficiente en 32% por cada m<sup>2</sup> de superficie construida, mientras que la vivienda ineficiente registró 1.57 barriles más y un 31% más en el consumo de petróleo per cápita.

**Tabla 34. Impacto en el capital ambiental (barriles de petróleo)**

Petróleo barriles/año/vivienda eficiente	3.53
Petróleo barriles/m <sup>2</sup> /año eficiente	0.092
Petróleo barriles/cápita eficiente	0.706
Petróleo barriles/año/vivienda ineficiente	5.10
Petróleo barriles/m <sup>2</sup> /año ineficiente	0.134
Petróleo barriles/cápita ineficiente	1.02

Como complemento al análisis del impacto sobre las reservas de petróleo, la (tabla 35) muestra los consumos en las diferentes escalas urbanas para ambos modelos de vivienda, resultando la vivienda ineficiente con un consumo de 3,454 más barriles de petróleo/distrito/año y un 31% más, tanto en el consumo por ciudad como por hectárea al año.

**Tabla 35. Barriles de petróleo por densidad y escala urbana**

Barriles de petróleo/distrito/año (2,200 distrito de viviendas) eficiente	7,766
Barriles de petróleo/ciudad/año (*165,000 viviendas) eficiente	582,450
Barriles de petróleo/año/ha eficiente	194.15
Barriles de petróleo/distrito/año (2,200 distrito de viviendas) ineficiente	11,220
Barriles de petróleo/ciudad/año (165,000 viviendas) ineficiente	841,500
Barriles de petróleo/año/ha ineficiente	280.5

\*viviendas a nivel región

La tabla anterior muestra el impacto que se tendría en aquellas regiones con bioclimas donde la producción de energía eléctrica es basada en los energéticos fósiles como el petróleo, dichos indicadores, tienen un impacto directo sobre el consumo nacional de barriles de petróleo, y sobre la reducción y las tendencias del consumo de las reservas nacionales.

#### **5.4 CONSUMO ELÉCTRICO SEGÚN LA APLICACIÓN DE LAS NORMAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA MEXICANA**

Como aportación importante de esta investigación, una vez obtenida la (LBCE), se realizaron simulaciones mediante el modelo de metabolismo energético; para obtener el efecto del espesor de aislante térmico según las normas de eficiencia energética mexicana, se retomaron únicamente los valores de la NMX-460, debido a que estos oficialmente ya están normados. Con los valores normados se realizaron simulaciones, donde la vivienda económica consideró los espesores de aislante regulados por cada norma, así como los valores establecidos de resistencia térmica “R” y “U”.

La (tabla 36), muestra los resultados obtenidos por las simulaciones realizadas para cada uno de los escenarios propuestos por las diferentes normas, además de las resistencias térmicas evaluadas, los espesores de poliestireno requeridos y el valor nominal o comercial de “R”, el cual puede ser aplicable a cualquier sistema de aislamiento térmico; en la última columna de la tabla se muestran los porcentajes de reducción de carga térmica.

**Tabla 36. Reducción de carga térmica según normas de eficiencia energética mexicana**

NORMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA MEXICANA	RESISTENCIA TÉRMICA TOTAL DEL SISTEMA (M <sup>2</sup> C/W)	RESISTENCIA DEL AISLANTE (M <sup>2</sup> C/W)	EQUIVALENCIA EN PULGADAS DE POLIESTIRENO PARA ESPEORES COMERCIALES	VALOR NOMINAL DE “R”	REDUCCIÓN EN CARGA TÉRMICA (%)
NOM-020	2.82	2.5115	3.5	14	70
Código de Vivienda	2.29	1.9815	3	12	67
NMX-C-460 Ahorrador	Techo=2.65 Muro=1.40	Techo=2.3415 Muro=1.09	Techo=3 Muro=1.5	Techo=12 Muro=6	64
NMX-C-460 Habitable	Techo=2.10 Muro=1.20	Techo= 1.79 Muro= 0.815	Techo=2.5 Muro=1.5	Techo=10 Muro=6	60
NMX-C-460 Mínimo	Techo=1.40 Muro=1.00	Techo=1.0915 Muro=0.6915	Techo=1.5 Muro=1.00	Techo=6 Muro=4	55

**Tabla 37. Reducción de carga térmica y consumo eléctrico según espesor de aislante**

ESPEORES COMERCIALES DE AISLANTES.	VALOR DE “R- NOMINAL	RESISTENCIA TÉRMICA (M <sup>2</sup> C/W)	REDUCCIÓN EN CARGA TÉRMICA (%)	CONSUMO ELÉCTRICO (MAYO A OCTUBRE) KWH
Caso Base sin aislante	N/A	0.30	0	6337.60
1”	4	0.704	52.7	2997.68
1.5”	6	1.056	59.7	2554.05
2”	8	1.408	63.8	2294.21
2.5”	10	1.766	66.5	2123.09
3”	12	2.113	68.5	1996.34
3.5	14	2.465	69.8	1913.95

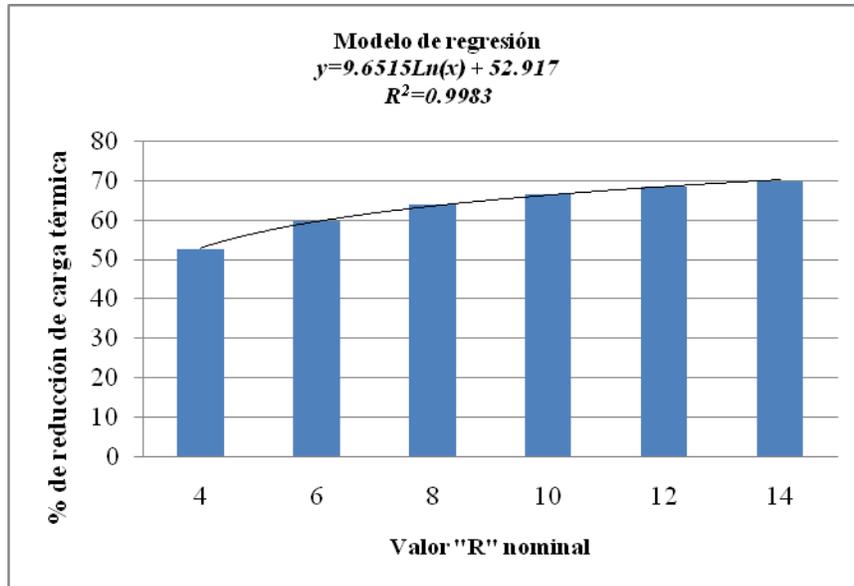
La (tabla 37), muestra la relación entre cada una de las normas de eficiencia energética con la resistencia propuesta, el valor nominal de R y la reducción en carga térmica de cada sistema de aislamiento, tanto en muros como en techo. En dicha tabla se observan los espesores de aislante necesarios para alcanzar los ahorros

#### 5.4.1 La carga térmica en función del valor nominal de “R”

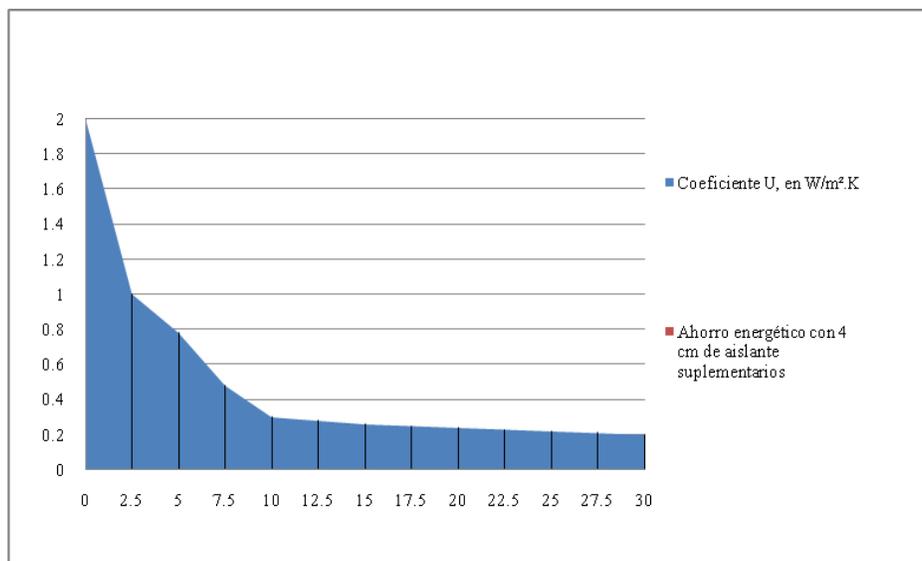
Con el factor de correlación para poder realizar una predicción de la reducción que sobre la carga térmica tiene el incremento del valor de “U” en las propuestas evaluadas, se realizó un modelo de regresión lineal simple, donde se relaciona el espesor del aislamiento con la carga térmica reducida; en la (gráfica 8), se observa como esta disminución de la carga térmica está en función del espesor del aislante, y se vuelve asintótica después de determinado espesor. Esta gráfica sirvió para poder conocer los

espesores de aislamiento a través del tiempo, en busca de una vivienda eficiente, tal y como lo han venido manejando los programas en Europa. En la (gráfica 9), se muestran los valores de “U” y el incremento en el espesor del aislante que se ha venido dando para la Comunidad Europea, desde 1984, con la normativa de ahorro energético, modificando, en 1995, el valor propuesto para la vivienda de bajo consumo energético, y actualmente, el sello de vivienda pasiva; en la gráfica se muestra el ahorro obtenido por cada 4 cms. suplementarios de aislamiento de poliestireno.

**Gráfica 8. Modelo de regresión lineal simple en función del espesor de aislante**



**Gráfica 9. Evolución del coeficiente U en función del espesor del aislante (lana mineral, corcho, poliestireno) de 1984 al 2000 en comunidad Europea). Tomada de Ruano (2006).**



En la (tabla 38), se muestran los resultados de las simulaciones realizadas, donde sólo se consideró el efecto de la carga térmica de la envolvente, no se considera iluminación, electrodomésticos, ni habitantes; y se realizan únicamente para el caso base de vivienda, es decir, el sistema constructivo sin ninguna medida de eficiencia energética.

**Tabla 38. Reducción del consumo eléctrico y CO2 en función de espesor de aislante**

ESPEORES DE AISLANTES, EN MILÍMETROS DE POLIESTIRENO PARA MURO Y TECHO	EQUIVALENCIA EN PULGADAS	VALOR DE "R-N" (NOMINAL) AISLANTES DE POLIESTIRENO	RESISTENCIA TÉRMICA VALORES REALES (M <sup>2</sup> C/W)	REDUCCIÓN EN CARGA TÉRMICA (%)	TONELADAS DE EMISIONES DE CO <sub>2</sub>	CONSUMO ELÉCTRICO PERIODO VERANO (MAYO A OCTUBRE) KWH
Caso base		N/A	0.30	0	2.15	3,778.60
25	1	4	0.704	20.68	1.70	2,997.68
38.1	1.5	6	1.056	32.40	1.45	2,554.05
50.8	2	8	1.408	39.28	1.30	2,294.21
63.5	2.5	10	1.766	43.81	1.21	2,123.09
76.2	3	12	2.113	47.16	1.13	1,996.34
88.9	3.5	14	2.465	49.34	1.090	1,913.95

Los resultados obtenidos resumen que, una vivienda con un sistema de aislamiento de 1", es capaz de reducir al 20% el consumo eléctrico y 0.45 toneladas de CO<sub>2</sub>; estas reducciones en consumo eléctrico y emisiones nos muestran un escenario que puede llegar a alcanzar una reducción en el consumo del 49.34% y 1.06 toneladas de CO<sub>2</sub> por vivienda, si se aplica un aislamiento en muros y techos de 3.5". En la (tabla 39), se presenta la amortización para los diferentes sistemas de aislamiento, de acuerdo con el consumo y espesor del aislante; además del análisis de costo beneficio en donde se relaciona la inversión requerida para el suministro y colocación del aislamiento, y el tiempo de recuperación de dicha inversión, expresados en número de veranos, dado que es cuando los sistemas de aire acondicionado tienen su mayor uso.

**Tabla 39. Amortización según espesor de aislante y el consumo eléctrico**

TIPO	FACTURACIÓN POR CONSUMO	CONSUMO KWH	AHORRO KWH	AHORRO PESOS	COSTO DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO	TIEMPO AMORTIZACIÓN (VERANOS)
Sin Aislamiento	\$4,473.29	3,778.60				
Aislamiento R-4 (1")	\$1,797.96	2,997.67	781	\$2,675.04	\$ 23,058.99	8.6
Aislamiento R-6 (1 1/2")	\$1,500.65	2,554.06	1,224.60	\$2,972.64	\$ 24,693.74	8.31
Aislamiento R-8 (2")	\$1,332.11	2,294.20	1,484.40	\$3,141.18	\$ 26,328.52	8.38
Aislamiento R-10 (2 1/2")	\$1,222.11	2,123.09	1,655.51	\$3,251.18	\$ 30,304.28	9.32
Aislamiento R-12 (3")	\$1,141.00	1,996.34	1,782.26	\$3,332.29	\$ 31,939.05	9.58
Aislamiento R-14 (3 1/2")	\$1,088.13	1,913.95	1,864.65	\$3,385.16	\$ 33,675.89	9.95

## 5.5 COSTO BENEFICIO SEGÚN EL SALARIO DEL TRABAJADOR Y LAS TECNOLOGÍAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

En los resultados sobre la amortización y el financiamiento del sistema de aislamiento, podemos determinar que el problema es de tipo financiero, ya que es posible reducir el consumo eléctrico por medio de esta estrategia, y el costo del sistema de aislamiento puede ser financiado y pagado por los ahorros en el consumo eléctrico presentado cada mes, amortizándose en un mediano plazo de 4.3 a 5 años. Es necesario hacer hincapié que un trabajador de este tipo de vivienda, de acuerdo con la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos (CONASAMI, 2010), llega a percibir mensualmente \$ 6,500 pesos, equivalente a \$ 507 dólares.

El análisis de consumo eléctrico de una vivienda sin medidas de aislamiento térmico, demuestra que será necesario destinar el 68% del salario del trabajador para el pago de electricidad, en la época de verano.

Los valores de la (tabla 40), demuestran que el espesor de aislante mínimo en la comunidad Europea sigue siendo más favorable, aun comparado con el más eficiente propuesto en México por la NOM-020; en términos de coeficiente global de transferencia de calor "U". Esto significa que para México, la eficiencia de la vivienda es un problema más de tipo financiero que de normalización; ya que, como se vio en el análisis de amortización la colocación de aislamiento en la vivienda, rebasa la capacidad de inversión del trabajador.

**Tabla 40. Coeficiente "U" W/M<sup>2</sup>°C para México y la comunidad europea**

VALOR "U"	CÓDIGO DE VIVIENDA MÉXICO	NMX-C-460 (MÉXICO)	NOM-020 (MÉXICO)	COMUNIDAD EUROPEA	SUIZA
Techos	0.40	0.351	0.370	0.15	0.20
Muros	0.47	0.620	0.521	0.25	0.20

## 5.6 PROGRAMA PILOTO DE VIVIENDA NET-ZERO EN MEXICALI, B.C.

Una vez determinados los resultados y los indicadores de vivienda económica, se ajustó el modelo de metabolismo energético para modelar y simular en forma dinámica la vivienda de interés medio, con el sentido de conocer los impactos en otros estratos de vivienda, y validar el modelo para un estrato diferente, sólo que esta vez, bajo el esquema de autogeneración de energía (denominado Net-Zero); ya que la vivienda económica, de acuerdo a los resultados obtenidos, mostró que no tiene el soporte financiero para la autogeneración e implementación de la energía fotovoltaica.

