



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

# LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES

Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad  
Morelia

Análisis multiparamétrico, considerando  
indicadores de sostenibilidad, de un sistema  
constructivo alternativo en la ciudad de Morelia,  
Michoacán

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

P R E S E N T A

Erick Adrián Flores Rojas

DIRECTOR DE TESIS: Mtro. Luis Bernardo López Sosa

MORELIA, MICHOACÁN

Octubre, 2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



---

---

# LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES

Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad  
Morelia

Análisis multiparamétrico, considerando  
indicadores de sostenibilidad, de un sistema  
constructivo alternativo en la ciudad de Morelia,  
Michoacán

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

P R E S E N T A

Erick Adrián Flores Rojas

DIRECTOR DE TESIS: Mtro. Luis Bernardo López Sosa

MORELIA, MICHOACÁN

Octubre, 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES, UNIDAD MORELIA  
SECRETARÍA GENERAL  
SERVICIOS ESCOLARES

**MTRA. IVONNE RAMÍREZ WENCE**  
DIRECTORA  
DIRECCIÓN GENERAL DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
**PRESENTE**

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la **sesión ordinaria 06** del **Comité Académico** de la Licenciatura en Ciencias Ambientales de la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) Unidad Morelia celebrada el día **10 de junio del 2019**, acordó poner a su consideración el siguiente jurado para la presentación del Trabajo Profesional del alumno (a) **Erick Adrian Flores Rojas** de la Licenciatura en **Ciencias Ambientales**, con número de cuenta **415012654**, con la tesis titulada: **"Unidad de aprendizaje "Análisis multiparamétrico, considerando indicadores de sostenibilidad, de un sistema constructivo alternativo en la ciudad de Morelia, Michoacán"**, bajo la dirección como **tutor** del M. C. Luis Bernardo López Sosa y como co-tutor la Dra. Carmen Alonso Ruiz-Rivas.

El jurado queda integrado de la siguiente manera:

**Presidente:** M.C. Alfredo Fernando Fuentes Gutiérrez  
**Vocal:** Dr. Carlos Alberto García Bustamante  
**Secretario:** M.C. Luis Bernardo López Sosa  
**Suplente:** M.C. Benjamín Villalobos Castañeda  
**Suplente:** Mtra. Ana Yésica Martínez Villalba

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Morelia, Michoacán a 14 de enero del 2020.



**DR. VÍCTOR HUGO ANAYA MUÑOZ**  
SECRETARIO GENERAL

## Agradecimientos académicos

Ofrezco un reconocimiento a la Licenciatura en Ciencias Ambientales y a los apoyos recibidos durante la realización de la presente tesis. Asimismo, agradezco a los miembros del jurado, el Dr. José Alfredo Fuentes Gutiérrez, Dr. Carlos Alberto García, el Mtro. Luis Bernardo López Sosa, la Mtra. Ana Yesica Martínez Villalba y al Mtro. Benjamín Villalobos Castañeda, por sus invaluable sugerencias y comentarios sobre la Tesis.

# Agradecimientos personales

A la UNAM ENES Morelia por brindarme el conocimiento y las herramientas, no solo para realizar la tesis sino para crecer como profesionista.

A mis tutores Mtro. Luis Bernardo López Sosa y a la Dr. Carmen Alonso Ruiz-Rivas cuyo asesoramiento fue vital para la realización de este proyecto.

Al laboratorio de ecotecnologías de la ENES, por abrirme sus puertas y su ayuda para la realización de esta tesis

A mis amigos Ivan, Zaira, Vinicio, Alfredo, cuya amistad me ayudo en momentos difíciles, sin la cual no hubiese sido posible terminar la carrera

A mi familia, a mis hermanos por brindarme apoyo cuando lo necesite y a mis papás por criarme, darme un hogar, amor y la educación para ponerme metas a lo largo de mi vida.

## Índice de contenido

Agradecimientos académicos .....	4
Agradecimientos personales .....	5
Resumen .....	2
Abstract.....	2
Glosario de términos .....	3
Índice de figuras .....	4
Índice de tablas .....	4
Nomenclatura .....	5
Capítulo 1. Introducción. ....	6
1.1 Caso de estudio.....	6
1.2. Preguntas de investigación.....	6
1.2.1 Pregunta central de investigación. ....	6
1.2.2 Preguntas particulares. ....	6
1.3 Objetivos. ....	7
1.3.1 Objetivo General. ....	7
3.3.2    Objetivos específicos .....	7
1.4 Justificación.....	8
1.5 Antecedentes de la investigación.....	10
1.5.1 El crecimiento poblacional y la necesidad de vivienda .....	11
1.5.2 La edificación de viviendas y el contexto actual .....	12
1.5.3 El panorama de la construcción intensiva. ....	14
1.5.4 La vivienda como una necesidad prioritaria.....	16
Capítulo 2: Marco teórico .....	18
2.2. El sistema constructivo convencional en el sector rural y urbano.....	18
2.2.1. Distribución del espacio .....	19
2.2.2 Materiales utilizados en la construcción de viviendas convencionales. ....	20
2.2.3. El costo de viviendas convencionales .....	21
2.3 Sistema constructivo alternativo. ....	21
2.3.1. Materiales y costos en la construcción de viviendas ecológicas. ....	24
2.4 El consumo energético asociado al confort térmico en sistemas constructivos alternativos y convencionales. ....	25
2.5 El confort térmico como necesidad de consumo energético en viviendas. ....	25
2.6 Los impactos ambientales asociados a la construcción de sistemas constructivos alternativos y convencionales. ....	26
Capítulo 3. Metodología .....	28

3.1 Descripción metodológica de la propuesta. ....	28
3.2 Análisis multiparamétrico.....	29
3.3 Definición de la unidad de estudio .....	29
3.4 Definición de parámetros. ....	29
3.5 Definición de indicadores .....	30
3.4.1 Energéticos.....	30
3.4.2 Ambientales .....	31
3.4.3 Económicos .....	31
3.4.4 Habitabilidad .....	31
3.5 Definición de muestra. ....	32
3.6 Medición de indicadores. ....	33
3.6.1 Medición de indicadores energéticos. ....	33
3.6.2 Medición de indicadores ambientales.....	33
3.6.3 Medición de indicadores Económicos .....	34
3.6.4 Medición de indicadores de habitabilidad .....	34
3.7 Procesamiento de datos. ....	35
3.8 Construcción de gráfica radial. ....	35
Capítulo 4. Resultados.....	36
4.1 Energético .....	36
4.2 Ambiental .....	36
4.3 Económica.....	37
4.4 Habitabilidad.....	38
4.4.3 Confort térmico .....	39
4.4.4 Energía asociada .....	39
4.4.5. Relación entre energía y confort térmico .....	40
4.5 Integración de resultados (Gráfica radial) .....	41
4.6 Discusión.....	44
4.7 Conclusiones.....	52
Referencias.....	54
ANEXOS.....	59



# Resumen

El presente estudio consta de un análisis multiparamétrico comparativo aplicado a dos sistemas constructivos, un sistema constructivo convencional y una ecológica. Ambas comparten características similares y se encuentran en la ciudad de Morelia Michoacán; para comparar ambos sistemas, se escogieron 4 parámetros que integran múltiples indicadores que se relacionan con el confort térmico y social, gasto energético, impacto ambiental y gasto económico asociado a los materiales que mayoritariamente se utilizaron para la construcción de cada vivienda. El objetivo de este estudio estriba en analizar las fortalezas y debilidades de cada sistema y discernir qué sistema es mejor en términos económicos, ecológicos, sociales o ambientales. Para este análisis, fue necesario el uso de bases de datos sobre materiales e impacto ambiental, *software* sobre generación de costos y uso de materiales para obra civil, mediciones *in situ* de temperatura en las viviendas estudiadas, *software* sobre la modelación de transferencia de calor en espacios constructivos y análisis cualitativos a partir de entrevistas a usuarios de viviendas ecológicas y convencionales. Se pretende establecer la relación de los indicadores y resultados obtenidos con funcionalidad de materiales y el confort de quienes habitan las viviendas analizadas, por lo que se espera que a futuro este tipo de metodologías permita la generación de escenarios para que los tomadores de decisiones puedan comparar diferentes sistemas constructivos, al contar con la mayor cantidad de información que permita una decisión informada, versátil y con indicadores de sostenibilidad.

# Abstract

The present project consists of comparative multiparametric analysis, applied in two constructive models, a conventional and an ecological one. Both of them share similar characteristics and are in the city of Morelia, Michoacán; to compare both systems, four parameters have been chosen that integrate multiple indicators like social and thermal comfort, energy use, environmental impact and economic spending associated with the principal material with the houses has been made. The objective of this study is to describe and analyze the strengths and weaknesses of each system and discern which system is better in economic, ecological or social terms. For this analysis, it was necessary to use databases on ecological impact, software on cost generation, on-site measurements of temperature in the homes studied, simulation software, and qualitative analysis from interviews with users of ecological and conventional housing. With the obtained results we're able to establish a relationship within these indicators, and generate future scenarios not only for the resident but also the decision-makers, for then to compare both systems and make a full information decision-based in sustainability indicators.

## Glosario de términos

**Confort social:** La percepción de seguridad y comodidad que tiene un usuario sobre su propia vivienda. (Izunza G., 2010)

**Confort térmico:** La temperatura ideal dentro de una vivienda (Adekunle T. & Nikolopoulou M., 2018)

**Corrientes aérea:** La velocidad y temperatura de viento que transcurre por una zona (ASHRAE, 2010)

**Cubiertas:** Son los materiales usados en techos y muros. (Van Lengen J., 2006)

**Dinámica familiar:** La relación que tienen los usuarios de una vivienda entre sí. (ASHRAE, 2010)

**Metabolismo familiar:** Hace referencia a la cantidad de movimiento que hay en la vivienda. (ASHRAE, 2010)

**Orientación solar:** La orientación que tiene la fachada de una vivienda con respecto al sol. (ASHRAE, 2010)

**Recursos habitacionales:** Están constituidos por los servicios que incluye la vivienda, pero hace referencia a la intermitencia de los servicios como lo sería: energía eléctrica, agua, etc.

**Rezago habitacional:** Es un indicador que expresa la cantidad de viviendas que están deterioradas y con decadencias como puede ser en lo servicios, y que aún en estas condiciones son habitadas. (Kunz-Bolaños I. & Romero-Vadillo I., 2008)

**Sistema constructivo:** Se habla de sistema constructivo a las relaciones que existen entre la vivienda y quienes la habitan, tomando en cuenta confort, consumo, etc. Pueden clasificarse en alternativo o convencional dependiendo del tipo de vivienda.