El programa piloto de vivienda Net-Zero, es un programa donde la vivienda de interés medio permitió ser el escenario y el modelo para implementar dicho modelo en un clúster de 15 viviendas, como programa piloto de la vivienda económica; dicho proyecto partió de los resultados obtenidos en este modelo de vivienda desarrollado para Mexicali.

Para la evaluación de la vivienda Net-Zero, se seleccionó la ciudad de Mexicali, B.C. y una vivienda con una superficie aproximada de 134 m<sup>2</sup>, donde el grupo desarrollador edificara el fraccionamiento denominado Santorini; para la evaluación de dicha vivienda se realizaron las simulaciones térmicas correspondientes aplicadas a la vivienda. Los resultados de este programa piloto de vivienda se muestran en las siguientes tablas, comparándose el caso base vs el caso Net-Zero.

**Tabla 41. Resultados caso base vivienda 134 m<sup>2</sup>**

	CONSUMO *ELECTRODOM.	CONSUMO **A/C	CONSUMO TOTAL MENSUAL
Ene.	521.86	0.00	521.86
Feb.	476.98	0.00	476.98
Mar	529.91	0.00	529.91
Abr	510.63	0.00	510.63
May	521.71	662.00	1,183.71
Jun	517.85	1,272.00	1,789.85
Jul	529.46	2,253.00	2,782.46
Ago	524.31	2,170.00	2,694.31
Sep	517.85	1,571.00	2,088.85
Oct	521.86	563.00	1,084.86
Nov	510.48	0.00	510.48
Dic	530.06	0.00	530.06
<b>Total anual</b>	<b>6,212.96</b>	<b>8,491.00</b>	<b>14,703.96</b>

\*Electrodomésticos, \*\* Aire Acondicionado

**Tabla 42. Resultados caso Net-Zero 134 m<sup>2</sup>**

	CONSUMO *ELECTRODOM.	CONSUMO **A/C	CONSUMO TOTAL MENSUAL
Ene.	208.26	0.00	208.26
Feb.	175.30	0.00	175.30
Mar	185.26	0.00	185.26
Abr	175.61	0.00	175.61
May	182.43	282.83	465.26
Jun	186.78	670.83	857.61
Jul	182.43	1,423.83	1,606.26
Ago	182.43	1,329.83	1,512.26
Sep	186.78	971.83	1,158.61
Oct	182.43	452.83	635.26
Nov	177.61	0.00	177.61
Dic	194.26	0.00	194.26
<b>Total anual</b>	<b>2,219.58</b>	<b>5,131.98</b>	<b>7,351.56</b>

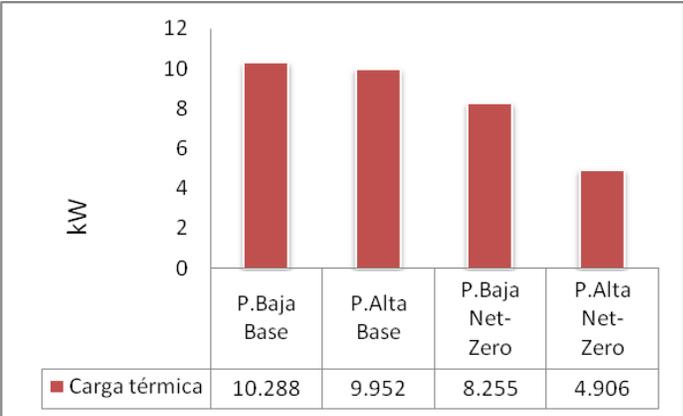
\*Electrodomésticos, \*\* Aire Acondicionado

Las (tablas 41 y 42), muestran la reducción del consumo eléctrico según una vivienda Net-Zero, mostrando una reducción en el consumo eléctrico de aproximadamente el 45%; dicha reducción queda en función del tipo de electrodomésticos de alta eficiencia y los sistemas de aislamiento especificados por la NMX-460. La reducción en el consumo fue

un factor primordial para la implementación del sistema de energía fotovoltaica propuesto para este desarrollo.

Los resultados de las gráficas siguientes, muestran en forma comparativa y desglosada los beneficios aportados por el sistema de vivienda Net-Zero comparado contra la vivienda caso base.

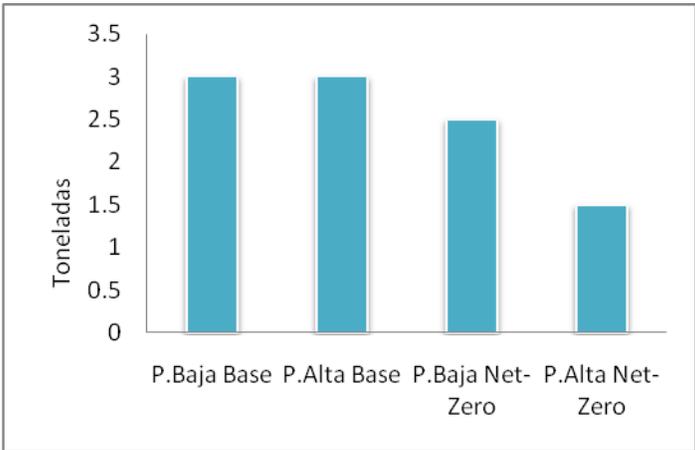
**Gráfica 10. Ganancia de Calor ambos casos**



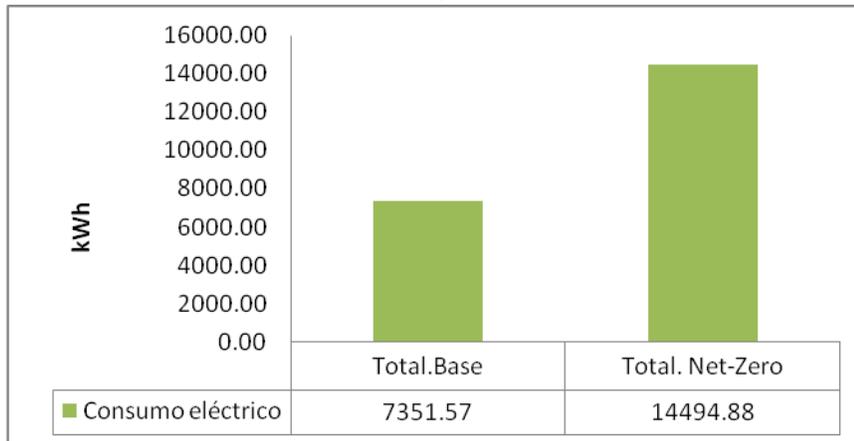
P.Baja= Planta Baja, P.Alta=Planta Alta

Con la (gráfica 10), se observa el efecto que tiene en la carga térmica, el uso de el aislamiento utilizado, en diferentes grosores, según la NMX 460, 2”de poliestireno en muros y 3.5”de poliestireno en techo, además de los sistemas de adecuación ambiental propuestos en la metodología; se observa además que la carga térmica es reducida en un 35%, teniendo un mayor impacto en la planta baja, según los patrones de uso en las áreas estudiadas; la (gráfica 11), muestra el impacto que tuvo, directamente, la carga térmica sobre las toneladas de refrigeración requeridas por cada sistema.

**Gráfica 11. Impacto sobre las toneladas de refrigeración requeridas**



**Gráfica 12. Consumo eléctrico anualizado por casos**



De acuerdo con el análisis realizado para la vivienda de 134 m<sup>2</sup>, se estima que ésta puede ser eficiente y reducir sus consumos eléctricos hasta en un 50%, así como la capacidad máxima de enfriamiento hasta en 1.5 toneladas de refrigeración, efecto reflejado en la reducción de la ganancia de calor de la vivienda.

Es importante que el proyecto de vivienda Net-Zero, genere paralelamente a su desarrollo y consolidación, una campaña de concientización sobre el uso racional de los equipos y los electrodomésticos, además de proponer sistemas de alta eficiencia en la vivienda, desde los electrodomésticos y la iluminación, hasta los sistemas de aire acondicionado.

Así, tendremos un punto de partida hacia las políticas de uso, y sobre todo, de consumo de las viviendas con estas características. Como conclusión general de las evaluaciones y la simulaciones realizadas, se observó que el consumo eléctrico, la carga térmica y la capacidad máxima de enfriamiento, son variables que pueden ser controladas mediante los sistemas de adecuación ambiental que se le den a la vivienda; pero que sin embargo, los ahorros y consumos pueden llegar a ser impactados de forma significativa, si no se tiene un sistema de uso y un perfil de usuario tal y como se plantea en los patrones de uso de la vivienda.

Para consolidar el proyecto de vivienda Net-Zero, es sumamente importante que tanto los sistemas de adecuación, como el uso del equipo sean acorde al especificado. De igual manera, se debe señalar que esta evaluación piloto fue para la ciudad de Mexicali, y que las condiciones y estrategias para otras regiones tiene variaciones de significancia.

### **5.7 LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN EL PROYECTO NET-ZERO**

Uno de los resultados que se obtuvo de este proyecto de investigación, fue el conocer cuales serian los organismos involucrados en el financiamiento e instrumentación de los sistemas de energía fotovoltaica para un desarrollo habitacional de esta naturaleza; aunque el proyecto de vivienda Net-Zero, constituía desde el 2004 una alianza

México-Canadá, con la participación del REEP (Renewable Energy Efficiency Programm), este proyecto no se consolidó debido a que los resultados serían propiedad del REEP, fenómeno que permitió involucrar a organismos Mexicanos, como la CONNUE, FIDE, CFE e INFONAVIT, con el fin de que los resultados pertenecieran a nuestro país, desarrollándose un programa que abarcó no sólo una vivienda, sino un clúster, donde se instrumentaron granjas solares; para ello se seleccionó la ciudad de Cancún, donde el desarrollador edificó la vivienda, y fue escenario de la junta cumbre sobre el cambio climático COP 16. El mismo clúster se evaluó bajo la metodología del modelo de metabolismo energético planteado para la vivienda Net-Zero. Con los resultados obtenidos del proyecto Cancún, ha sido posible ajustar y aplicar el modelo a Mexicali para la misma vivienda de 134 m<sup>2</sup>, pero con la implementación de tecnologías de innovación, como aislantes de baja conductividad y sistemas de nanotecnología.

## **5.8 UN CLÚSTER DE VIVIENDA ECONÓMICA UNA ALTERNATIVAS DE VIVIENDA NET-ZERO ANTE EL COP 16, CANCÚN, Q. ROO**

Los resultados de este apartado muestran las simulaciones térmicas realizadas en estado dinámico, a partir del modelo de metabolismo energético ajustado esta vez para un clúster de 15 viviendas de 48 m<sup>2</sup> de superficie, ubicadas en la ciudad de Cancún, Quintana Roo, dicha investigación se enfocó en la búsqueda de los escenarios para el desarrollo de la vivienda Net-Zero (vivienda con autoabastecimiento de energía). Se retoma un caso base de estudio y se compara con otros casos que proponen sistemas de innovación tecnológica desarrollados por BASF de México, aplicados sobre el proyecto denominado Urbinova 15 proyectada por el grupo Urbi desarrollos, dichas estrategias de diseño, ahorro y eficiencia energética sobre la vivienda han sido evaluadas con el sentido de encontrar los mejores escenarios para proponer una vivienda de mínimo consumo eléctrico y mayor eficiencia energética mediante el uso de tecnologías de innovación buscando el camino hacia la vivienda sustentable. El suministro de energía será por medio de paneles fotovoltaicos, los sistemas constructivos de innovación tecnológica a evaluar fueron sistemas de aislamiento de alta tecnología como: Neopor (NEO), Uretano Elastopor Eco (UEE) y MTST Thoro Stucco Thermo (MTST), comparándose estos contra los materiales tradicionales. Los resultados del estudio muestran los consumos eléctricos, el ahorro de energía y el impacto en el confort térmico del usuario.

### **5.8.1 Escenarios de Evaluación**

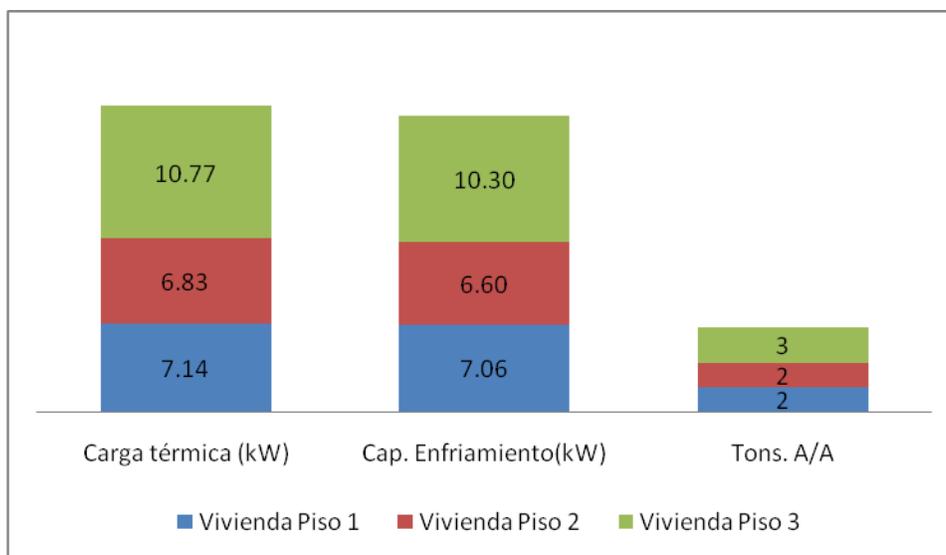
Para la vivienda Net-Zero, se consideró este mismo sistema constructivo, adicionándose: **a)** *Aislamiento térmico en muros con poliestireno tipo Neopor (Neo), el cual es un EPS con mejores propiedades termofísicas adicionadas por un sistema a base de grafito, además de tener una densidad de 22 kg/m<sup>3</sup>.* **b)** *Uretano Elastopor Eco (UEE) denominado así por su baja conductividad comparada contra el sistema de uretanos tradicionales* **c)** *MTST Thoro Stucco Thermo (MTST), material con alta capacidad de absorción por sus propiedades a base de nanotecnología. Para el clúster de viviendas se realizaron interacciones entre los diferentes materiales propuestos tanto para muro como para*

techos, las gráficas y tablas obtenidas por lo resultados muestran dichas interacciones de variables.

### 5.8.2 El objeto de estudio

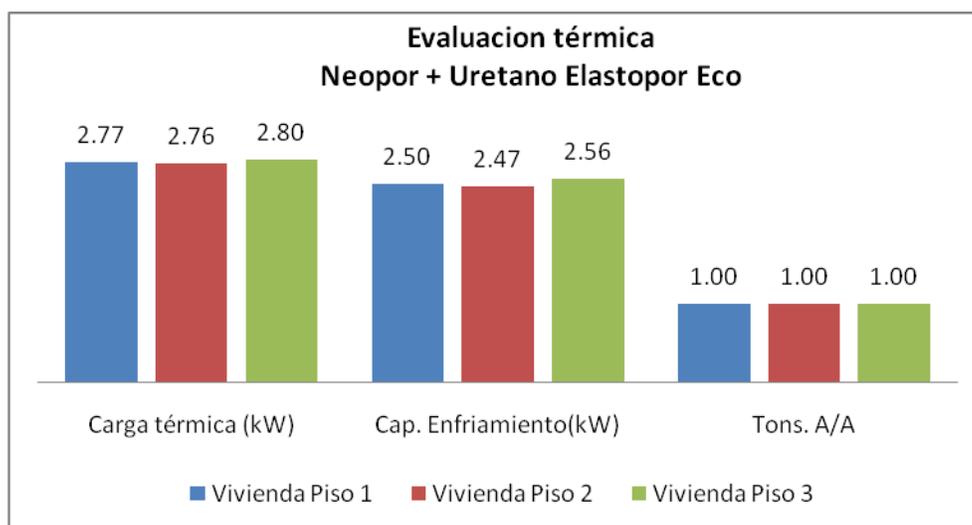
Para la evaluación de la vivienda Net-Zero, se seleccionó la ciudad de Cancún, Q. Roo y una clúster de 15 viviendas repartidas en 3 pisos, cada una de ellas con una superficie de 48 a 52 m<sup>2</sup>, este prototipo será edificado por el desarrollador denominándolo Urbinova15.

**Gráfica 13. Evaluación térmica de clúster de 15 viviendas**



La (gráfica 13) muestra los resultados obtenidos para el caso base y el caso Net-Zero, para un clúster de 15 viviendas, los resultados obtenidos fueron: a) La carga térmica presentada por vivienda analizada (variable que determina las condiciones de energía que hay que retirar del interior de la vivienda para estar en condiciones de confort); b) La capacidad máxima de enfriamiento que representa la potencia necesaria del equipo para retirar dicha energía del sistema; y c) La capacidad del sistema de enfriamiento traducida a toneladas comerciales de refrigeración. Los resultados de la (Gráfica 13), definen la tendencia que tendrá el comportamiento de la vivienda en cada uno de los pisos, observándose que el piso 3 será el que requiere mayor capacidad de enfriamiento, y por tanto aquel que registra la mayor carga térmica; el piso 1 registrará una carga térmica menor al piso 3, pero mayor al piso 2, lo que determina que el piso 2 fue el más beneficiado en las variables de carga térmica y capacidad máxima de enfriamiento.

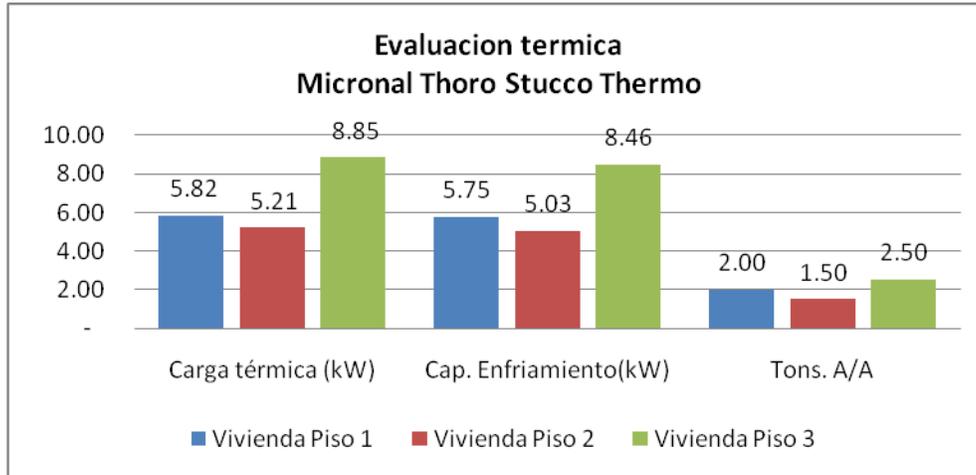
**Gráfica 14. Evaluación térmica con sistemas de innovación BASF**



Se realizó una evaluación aplicando los espesores de aislamiento de la NMX-460 y sistemas de innovación tecnológica, para poder reducir el impacto de la carga térmica, así como la capacidad máxima de enfriamiento; la vivienda se simuló y modeló aplicándose 2" del sistema Neopor (NEO) en muros y 2" de Uretano Elastopor Eco (UEE) en cubiertas; este efecto redujo la carga térmica y la capacidad máxima de enfriamiento en un 80%, así como las toneladas de refrigeración en un 50%, pasando de 7 toneladas para los tres pisos del caso base, a 1 tonelada por piso según el caso con (NEO) y (UEE); esta tendencia, además, mostró una uniformidad en el comportamiento térmico de los pisos debido a los sistemas de aislamiento, viéndose en este caso favorecidos de igual manera los tres pisos analizados.

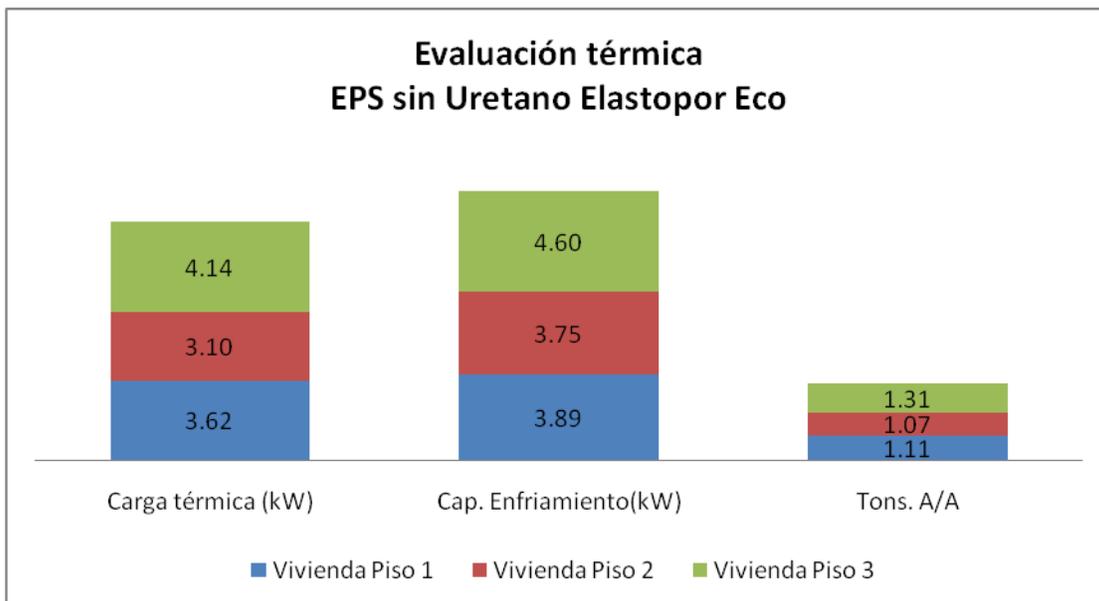
Para poder determinar el efecto que tenía la nanotecnología, se evaluó el material propuesto por BASF, denominado, THORO Stucco Thermo<sup>MR</sup>, el cual es un mortero cementicio desarrollado a partir de la aplicación de nanotecnología inteligente, que permite disipar el calor, reduciendo significativamente la temperatura interior de cualquier habitación en un rango de oscilación de 5°C a 7°C, impactando en el nivel de confort y reduciendo el consumo de energía eléctrica utilizado en sistemas de aire acondicionado. Para ello, se emplearon los datos establecidos en su ficha técnica y se procedió a evaluar dicho material. Ya que este material aun no está validado como un sistema de aislamiento térmico por la ONNCCE, los resultados aquí obtenidos sirvieron para desarrollar una metodología que permita certificar por primera vez en México, un material de cambio de fase ante el ONNCCE.

**Gráfica 15. Evaluación térmica con nanotecnología**



Para su evaluación, se consideró la aplicación, en toda la envolvente del edificio, con un espesor de 6 mm y aplicándolo en la parte exterior de cada una de las viviendas y pisos evaluados. Las propiedades de absorción redujeron la carga térmica y la capacidad máxima de enfriamiento, sin embargo, estos sólo fueron reducidos en el caso de la carga térmica en un 30% a 20% en el piso 3, 1 y 2, respectivamente. Dicho porcentaje es menor al presentado por los sistemas de EPS, (NEO) y (UEE).

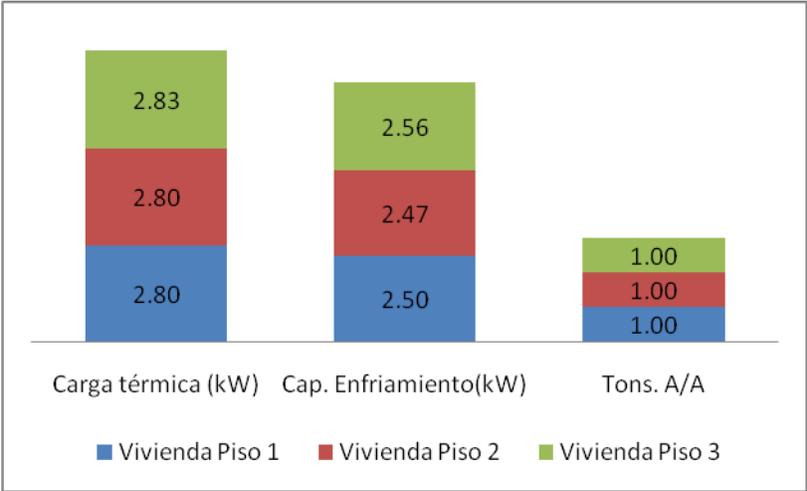
**Gráfica 16. Impacto del sistema de (UEE), sobre cubierta**



La (Gráfica 16), determina el efecto del poliuretano en la vivienda, de tal forma que el piso 3 se ve afectado en carga térmica en un 45% más y en 0.30 toneladas de

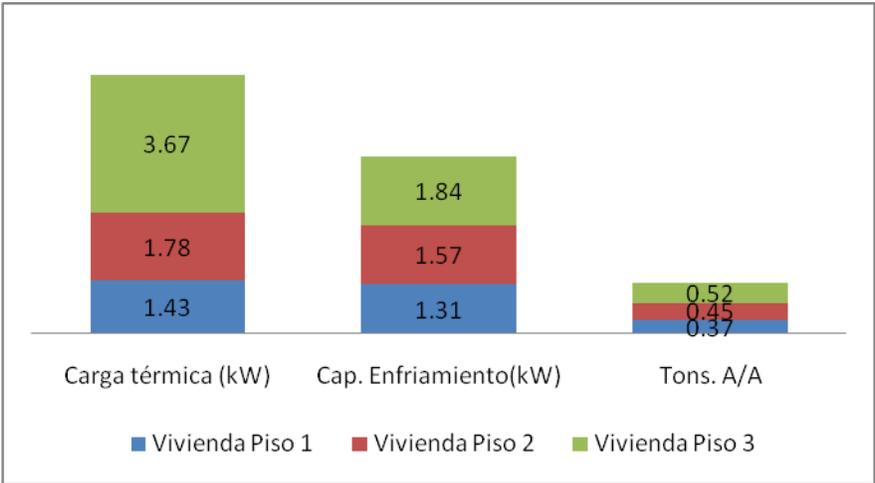
refrigeración. Así, se establece que el (UEE) Uretano Elastopor Eco, contribuye directamente sobre la eficiencia energética de la vivienda, y la reducción en la capacidad máxima de enfriamiento en una forma significativa.

**Gráfica 17. Evaluación EPS y UEE**



Los resultados de la (gráfica 17), son comparables con la modelación del Neopor; esta evaluación se realizó para ver el beneficio del Neopor sobre el sistema EPS. En términos de carga térmica, capacidad máxima de enfriamiento y toneladas de refrigeración, los resultados son similares, sin embargo, debido a las propiedades termofísicas que presenta el Neopor, los beneficios y ahorros se reflejarán en el consumo eléctrico debido a la reducción de horas uso del sistema de refrigeración, el efecto de inercia térmica y el efecto temporal de almacenamiento de energía en los sistemas constructivos, debido a las propiedades presentadas por el material.

**Gráfica 18. Evaluación integral de los sistemas de innovación**

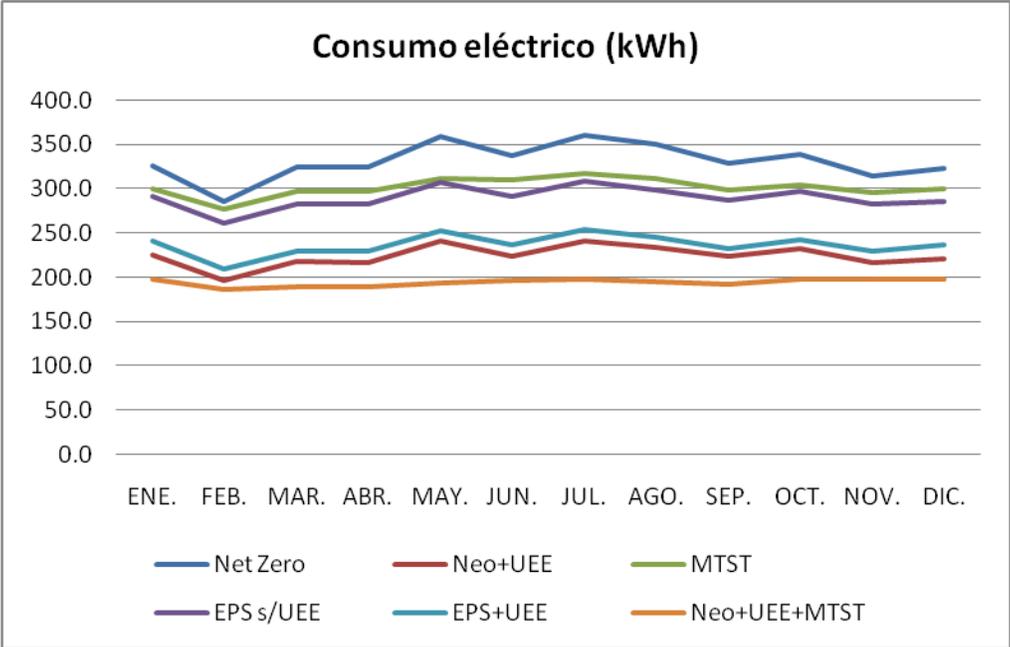


Una vez conocidos los efectos de almacenamiento de energía de cada sistema constructivo, se procedió a evaluar la integración de los materiales propuestos como sistemas de innovación. En este caso, se evaluó la aplicación de todas las medidas en la envolvente; la (gráfica 18), muestra la reducción en la carga térmica con respecto a los casos evaluados por separado y al caso base; con respecto a este último, que es donde se observa el mayor impacto, se observa que la carga térmica se redujo en un 65% aproximadamente y en capacidad máxima de enfriamiento en un 82%, es decir de 7 toneladas requeridas para los tres pisos se llegó a una reducción de 5.5 toneladas.

**5.8.3 Resultado de consumo eléctrico para el clúster de vivienda**

Conocidos los efectos de carga térmica, resultó necesario evaluar el consumo eléctrico de todo el clúster de vivienda, así como el de cada uno de los 3 pisos, esto fue necesario para poder determinar la capacidad de la granja fotovoltaica que alimentaría al clúster.