**Sistema constructivo convencional:** Es una vivienda construida con materiales convencionalmente usados y/o que están estipulados en reglamentos de construcción. (Barona E., Sánchez F., 2005), (Lozano M., 1997)

**Vivienda digna:** Es un lugar que brinda de un lugar confortable y seguro para las personas quienes la habitan. (ONU, 2010)

**Sistema constructivo alternativo:** Es una vivienda construida con materiales amigables con el ambiente y que incluyen diversas ecotecnologías. (Cruz J., 2014)

**Vivienda social:** Es una categoría de vivienda, cuyo mercado es una familia con ingresos iguales o mayores al salario mínimo. (García B., 2010)

**Vivienda:** Lugar protegido y acondicionado para que vivan personas. (ONU, 2010)

## Índice de figuras

Figura 1. Gráfica de tipo radial	11
Figura 2. Diagrama de flujo de la metodología	33
Figura 3. Viviendas escogidas para el estudio; Sistema constructivo convencional A, B, C, D, E en el orden de la foto y el sistema constructivo alternativo A al final de la misma	38
Figura 4. Gráfica sobre la satisfacción del usuario de la vivienda	45
Figura 5. Gráfica sobre el confort térmico	46
Figura 6. Consumo eléctrico	47
Figura 7, Gráfica de relación entre confort térmico y gasto energético	48
Figura 8. Gráfica tipo radial	51
Figura 9 Composición del confort	53
Figura 10 Gráfica de tipo radial contemplando datos de habitabilidad	56
Figura 10 Gráfica de tipo radial contemplando datos de habitabilidad	57
Figura 11. Comportamiento térmico de un ladrillo de adobe	57

## Índice de tablas

Tabla 1 Elaboración propia respecto a la clasificación de ecotecnologías	27
Tabla 2. Tabla de valores de indicadores energéticos	42
Tabla 3. Impacto ambiental de un m <sup>2</sup> de construcción	43
Tabla 4. Valores de indicadores económicos	44
Tabla 5. Valores de indicadores de habitabilidad	44
Tabla 6. Tabla de datos óptimos y mínimos	49
Tabla 7. Valores estandarizados de ambos sistemas a comparar	50
Tabla 8. Análisis FODA	55

## Nomenclatura

Kg CO<sub>2-eq</sub> = Kilogramos de dióxido de carbono equivalente

Kg SO<sub>2-eq</sub> = Kilogramos de dióxido de azufre equivalente

Kg PO<sub>4-eq</sub> = Kilogramos de fosfato equivalente

m<sup>2</sup> = metro cuadrado

cm<sup>3</sup> = centímetro cúbico

Kwh = Kilowatt por hora

Tn = temperatura neutra

Tm = Temperatura media

Zn = Zona de confort

C° = Grados centígrados

dBI = Ganancia de antena en decibelios

# Capítulo 1. Introducción.

## 1.1 Caso de estudio

El presente caso de estudio se realizó en la ciudad de Morelia, la cual tiene una extensión aproximada de un 1, 100,000 km<sup>2</sup>, que representan un poco más del 2% de la población del Estado de Michoacán. Cuenta con setecientos veintinueve mil habitantes (tomando en cuentas las zonas metropolitanas), distribuidas en ochenta y cuatro mil viviendas. (INEGI, CONEVAL, 2010)

La principal actividad económica de Morelia está conformada por servicios y el turismo, mientras que en segundo lugar está la manufactura e industria y en tercer lugar está la agricultura. (INEGI, 2010).

## 1.2. Preguntas de investigación.

### 1.2.1 Pregunta central de investigación.

¿Existen beneficios económicos, ambientales, sociales y energéticos, asociados a la construcción y habitabilidad de una vivienda alternativa en comparación con un sistema constructivo convencional?

### 1.2.2 Preguntas particulares.

- ¿Térmicamente un sistema constructivo alternativo es más estable que uno convencional?
- ¿Un sistema constructivo alternativo es energéticamente más eficiente que uno convencional?
- Derivado del proceso de construcción, ¿las emisiones gases de efecto invernadero de un sistema constructivo alternativo son menores a las de uno convencional?
- ¿El costo de un sistema constructivo alternativo es menor al de uno convencional?

## **1.3 Objetivos.**

### **1.3.1 Objetivo General.**

Realizar un análisis multiparamétrico considerando indicadores de sostenibilidad de un sistema de constructivo alternativo en la ciudad Morelia, que permita establecer criterios de asequibilidad, confort térmico y eficiencia energética.

### **3.3.2 Objetivos específicos**

- Identificar e integrar indicadores que definan un sistema de evaluación multiparamétrico considerando escenarios energéticos, económicos, sociales y ambientales para evaluar un sistema constructivo alternativo y uno convencional.
- Aplicar los indicadores identificados previamente a un sistema constructivo alternativo y uno convencional en la ciudad de estudio.
- Comparar los resultados de la aplicación de los indicadores evaluados y contrastar sus posibles alcances.
- Discutir escenarios futuros considerando la pertinencia de construcción de viviendas alternativas.

## 1.4 Justificación.

En la República Mexicana se han construido aproximadamente 31 millones de viviendas que albergan aproximadamente 119 millones de habitantes, cada una de las viviendas construidas deben cumplir con ciertas características que las hagan habitables y confortables para las familias que las habitan. Sin embargo, la Comisión de Nacional de Vivienda (CONAVI), en el 2014 determinó que el 30% de la población de México sufre de rezago habitacional, que puede clasificarse como la ausencia o intermitencia de los servicios básicos (Energía eléctrica, Agua, Gas, etc.), así como también aquellas viviendas que tienen daño estructural severo o parcial que comprometen la funcionalidad de la misma (Lozano M., 1997).

Pese a que existes diversas problemáticas asociadas a las zonas urbanas, se escogió el rezago habitacional como eje para dirigir el presente estudio. Éste tiene como problemática sus raíces en los años 50 con el crecimiento de la población (INEGI, 2015), así como en el apoyo gubernamental para la proliferación de constructoras y organizaciones para solventar el creciente déficit habitacional (García B., 2010).

La construcción de viviendas requiere de planeación urbana para optimizar el espacio requerido para las viviendas, sin embargo, en México debido a la poca planeación urbana, estas viviendas tienen un efecto negativo que promueve la generación de viviendas que no cumplen con las características para ser clasificadas como dignas.

Para brindar a la población una vivienda digna y reducir la mayor cantidad de contaminantes posibles, como lo marca el panorama ambiental actual, es necesario analizar y cuestionar los modelos constructivos actuales y brindar alternativas adecuadas a la familia, su entorno, su economía, etc. (Graham M., Pérez J., 1994). Como resultado, se han formulado diversas alternativas al modelo de construcción convencional que cumplen con la normativa, y las características necesarias para que se puedan clasificar como viviendas dignas. Una de estas propuestas son los sistemas constructivos alternativos, que se valen de diversas ecotecnologías y otros materiales para ser construcciones dignas y ambientalmente responsables. (Vásquez R & García E., 2008).

Un sistema constructivo alternativo necesita contemplar tres principales aspectos: asequibilidad económica (el costo y la facilidad con la que se puede cubrir este), aceptabilidad social (la aceptación y la comodidad que sientan la familia) y viabilidad energética (el gasto energético, de acuerdo a las necesidades de la familia). Si dichos aspectos son cumplidos, una vivienda puede ser clasificada como un sistema constructivo alternativo; en este estudio, es cierto que no se aborda el panorama tan específico de un sistema constructivo alternativo, pero se referencia de manera directa como un “*sistema constructivo alternativo*”, al cual nos referiremos desde ahora. Esta clasificación puede lograrse mediante el uso de ecotecnologías, materiales de bajo impacto ambiental, técnicas poco agresivas, etcétera. (Cruz J., 2014). Y pueden valerse de una amplia gama de técnicas y tecnologías que se adecuan al usuario para cumplir el objetivo de brindar una vivienda digna, reducir costos y contaminantes (Morillón D., et al, 2015), (Fundación Santo domingo, 2012), (Rid W., et al, 2017).

Las viviendas ecológicas, por sus peculiaridades, son susceptibles a evaluaciones integradas, de la sustentabilidad y de su impacto ambiental que las define en esa categoría (ecológicas). Una de las metodologías utilizadas de forma incluyente y diversificada, es el análisis multicriterio, que permite considerar varios aspectos para proporcionar una evaluación comparativa con mayores alcances. Este tipo de análisis se han mostrado, por ejemplo, en estudios realizados por Bucio-Sistos (2018), para evaluación de sistemas de construcción con diversos materiales; la diversificación de indicadores agrupados en múltiples parámetros puede apreciarse en la figura 1. Así, del análisis multicriterio aplicado a viviendas ecológicas, se pueden obtener diversos indicadores que pueden extrapolarse para generar escenarios de sistemas diversos. En este caso, nos ayuda a generar indicadores que nos permiten comparar esquemas de construcción muy contaminantes, con esquemas de menor impacto ambiental; aspectos económicos y de habitabilidad también.



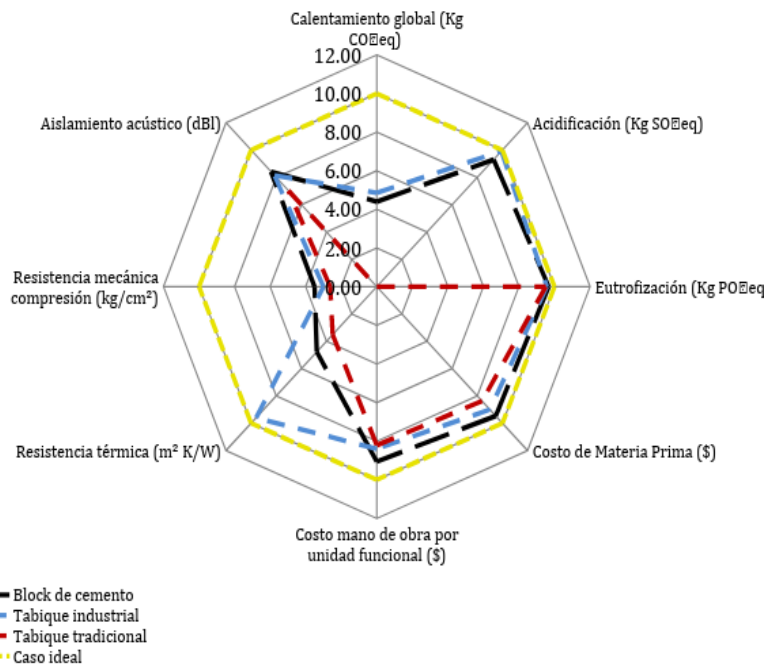


Figura 1. Análisis multiparamétrico de sistemas constructivos urbanos (Bucio C., 2018)

## 1.5 Antecedentes de la investigación.

Existen diversos métodos convencionales para medir aspectos económicos, estructurales, ambientales, etc., todos estos métodos consisten en evaluar un aspecto preciso de la vivienda, para determinar si es confortable y asequible, sin embargo, dichos estudios se hacen de manera separada y no explican de forma integral el comportamiento de la vivienda (Contreras-Miranda W. et al, 2010).

En los últimos 50 años se ha visto una problemática relacionada con la construcción acelerada de las viviendas, sin que el porcentaje de la población que sufre de rezago habitacional disminuya, por lo tanto, es necesario desarrollar nuevas herramientas que permitan evaluar las viviendas actuales, además de adecuarlas a las necesidades de la población, promoviendo el confort y su asequibilidad, así como la disminución de los contaminantes producto de su construcción, uso y mantenimiento.

Aunque existen metodologías para evaluar de manera integral procesos, tecnologías y sistemas, cuando se trata de analizar viviendas, no existe un método estandarizado para la aplicación de indicadores de sustentabilidad. Por ellos se utilizó como base, los fundamentos del Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos

naturales, incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), donde se seleccionarán indicadores adecuados para evaluar la vivienda como un sistema complejo que integra diversas partes tales como asequibilidad económica, emisiones asociadas, confort general, uso de recursos, percepción de una vivienda digna. Por ello, es necesario adecuar metodologías integrales para evaluar otros tipos de sistemas además de los productivos (Contreras-Miranda W. et al, 2010; Masera O., et al, 1999). Un ejemplo del uso de análisis multiparamétrico en el sector constructivo se observa en un estudio realizado en la ciudad de Morelia, Michoacán, donde se hizo un análisis multiparamétrico respecto a diversos materiales de construcción; al final, se integraron varios indicadores que mostraron las fortalezas y debilidades de cada material (Bucio C., 2018).

### **1.5.1 El crecimiento poblacional y la necesidad de vivienda**

Para el 2008 por primera vez en la historia demográfica del mundo, más de la mitad de la población vivía en zonas urbanas, para el 2030 se prevé que aumente de 3,000 a 5,000 millones, donde la mayoría de esta nueva población será pobre (Izunza G., 2010), esto supone un reto a nivel internacional para encontrar una solución para reducir el porcentaje de la población que sufre de rezago habitacional.

La presión que ejercen las ciudades sobre diversos aspectos (ambientales, sociales, económicos, culturales, etc.) Nos replantean como se puede aprovechar potencial de las ciudades para ser espacios ecológicas y habitables (ONU, 2007). Hasta ahora, diversas instancias gubernamentales y no gubernamentales han desarrollado una amplia gama de tecnologías que buscan aumentar la sustentabilidad de las ciudades, reducir sus impactos, eficientar los procesos, generar ambientes resilientes y optimizar la generación y aprovechamiento de desechos.

Una de estas acciones consiste en solventar el déficit habitacional con viviendas dignas y ecológicas, lo que convierte al sector residencial en un eje importante para alcanzar la sustentabilidad en las ciudades (Kunz-Bolaños I. & Romero-Vadillo I., 2008).

En las últimas décadas, la población de México ha incrementado de tal manera que para el 2015 la población pasó de 25.8 millones a 119.6 millones (INEGI, 2015), esto significa en que aproximadamente en 65 años la población se cuadruplicó, así, la demanda de la vivienda ha mostrado un comportamiento similar, siendo que su aumento más significativo se dio entre los años de 2000 y el 2015, aumentando de 21 millones de hogares habitados a 28 millones (INEGI 2015). Durante estos años, el impulso y desarrollo tecnológico provocó una reducción en la tasa de mortalidad y un aumento en la tasa de natalidad, esto puede traducirse en un aumento en la población debido al número de nacimientos crecientes, así como el aumento en la esperanza de vida de los ciudadanos (Leonell E., et al 1993).

Durante los años 1950 y 1970, aumentó la cantidad de viviendas construidas, esto puede relacionarse, no solo con el crecimiento de la población si no también con la importancia económica que adquieren las ciudades. Derivado de esto, el crecimiento demográfico se acentuó en las zonas urbanas, lo que a su vez implica la reducción de las zonas rurales aledañas para agregarse como zonas periféricas de las mismas zonas urbanas (Cruz J., 2014).

En la constitución mexicana, está establecido que todos tenemos derecho a una vivienda digna y decorosa (Lozano M., 1997). Sin embargo, existen zonas donde la expansión urbana ha promovido la construcción de viviendas que no cumplen con las características de una vivienda digna, lo que supone un riesgo para las familias que las habitan.

### **1.5.2 La edificación de viviendas y el contexto actual**

*“Los espacios urbanos constituyen un claro reflejo de la crisis global, pensar en el futuro de las metrópolis ha motivado un intenso debate sobre los procesos económicos, demográficos, ambientales, socio-culturales y territoriales, así como el impacto en la calidad de vida de las personas” (Izunza G., 2010)*

Durante los años 70 el gobierno apoyó al sector constructor para solventar el déficit habitacional, esto hizo que se observara un incremento en la construcción de

viviendas en México. Una de las estrategias para lograr esto fue la creación de fondos nacionales para las viviendas de los trabajadores, de esta manera se implementó una reforma donde un 5% del salario se destinaba a este fondo. Para el manejo de este fondo monetario se creó el INFONAVIT (Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores), que debido al número de afiliados y los recursos que manejaba, no tardó en posicionarse como una de las instancias más importantes para el manejo de fondos monetarios habitacionales. Con el auge del INFONAVIT se observó una oportunidad política de cooperación y se empezaron a fundar numerosas constructoras (García B., 2010).

En este contexto, se infiere que el crecimiento y la migración poblacional tienen influencia en el crecimiento de las zonas urbanas (INEGI, 2015), dando como resultado la reducción de zonas verdes, forestales y agrícolas por zonas habitacionales que no necesariamente cumplen con lo dispuesto en la constitución.

La construcción excesiva de inmuebles son consecuencia no sólo del crecimiento de la población mexicana, sino también de cómo diversas asociaciones aprovecharon el potencial económico y la importancia internacional del sector residencial, esto provocó que la vivienda se convirtiera en un bien económico más que una necesidad (Cruz J., 2014).

Como consecuencia de la expansión urbana se altera el espacio de las áreas rurales, ya sea convirtiéndose en zonas conurbadas o pasando a ser parte de la misma, promoviendo la migración de las zonas rurales a las zonas urbanas. (Fundación Mario Santo Domingo, 2012).

Dado que el sector inmobiliario forma parte de las estrategias de competitividad de las ciudades y de los países, los gobiernos establecen mecanismos que impulsan a las empresas constructoras y a la construcción en masa (De Mattos, 2008). Un ejemplo, es la inversión del Banco Mundial en el sector residencial para aumentar la cantidad de viviendas construidas, cuya ganancia está representada por el interés generado por los pagos realizados a lo largo del tiempo.

Así, la expansión del sector habitacional no está conectada solamente al crecimiento poblacional, sino que presenta un área muy atractiva para los inversionistas. Por ejemplo, desde los 70, el banco mundial ha realizado importantes inversiones en el sector habitacional que se calculan en aproximadamente en 250,000 millones de pesos mexicanos (Boils G., 2003). Mientras el panorama capitalista de producción de viviendas no cambie, desde las perspectivas locales, no se podrá pensar en una transición hacia un modelo de viviendas sustentables, tal vez complicadas de replicar en masa, pero sumamente necesaria.

### **1.5.3 El panorama de la construcción intensiva.**

La expansión desorganizada de las ciudades se caracteriza por la migración del sector rural a zonas urbanas, la cual impulsa la construcción intensiva de conjuntos habitacionales y genera nuevas problemáticas asociadas a su construcción.

Para medir la demanda de vivienda son necesarios 3 componentes: la población, los hogares y la vivienda misma (Izunza G., 2010). Si la población tiene un crecimiento significativo, la demanda de la vivienda aumenta y, por consiguiente, el número de viviendas construidas. Este comportamiento puede tener efectos negativos en las zonas aledañas, u ocasionar nuevas problemáticas dentro de la misma ciudad debido a procesos demográficos que afectan los recursos necesarios para sostener una ciudad, así como la dinámica poblacional y habitacional (Barona E., Sánchez F., 2005).

Una de las principales problemáticas ocasionadas por la expansión desorganizada de las ciudades, es la desigualdad en cuanto la distribución de recursos habitacionales. Los efectos de esta condición se representan en la ausencia o intermitencia de algunos de los servicios básicos que una vivienda debe proporcionar según la constitución mexicana.

Debido a la velocidad del crecimiento de las ciudades para solventar la demanda habitacional, se construyeron conjuntos habitacionales de manera masiva para tener la cantidad de viviendas suficientes para albergar a una población en aumento

(Barona E., Sánchez F., 2005). La situación con la construcción masiva radica en que dichas construcciones se planearon para una familia promedio, que hace algunos años era de 2 padres y de 2 o 3 niños; sin embargo, la constitución de una familia ha evolucionado a través de los años, así como los requerimientos que una persona percibe para poder habitar una vivienda de manera cómoda.

Existen diversas consecuencias provocadas por la expansión desmedida de las ciudades tales como aumento del gasto público, aumento del tráfico en vías públicas, producción de residuos y disposición errónea, afectaciones en la calidad de aire, etc.

Las personas afectadas por la falta de planeación urbana están expuestas a condiciones poco favorables que pueden afectar el desarrollo de la familia y su dinámica interna y externa (Leonell E. & Riovalle R., 1993). Dicho fenómeno está presente desde los años 50, si bien sus causas son complejas y difíciles de relacionar a simple vista, esto no quiere decir que la problemática no sea grave, sus efectos están presentes hoy en día y supone un reto importante resolverlos de manera integral. Dichas problemáticas y soluciones se pueden relacionar con: salud, trabajo, ingreso económico, transporte, recreación, etc. (Cruz J., 2014).

El objetivo de continuar construyendo complejos habitacionales es albergar a las familias trabajadoras del sector urbano, pero dicha construcción desmedida no responde a los cambios demográficos y sociales de la familia. Como resultado de esto, existe un gran número de viviendas que no poco resilientes, contaminantes e ineficientes del sector residencial, que se encuentra en continuo crecimiento. A la par existe un sector de la población urbana que, debido a diversas causas, no poseen trabajo lo que no los hace acreedores a diversos programas de préstamos que podrían ser usados para mantenimiento y/o renovación de la vivienda. INEGI establece que en México aproximadamente un 40% de la población es desempleada (INEGI, 2017), este porcentaje de la población no puede mantener un empleo estable que permita la entrada constante de dinero, que puede ser usado para el mantenimiento y mejoramiento de la familia.

Lo anterior supone un problema creciente en el sector residencial, debido a que existe un gran número de viviendas construidas que no califican como dignas, no pueden

ser adquiridas o pagadas con regularidad, lo que produce el deterioro no solo de la vivienda si no de la zona, esto promueve fenómenos que pueden afectar la salud de los residentes, o sus nuevos inquilinos que están habitando un espacio deteriorado (Reyes-Morales H., 2009).

Si bien el rezago habitacional es más agudo en zonas rurales, es en zonas urbanas donde sus efectos son más graves, debido a que no existe la estructura adecuada para brindar los servicios básicos. Las zonas deterioradas pueden verse afectadas por el crimen organizado, tráfico de drogas, enfermedades, largos viajes para ir al trabajo, etc. Estos efectos influyen de manera negativa a la dinámica económica, ambiental y social de la familia (Leonel E., Riovalle R., 1993).

#### **1.5.4 La vivienda como una necesidad prioritaria.**

Una vivienda en condición de rezago habitacional puede caracterizarse por una intermitencia o falta de los servicios básicos, daño estructural, no responder a las necesidades la familia, etc. Este rezago habitacional puede considerarse como determinante para la aplicación de medidas ambientales que responden al deterioro de la vivienda, así como para ofrecer múltiples beneficios.

Se puede caracterizar la vivienda como un espacio integral donde se relacionan y se desarrollan las familias, dicho espacio no sólo está compuesto por el aspecto estructural también está compuesto por mantenimiento, confort, espacios, gastos, etc. Estas características hacen que una vivienda provea de seguridad, comodidad, habitabilidad, etc. (Lozano M., 1997). Dichos aspectos de la vivienda la hacen imprescindible en la dinámica poblacional para promover espacios saludables para el desarrollo de las familias (Villavicencio J. & Dúran A., 2003). Si la construcción no cumple con alguno de los aspectos, tendrá de alguna manera un efecto negativo dentro de la dinámica familiar.