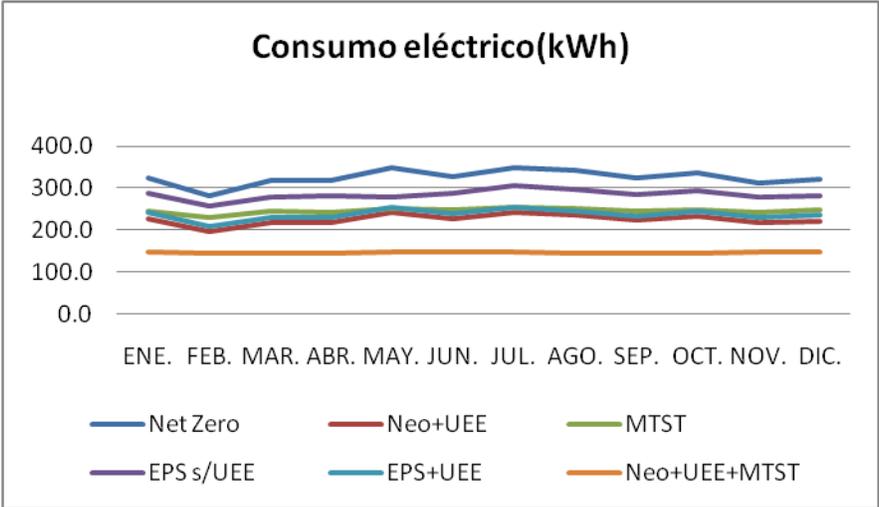
**Gráfica 19. Consumo eléctrico piso 1**



Dado el análisis realizado para la evaluación térmica, se realiza una comparación de todos los sistemas por cada uno de los pisos evaluados, el piso 1, muestra los beneficios de cada sistema, pero ya en términos de consumos eléctricos, demostrando cada uno de los beneficios de cada sistema. La (gráfica 19), indica, que el sistema que combina todas las estrategias de innovación tecnológica es el mejor, y que además, mantiene un consumo eléctrico constante durante todos los meses del año, permaneciendo en un rango por debajo de los 200 kWh de consumo al mes. Mientras que el caso base, manifiesta un consumo eléctrico muy variable de los 300 a los 350 kWh mensuales. Otra agrupación en

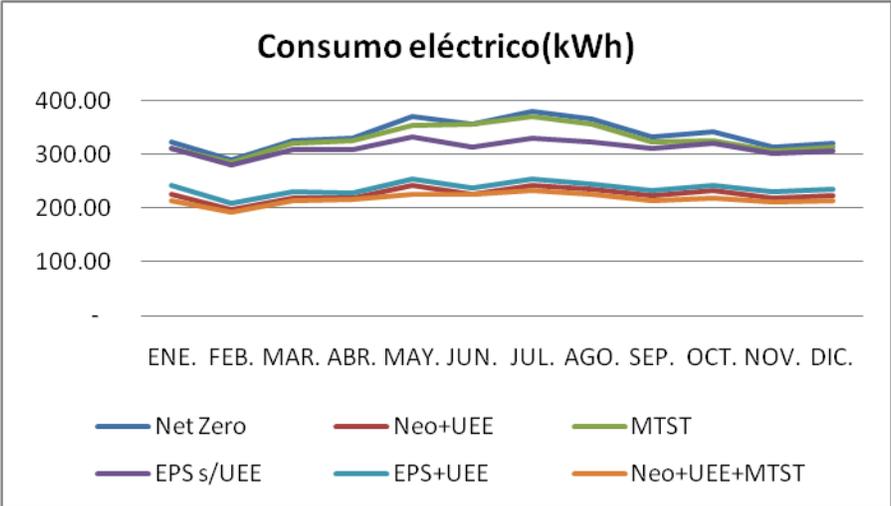
este piso es el MTST Thoro Stucco Thermo<sup>MR</sup> (MTST) y el sistema EPS, pero sin Uretano Elastopor Eco (UEE) en el techo, registrando consumos entre 250 y 320 kWh, el caso Neopor mas Uretano Elastopor Eco (Neo+UEE) también mantiene una tendencia constante y bajo consumo en el orden de 200 a 250 kWh.

**Gráfica 20. Consumo eléctrico piso 2**



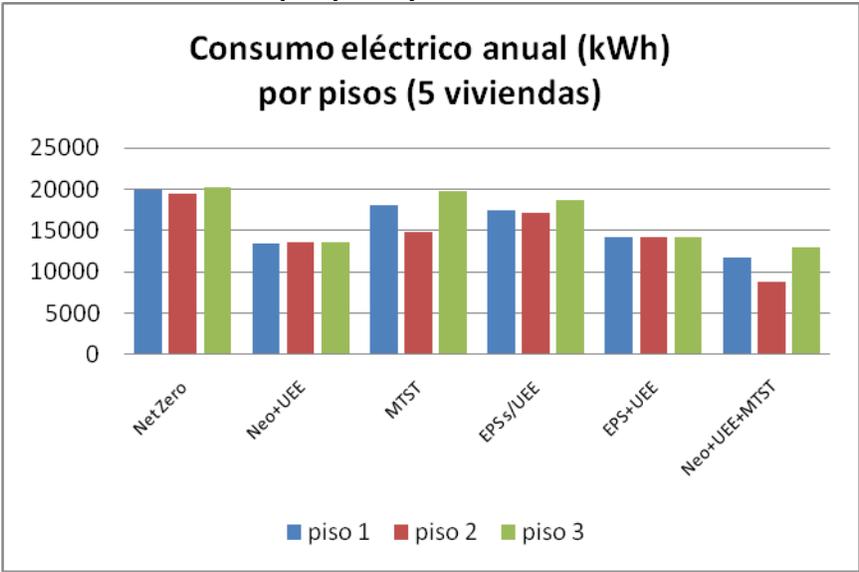
En la (gráfica20), se muestra el mismo comportamiento en las agrupaciones de los materiales, sin embargo, ahora se observa que los consumos están en el orden de los 150 kWh/mes para el caso que combina todas las estrategias, beneficiándose con un ahorro en el consumo eléctrico en un 56%, asimismo, el piso 2 se ve beneficiado debido a que no presenta carga térmica por radiación directa sobre la cubierta, por ello sus valores y sus comportamiento térmico es más lineal que el piso 1 y 3.

**Gráfica 21. Consumo eléctrico piso 3**



En el piso 3, los resultados muestran la agrupación de dos conjuntos de materiales, aquellos que presentan Uretano Elastopor Eco en el techo, EPS y Neopor en los muros, estas estrategias resultaron ser mejor al caso base y al MTST Thoro Stucco Thermo solo, diferenciando consumos entre los 200 a 250 kWh, sin embargo, no fue mejor que los casos combinados del Neopor más MTST Thoro Stucco Thermo más Uretano Elastopor Eco, esta estrategia presentó los consumos eléctricos más bajos de la evaluación, entre 180 y 230 kWh como máximo, mientras que el grupo del caso base, el MTST Thoro Stucco Thermo solo y el sistema sin Uretano Elastopor Eco en la cubierta, son los que presentaron los consumos eléctricos más altos para este piso, sus rangos de consumos estuvieron entre los 300 y 390 kWh, correspondiendo los consumos más altos al caso base Net-Zero.

**Gráfica 22. Consumo anualizado por pisos y sistemas de innovación**



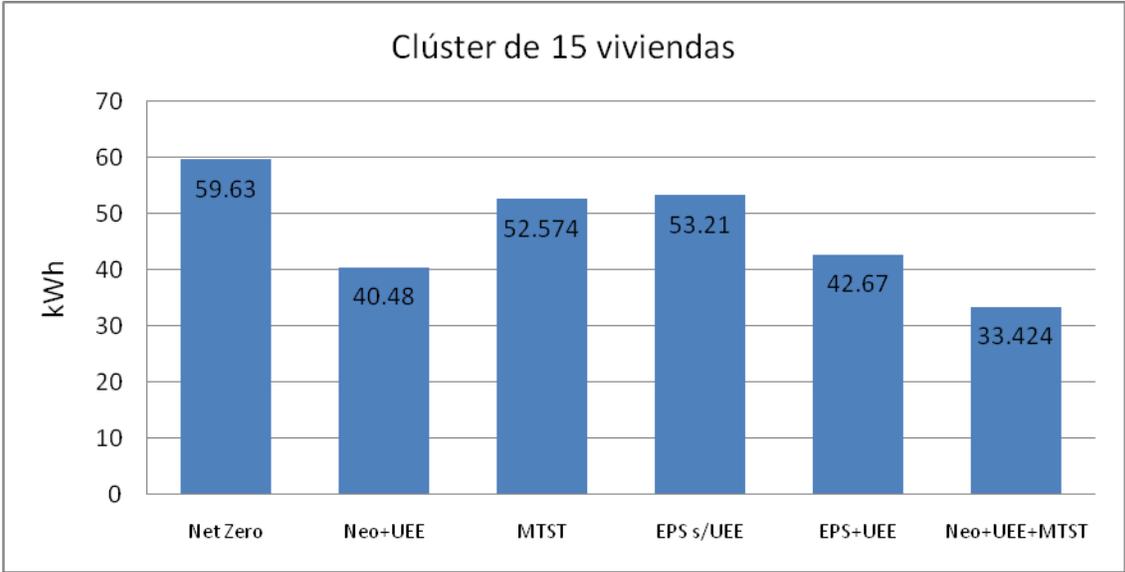
La (Gráfica 22), señala el concentrado del clúster por pisos, considerando 5 viviendas por piso, en la gráfica se observa que el caso base es el que registró en las 5 viviendas y en cada uno de los diferentes pisos, el mayor consumo eléctrico con valores aproximados a los 20,000 kWh tanto para los pisos 1 y 3; mientras que el mejor de los casos, donde se aplican todos los sistemas de innovación tecnológica, mostró un consumo eléctrico en el margen de los 11,000 y 13,000 kWh para los pisos 1 y 3, sin embargo, el piso 2 muestra el menor consumo de todo el análisis, con 8,500 kWh.

En el caso del Neopor más MTST Thoro Stucco Thermo, se mantiene por debajo del caso más eficiente, no obstante en agrupación de pisos y cluster de viviendas, sí existe un impacto significativo si se le compara con el sistema que consideró EPS, sustituyendo al Neopor. Por lo que respecta al caso MTST Thoro Stucco Thermo, éste queda por debajo del caso Net-Zero base, pero encima del caso de EPS sin Uretano Elastopor Eco en el techo.

De esta manera, en la gráfica podemos ver de forma objetiva que el comportamiento descendente del consumo eléctrico se va marcando conforme se le adicionan los sistemas de innovación, pero que el mejor resultado se presenta cuando estos son combinados entre sí.

Finalmente la (gráfica 23), da resultados sobre cada clúster de 15 viviendas, destacando los consumos eléctricos totales anuales, mostrándose el beneficio de cada uno de los sistemas de innovación tecnológica propuestos por BASF; el caso Net-Zero registra los más altos consumos, como se esperaba, con un total de 59,630 kWh, es decir 26,206 kWh más que el mejor de los casos, que considera Neopor más Uretano Elastopor Eco más MTST Thoro Stucco Thermo,

**Gráfica 23. Consumo eléctrico por clúster de vivienda y sistemas de innovación**



El siguiente modelo que consideró el Neopor y Uretano Elastopor Eco en los techos, registró un consumo eléctrico aceptable por clúster de 40,480 kWh, es decir una reducción de 2,190 kWh anuales por clúster de 15 viviendas comparado contra un sistema con EPS aplicado en muros, y 19,150 kWh menos que el caso base sin ninguna estrategia de ahorro.

En el caso del MTST Thoro Stucco Thermo, se observa un beneficio en cuanto al caso base de alrededor de 7,000 kwh y 634 kWh menos al año, comparado contra un sistema con EPS en muros y sin Uretano Elastopor Eco en el techo; esto demuestra, además, que el efecto del Uretano Elastopor Eco en el techo tiene un ahorro significativo en el consumo eléctrico de la vivienda.

#### 5.8.4 Conclusiones caso Net-Zero,clúster Cancún.

De acuerdo con el análisis realizado para el clúster de 15 viviendas denominadas Urbinova 15, con una superficie aproximada de 48 a 52 m<sup>2</sup>, cada una, y repartidas en tres pisos, se observa que los sistemas de innovación tecnológica son capaces de reducir el consumo eléctrico en un porcentaje y un margen considerable al caso en el que no se le aplican estrategias de ahorro. Los sistemas como el Neopor, Uretano Elastopor Eco y MTST Thoro Stucco Thermo han servido para demostrar que estos sistemas sirven para incentivar la eficiencia energética en la edificación, y que en un conjunto de viviendas, el impacto será mayor debido a la escala, por lo que el dimensionamiento de una granja solar será factible si se llega a la reducción máxima de los consumos, teniéndose así, la posibilidad de poder encontrar el camino hacia la vivienda Net-Zero por medio de clúster de viviendas energéticamente sustentables.

Para las condiciones de la región de Cancún, se observa que la energía del caso base se redujo en un 54%, y que además el tonelaje de la refrigeración se redujo a su máximo, de tal forma que es necesario reconsiderar si se utiliza o no un sistema de refrigeración, ya que de acuerdo con los resultados obtenidos, la capacidad de los equipos queda fuera de las dimensiones comerciales o de mercado, es decir, que los sistemas de refrigeración en el último dimensionamiento reportado resultan ser poco operativos, y técnicamente, no son viables, debido a que su capacidad resultó ser muy baja y las horas de uso también, es así como el rango de temperaturas interiores puede reducirse con un sistema mecánico de ventilación.

Con respecto a los sistemas utilizados, se observa que el Neopor más el Uretano Elastopor Eco, es un de la mejores alternativas en la reducción de carga térmica, capacidad máxima de enfriamiento y consumo eléctrico; *el sistema MTST Thoro Stucco Thermo* resultó favorable en la reducción del consumo eléctrico, sin embargo, no presenta rangos de consumo significativo, además de que requiere de que sea aplicado por el exterior de la envolvente y considerar que la reducción de la carga térmica se dé a partir del hecho de que por cada 30 kg de *MTST Thoro Stucco Thermo* a un espesor de 6 mm, se tiene una *reducción de 517 kW de carga térmica por vivienda al mes*, partiendo de los datos de ficha técnica establecido por BASF.

Se concluye así, que la búsqueda de la vivienda Net-Zero debe integrar todas y cada una de las tecnologías propuestas sobre la envolvente del edificio para reducir la carga térmica a su menor escala, y por tanto, el consumo eléctrico en las escalas mostradas por los resultados.

Por otra parte, considerando que las toneladas de refrigeración a las que se llegó con el caso eficiente son de una capacidad poco operativa y comercialmente difícil de conseguir en mercado, es fundamental considerar que *puede omitirse la capacidad máxima de enfriamiento*, dado que los sistemas de aislamiento han reducido la carga térmica a tal grado que puede el resto resolverse por medio de sistemas de ventilación mecánica en

techo, esto se puede complementar si se observa que la temperatura de confort al interior con un sistema de ventiladores puede llegar a reducirse en 5°C, y si además se considera que la temperatura promedio ambiente en Cancún oscila en los 32°C durante todo el año, se puede complementar este argumento al ver que el termopreferendum del individuo en Cancún es de 30°C, lo que permite que estas oscilaciones térmicas y este decremento en la temperatura sea resuelto por medio de dicho sistema de ventilación mecánica, el movimiento de masas de aire, dado las características tropicales de la zona, ayudará a tener condiciones de confort y temperaturas aceptables.