Para que una vivienda pueda considerarse como digna tiene que contar con las siguientes características según los artículos 2do y 4to de la constitución:

- *“Una vivienda se considerará adecuada cuando se encuentre ocupada por una sola familia.”*
- *“Todo tipo de vivienda deberá contar con espacios diferenciados para la actividad que en ella se realice; tales como cocinar, comer, dormir; entre otros.”*
- *“Las habitaciones no deberán ser ocupadas por más de tres personas independientes en un sólo cuarto.”*
- *“La superficie de la vivienda deberá ser proporcional al tamaño de la familia que la habita.”*
- *“Los sistemas constructivos de la edificación deberán ofrecer un periodo de vida útil de la vivienda de por lo menos diez años.”*
- *“La vivienda deberá encontrarse construida con materiales y tecnologías adecuadas al clima de la región.”*
- *“La vivienda debe proporcionar protección al usuario con la menor utilización de medios mecánicos.”*
- *“La estructura de la vivienda deberá brindar estabilidad a la edificación a fin de proporcionar seguridad ante fenómenos naturales a los usuarios de la misma.”*
- *“Una vivienda digna debe contar con los servicios básicos de energía eléctrica, agua potable y drenaje.”*
- *“Una vivienda digna y decorosa cuenta con estas características, así como un responsable uso de los recursos necesarios.”*

Estas características son necesarias para que la vivienda ofrezca un ambiente óptimo para el desarrollo de la familia (Álvarez C., 2017).



## Capítulo 2: Marco teórico

### 2.2. El sistema constructivo convencional en el sector rural y urbano.

Una de las principales diferencias entre una vivienda rural y una urbana es el consumo energético, siendo que en una vivienda urbana se consume una mayor cantidad de energía (Sánchez L., 2012). Esto puede atribuirse al tamaño de la vivienda, de la familia y a los electrodomésticos que usan para solventar sus necesidades.

El consumo energético “*per cápita*” aumenta mientras el tamaño de la vivienda sea mayor en relación al tamaño de la familia, caso contrario, si el tamaño de la vivienda es menor en relación al de la familia (Pisarello G., 2003).

En México en el sector urbano existe un gran número de viviendas habitadas por familias con pocos integrantes, esto se traduce en el aumento del consumo energético de los habitantes, mientras que en el sector rural ocurre el fenómeno opuesto, donde familias de gran tamaño ocupan viviendas con un área menor que las viviendas del sector urbano (Sánchez L., 2012).

Ambientalmente esto representa un problema para los alrededores de las ciudades, que funcionan mayormente como depósitos de basura para los residuos generados, así como para la cantidad de recursos necesarios para expandir y mantener zonas urbanas que finalmente no cumplen con las características necesarias para clasificarlos como espacios dignos y habitables (Barona E., 2005).

La planeación y distribución de las viviendas varía tanto en el sector rural como en sector urbano. Dado que el sector urbano depende de actividades mayormente secundarias y terciarias (manufactura y servicios), existen zonas específicas dedicadas enteramente a estas tareas; mientras que en el sector rural las principales actividades son primarias (Cultivo y ganadería), con la expansión acelerada de las ciudades, el planeamiento de éstas se hace más difícil a medida que zonas

habitacionales y zonas industriales se empiezan a construir en los mismos espacios (Betancourt C., 2017).

Aunque el crecimiento poblacional no distingue entre ambas zonas, el uso de materiales para construcción ha sido diversificado, y es muy marcado en cada caso. Mientras que el uso concreto y material estructural de acero predomina desde hace décadas en el sector urbano, en las zonas rurales la forma de construcción tradicional, y con materiales locales ha sido imperante para responder a la necesidad de vivienda básica. Tal vez inconscientemente, las zonas rurales han mantenido un esquema de cuidado del medio ambiente, en relación a los sistemas constructivos que han utilizado. La vivienda tradicional rural, es un buen referente de sistema constructivo alternativo, confortable y asequible; representa un modelo base para recuperar prácticas tradicionales de construcción que pueden generar muchos beneficios. Aunque también es cierto, que estos sistemas constructivos se han modificado en los últimos años, producto de la concepción de modernidad auspiciado por las grandes ciudades y el enfoque de un mundo globalizado. Entonces, debemos recatar aquellas prácticas de construcción y esquemas de vivienda que mucho pueden ayudar a generar un modelo de vivienda lo más sustentable posible.

### **2.2.1. Distribución del espacio**

En México la autoconstrucción es una herramienta poco común en las ciudades debido a la inversión necesaria, el tiempo y maquinaria disponibles, los permisos, etc. Empresas de carácter privado y público son las que se encargan de brindar este servicio para acelerar la construcción de fraccionamientos, donde es común usar el mismo diseño de vivienda en áreas determinadas para facilitar la construcción y reducir costos.

Una de las deficiencias del diseño de las viviendas es el espacio que se deja entre cada vivienda, que en el caso de los fraccionamientos es nulo y la única separación entre ellas son los muros interiores que a la vez son los muros con mayor área de la vivienda, esto restringe en gran medida el espacio que se puede usar para agregar ventanas para captar luz solar.

Este estilo de construcción permite la edificación de varias viviendas contiguas y en una misma zona sin ocupar una gran cantidad de espacio, este estilo también se puede encontrar en complejos habitacionales donde la problemática del asolamiento es constante. Esta problemática puede afectar las características térmicas de la vivienda al no poder captar una gran cantidad de radiación solar (Cavalheiro C., 2011).

### **2.2.2 Materiales utilizados en la construcción de viviendas convencionales.**

Existe una serie de materiales ya estandarizados y estudiados de uso para la construcción de una vivienda, estipulados en el código de edificación de vivienda y la NOM ISO 14020, donde se mencionan las características de los materiales que normalmente se usan para construcción residencial.

La construcción de una vivienda se divide esencialmente en 3 partes:

- **Obra Negra:** En esta primera etapa se construyen los cimientos y la estructura principal de la vivienda. Para esta etapa normalmente se hace uso de concreto, cemento, varilla, acero, metales varios, etc. El objetivo es dar seguridad estructural a la vivienda, teniendo en cuenta el tamaño, diseño y peso de la misma.
- **Obra Gris:** Durante esta etapa el principal objetivo es agregar paredes y techo para definir la apariencia e integrar los servicios que la vivienda debe poseer. Para esto los principales materiales son: concreto, cemento, acero, madera, tabla roca, tuberías de cobre, cables de cobre, etc.
- **Obra Blanca:** La etapa final está enfocada en la estética que tendrá la vivienda y las labores tienen que ver con acabados de paredes y de techos. Para esta etapa el usuario puede hacer uso de diferentes materiales según lo crea conveniente.

En todas las etapas, en común que el material imperante sea el cemento, que es altamente contaminante. En este sentido, materiales sustitutos pueden ser

catalizadores que promuevan el menor impacto ambiental y la generación de materiales sustentables, altamente eficientes para la industria de la construcción. Pero es necesario, determinar la funcionalidad de los nuevos materiales, en aras de que sean funcionales para el cometido que sean diseñados, en el caso particular de la industria de la construcción, que sean acústica, térmica, mecánica y ambientalmente viables. Por lo que definir marcos de evaluación en el contexto de la funcionalidad de materiales, es de suma importancia, y motivo del presente estudio.

### **2.2.3. El costo de viviendas convencionales**

El precio de una vivienda es una de las principales barreras que tiene una familia para su adquisición. Dentro de las viviendas manejadas por el INFONAVIT el rango de costo va desde doscientos mil pesos mexicanos, hasta cuatro millones de pesos, que se puede traducir de 1,818 \$/m<sup>2</sup>, hasta 36,363 \$/m<sup>2</sup>, dependiendo de la inmobiliaria, el terreno el tamaño de la vivienda, etc.

Dicho precio normalmente no puede ser cubierto en su totalidad por la familia, por lo tanto, recurren a préstamos bancarios o algunas instituciones gubernamentales como como el INFONAVIT (Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores), donde se requieren ciertas características para acceder a uno.

## **2.3 Sistema constructivo alternativo.**

El sistema constructivo alternativo surge como parte de una propuesta general para desarrollar infraestructura segura (Cervantes B., 2010). Un sistema constructivo alternativo tiene como objetivo brindar un espacio digno y decoroso (Lozano M., 1997) a los habitantes de la misma, sin embargo, también tiene como objetivo reducir el impacto ambiental asociado con el inmueble; para lograrlo se vale de diferentes ecotecnologías y en algunos casos para solventar diversas necesidades reduciendo los recursos necesarios para su operación y los residuos asociados a esta necesidad (Fundación Mario Santo Domingo, 2012). Se le puede llamar sistema constructivo cuando se incluye la complejidad de la relación residente-vivienda.

El impacto ambiental relacionado con la construcción de viviendas en México ha ido en aumento, siendo de vital importancia investigar nuevas prácticas de construcción que permitan disminuir dicho impacto. Para esto se necesita construir tomando en cuenta algunos principios que existen en la naturaleza que, además de mitigar los impactos, aumenta su tiempo de vida y permite una relación “armónica” con la naturaleza, tales como, estructura acorde al ambiente, materiales duraderos y de bajo mantenimiento, materiales de fácil reparación (Minke G., 2016).

Un estigma se ha desarrollado respecto a las viviendas ecológicas, que su aplicación es exclusiva de un sector, cuando desde hace siglos la construcción de las viviendas se realizaba con materiales locales, que tenían un bajo impacto ambiental, sin embargo su aplicación se extiende no solamente al sector rural, si no que la reinención de este tipo de arquitectura permite su aplicación en el sector urbano, dando como resultado espacios no solo ambientalmente amigables, sino también confortables. (Van Lengen, J., 2006).

Con el tiempo se han desarrollado distintas vertientes de cómo abordar la sustentabilidad en el sector residencial (Graham M., 1994), debido a esto el concepto de sistema constructivo alternativo puede abordarse desde diferentes perspectivas.

En este trabajo se define al sistema constructivo alternativo como: *“Aquel sistema que, con las mismas dimensiones de uno convencional, otorga a sus habitantes un espacio digno y decoroso, valiéndose de diversas tecnologías que reducen el impacto y el consumo asociado”* (Morillón D., et al, 2015), (Graham M., 1994).

El potencial de una vivienda para generar cambios en la población es complicado de dimensionar, se puede partir de que la vivienda es uno de los pilares principales para el desarrollo de la familia (Lozano M., 1997); dada esta importancia, se infiere que cambios positivos en la viviendas tendrán un efecto de este tipo en la familia; al integrar la sustentabilidad en la construcción de la vivienda, se puede esperar que de igual manera este aspecto se incluya en la familia (Fundación Mario Santo Domingo, 2012).

Algunas propuestas para integrar las prácticas sustentables en las viviendas de México pueden ser que busquen integrar tecnologías verdes en la vivienda a bajo costo (como lo fue programa “Hipoteca verde” creado por el INFONAVIT). El costo de estas tecnologías está dado por los salarios mínimos de la familia. Sin embargo, dicho programa tiene algunos defectos que contradicen su propósito, a decir, el uso de un catálogo de ecotecnologías y proveedores donde dichas tecnologías tengan que ser importadas de otros países involucra transporte y otros procesos que pueden emitir más contaminantes de los que puede mitigar una ecotecnología (Álvarez C., 2017). Estos catálogos deben contemplar múltiples escenarios y añadir ecotecnologías de bajo costo, poco transporte y fáciles de usar y sin la necesidad de instalaciones complicadas. Existen una diversa gama de tecnologías y técnicas que permiten la resolución de la problemática en la vivienda que no representan una inversión excesiva y pueden llevarse a cabo por los propios usuarios (Rid, W. et al, 2017).

Un sistema constructivo alternativo no solo posee este tipo de tecnologías, sino que desde su diseño se contemplan parámetros ambientales que aumentan la seguridad de la misma, así como un incremento en el confort en comparación con un sistema constructivo convencional; esto habla de sustentabilidad integral, que no sólo contempla un aspecto meramente ambiental sino que incluye los aspectos sociales y económicos de la vivienda, haciéndola económicamente asequible, socialmente aceptable y ambientalmente amigable. Esto nos brinda un espacio habitable que cumple con las características de una vivienda digna, que incluye el esquema de sustentabilidad que permite reducir el consumo de recursos y producción de residuos en múltiples aspectos de la misma.

El presupuesto invertido de una vivienda se compone no sólo de la inversión inicial, también se toma en cuenta el mantenimiento y servicios de la misma; así, la instalación de ecotecnologías supone un ahorro económico, energético y ambiental a largo plazo (Álvarez C., 2017).

Si bien la inversión aumento al momento de considerar la integración de ciertas ecotecnologías, éstas poseen múltiples beneficios que van desde lo social y económico hasta lo ambiental, dichas ecotecnologías pueden ser de mayor provecho

si se integran desde un principio a la vivienda, sin embargo, eso no significa que no se puedan añadir a la vivienda en otro momento (Toperlson S., 2009).

El diseño de un sistema constructivo alternativo incluye dos tipos arquitectura: la arquitectura pasiva se concentra en el uso de materiales bajos en emisiones y óptimos para construcción, mientras que la arquitectura activa se concentra en el uso de tecnologías para mejorar el aprovechamiento de los recursos mediante dispositivos que optimizan algunos procesos de la vivienda.

Un sistema constructivo alternativo se vale de estos tipos de arquitectura para brindar al usuario de un espacio confortable, amigable con el ambiente, económico, etc.

De esta manera la relación que se establece entre la vivienda y la familia lo vuelve un sistema constructivo, sin embargo, lo que lo hace “alternativo” no solo es las ecotecnologías o materiales de bajo impacto que se involucran, sino todas las consideraciones anteriores a la construcción que se tomaron en cuenta para adecuarla a la familia y al entorno. (Morillón D., et al, 2015), (Graham M., 1994), (García B., 2010)

### **2.3.1. Materiales y costos en la construcción de viviendas ecológicas.**

Los materiales requeridos para la construcción de una vivienda varían dependiendo del usuario, aunque se aconseja usar materiales fáciles de conseguir y que no se requiera de su exportación. En la arquitectura ecológica es común recurrir a la madera, tierra, arena, polímeros o a la combinación de estos; con el objetivo de reducir la huella de carbono de la vivienda se evita el uso de concreto como componente principal.

El costo de una vivienda está asociado directamente al tamaño de la vivienda, costo de terreno y especificaciones del plano (segundos pisos, huertos, etc.). El costo puede variar de treinta mil pesos mexicanos hasta los trescientos mil, este precio está estandarizado a una vivienda de 81 m<sup>2</sup> en México. Utilizando este precio y tomando en cuenta que se está considerando materiales locales (tierra, madera) se puede

calcular que el precio por metro cuadrado sería de aproximadamente de 2,000 a 26,000 pesos mexicanos. (Garza G., 2007).

## **2.4 El consumo energético asociado al confort térmico en sistemas constructivos alternativos y convencionales.**

Todas las viviendas requieren de energía para su funcionamiento el cual está directamente asociado a la red eléctrica y a los aparatos instalados, así como a la cantidad de tiempo que se usan.

El balance nacional de energía del 2016 nos indica que el sector residencial tuvo un consumo energético equivalente al 20% de toda la energía consumida en México, esto lo coloca como el tercer sector con mayor consumo, de aquí la importancia de generar propuestas que busquen disminuir dicho consumo (Cavalheiro C., 2011).

El consumo de energía en una vivienda aumenta conforme se busca tener un mejor confort térmico, y éste depende en gran medida de los materiales propios de la vivienda.

## **2.5 El confort térmico como necesidad de consumo energético en viviendas.**

Cuando se habla de confort térmico se tiene que dejar en claro que no existe una temperatura ideal y universal, esto se debe a la temperatura de cada región y la percepción de lo que es el confort térmico de los mismos usuarios. Sin embargo, para fines prácticos se ha estandarizado que una temperatura adecuada y habitable está entre los 20 y 22 grados centígrados (ASHRAE., 2010).

El confort térmico es un factor determinante en cómo una persona se relaciona con su espacio, esto se debe a que si la temperatura media de una vivienda es muy variada los usuarios se ven obligados a constantemente conseguir este nivel de confort mediante aire acondicionado, calefacción, ventiladores, abrigos dentro de casa, etc.



Existen varios componentes que aseguran el confort térmico (Souza de Oliveira et al., 2016):

- La temperatura ambiente
- Velocidad del viento
- La actividad hogareña
- Vestimenta de la familia
- Humedad del ambiente

La convergencia de estos componentes determina el confort de la familia. La vivienda debe estar diseñada para aprovechar los factores ambientales para asegurar una temperatura estable y confortable; una sugerencia para reducir el gasto energético es utilizar el asoleamiento y las corrientes áreas para generar diseños adaptativos que aprovechen el sol, humedad y viento (GEF., 2018). Además, el diseño mismo de la vivienda puede evitar que la temperatura media no varíe mucho de estación a estación, manteniéndola entre los 22 y 25 grados Celsius (Dixon C., 2010).

Existen herramientas arquitectónicas que permiten lidiar con factores externos y/o variantes, tales como muros verdes, lagos artificiales, aislamiento, radiadores integrados al suelo, etc. (Dixon C., 2010).

## **2.6 Los impactos ambientales asociados a la construcción de sistemas constructivos alternativos y convencionales.**

El impacto relacionado a la construcción de viviendas está asociado principalmente a los materiales utilizados, al tamaño de la vivienda y la maquinaria requerida. La creciente demanda de viviendas en México tiene un efecto positivo en la construcción de complejos habitacionales, ya sea plurifamiliares o unifamiliares, esto representa un aumento en los materiales que se utilizan. Estos materiales tienen una “huella de carbono” que está asociada a la extracción, refinación, tratamiento, mantenimiento, etc. Sabiendo esto, es de vital importancia cuantificar el impacto ambiental de la creciente urbanización y encontrar alternativas a los materiales actuales para reducir la cantidad de emisiones que se producen en este sector.

El impacto asociado a la construcción de viviendas unifamiliares es significativamente mayor ya que se destina una mayor cantidad de recursos para una cantidad menor de personas, caso contrario de las viviendas plurifamiliares (Cavalheiro C., 2011).

El impacto significativo de la construcción de viviendas unifamiliares se debe a los siguientes procesos:

- Adecuación de terreno con maquinaria
- Pavimentación para comunicación con la ciudad
- Instalación de todos los servicios básicos
- La construcción misma de la vivienda
- Recubrimientos y pintura

Todas estas actividades involucran un gasto importante de recursos, maquinaria y personal a costo de la construcción de nuevas viviendas que actualmente no responden a las necesidades de sus habitantes (Cavalheiro C., 2011).

Al momento de construir una vivienda se debe pensar tanto el costo ambiental, como en el económico, para solventar de manera eficiente la demanda de vivienda, así como procurar el bienestar interno de las familias que las habitan, para esto el desarrollo de nuevos modelos de evaluación de viviendas, puede aportar nuevos enfoques para construir viviendas no solamente ambientalmente responsables, sino también confortables y duraderas.

# Capítulo 3. Metodología

## 3.1 Descripción metodológica de la propuesta.

La siguiente metodología propuesta, tiene como finalidad comparar diversos aspectos de dos tipos de sistemas constructivos: alternativo y convencional.

La metodología propuesta está representada en la figura 2.

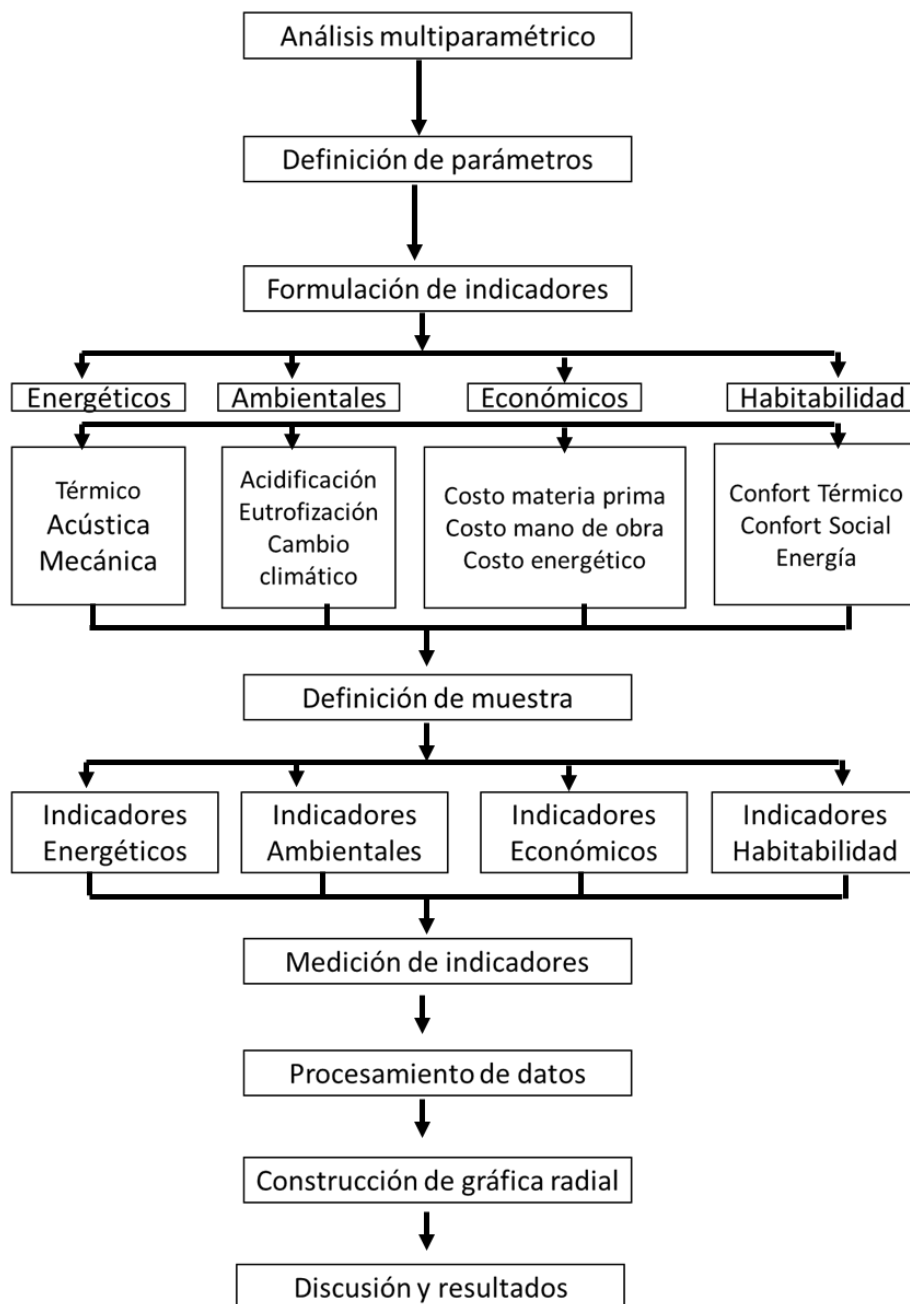


Figura 2. Diagrama de flujo de la metodología Fuente: elaboración propia

### **3.2 Análisis multiparamétrico.**

Un análisis multiparamétrico representa una estrategia de evaluación amplia, inclusiva y diversificada; esta herramienta permite comparar diversos sistemas con casos ideales y determinar en diferentes parámetros, fortalezas y debilidades, así como mostrar de forma gráfica e intuitiva, las mejores condiciones en determinados aspectos para los casos de estudio analizados. (Maserá, O., Astier, M., & López-Ridaura, S., 1999)

Resulta complejo evaluar y comparar diversos parámetros, pues varias disciplinas están involucradas, en la mayoría de los casos los parámetros son conceptos generales que no pueden ser ponderados; por lo que, para generar dicha ponderación, resulta necesario generar indicadores, que representen de forma práctica y concisa la información comprendida en los parámetros.