Si se consideran tres ventiladores de techo, se tendrá, además de una reducción en el consumo eléctrico total del clúster, una reducción en el gasto de inversión inicial de sistemas de aire acondicionado, lo que permitirá tener un control más real sobre la alimentación de los sistemas fotovoltaicos, debido a que la operación del sistema de aire acondicionado mucho depende del patrón de uso, factor que se torna muy cualitativo y es difícil de considerarlo como un sistema controlado.

En la (tabla 43), se muestra el consumo final al cual puede llegarse mediante la eliminación de los sistemas de refrigeración y la sustitución por ventiladores de techo.

**Tabla 43. Consumo eléctrico en kWh/año/clúster, con el sistema de ventilación mecánica**

<b>Caso Base Net-Zero</b>	59,630 kWh
<b>Neopor+Uretano Elastopor Eco+MTST Thoro Stucco Thermo con *A/A</b>	33,424 kWh
<b>Neopor+Uretano Elastopor Eco+MTST Thoro Stucco Thermo sin A/A</b>	29,241 kWh

\*Aire Acondicionado

La (tabla 43), indica que con un sistema de ventiladores se puede reducir el consumo del caso eficiente en 4183 KWh anuales por clúster de viviendas, de ahí que el sistema de energía fotovoltaica debería diseñarse a partir de este consumo, que no considera los sistemas de aire acondicionado, además de que el evitarlos reducirá el impacto en el pago de electricidad por el usuario debido a las tarifas establecidas para esta región, además de evitar emisiones de CO<sub>2</sub> y menor consumo de energéticos fósiles.

### **5.8.5 Análisis de costo-beneficio de la granja fotovoltaica para el clúster Cancún**

Dado lo citado por el artículo 36, Fracción I, inciso A de la *de Energía Eléctrica*, donde se expresa que no existe inconveniente en cuanto al hecho de la producción de energía eléctrica para el autoconsumo, aun cuando no sea un solo usuario, sino un *Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética*, no se contrapone a este dicho la colocación de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica para autoconsumo, en una vivienda vertical (15 Unidades).

Considerando que el ahorro en el consumo de energía eléctrica, se ha contemplado por los concededores de la materia en una energía alterna, se parte del hecho de reducir el consumo de energía en el edificio a su máxima expresión (Net-Zero), utilizando para ello equipos electrodomésticos eficientes, según el FIDE, e integrando tecnología de punta para una optimización en la carga térmica del sistema, y por último, sin ser menos importante, la concientización de los usuarios en el tema del ahorro energético (patrón de uso del edificio).

### 5.8.6 Resultados de evaluación de la granja fotovoltaica

Se realizaron los cálculos para el sistema fotovoltaicos requerido según el suministro de energía, con base a lo estipulado en los resultados anteriores sobre el clúster de vivienda evaluado. De esta forma, se obtuvo la capacidad de generación del sistema (kWp) y la producción del mismo (kWh), con el objetivo de obtener los montos de inversión necesarios para cada uno de los casos.

De la misma forma, se consideran los montos de inversión de 3 diferentes escenarios de la envolvente del edificio con los sistema de BASF Mexicana ya descritos (Neopor<sup>MR</sup>, Elastopor Eco y Thoro Stucco Thermo<sup>MR</sup>), comparándose contra el ahorro en el consumo de energía otorgado por el beneficio de cada uno de los sistemas utilizados, así como su integración, para con ello determinar el tiempo de amortización de la inversión.

### 5.8.7 El método de cálculo

Se utilizó el Software RETScreen<sup>TM</sup>, de origen Canadiense, validado para estudios de sistemas fotovoltaicos; se realizaron simulaciones para cada uno de los escenarios y sistemas propuestos; para el cálculo se consideró un sistema fotovoltaico a base de paneles solares del tipo *silicio-monocristalino*, 175 w, con un área por panel de 1.27 y una eficiencia nominal del 14%, cabe mencionar que la empresa que suministró la tecnología es Mexicana.

**Tabla 44. Resultados de potencia, consumos y costos de inversión del sistema fotovoltaico**

	CASO BASE NET-ZERO	NEOPOR + UEE	MTST	NEOPOR + UEE + MTST	NEOPOR + UEE SIN A/C
Energía requerida (kWh)	59,630	40,480	52,574	33,423	29,241
Potencia SFV (kW)	38.850	26.425	34.300	21.875	19.250
Producción (kWh)	59,782.33	40,662.75	52,780.79	33,661.22	29,621.87
Costo de inversión*	\$ 131,521.13	\$ 89,458.05	\$ 116,117.74	\$ 74,054.68	\$ 65,168.11

\*El costo de inversión parte de un precio establecido por el proveedor de 2.2 Dlls por kWh generado.

En la tabla 44, se observan las comparaciones de cada uno de los sistemas en términos de energía requerida (kWh) y potencia instalada de energía fotovoltaica (kWp) para cada uno

de los casos del clúster de vivienda; si se compara el caso base Net-Zero vs Neo+UEE+Thoro Stucco Thermo se tiene un ahorro final neto de \$ 66,353 Dlls. y una potencia instalada (kWP) del 50%, además de un ahorro en consumo eléctrico del 43%.

### 5.8.8 Análisis del ahorro en el consumo eléctrico por sistema de innovación BASF

En esta evaluación se analizó el ahorro de energía que representó el uso de cada producto, con base al costo de kWh ahorrado en el consumo de energía en la vivienda, partiendo de un precio base del kWh vendido por la CFE.

**Tabla 45. Ahorro de energía por sistema de innovación**

PRODUCTO BASF	AHORRO (KWH)	PRECIO KWH CFE*	AHORRO NETO (M.N.)
MTST	7,056	\$ 2.42	\$ 17,075.52
Uretano Elastopor ECO	10,165	2.42	\$ 24,599.30
Neopor	8,985	2.42	\$ 21,743.70
<b>Ahorro neto</b>			<b>\$ 63,418.52</b>

\*Precio de venta de kWh. Tarifa 1B. [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)

En la tabla 45, se demostró el ahorro por cada sistema en kWh y lo equivalente en moneda nacional, según el consumo y la tarifa eléctrica de la región, los resultados confirman que si se utiliza el sistema integral de productos BASF, se tendría un ahorro neto de \$ 63,418.52 pasos anuales.

**Tabla 46. Tabla ahorro por costo de producción**

PRODUCTO BASF	AHORRO (KWH)	PRECIO KWH CFE*	AHORRO NETO (M.N.)
MTST	7,056	\$ 2.20	\$ 15,523.20
UEE	10,165	2.20	\$ 22,363.00
Neopor	8,985	2.20	\$ 19,767.00
<b>Ahorro SFV</b>			<b>\$ 57,653.20</b>

\*Precio en dólares por kWh producido por medio de sistema fotovoltaico.

La tabla 46, observa el ahorro de energía que representa cada producto individualizado, traduciéndolo al costo de producción (kWh) partiendo de un precio estipulado por el proveedor de paneles fotovoltaicos. En la tabla se muestra el ahorro logrado por la colocación en la envolvente del edificio con productos BASF; al evitar que se invierta en sistemas fotovoltaicos más robustos y con mayor capacidad de generación, el monto favorable que se obtuvo para la inversión fue de \$ 57,653.20 Dlls.

### 5.8.9 Costo de inversión en envolvente térmica

En esta evaluación, se consideró el área del clúster de vivienda en donde se utilizaron los productos BASF, asimismo, se consideró para el análisis de costo precios estándar de mano obra para la aplicación y/o colocación del mismo, así como los costos de cada uno de los productos de innovación por m<sup>2</sup>

**Tabla 47. Costo de inversión de la envolvente térmica**

	ÁREA M <sup>2</sup>	COSTO M <sup>2</sup>		TOTAL INVERSIÓN	TIPO MONEDA
		SUMINISTRO	M.O.		
Thoro Stucco Thermo	1,031.94	\$ 125.00	\$ 28.00	\$ 157,886.82	MN
Uretano Elastopor ECO	211.97	43.12	36.08	16,788.02	MN
Neopor	819.97	67.00	106.67	142,404.19	MN
<b>Monto de inversión envolvente productos BASF Mexicana</b>				<b>\$317,079.03</b>	<b>MN</b>

En la (tabla 47), se obtuvieron montos de inversión sobre la envolvente de \$317, 079.03 para poder suministrar los sistemas de innovación BASF, costo que representa el 45% menos que el sistema de fotovoltaicos, sin embargo, sin dichos sistemas sería difícil alcanzar la reducción en la carga térmica y el consumo eléctrico estimado.

### 5.9 AJUSTE AL MODELO NET-ZERO PARA MEXICALI, A PARTIR DEL MODELO DE CLÚSTER CANCÚN

En este estudio, se realizaron simulaciones térmicas complementarias, al caso base de vivienda Net-Zero, anteriormente evaluada para Mexicali, B.C. con una superficie aproximada de 134 m<sup>2</sup>. Considerando los diferentes sistemas de innovación tecnológica utilizados en el clúster de Cancún y bajo el mismo modelo de metabolismo energético. Asimismo, se compara con los resultados del sistema EPS (poliestireno expandido), según lo estipulado por la norma NMX 460.

**Tabla 48. Caso base vivienda Net-Zero, 134 m<sup>2</sup>.**

	CONSUMO * ELECTRODOM.	CONSUMO ** A/C	CONSUMO TOTAL MENSUAL
Ene.	521.86	0	521.86
Feb.	476.98	0	476.98
Mar.	529.91	0	529.91
Abr	510.63	0	510.63
May	521.71	741.44	1,263.15
Jun	517.85	1,424.64	1,942.49
Jul	529.46	2,523.36	3,052.82
Ago	524.31	2,430.40	2,954.71
Sep	517.85	1,759.52	2,277.37
Oct	521.86	630.56	1,152.42
Nov	510.48	0	510.48
Dic	530.06	0	530.06
<b>Total anual</b>	<b>6212.96</b>	<b>9509.92</b>	<b>15722.88</b>

\*Electrodomésticos, \*\* Aire Acondicionado

En la (tabla 48), se presentan los resultados obtenidos para el caso base, este representa la vivienda sin la aplicación alguna de tecnologías de eficiencia energética o sistemas de aislamiento. En este modelo, la vivienda se evalúa tal y como el desarrollador la entrega; los resultados muestran los índices de consumo más altos al resto de los casos, representando alrededor de 60% más sobre el consumo eléctrico y la carga térmica.

**Tabla 49. Caso Net-Zero con EPS**

<b>CASO CON EPS EN MUROS Y TECHOS SEGÚN NMX-460</b>			
	<b>CONSUMO *</b>	<b>CONSUMO</b>	<b>CONSUMO</b>
	<b>ELECTRODOM.</b>	<b>** A/C</b>	<b>TOTAL MENSUAL</b>
<b>Ene.</b>	208.26	0.00	208.26
<b>Feb.</b>	175.30	0.00	175.30
<b>Mar.</b>	185.26	0.00	185.26
<b>Abr</b>	175.61	0.00	175.61
<b>May</b>	182.43	254.55	436.98
<b>Jun</b>	186.78	603.75	790.53
<b>Jul</b>	182.43	1,281.45	1,463.88
<b>Ago</b>	182.43	1,196.85	1,379.28
<b>Sep</b>	186.78	874.65	1,061.43
<b>Oct</b>	182.43	407.55	589.98
<b>Nov</b>	177.61	0.00	177.61
<b>Dic</b>	194.26	0.00	194.26
<b>Total anual</b>	<b>2,219.58</b>	<b>4,618.80</b>	<b>6,838.38</b>

**\*Electrodomésticos, \*\* Aire Acondicionado**

La (tabla 49), consideró la aplicación del sistema de aislamiento térmico a base de poliestireno expandido (EPS), en espesores especificados por la NMX-460 para sistema ahorrador, 2"en muros y 3"en los techos. En la tabla los resultados muestran que el consumo eléctrico anualizado se redujo en 56%, al utilizar tecnologías de eficiencia energética como los focos ahorradores y el sistema de poliestireno en los espesores especificados, además de que tanto el sistema de aire acondicionado como el sistema de iluminación y electrodomésticos se redujeron en un rango del 45 al 55 % al aplicar el sistema EPS en la vivienda caso base.

### **5.9.1 Casos Net-Zero Mexicali, con sistemas BASF**

Con el sentido de poder evaluar sistemas de innovación tecnológica más eficientes contra los sistemas de eficiencia energética tradicionales, la vivienda Net-Zero consideró en sus sistemas la aplicación de materiales de aislamiento térmico como el Neopor, Uretano Elastopor Eco y Micronal descritos anteriormente.

Los resultados de dichas evaluaciones se presentan en las tablas 48, 49 y 50, con el sentido de compararse lo impactos de cada uno, a nivel mensual y anual, desglosado en electrodomésticos y luces, así como los sistemas de aire acondicionado.

La evaluación realizada con este sistema de innovación, tuvo como objetivo poder observar los beneficios en ahorro de energía ante un sistema tradicional ya evaluado y aprobado por la NMX-460, se aplicó Neopor en techo y muros según espesores de norma

teniéndose una reducción de 83.22 kWh, comparado contra el sistema tradicional de EPS factor poco significativo en termino de ahorro y financiamiento.

**Tabla 50. Sistema Neopor**

<b>CASO NEOPOR EN MUROS Y TECHOS</b>			
	<b>CONSUMO *</b>	<b>CONSUMO **</b>	<b>CONSUMO TOTAL</b>
	<b>ELECTRODOM.</b>	<b>A/C</b>	<b>MENSUAL</b>
<b>Ene.</b>	208.26	0.00	208.26
<b>Feb.</b>	175.30	0.00	175.30
<b>Mar.</b>	185.26	0.00	185.26
<b>Abr</b>	175.61	0.00	175.61
<b>May</b>	182.43	245.00	427.43
<b>Jun</b>	186.78	591.00	777.78
<b>Jul</b>	182.43	1,263.45	1,445.88
<b>Ago</b>	182.43	1,182.00	1,364.43
<b>Sep</b>	186.78	861.65	1,048.43
<b>Oct</b>	182.43	392.50	574.93
<b>Nov</b>	177.61	0.00	177.61
<b>Dic</b>	194.26	0.00	194.26
<b>Total anual</b>	<b>2,219.58</b>	<b>4,535.60</b>	<b>6,755.18</b>

\*Electrodomésticos, \*\* Aire Acondicionado

Otra estrategia de innovación consistió en aplicar Neopor en muros, y Elastopor Eco en techos; en esta modelación térmica se redujo el consumo eléctrico anualizado en 499.17 kWh, comparado contra el sistema de EPS y 416. 35 kWh contra el sistema de Neopor en muros y techo, dichos factores de reducción son más representativos debido a que representan el 50% del consumo eléctrico de un mes durante el verano ver (tabla 51).

**Tabla 51. Neopor + Uretano Elastopor Eco**

<b>CASO NEOPOR EN MUROS Y URETANO ELASTOPOR ECO EN TECHO</b>			
	<b>CONSUMO *</b>	<b>CONSUMO **</b>	<b>CONSUMO TOTAL</b>
	<b>ELECTRODOM.</b>	<b>A/C</b>	<b>MENSUAL</b>
<b>Ene.</b>	208.26	0.00	208.26
<b>Feb.</b>	175.30	0.00	175.30
<b>Mar.</b>	185.26	0.00	185.26
<b>Abr</b>	175.61	0.00	175.61
<b>May</b>	182.43	165.00	347.43
<b>Jun</b>	186.78	515.75	702.53
<b>Jul</b>	182.43	1,192.45	1,374.88
<b>Ago</b>	182.43	1,109.85	1,292.28
<b>Sep</b>	186.78	797.65	984.43
<b>Oct</b>	182.43	338.55	520.98
<b>Nov</b>	177.61	0.00	177.61
<b>Dic</b>	194.26	0.00	194.26
<b>Total anual</b>	<b>2,219.58</b>	<b>4,119.25</b>	<b>6,338.83</b>

\*Electrodomésticos, \*\* Aire Acondicionado

Una vez evaluada la mejor combinación de los sistemas de innovación, se adicionó el sistema de micronal en toda la envolvente, de tal forma que se utilizó el efecto del micronal para poder reducir aún más la carga térmica, y con ello el consumo eléctrico buscado por la vivienda Net-Zero, para obtener la mejor propuesta financiera y técnica de los sistemas fotovoltaicos, la (tabla 52) muestra estos resultados.

En los resultados se observa que la vivienda Net-Zero llegó a una línea base de consumo eléctrico mínima, dentro del rango de los 6,223.24 kWh/año; lo que representa 615.16 kWh/año menos que el sistema tradicional EPS y 9,498.76 kWh/año que el caso base, significando un ahorro del 60% con respecto al caso base y un 10% menos que el caso con sistema tradicional EPS. Esta evaluación permitió definir el mejor escenario para la vivienda Net-Zero de Mexicali, B.C., y en función de ello instrumentar una propuesta hacia los sistemas de energía fotovoltaica.

**Tabla 52. Neopor+Elastopor Eco +Micronal**

<b>CASO NEOPOR EN MUROS Y ELASTOPOR ECO EN TECHO</b>			
<b>+MICRONAL THORO STUCCO THERMO</b>			
	<b>CONSUMO *</b>	<b>CONSUMO **</b>	<b>CONSUMO TOTAL</b>
	<b>ELECTRODOM.</b>	<b>A/C</b>	<b>MENSUAL</b>
<b>Ene.</b>	208.26	0.00	208.26
<b>Feb.</b>	175.30	0.00	175.30
<b>Mar.</b>	185.26	0.00	185.26
<b>Abr</b>	175.61	0.00	175.61
<b>May</b>	182.43	157.55	339.98
<b>Jun</b>	186.78	501.78	688.56
<b>Jul</b>	182.43	1,176.45	1,358.88
<b>Ago</b>	182.43	1,089.87	1,272.30
<b>Sep</b>	186.78	771.69	958.47
<b>Oct</b>	182.43	306.32	488.75
<b>Nov</b>	177.61	0.00	177.61
<b>Dic</b>	194.26	0.00	194.26
<b>Total anual</b>	<b>2,219.58</b>	<b>4,003.66</b>	<b>6,223.24</b>

### 5.9.2 Conclusiones sobre el caso Net-Zero Mexicali

De acuerdo con el análisis realizado para la vivienda de 134 m<sup>2</sup>, se estima que esta puede ser eficiente y reducir sus consumos eléctricos hasta en un 50%, si se le aplican los sistemas EPS; pero que, con la aplicación de los sistemas de innovación tecnológica propuestos por BASF, su mejor sistema puede reportar una reducción considerablemente mayor al 60% sobre caso base y 10% mejor que los sistemas con EPS, así como la capacidad máxima de enfriamiento se reduce en las toneladas indicadas en los resultados.

Es importante que el proyecto de vivienda Net-Zero, genere paralelamente a su desarrollo y consolidación, una campaña de concientización sobre el uso racional de los equipos y los electrodomésticos, además de proponer sistemas de alta eficiencia en la

vivienda, desde los electrodomésticos, la iluminación, hasta los sistemas de aire acondicionado.

Las estrategias propuestas deben ser consideradas para llegar a la (LBCE), con el fin de proponer un sistema fotovoltaico con mayor eficiencia; es por ello importante, que los materiales y los sistemas propuestos, tengan las propiedades térmicas y físicas indicadas en el estudio, y se respeten las consideraciones generales de la modelación y simulación térmica. Para consolidar el proyecto de vivienda Net-Zero, es primordial que, tanto los sistemas de adecuación como el uso del equipo, sea acorde al especificado.

## **CAPÍTULO VI. INICIATIVAS DE LEY Y POLÍTICAS ENERGÉTICAS**

Los resultados mostraron que es posible desarrollar la vivienda Net-Zero bajo el contexto Mexicano, y con ello, poder generar políticas energéticas que direccionen desde la construcción de la vivienda, las tecnologías aplicadas, los electrodomésticos utilizados, los sistemas de aire acondicionado eficientes, el patrón de uso de la misma, así como las características y capacidad de la energía fotovoltaica. Además de haberse mostrado las capacidades de inversión de cada estrato de vivienda y su factibilidad de aplicación en diferentes tipologías y bioclimas, el modelo de metabolismo energético demostró con los resultados, que se pueden generar recomendaciones para dar iniciativas de ley en materia de vivienda y energía.

### **6.1 INICIATIVAS DE LEY Y POLÍTICAS ENERGÉTICAS PARA VIVIENDA ECONÓMICA Y NET-ZERO**

De acuerdo con los resultados encontrados en esta investigación, se pueden destacar las iniciativas de ley que podrán llevarse a cabo para la vivienda económica y la materialización de una vivienda tipo Net-Zero en la ciudad de Mexicali, que más tarde servirán como el planteamiento inicial para la generación de políticas en la vivienda sustentable.

Los resultados mostraron que el sistema de aislamiento normado por la NMX-460, refleja una reducción importante en el consumo eléctrico de la vivienda, y por tanto, una reducción en la carga térmica; además de que el sistema de aislamiento está dentro de la factibilidad económica para poder aplicarlo en dichas viviendas. Asimismo, resuelve un problema de carácter social reflejado en la economía del usuario, la reducción en el impacto ambiental y la reducción del uso de los energéticos fósiles, evitando con ello toneladas de emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera. Si apoyamos los hechos según lo establecido en el protocolo de Kioto y Montreal, estaremos en vías de desarrollar vivienda con carácter sustentable.

### **6.2 RECOMENDACIÓN A LAS INICIATIVAS DE LEY APLICABLES A LA VIVIENDA ECONÓMICA DE MÉXICO:**

- La vivienda económica debe emanciparse del resto de las viviendas debido a que requiere de mecanismos de financiamiento muy particular fundados en el tiempo de recuperación entre el kWh ahorrado sobre el costo de la tecnología o sistema de eficiencia energética.
- Con la normatividad existente NMX-460 en México, la vivienda reduce en un 60% el consumo energético, por lo que debe ser aplicable en toda la envolvente de la vivienda.

- Los espesores de aislamiento térmico tienen un retorno de inversión del 100% a 13 años, factor que para la vivienda de 38m<sup>2</sup> podrá ser aplicable a la hipoteca al financiamiento.
- La inversión para la hipoteca verde en México es apoyada por fundaciones y otros organismos.
- Los actores principales a nivel municipal, estatal y federal, tienen la tarea de involucrarse en la búsqueda de los mejores mecanismos de financiamiento de los sistemas de energía alterna y la adquisición de la tecnología de alta eficiencia energética.
- La hipoteca verde debe probar una metodología aplicable a la realidad de la vivienda económica de México.
- Los sistemas fotovoltaicos contribuyen a una reducción en la capacidad instalada de los fraccionamientos, así como en el dimensionamiento de la infraestructura proporcionada por CFE.

### **6.3 PROPUESTAS PARA LAS INICIATIVAS DE LEY PARA LA VIVIENDA NET-ZERO Y ZERO EMISIONES**

- Los modelos de vivienda Net-Zero pueden ser registrados como mecanismos de desarrollo limpio implementado ante la ONU, para la venta de bonos de carbono.
- Los desarrolladores, al proponer desarrollos habitacionales limpios, se beneficiarán con la venta de dichos bonos de carbón.
- Las empresas de innovación tecnológica y de materiales eficientes pueden aportar productos con una mejor calidad en sus materias primas, amigables con el medio ambiente, buscando la certificación de sus productos ante el ONNCCE y la ONU.
- La eficiencia energética que busca la vivienda Net-Zero a través de sus propuestas, lleva la eficiencia energética a un nivel 3, referido al cambio de procesos de producción el cual los industriales están dispuestos a desarrollar.
- En los sistemas de energía fotovoltaica, el desarrollador de vivienda puede quedar como comodante y el usuario como comodatario, ya que estos son reutilizables y tienen una vida útil mayor a los 20 años.
- Se deben generar los fideicomisos para la certificación y apoyo financiero de viviendas Net-Zero, ante fondos y organismos que permitan generar retribuciones mediante distintos tipos de incentivos (REEP, banco KFW y otros).

- La capacidad demandada por los sistemas fotovoltaicos para cada vivienda, determinará para CFE, la capacidad instalada del respaldo energético (Back-up) por fraccionamiento, esta consideración es obligatoria de acuerdo con CFE.
- Los beneficios que se obtengan de la reducción de capacidad instalada por fraccionamiento permite la importación de la energía ahorrada o alargar la vida de la fuente principal.
- El desarrollador se beneficia con la disminución de la capacidad instalada en el fraccionamiento (transformadores y líneas de conexión) y el usuario en la reducción de los costos por infraestructura.
- La reducción en toneladas de CO<sub>2</sub> tiene un impacto general a nivel distrito de viviendas y no de manera aislada, lo que contribuye en el camino hacia los desarrollos habitacionales sustentables.

#### **6.4 PROPUESTA PARA LAS POLÍTICAS ENERGÉTICAS EN LA VIVIENDA**

1. La vivienda económica debe ser considerada como un sistema con una LBCE, que debe ser replanteada con respecto a la implementación de los sistemas de aislamiento propuestos por las normas NMX-460, CEV y NOM-020-ENER.
2. La vivienda económica deberá ser entregada al usuario después con una hipoteca verde, que considere la realidad social económica y la problemática climática a la que esta circunscrita su región.
3. Se debe generar una metodología aplicativa que considere las ecotecnologías necesarias en la región o bioclima donde se edifica vivienda.
4. Las ecotecnologías propuestas en la vivienda verde deben ser validadas bajo un modelo energético, que permita estimar el costo beneficio para el usuario.
5. Las ecotecnologías así como los sistemas de innovación y eficiencia energética deben ser regionalizados por bioclima.
6. Los desarrolladores de vivienda deben atender la metodología impuesta por hipotecaria federal, donde se destaquen las consideraciones particulares de cada región o bioclima del país.
7. El modelo Net-Zero aplicará únicamente a vivienda mayor de 130m<sup>2</sup>, dado sus características de consumo eléctrico, retornos de inversión y amortización de los sistemas fotovoltaicos y las tecnologías de eficiencia propuestas.

8. Las viviendas deben estar consideradas dentro de los consumos de 7,000 a 15,000 kWh anuales, con el sentido de tener retornos de inversión significativos y no dentro de las tarifas DAC propuestas por CFE.
9. Los organismos gubernamentales (OG'S), el desarrollador de vivienda y los proveedores de innovación tecnológica, deben invertir en estudios con conocimiento científico y tecnológico certificados por el CONACYT (Proyectos de investigación en planes sectoriales), ONNCCE, etc. que validen los ahorros y los consumos propuestos en las consideraciones técnicas de los productos.
10. Los organismos como la CONAVI, CONNUE, CFE, FIDE, SEMARNAT entre otros, deben participar activamente en la toma de decisión y en la supervisión de las evaluaciones de las tecnologías, los procesos de construcción, certificación e instrumentación de la vivienda.
11. La CFE, tiene como obligación certificar y validar los monitoreos de la vivienda y sus consumos eléctricos, comparando los estudios realizados por las investigaciones contra lo medido en campo. Asimismo, CFE es responsable de proveer la infraestructura necesaria para poder regular y mantener el óptimo funcionamiento de los fraccionamientos Net-Zero, en términos de suministros y sistemas de respaldo.
12. CFE, será el organismo responsable de que los sistemas den respaldo (feed-back), operen de manera eficiente y correcta, beneficiando al usuario con los sistemas de ahorro, en una forma clara y precisa en la facturación de los consumos.
13. La instrumentación de los sistemas de medidores bidireccionales deberá ser difundida con mayor medida, además de establecer los límites de consumo a los que estará sujeta la vivienda.
14. Estimar y generar un patrón de uso para viviendas Net-Zero, de una manera reglamentaria y bajo los principios y la educación básica sobre los sistemas fotovoltaicos y de eficiencia energética. El desarrollador tiene la obligación de entregar un manual de operación de la vivienda.
15. Para poder regular y proponer sistemas de vivienda Net-Zero deberá como mínimo manejarse un conjunto de 60 viviendas con superficies entre los 137 y 240 m<sup>2</sup>, debido a los costos de infraestructura y la reducción en la capacidad instalada o bien aplicarla en el modelo económico considerando el clúster de 15 viviendas mínimo.
16. La vivienda para ser eficiente deberá integrar las tecnologías y aparatos de alta eficiencia energética, los sistemas de aislamiento normados, el dimensionamiento adecuado del sistema fotovoltaico y mostrar un costo beneficio social y ambiental por medio de indicadores de reducción de pago en los consumos eléctricos y en emisiones de

CO<sub>2</sub>/cápita, por m<sup>2</sup>, o bien, en barriles de petróleo según sea el tipo de producción eléctrica.

17. Todos los sistemas, tecnologías, energías alternas y sistemas constructivos utilizados en la vivienda Net-Zero, así como los estudios y validaciones para obtener los beneficios de incentivos por ahorro deberán estar certificados por las instancias correspondientes.

18. Se deben generar modelos de vivienda Net-Zero por bioclima además de responder a las condiciones sociales, políticas y energéticas de cada Estado.

19. La regulación de los sistemas materiales y tecnología deben considerar en la medida de lo posible, que sea de producción nacional o de ensamble en México y no podrá ser monopolizada.

20. El sistema de fuentes de energía fotovoltaica podrá quedar en comodato si se llega a un acuerdo entre el propietario de la vivienda y el desarrollador.

21. Queda prohibido que el desarrollador venda, rente o suministre los sistemas de energía fotovoltaica al usuario; asimismo deberán existir diferentes proveedores en México evitando el monopolio y quedando prohibido suministrar los sistemas a razón de más de 500 viviendas por distrito.

22. Todos los materiales alternativos serán certificados por el organismo competente en términos de resistencia térmica, y validar sus estudios de disminución del consumo eléctrico (kWh), carga térmica (kW), capacidad máxima de enfriamiento (toneladas de refrigeración), temperaturas interiores (C), reducción en el pago del consumo eléctrico y toneladas de CO<sub>2</sub>.

El camino de la vivienda sustentable en México, puede retomar su punto de partida con la vivienda Net-Zero, lograr la apertura de tener viviendas capaces de autoabastecerse y ser validadas por los organismos federales competentes, en este caso CFE. Resulta atractivo, asimismo, lograr el engarce entre los órganos de gobiernos, el desarrollador de la vivienda, los industriales, los planes sectoriales y los tecnólogos, lo cual significa un gran paso en la producción en masa de vivienda con eficiencia energética.