### **3.3 Definición de la unidad de estudio**

Puesto que las condiciones de las viviendas analizadas no son uniformes y el grado de normalización de análisis multiparamétrico no permite la heterogeneidad, es importante utilizar una unidad funcional que permita generar puntos de comparación para diversos indicadores que se atribuyan a varios parámetros. En concordancia con el objeto de estudio, denominaremos la unidad funcional, sistema constructivo convencional para la vivienda convencional y sistema constructivo alternativo para la vivienda ecológica donde se analizarán los parámetros energéticos, ambientales y económicos en un m<sup>2</sup> de muro de construcción, mientras que para los indicadores de habitabilidad se usará como unidad funcional la vivienda completa, esto por temas logísticos y por los aparatos de medición considerados.

### **3.4 Definición de parámetros.**

Para la selección de parámetros se tomó en cuenta el acuerdo de la ONU (Organización de las Naciones Unidas) donde se especifica las características que

debe tener una vivienda digna y decorosa, sin embargo, cabe destacar que, si bien se usó como base, el objetivo del estudio no es el de analizar todas las características (ONU, 2010).

Los cuatro parámetros, (eficiencia energética, impacto ambiental, habitabilidad y aspectos económicos) están compuestos por 3 indicadores cada uno, lo que permite comparar cada tipo de vivienda.

### **3.5 Definición de indicadores**

Un indicador es una herramienta cuantificable del sistema que nos señala sus cualidades; cada indicador representa una única característica de los parámetros.

La elección de cada indicador se hizo tomando en cuenta las características esenciales que permitan evaluar confort, costo económico y emisiones producto de la construcción de una vivienda digna y ambientalmente responsable. Los indicadores son necesarios para explicar de manera general cómo se comporta una vivienda.

#### **3.4.1 Energéticos**

Para los indicadores energéticos se eligieron aquellos con los cuales se pueden medir la eficacia de cada material con el que las viviendas están construidas, los parámetros estándar que definen a un material eficaz son:

- Conductividad térmica( $W/m^2K$ ): establece la cantidad de calor que puede traspasar el material
- Acústica(DBi): Qué tan fácil es para el sonido atravesar el material
- Mecánica ( $kg/m^3$ ): La cantidad de presión que puede soportar dicho material.

La elección de estos 3 indicadores se basa en estudios sobre vivienda que los establecen como indicadores esenciales para describir un material (Bucio C., 2018).

### 3.4.2 Ambientales

Los indicadores ambientales hacen referencia a que tanto contamina un material por su producción y uso; esto considera su extracción, transporte y comportamiento del mismo material. Se eligieron los siguientes indicadores:

- Calentamiento global (Kg CO<sub>2</sub>-eq)
- Acidificación (Kg SO<sub>2</sub>-eq)
- Eutrofización (Kg PO<sub>4</sub>-eq)

La elección de los anteriores indicadores radica en los principios de evaluación de impactos de un ACV y la norma ISO 14044, construcciones consideran que estos 3 expresan de manera clara cuánto contamina un m<sup>2</sup> de construcción. Ya que exponen tres tipos de contaminantes que se relacionan de manera muy común con los productos humanos, CO<sub>2</sub> (calentamiento global), NO<sub>2</sub> (eutrofización) y PO<sub>4</sub> (acidificación), (Bucio C., 2018).

### 3.4.3 Económicos

Se eligieron los costos asociados a la construcción de una vivienda:

- Materia prima(\$/m<sup>2</sup>): El costo por usar dicho material contemplando su origen, cantidad y precio en mercado
- Mano de obra(\$/m<sup>2</sup>): Costo hora hombre que se requiere para construir una casa con dicho material
- Costo de servicios asociados (\$/Kwh): Costo de los servicios que usan en casa.

La elección de estos indicadores se hizo tomando en cuenta los materiales usados durante la construcción, así como la mano obra y el gasto energético de ambos casos.

### 3.4.4 Habitabilidad

La habitabilidad considera componentes tanto sociales como energéticos, que buscan cuantificar el confort dentro de la vivienda, y cómo las personas perciben su espacio. Debido a la integración de los propios indicadores seleccionados, la unidad funcional (m<sup>2</sup>), no aplica para estos indicadores ya que miden la vivienda en su totalidad.

Los 3 indicadores que componen la habitabilidad son:

- Confort térmico: El rango definido por la temperatura media que nos expresa una temperatura óptima y confortable
- Confort social: Cómo el individuo percibe su espacio, si es deficiente o por el contrario si es confortable.
- Energía asociada: El consumo de energía de anual y su relación con el clima de la vivienda. (García, B., 2010), (Dixon C., 2010)

### 3.5 Definición de muestra.

De acuerdo al estudio realizado, fue necesario analizar dos tipos de sistemas constructivos: convencionales (construidas con concreto) y alternativos (construidas con adobe u otro material). Se evaluaron 5 sistemas constructivos convencionales y 1 sistema constructivo alternativo, donde las familias nos permitieron realizar mediciones a lo largo del año o de manera puntal.

Las viviendas analizadas, se muestran en la figura 3.



Figura 3. Viviendas seleccionadas para el estudio; Sistema constructivo convencional A, B, C, D y E en el orden de la foto y el sistema constructivo alternativo A\* al final de la misma

En los indicadores de habitabilidad se buscó ampliar la muestra para obtener una representación más clara del comportamiento del confort de una vivienda promedio en la ciudad de Morelia, Michoacán.

Para los indicadores económicos y energéticos solamente se requirió obtener los datos del sistema constructivo alternativo en correspondencia con el análisis de la unidad funcional para ambos.

## **3.6 Medición de indicadores.**

### **3.6.1 Medición de indicadores energéticos.**

Para los indicadores energéticos (conductividad térmica, resistencia mecánica y aislamiento acústico), se consultaron diferentes fichas técnicas establecidas por otros estudios, así como normativas de construcción que establecen sus valores óptimos que nos permitirán observar que material posee mejores características generales: NBE-CA-88, que establece el valor óptimo de aislamiento acústico para materiales de construcción; la norma mexicana NMX-C-460-ONNCCE-2009, que establece el valor óptimo de conductividad térmica en materiales de construcción y, el código de edificación de vivienda en México, que establece valores mínimos de resistencia a compresión para materiales de construcción (INAFED, 2014), (Código de edificación de vivienda, 2010).

### **3.6.2 Medición de indicadores ambientales**

Para la medición de indicadores ambientales se hizo uso del análisis de inventario que conforma una parte de la metodología de ACV (análisis de ciclo de vida) correspondiente a la Norma ISO-14040, y bases de datos para la obtención de índices de contaminación como NREL y el software OpenLCA® (Bucio C., 2018).

Para esto se recurrió a estudios ambientales realizados en la ciudad de Morelia donde se toman en cuenta los mismos indicadores ambientales que se consideran para este estudio. En el caso del sistema constructivo alternativo se entrevistó a la arquitecta responsable y se cuantificaron materiales que fueron usados para la construcción,



posteriormente se realizó un análisis de inventario donde se tomó en cuenta datos oficiales de México que expresan la cantidad de emisiones por el uso de determinados insumos.

### 3.6.3 Medición de indicadores Económicos

Los datos referentes al costo del ladrillo rojo se obtuvieron de un estudio realizado con anterioridad en la ciudad de Morelia; se hicieron cotizaciones en las páginas *online*: Generados de precios, el blog hombres de maíz y Homify (CYPE, 2019) (Hombres de Maíz, 2014) (Dávila J., 2018).

Los datos del adobe, se obtuvieron con base a una entrevista exploratoria realizada a la arquitecta independiente Andrea Sabina Alvarado Brumm de “Bioarqmx”, que se encargó de supervisar la construcción casa ecológica de referencia, para obtener los precios de los materiales y del transporte que se requirieron para construir con adobe; la mano de obra se obtuvo al hacer una investigación en diversas páginas web donde se cotiza este tipo de material tales como: Habitissimo, etc. (Habitissimo, 2018).

### 3.6.4 Medición de indicadores de habitabilidad

En los indicadores de habitabilidad se realizaron dos tipos de mediciones, una que incluye el uso de sensores tipo *Stove Use Monitors* (SUMS) para calcular la temperatura interna de la vivienda durante las 4 estaciones del año; y entrevistas de carácter semi-estructural que midieron 3 aspectos del confort: confort social, confort térmico y confort respecto a los servicios (Ver anexo I). (Ruiz-Mercado *et al* 2013)

En el confort térmico se tomaron en cuenta 5 viviendas distribuidas en Morelia que buscan representar el comportamiento promedio de un sistema constructivo convencional y un sistema constructivo alternativo que representa el modelo ideal que podría sustituir a un sistema constructivo convencional de interés social.

Para determinar la zona de confort se utilizó la fórmula de Auliciems para establecer el confort térmico de Morelia para el año 2017 (Ecuación 1):

$$T_n = 17.6 + 0.31 * T_m \quad (1)$$

$$Y: Z_n = T_n \mp 2.5C^\circ \quad (2)$$

Dónde: T<sub>n</sub>= temperatura neutra

$T_m$ =temperatura media anual o mensual

$Z_n$ = Zona de confort

Aplicando las ecuaciones 1 y 2, se puede determinar el rango de confort térmico.

Las entrevistas se llevaron a cabo de manera aleatoria en la colonia Torreón Nuevo, adyacente a salida salamanca, en la ciudad de Morelia. (Ruiz-Mercado *et al* 2013)

Para la medición del gasto de energía en cada tipo de vivienda se consultaron los recibos de energía eléctrica bimestrales para generar un promedio de consumo anual.

### **3.7 Procesamiento de datos.**

Los análisis multiparamétricos requieren la construcción y procesamiento estandarizados, por lo que los datos deben homogeneizarse a una escala de 0 a 10, donde 0 es el valor mínimo mientras 10 es el máximo. Esto es, 0 es el escenario desfavorable, mientras que 10 es el escenario favorable.

Inicialmente cada indicador debe asumir una escala de límites inferiores y superiores entre los que se insertará el valor del análisis que corresponda. Estos límites son máximos y mínimos para cada indicador y se obtienen de un análisis minucioso de los mejores y peores escenarios para cada valor del indicador de estudio. Con estos límites se normalizan los valores que corresponden a cada indicador de cada sistema analizado; la intención es generar valores de 0 a 10.

### **3.8 Construcción de gráfica radial.**

Después de la normalización, los resultados se integran en una gráfica tipo radial. Una gráfica de tipo radial hace referencia a la integración de varios indicadores en un gráfico tipo radial donde se toma en cuenta la misma escala para todos los indicadores. Para la construcción de una gráfica radial se requiere de los 12 indicadores ya normalizados junto con el caso ideal que formará el límite del gráfico que marca los valores ideales para cada indicador (Masera, O., Astier, M., & López-Ridaura, S., 1999). También se hará un análisis independiente sobre cada indicador para observar de una manera más clara el comportamiento de cada uno.

## Capítulo 4. Resultados

A continuación, se muestran los resultados del análisis de los indicadores, para su posterior estandarización e inclusión en la gráfica de tipo radial.