Asimismo, considerar el marco regulatorio y la normatividad de los sistemas de aislamiento, regulados por la NMX-460, partiendo de un valor definido de "R", lo que permite una toma de decisión libre para romper los monopolios y utilizar cualquier sistema constructivo, siempre y cuándo se alcance lo normado, repercutiendo en el ahorro de energía, reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, temperaturas interiores y pago del consumo eléctrico; trinomio económico social y ambiental que busca el desarrollo sustentable.

La producción de la energía fotovoltaica en México, con este tipo de proyectos piloto, sirve como catalizador de dicha tecnología en el país, beneficiando a las empresas locales, el usuario de la vivienda y al desarrollador de vivienda, ofreciendo un producto de mejor calidad al generar conjuntos habitacionales de alta densidad, que en un futuro consideren la energía fotovoltaica en granjas solares, abaratando los costos de inversión y disminuyendo la capacidad instalada por fraccionamiento, fenómeno que beneficia a CFE tanto en suministros, como en capacidad instalada y el sistema de respaldo para el distrito de viviendas.

El generar un modelo de vivienda Net-Zero, permite llevarnos a la búsqueda de una vivienda más racional en términos energéticos, con un retorno fijo de inversión y una calidad ambiental más favorables, asimismo impulsa la gobernabilidad en los programas sectoriales enfocados a la vivienda y coadyuva al desarrollo social, la protección al medio ambiente y la innovación tecnológica en México.

La presentación de este proyecto ante un escenario como el COP16, dio una proyección internacional de la vivienda Mexicana, adentrándonos en la búsqueda de los certificados de vivienda de bajo consumo ya obtenidos por la vivienda pasiva Europea.

## CAPITULO VII. CONCLUSIONES

El modelo de metabolismo energético de la vivienda económica, permitió conocer las formas de interacción a diferentes escalas de vivienda, así como los distintos actores involucrados en los sistemas energéticos y su afectación social, ambiental y económica, permitiendo la generación de iniciativas, políticas y estrategias referentes a la eficiencia energética de la vivienda, a partir de los indicadores de eficiencia energética obtenidos. Los resultados obtenidos con el modelo de metabolismo energético propuesto para la vivienda económica, permitió generar propuestas hacia las iniciativas de ley y políticas energéticas, basadas en la realidad social, económica y ambiental de la vivienda económica, Net-Zero y clúster de viviendas para dos bioclimas de México.

Haber generado un modelo de metabolismo energético para la vivienda económica de Mexicali, por medio de la simulación dinámica, permitió lograr el objetivo general de esta investigación y por otro lado comprobar la hipótesis planteada de que, la normatividad y la regulación aplicada a los desarrollos habitacionales, no obedece a una normativa con un criterio unificado en términos de ahorro y eficiencia energética, y que sólo son planteamientos cualitativos y no son aplicables a la realidad de la vivienda económica de México, además de que los desarrolladores de vivienda son quienes proponen las ecotecnologías, promueven las tomas de decisiones técnicas sin seguir una transversalidad en los programas de vivienda planteados por el ejecutivo federal. El modelo dinámico pudo ajustarse a diferentes escenarios y tener resultados aplicables a distintas tipologías de viviendas, enclavadas en diferentes regiones climáticas. Asimismo, el modelo probó que el afectar una variable de la vivienda, tiene un efecto metabólico que se refleja partiendo desde la LBCE de una vivienda, hasta los impactos ambiental, social y económico de la misma, además de observarse que al estar interconectada con el resto de las variables, tiene una afectación en las diferentes escalas urbanas, sitio, distrito y región, como lo plantean los teóricos analizados en el marco teórico de esta investigación.

Uno de los objetivos particulares del modelo fue conocer mediante su evaluación las LBCE, de las tres ciudades de la región noroeste de México: Mexicali, Hermosillo y Cd. Obregón; dicha evaluación permitió definir que la LBCE obtenida para Mexicali, la posiciona como una ciudad con mayor índice de consumo eléctrico, dadas las características del bioclima independientemente de que se encuentren en una misma región climática con Hermosillo y Obregón.

Los resultados comparativos entre una vivienda eficiente contra una ineficiente, como se planteó en los objetivos, permitió también inferir sobre las tecnologías hasta el momento propuestas para la vivienda económica, llegándose a demostrar que una vivienda económica puede ahorrar un 40% de su consumo eléctrico por sistema de aire acondicionado, si este tiene una eficiencia energética arriba de 10.87 EER; asimismo, se

demostró que la vivienda económica requiere de un sistema de aislamiento que debe ser considerado como una ecotecnología pasiva en término de un R-8 en muros y R-12 en cubiertas, y que además, debe buscarse el mecanismo o instrumento de financiamiento para llegar a dicha eficiencia. Esto contrapone a la versión de hipoteca verde que quitó el sistema de aislamiento en la vivienda de Mexicali, substituyéndolo por una pintura reflectiva, esta falta de criterio y conocimiento técnico es lo que ha venido afectando al usuario de las viviendas económicas en la región, denotando un fenómeno de abandono en el periodo de mayo a octubre, y regresando de noviembre a mayo. Dicho factor de migración se puede entender por las condiciones térmicas y por tanto de consumo eléctrico de la vivienda durante dicha época. Esto se observa en el anexo donde se muestran los consumo eléctricos del fraccionamiento Ángeles de Puebla, caso de estudio de esta investigación.

Los resultados obtenidos en campo, validaron el modelo a razón de que los resultados de la simulación dieron un consumo eléctrico para la vivienda económica de 7,100 kWh y 6,900 kWh, aproximadamente; factor que permitió validar el modelo, matematizarlo y monetizarlo, para traducirlo en consumo y costos beneficio que tendría cada tecnología en la vivienda. De aquí, se pudo cumplir con el objetivo de retomar el consumo eléctrico de la vivienda evaluada para relacionarlo con las variables sociales, ambientales y económicas, tanto para vivienda eficiente como ineficiente. Los resultados mostrados definen que los sistemas de energía solar fotovoltaica, no son aplicables a una realidad financiera de la vivienda económica de Mexicali, ni de México.

Los resultados obtenidos del modelo de metabolismo energético se complementaron con el planteamiento de las iniciativas de ley y políticas energéticas, que deben ser tomadas en consideración y que su objetivo fue la injerencia ante los organismos federales, al plantearse el modelo como un proceso sistematizado que ayudó a proponer una metodología utilizada para la valuación y validación de los ecotecnologías propuestas por hipotecaria federal para la vivienda de interés social en México; el que el modelo haya sido ya puesto en consideración por dicho organismo federal, marca un paso importante en la toma de decisión, debido a que los factores planteados para la evaluación consideran fenómenos sociales reales, y no sólo la intuición del organismo federal, muchas veces faltos de conocimientos técnicos y de sensibilidad social respecto a las demandas del usuario de dicha tipología de vivienda, como se ha visto en la normativa planteada anteriormente en forma únicamente cualitativa. Por otro lado, se tiene un gran paso entre un proyecto de investigación académica y la investigación aplicada, dado que su aprobación ante el organismo federal, dependerá únicamente de la generación y ajuste del modelo para los diferentes bioclimas de México, trabajo que se está realizando, dando continuidad a esta investigación.

Esto demostró que los desarrolladores de vivienda, así como los OG'S, deben tener una mayor coparticipación en la eficiencia energética de la vivienda, generando programas e innovación tecnológica que se apoyen en el marco regulatorio existente, obligando a

entregar viviendas eficientes y de bajo consumo energético. Este planteamiento de ajustar el modelo, llevó, a solicitud de hipotecaria federal, a que se revisarán los criterios de eficiencia energética planteados para la versión 2.0 de hipoteca verde de INFONAVIT, camino que actualmente está en revisión para la propuesta de la nueva actualización y normativa ante el organismo gubernamental competente, en este caso CONAVI e INFONAVIT.

Los resultados obtenidos del modelo, como indicadores, permitieron generar una matriz, mostrada en el anexo de esta investigación, donde se muestran los indicadores de huella ecológica y eficiencia energética por: m<sup>2</sup>, per cápita, barriles de petróleo y toneladas de CO<sub>2</sub>, en las diferentes escalas urbanas.

Los resultados mostrados permitieron, además, ajustar el modelo de metabolismo energético para la tipología de vivienda Net-Zero, planteada para Mexicali y Cancún. En los resultado, se observa que la vivienda Net-Zero propuesta deberá ser dirigida a vivienda mayores a los 140 m<sup>2</sup> (\$1 190,000, requiere 450,000 en ecotecnologías), mientras que la vivienda económica (\$202,000 y requiere \$ 60,000 en ecotecnología) debe resolver problemas básicos de aislamiento térmico y eficiencia energética con tecnologías de A/C.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por la vivienda, deben buscar la certificación de los mecanismos de desarrollo limpio, con el sentido de plantear modelos ante la ONU, para su aprobación y venta de bonos de carbono, y con ellos obtener beneficios de fondos internacionales como el que se obtendrá para la generación de este modelo, a través de hipotecaria federal, pero financiado por el banco alemán KFW, que invertirá 170 millones de euros en materia de vivienda verde en México. El modelo planteado en la investigación, ya fue aprobado por hipotecaria federal y el banco KFW, y se está en espera que se concrete la negociación para generar la metodología y aplicación del modelo en toda la vivienda de México.

Con estos resultados, se modificará la versión 2.0 de hipoteca verde y con ello los códigos de vivienda para el país, objetivo que en un inicio fue planteado únicamente como promover, sin embargo, esto ha pasado al nivel de aplicación; como se observa el modelo de metabolismo energético desarrollado como un modelo de evaluación, se convirtió en un modelo aplicativo para la vivienda de México, y actualmente se está en espera de terminar la metodología ajustada para el resto de los bioclimas del país, utilizando el modelo de metabolismo energético aquí planteado para la vivienda económica de Mexicali.

De acuerdo con la ley para el aprovechamiento de la energía sustentable, se generaron iniciativas de ley entre los desarrolladores de vivienda, y los tres órdenes de gobierno, para aplicar las políticas y el marco regulatorio que tome en consideración una vivienda de alta eficiencia energética, Net-Zero y cero-emisiones. En esta investigación, se cumplió

con dicho objetivo, al momento de proponer y aceptarse un modelo de metabolismo que permita validar y evaluar la eficiencia energética de una vivienda económica en todo México.

Esto llevó al paso siguiente, al considerarse que la normatividad sobre los sistemas de aislamiento térmico en México, debe regular un valor absoluto en términos de resistencia térmica, sin importar el tipo de sistema constructivo o material aislante; esto con el sentido de evitar los monopolios comerciales, objetivo también cumplido al normar y evaluar la norma NMX-460 en esta investigación, y generar una publicación sobre la normatividad mexicana y su impacto en el consumo eléctrico de la vivienda económica de México.

La ineficiencia energética de la vivienda y los altos consumos eléctricos, se traducen en una problemática urbana, al abandonarse la casa, pérdida de la misma por falta de pago a hipoteca, lo que ocasiona un problema de planeación urbana, con casas abandonadas; traducido en un fenómeno de dispersión y zonas de baja densidad de la ciudad, haciendo una ciudad con altos flujos energéticos en todos los sectores (transporte, infraestructura, vialidades, otros), fenómenos analizados en el capítulo de desarrollo inteligente y nuevo urbanismo, esto demuestra que debe generarse una reingeniería de los nuevos desarrollos habitacionales considerando los factores de la eficiencia energética como un fenómeno capaz de afectar, no sólo la percepción en la planeación urbana, sino en los principios del desarrollo sustentable; de esta manera, podemos observar que la ciudad se dispersa y tiene un impacto sobre los indicadores urbanos de eficiencia energética, sobre todo si se consideramos que el usuario de la vivienda económica utiliza el transporte público como medio para llegar de su vivienda al lugar de trabajo, este gasto y consumo de flujos energéticos, convierte la ciudad en un ineficiente proceso energético afectando a las diferentes escalas urbanas de la ciudad, y con ello, los planteamientos urbanos de desarrollo sustentable y crecimiento generados en los planes nacionales de desarrollo.

Así, los tres órdenes de gobierno deberán generar mecanismos que obliguen al desarrollador a redensificar las zonas urbanas abandonadas. Los programas sectoriales de vivienda y energía no deben crearse aislados, y deberán tener una transversalidad en el tiempo y espacio, es decir todo ello debe ser dinámico.

Con respecto a los resultados obtenidos de forma particular con la vivienda Net-Zero en Cancún, se demostró que es posible amortizar los gastos de tecnologías, como la fotovoltaica, dependiendo del bioclima en el que se desarrolle el proyecto, dado que su LBCE, puede ser suministrada por un sistema de energías limpias. Los resultados mostrados pudieron replantear proyectos de reingeniería, basados en granjas fotovoltaicas, factor que permitió tener un desarrollo Net-Zero en Cancún y mostrarse en la reunión COP-16, escenario que sirvió para proponer el modelo ante el REEP y presentarse en Bruselas, Bélgica en abril del 2011, como una alternativa de vivienda

ahorradora para países emergentes. Este proyecto actualmente está presentado como un piloto que servirá para bajar fondos internacionales.

Este proyecto piloto sirvió para proponer una estrategia en cierta la tipología de vivienda (clúster 15 casas), lo que permitió que se replanteara para Mexicali el modelo a una vivienda de Net-Zero a nivel medio (134 m<sup>2</sup>). Los resultados mostraron que es factible tener una vivienda Net-Zero en esta tipología, y no en la económica para Mexicali, debido al consumo eléctrico que ésta registra por sistemas de aire acondicionado, además de que los mecanismos de financiamiento, no tienen el techo financiero para cubrir dicha tecnología.

Actualmente, con los resultados obtenidos de este modelo de metabolismo energético, el ejecutivo federal ha planteado un nuevo programa de aislamiento, denominado aislamiento 100%, en el que únicamente se aplicará como piloto a Mexicali y dirigido a la vivienda económica. En dicho proyecto se involucró a la CONAVI, INFONAVIT, Urbi y el autor de esta investigación, con el sentido de validar las ecotecnologías propuestas en términos de eficiencia y ahorro energético en la vivienda económica. Este tipo de vivienda se le conocerá como: de bajo consumo eléctrico, y el modelo aquí planteado servirá para conocer los efectos colaterales de cada subsistema propuesto en este modelo de vivienda, que se aplicará en el segundo semestre del 2011. Para su ejecución se está considerando como estrategia principal, la refrigeración solar en forma de granja, para abastecer un sistema de aire acondicionado de un clúster de viviendas económicas; este proyecto surgió derivado del estudio y análisis de la vivienda Net-Zero, y el modelo de metabolismo energético de la vivienda económica, además de una preocupación del ejecutivo federal. Las ecotecnologías planteadas serán: techos verdes, intercambiadores de calor, refrigeración solar, focos ahorradores y ventanas de triple vidrio, además de un sellado de puerta y ventana óptimos.

El sentido de esta vivienda, es no quitar el subsidio eléctrico, sino reducirlo, ya que actualmente se subsidian \$400 millones de pesos a la región. En ese sentido, plantea suministrar una serie de ecotecnologías que alcance una inversión de \$60,000 por vivienda asignados por el INFONAVIT y CONAVI, además de buscar otros mecanismos de financiamiento como FIDE, CFE y otros organismos que logren la vivienda de bajo consumo; es importante hacer hincapié en que la inversión sobre las ecotecnologías estarán calculadas en el pago de hipoteca del usuario, este es un proyecto piloto que busca el ejecutivo federal con un nuevo planteamiento para Mexicali.