### 4.1 Energético

El parámetro energético hace alusión a las propiedades de los materiales que los hacen más o menos confortables dependiendo de su composición, densidad y resistencia térmica.

Categoría energética	Sistema constructivo convencional	Sistema constructivo alternativo
Conductividad térmica ( $W/m^2 K$ )	0.131	0.58
Resistencia mecánica compresión ( $Kg/cm^3$ )	52.45	75
Aislamiento acústico (dBI)	40	58

Tabla 2. Tabla de valores de indicadores energéticos

Las características del adobe para construcción de viviendas (Tabla 2) son mejores que las del ladrillo rojo según el código de edificación de viviendas de México y la NMX-C-460-ONNCCE-2009, lo que indica que las características térmicas, mecánicas y acústicas del adobe se acercan más a las características óptimas (INAFED, 2014), (Código de edificación de vivienda, 2010).

### 4.2 Ambiental

El potencial de calentamiento global se midió en  $KgCO_2$  que se puede enviar al ambiente, afectando la calidad de aire y la temperatura ambiente. Mientras que el potencial de Eutrofización se midió en  $KgPO_4$  que mide la cualidad de éste para contaminar cuerpos de agua y afectar el oxígeno presente en el agua. Además, el potencial de acidificación se midió en  $kgSO_4$  e indica el potencial de este producto para afectar el pH del agua y por ende la vida marina de los cuerpos de agua.

Categoría de impacto	Sistema constructivo convencional	Sistema constructivo alternativo
Calentamiento global(Kg CO <sub>2</sub> -eq)	117.7	9.46
Acidificación (Kg SO <sub>2</sub> -eq)	9.9	2.6
Eutrofización (Kg PO <sub>4</sub> -eq)	1.2	1.3

Tabla 3. Impacto ambiental de un m<sup>2</sup> de construcción Fuente: elaboración propia

El impacto de un muro construido de material convencional (Ladrillo rojo) es mayor al de un metro de construcción de sistema constructivo alternativo (adobe). Durante la entrevista y el procesamiento de datos se pudo notar que para el caso del adobe las emisiones están dadas mayormente por el transporte de los insumos necesarios para la construcción.

### 4.3 Económica

Los indicadores comprendidos en el parámetro económico que se muestran en la tabla 4, se obtuvieron con la ayuda de los datos obtenidos por la tesis realizada por Carla Bucio en el 2010, donde se trabajó con materiales convencionales (Bucio C., 2010).

Categoría de costo	Sistema constructivo convencional	Sistema constructivo alternativo
Costo de Materia Prima(\$)	370.6	175
Costo mano de obra (\$)	85.6	114
*Costo de energía asociada(\$/Kwh)	293	91

Tabla 4. Valores de indicadores económicos Fuente: elaboración propia

\*Energía asociada se entiende como gasto energético anual y el costo que genera.

Podemos observar que, en comparación con el sistema constructivo alternativo, el costo asociado a la construcción de una vivienda de este tipo es bajo, excepto en el costo de mano de obra donde el sistema constructivo alternativo tiene un costo mayor por unidad funcional.

## 4.4 Habitabilidad

En la Tabla 5 y en la figura 4, se muestra el confort general de la vivienda y como está compuesto por las 3 partes que se generaron en la entrevista: confort térmico, de vivienda y asociado a servicios.

Categoría de satisfacción	Sistema constructivo convencional	Sistema constructivo alternativo
Confort térmico	1.2	1.9
Confort de vivienda	1.3	2.5
Confort de servicios	2.1	2.5
Confort total	4.8	6.9

Tabla 5. Valores de indicadores de habitabilidad Fuente: elaboración propia

El promedio de satisfacción o de confort del sistema constructivo alternativo es mayor que el del sistema constructivo convencional, esto porque en las 3 categorías de confort el sistema constructivo alternativo posee valores más altos que el sistema constructivo convencional por lo que la hacen más confortable. Dado que la calificación máxima que puede obtener una vivienda es de 10 puntos (en una escala del 1-10) aquel sistema con una calificación más alta tiene un mayor nivel de satisfacción.

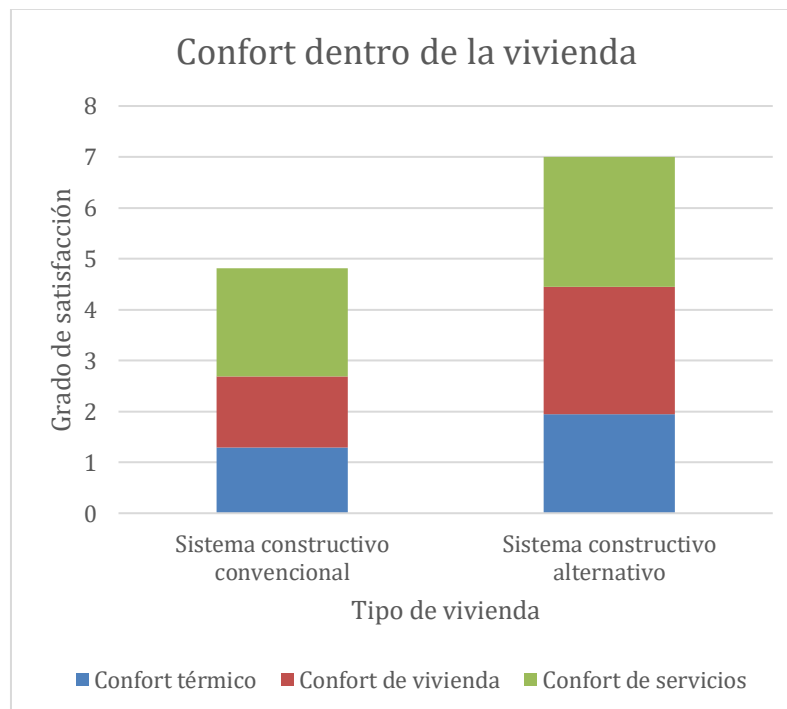


Figura 4. Gráfica sobre la satisfacción del usuario de la vivienda Fuente: elaboración propia

### 4.4.3 Confort térmico

El comportamiento de ambos tipos de vivienda se muestra en la figura 5, donde se puede observar que ambas viviendas están fuera de la zona de confort en las estaciones de otoño e invierno, sin embargo, podemos observar que el aislamiento térmico del adobe le impide generar picos de temperatura en verano y primavera como sucede en un sistema constructivo convencional.

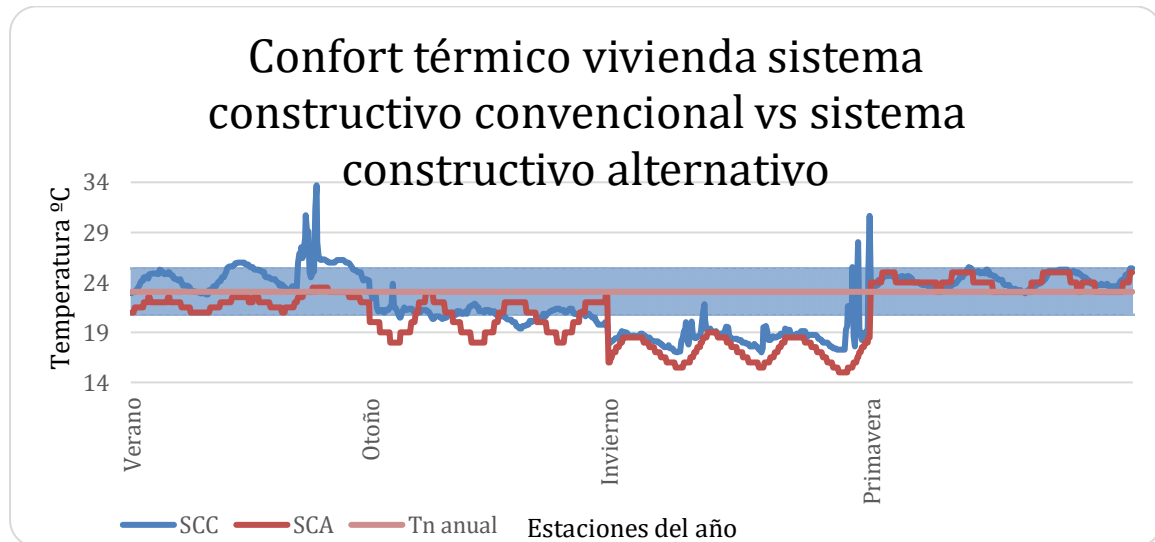


Figura 5. Gráfica sobre el confort térmico Fuente: elaboración propia

Dado que el confort térmico no es una unidad, sino un rango que traduce y define una zona de confort, una vivienda posee confort térmico cuando la temperatura de la vivienda se adapte a la del medio ambiente.

Para la construcción de la gráfica de tipo radial se decidió realizar un promedio de todas las temperaturas a lo largo de año para observar cual de éstas se acerca a la media ideal de la zona de confort.

### 4.4.4 Energía asociada

Durante la comparación energética se tomó en cuenta el consumo eléctrico de las viviendas (Anexos XXVII-XXX), para obtener del consumo a lo largo del año de ambos sistemas: convencional y alternativo. Y de esta manera analizar cómo se comporta el gasto energético de ambos. En la figura 6 se puede observar el consumo de ambos tipos de vivienda, donde el sistema constructivo convencional posee un consumo

mayor que el alternativo, con valores desde el primer bimestre de 275 KW, mientras que la ecológica consume 100 KW. Esta diferencia en el consumo puede atribuirse a los aparatos eléctricos que se usan durante la temporada de calor para contrarrestar las altas temperaturas.

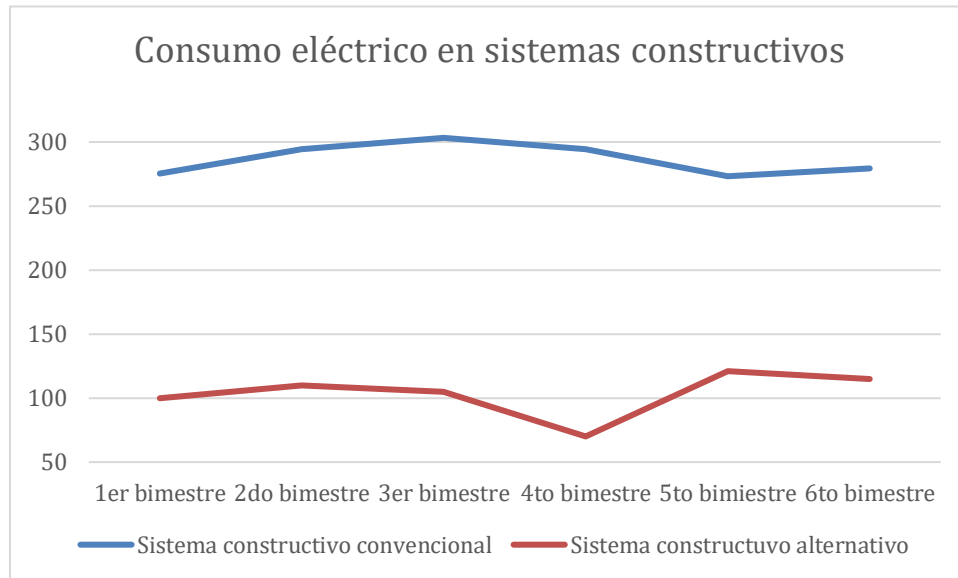


Figura 6. Consumo eléctrico Fuente: elaboración propia

#### 4.4.5. Relación entre energía y confort térmico

En la figura 7 se puede observar la relación entre el confort térmico y el gasto energético; se considera que para alcanzar dicho rango de confort se puede hacer uso de aparatos tales como ventiladores o calefactores y el uso de estos aparatos representa un aumento en el gasto.