Finalmente, esta investigación mostró que generar un modelo de metabolismo energético a partir del consumo eléctrico de la vivienda económica, tocó más aristas de las propuestas en los objetivos, y que el tema en materia de energía en la vivienda tiene connotaciones sociales y ambientales, así como intereses particulares que redireccionan muchas veces las líneas de investigación sobre vivienda, no obstante, estar cerca de los tomadores de decisión federal y con los desarrolladores de la vivienda económica de

México, permitió injerir sobre decisiones básicas y determinantes en la evaluación y validación de las ecotecnologías propuestas durante esta investigación. Esto propone que es necesario dar continuidad a los proyectos pilotos aquí planteados, así como dar seguimientos a la metodología que se proponga para hipoteca verde versión 2.0 y la metodología de evaluación de la vivienda económica del país. De igual manera, la búsqueda de la vivienda y desarrollo habitacionales sustentables, seguirá cuestionada a los tomadores de decisiones y los desarrolladores de vivienda, por los tecnólogos implicados en esta álgida problemática de la vivienda económica de México.

## CAPÍTULO VIII. RECOMENDACIONES

Con base en los objetivos del programa sectorial de energía 2001-2006 y PND 2007-2012 para vivienda sustentable, se enumeran los siguientes puntos que se consideran importantes para la consolidación de los desarrollos habitacionales sustentables.

La investigación mostró, que es posible desarrollar un modelo de metabolismo energético el cual puede ser replicable para cada tipo de vivienda y bioclima, siempre y cuando considere las particularidades de cada región, desde el tipo de energéticos, los sistemas constructivos y las tecnologías de innovación aplicables.

Para ello, se han generado las diferentes iniciativas de ley y políticas energéticas recomendadas por esta investigación, dadas a partir de la experiencia de haber construido un modelo real de vivienda Net-Zero en Cancún a nivel económico, tipo clúster, partiendo de la modelación y simulación del modelo de metabolismo energético para vivienda económica de Mexicali, así, como conocer después, el efecto que éste tendría en una tipología de interés medio en Mexicali, B.C.

El camino de la vivienda sustentable en México puede retomar su punto de partida con la vivienda Net-Zero, lograr la apertura de tener viviendas capaces de autoabastecerse y ser validadas por los organismos federales competentes, lograr el engarce entre los órganos de gobiernos, el desarrollador de la viviendas, los industriales y los planes sectoriales, significará un gran paso en la producción en masa de vivienda.

Considerar el marco regulatorio y la normatividad de los sistemas de aislamiento, regulados por la NMX-460, partiendo de un valor definido de R, lo cual permite una toma de decisión libre para romper los monopolios y utilizar cualquier sistemas constructivo, siempre y cuándo se alcance lo normado, repercutiendo en el ahorro de energía, reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, temperaturas interiores y pago del consumo eléctrico; trinomio económico social y ambiental que busca el desarrollo sustentable.

El costo de inversión en energía fotovoltaica para vivienda económica, debe oscilar entre los \$ 4,300 dólares, por vivienda, por ello las granjas solares tiene un mejor costo beneficio.

Invertir en sistemas de innovación tecnológica es una alternativa que encamina a la vivienda Net-Zero, ya que a partir de su implementación se tendrán reducción de alrededor del 45% del consumo eléctrico, y esto permitirá reducir las granjas fotovoltaicas por clúster de viviendas.

Organismos federales como FIDE, deberán entra a financiar el sistema fotovoltaico en México. Además de generar políticas de cómo generar subsidios para la adquisición de

electrodomésticos de alta eficiencia, a partir de la validación de los modelos Net-Zero en México.

Se deben aplicar los incentivos fiscales en viviendas Net-Zero o eficiente, beneficiándose con la reducción del ISR o impuestos prediales, como ya se está haciendo en el distrito federal.

Las granjas fotovoltaicas deben estar instrumentadas por tecnología de punta y además deberá ser comprada por CFE, para después vender la energía al usuario, absorbiendo el costo de inversión y liberando costo de producción a largo plazo.

Los mecanismos de desarrollo limpio deben ser reconsiderados ante la ONU, burocratizándolos menos para su implementación en los países emergentes, y así entrar con mayor presencia al mercado de los bonos de carbono.

La investigación enfocada a la vivienda deberá ser de carácter aplicativo, considerando los modelos internacionales de innovación tecnológica, para no caer en la réplica de estrategias y formatos obsoletos que retrasan, encarecen y limitan el desarrollo de la vivienda.

La búsqueda de la vivienda sustentable debe retomar los modelos ya probados en nuestro país teniendo un mayor acercamiento a la realidad social, ambiental y económica de México, se debe aprovechar la experiencia de estas investigaciones validadas ante la realidad, para darle continuidad a las nuevas líneas de investigación que exija la vivienda y los desarrollos habitacionales sustentables.

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2005) *“Como alcanzar el Desarrollo Inteligente: 100 Políticas para su implementación”*, Centro de estudios para el desarrollo sustentable, escuela de asuntos ambientales, Universidad Metropolitana San Juan, Puerto Rico.

Ali, M., *The role of tall buildings in sustainable cities*, Actas del 5º Congreso sobre ciudad sustentable, regeneración urbana y sustentabilidad, ISSN: 1743-3541, ISBN: 978-1-84564-128-3, pp 345-354, Skiathos, Grecia (2008).

Baccini, P. A., *City's metabolism: towards the sustainable development of urban systems*, J. Urban Technology: 4 (2), 27-39. (1997).

Baccini, P. A., y Brunner, P.H. (1991). *Metabolism of the anthroposphere*, Ed. Springer, Berlin, Alemania.

Baker J. and Blasingame C. (2007.) *New Urbanism and Euclidian zoning: can they coexist*, University of Georgia Land Use Clinic. Acceso en <http://www.law.uga.edu/landuseclinic/research/urbanism.pdf>, 11 de marzo del 2008.

Breheny, Michael; Rockwood, Ralph. 1993. *“Planning the sustainable city region”*. Ed. Andrew Blowers. *Planning for sustainable development*. Londres: Earthscan, 1993, pp. 150-189.

Brunner, P.H. y Rechberger, H. *Practical handbook of material flow analysis*, 2a Edición. 43-68. CRC, Boca Raton, Fla. (2003).

Boyden, S.; Millar, S.; O'Neill, B.; Newcombe, K. 1981. *The ecology of a city and its people*. 1981, Londres, Inglaterra.

Codoban, N. y Kennedy, C.A., *Metabolism of Neighborhoods*, J. Urban Plann. And Development: 134 (1) 21-29 (2008).

CONAVI. *Criterios e indicadores para desarrollos habitacionales sustentables en México*, 1a Edición, por Comisión Nacional de Vivienda, pp. 17- 45 México, D.F. México (2008).

CONAFOVI. *Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda*, 1a Edición, por Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda, pp. 24- 29 México, D.F. México (2006a).

CONAFOVI. 1a Edición, por Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda, Hacia un Desarrollo Habitacional Sustentable, Programa Nacional de Vivienda, 2007-2012, México, 2007 (versión ejecutiva).

CONAFOVI y CONACYT. Monitoreo de Viviendas con Criterios de Ahorro de Energía en El Norte de México, por Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda, con registro-2004-C01-23. pp. 3-43 México, D.F., México (2004).

CONASAMI, Comisión Nacional de Salarios Mínimos de la República Mexicana (2010), <http://asalariados-america-latina.blogspot.com/2009/12/salario-minimo-en-mexico-en-2010.html> Acceso 10 de enero (2010).

Communities, Department for communities and local government. Code for Sustainable Homes a step-change in sustainable home building practice, [www.Communities.gov.uk](http://www.Communities.gov.uk). Acceso 20 enero (2010).

Cuddihy, J.; Kennedy, C.A.; Byer, P.; Energy use in Canada: environmental impacts and opportunities in relationship to infrastructure systems, *Can. J. Civ. Eng.* 32: 1–15 (2005).

Daly, E. H. 1996. *“Indicators and information systems for sustainable development”*. Donella Meadows, S.L.: Earthscan, 1996.

Duany A. Plater-Zyberk and Speck J. (2005). *Smart Growth: New Urbanism in American Communities*, McGraw-Hill, USA.

Edwards, Brian, Hyett, Paul. (2004). *Guía básica de la sostenibilidad*. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, España.

Egbf. 2001, Catálogo de ejemplos prácticos del European Green Building Forum, acceso 15 de agosto del 2007, <http://www.w-e.nl>

Eliasson, Ingegärd. *The use of climate knowledge in urban Planning*. *J. Landscape and Urban Planning*, Elsevier, 48 (4), pp. 31-44, (2000).

Ford, Andrew. *Modeling the Environment: An Introduction to System Dynamics Models of Environmental Systems*. Ed. Island Press, Washington, D.C, E.U.(1),pp.3-11, (1999).

FIDE, *Reporte de modelación y simulación en “Programa piloto de vivienda ahorradora, (2004)”*. *Reporte técnico*, FIDE, México, D.F, México (2004).

Garrison, M., *The 2007 Solar D House, Actas del Congreso regeneración urbana y sustentabilidad*. pp. 355-357, Grecia, (2008).

Gauzin-Müller, D. *Arquitectura Ecológica*, 2ª edición, pp.20-69. Ed. GG, Madrid, España (2001).

Gordon, Michael. "Forecasting urban futures: a systems analytical perspective on development of sustainable urban regions". En *Exploring sustainable development geographical perspectives*. Purvis, Martin y Grainger, A. Reino Unido: Earthscan, 2004, pp. 99-127.

Grainger, A., "The role of spatial scale and spatial interaction in sustainable development". *Exploring sustainable development geographical perspectives*. Reino Unido: Earthscan, 2004, pp. 50-84.

Harvey D., (2000). *El nuevo Urbanismo y la trampa comunitaria*, la Vanguardia. Acceso en <http://colectivorua.org/recortes/harvey.html>. 26 de noviembre de 2008.

Herman E. Daly (1996) "Beyond Growth" *The economics of sustainable development*. Ed. Beacon Press Boston, Ma

Herzog, T., (1996). *Solar Energy in Architecture and Urban Planning*. Ed. Presetel, Munich, Alemania.

ICE. Índices de consumos energéticos. Acceso a <http://www.ren21.net/globalstatusreport/>. 17 de agosto del (2007).

Institute Canada. Acceso a [www.vtppi.org](http://www.vtppi.org). 23 Junio del (2007).

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, *Conteo de Población y Vivienda*, 2005. México. Acceso a <http://www.inegi.org.mx/>. 14 Agosto de (2009).

Jacobsen E. (2006)., "*The New Urbanism*", The Center for Christian Ethics. Acceso a <http://www3.baylor.edu/christianethics/citiesandTownArticleJacobsen.pdf> Abril (2008).

Karlekar, B. V.; Desmond, R. M.; (1996). *Transferencia de calor*. Ed. McGraw Hill, Mexico, D.F.

Kennedy, C.A., Cuddihy, J., Engel-Yan, J.B. *The changing metabolism of cities*, *J. Ind. Ecol.*, 11 (2), 43-59 (2007).

Koppen V., Geiger, Pohl, *Clasificación climática de Koppen*, (1953), <http://club.telepolis.com/geografo/clima/koppen.htm>, Acceso 10 de enero del (2010).

Litman T., *Evaluating Criticism of Smart Growth*. Victoria Transport Policy. Victoria, Canada, pp. 5-49,(2007).

Maureen, H., *Guide to sustainable community indicators. Traditional vs. sustainability indicators*. Sustainable Measures, 2000, north Andover, MA, (2000).

Mayagoitia, F., "Patrón de uso de la vivienda de acuerdo a los estratos sociales y zonas climáticas del país" Reporte técnico. 2007.

McPherson, E. Gregory., "Energy Conserving Site Design". Ed. Wiles Prees, Providence, Utah, (1984).

Meadows, Donella. (2004). Indicators and information systems for sustainable development .. en David Satterthwaite. *The earthscan reader in sustainable cities*. s.l. : Earthscan, 2004, pp. 364-393.

Mendler, Sandra, et al. (2006) "The Hok Guidebook to Sustainable Design" Ed. Wiley , 2ª. Edición. New York. E.U.A

Mills, A. F. 1999. *Heat Transfer*. New Jersey : Prentice Hall.

Molina, M., (2007) "Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del Estado de Baja California, 2005" Centro Mario Molina, (2007).

Naess, Arne. (1992). En Tjallingii, S., *Ecopolis, strategies for ecologically sound urban development*. Ed. Backhuys Publishers, Holanda (1992).

NOM-020-ENER, Norma sobre Eficiencia energética en edificios.- Envolverte de edificios residenciales, 4-18, México, D.F. México (2004).

NMX-C- 460-ONNCCE, Aislamiento térmico – Valor "R" para las envolventes en vivienda por zona térmica para la República Mexicana pp. 4-70, México, D.F. (2009).

Ravetz, J. *City Region 2020: integrated planning for a sustainable environment, 2ª edición*, pp. 144-146. Earthscan, Londres, Inglaterra (2001).

Ros, J., (2004). La teoría del desarrollo en la economía del crecimiento. Ed. Fondo de cultura económica, México.

Ruano, Miguel. *Ecurbanismo: entornos humanos sostenibles, 60 proyectos, 2ª edición*, pp.8-25. Ed. GG, Madrid, España (2006).

Sahely, H.R., Dudding, S., y Kennedy, C.A. *Estimating the urban metabolism of Canadian cities: Greater Toronto Area case study*, Can. J. Civ. Eng., 30 (2), pp. 468-483, (2003).

Shreve, F., Wiggins, L., Physical Features en Vegetation and Flora of the Sonoran Desert, 1ª. Edición, vol. 1, ISBN 0-8047-0163-6, pp. 19-23, Stanford University press USA (1964).

Sullivan, R. Validation Studies of the DOE-2 Building, Energy Simulation Program. Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California Berkeley (1998).

Tjallingii, S., *Ecopolis, strategies for ecologically sound urban development* Levy, (1992) Holanda : Backhuys.Publishers.

Vreenegoor R. de Vries y B. Hensen, *Energy saving renovation: analysis of critical factors at the building level*, Actas del 5º Congreso sobre ciudad sustentable, regeneración urbana y sustentabilidad, ISSN: 1743-3541, ISBN: 978-1-84564-128-3, pp 653-662, Skiathos, Grecia (2008).

William, E. G. Ecología y manejo de recursos naturales: Análisis de sistemas y simulación. Ed. Agroamerica, (2), pp.15-19, San José Costa Rica. (1999).

#### **CITAS ELECTRÓNICAS**

Acceso a <http://www.epa.gov/smartgrowth/publications.htm>. Abril (2008).

Acceso a <http://www.law.uga.edu/landuseclinic/research/urbanism.pdf>. Abril (2008).

Acceso a <http://www.newurbanism.org/newurbanism/principles.html>. Mayo (2008)

Acceso a [http://www.americanforest.org/downloads/graytogreen/value\\_energy.pdf](http://www.americanforest.org/downloads/graytogreen/value_energy.pdf) . Agosto (2008)

AETU, Asociación Española de Técnicos Urbanistas (1990), Carta del Nuevo Urbanismo, <http://www.aetu.es/infUrbanistica/documentos.php>. Acceso 10 de marzo 2009.