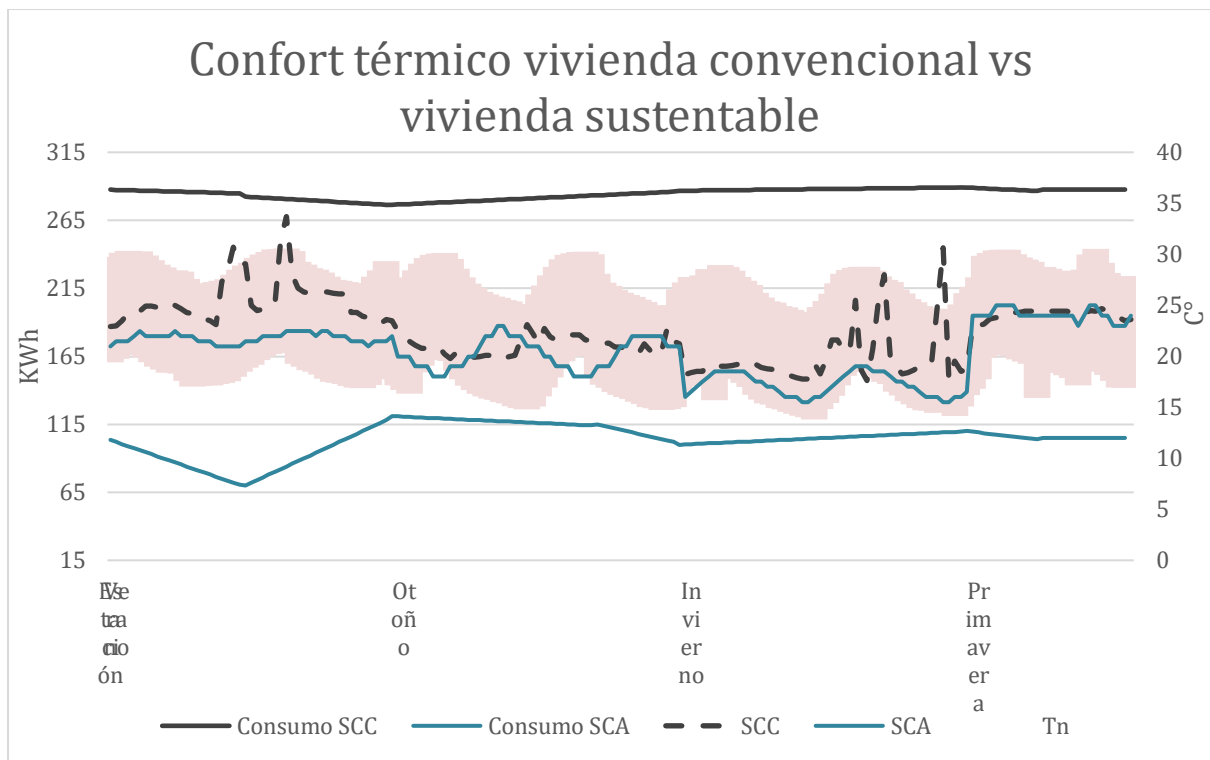


Figura 7. Gráfica de relación entre confort térmico y gasto energético Fuente: elaboración propia

Esta diferencia se acentúa más en verano, donde el consumo de un sistema constructivo convencional incrementa, mientras que en un sistema constructivo alternativo disminuye, el comportamiento del consumo en ambas viviendas puede deberse a la cantidad de aparatos eléctricos usados dentro de ambas viviendas.

#### 4.5 Integración de resultados (Gráfica radial)

La construcción de la gráfica de tipo radial, requiere de valores máximos y mínimos que nos permitan construir el límite de la gráfica (Tabla 6), que funciona de esta manera como el caso ideal, donde podemos observar, qué tan cerca están ambos sistemas de este caso y en dónde, la determinación de este límite se hace con datos recabados de otros estudios, normas o sistemas ya establecidos. (Masera, O., Astier, M., & López-Ridaura, S., 1999).



PARÁMETRO	INDICADOR	Valor máximo	Valor mínimo
Ambiental	Calentamiento global (Kg CO <sub>2</sub> -eq)	0	117.220
	Acidificación (Kg SO <sub>2</sub> -eq)	0	10
	Eutrofización (Kg PO <sub>4</sub> -eq)	0	24.6
Económico	Costo de Materia Prima (\$)	2295	0
	Costo mano de obra por unidad funcional (\$)	478	0
	Costo de energía asociada	1388	0
Energético	Conductividad térmica (w/m <sup>2</sup> K) espuma poliuretano	1.05	0
	Resistencia mecánica compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	200	0
	Aislamiento acústico (dBI)	57	5
Habitabilidad	Confort térmico (C°)	22.4	20
	Confort social*	10	0
	Energía asociada (\$/Consumo bimestral)	677	0

Tabla 6. Datos óptimos y mínimos Fuente: elaboración propia

\*El confort social no posee una unidad, debido a la fuente de los datos

Posterior a la construcción del límite del gráfico o el caso ideal, posteriormente se incluyen los datos de los sistemas a evaluar y se ponderan usando los datos del caso límite para ajustarlos a una escala del 1 al 10 (Tabla 7).

Parámetro	Indicador	Sistema constructivo convencional	Sistema constructivo alternativo	Caso ideal
Ambiental	Calentamiento global (Kg CO <sub>2</sub> -eq)	1.00	9	10
	Acidificación (Kg SO <sub>2</sub> -eq)	1.00	9	10
	Eutrofización (Kg PO <sub>4</sub> -eq)	1.00	9	10
Económico	Costo de Materia Prima (\$)	7.00	8	10
	Costo mano de obra por unidad funcional (\$)	8.00	7	10
	Costo de energía asociada	7.00	9	10
Energético	Conductividad térmica (w/m <sup>2</sup> K)	1.25	5.5	10
	Resistencia mecánica compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	2.62	3.75	10
	Aislamiento acústico (dBI)	7.02	10	10
Habitabilidad	Confort térmico (C°)	10.00	10	10
	Confort social (adimensional)	4.70	7.7	10
	Energía asociada (consumo bimestral)	4.23	8	10

Tabla 7. Valores estandarizados de ambos sistemas a comparar Fuente: elaboración propia

La interpretación del radial se hace considerando el valor de cada indicador y como se relaciona con el tipo de vivienda, pudiendo discutir las fortalezas de un sistema y como cada uno de sus indicadores representa una parte importante del propio sistema.

La representación gráfica de ambos sistemas nos permite observar cómo se comportan, cómo se diferencian uno de otro e inferir qué sistema tiene mejores características, como se presenta en la figura 8. El caso del adobe posee mejores características en la mayoría de los indicadores a diferencia del ladrillo rojo que sólo supera al adobe en el indicador económico.

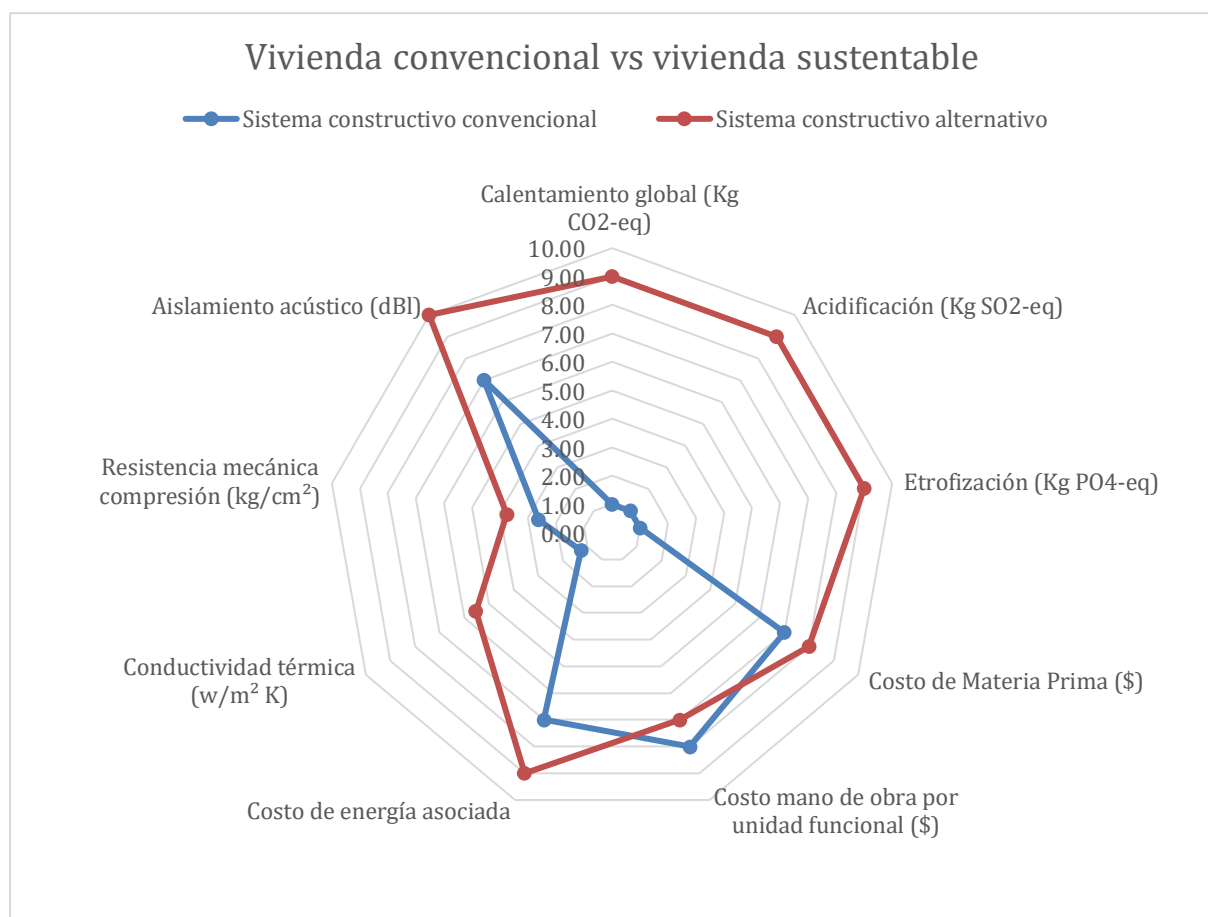


Figura 8. Gráfica tipo radial de integración de resultados multiparamétrico Fuente: elaboración propia

Para fines del análisis comparativo, se utilizaron los indicadores cuya unidad funcional sea la misma, en este caso el m<sup>2</sup> de construcción.

## 4.6 Discusión.

Referente al presente caso de estudio, en el aspecto ambiental, el adobe emite entre 7 y 10 Kg/CO<sub>2eq</sub> por m<sup>2</sup> de construcción, mientras que el ladrillo rojo emite 117 Kg/CO<sub>2eq</sub>. Esto puede deberse a que, para la producción de adobe, en este caso las mayores emisiones están representadas por el transporte de los materiales necesarios para su elaboración y requiere únicamente de materiales que no poseen una huella de carbono significativa, mientras que para la producción de ladrillo rojo se llevan a cabo diversos procesos que van desde la recolección de arcilla hasta la curación de la misma donde se quema leña para acelerar el proceso (Bucio C., 2018).

En el aspecto energético el adobe presenta mejores características en los tres indicadores que lo hacen más confortable que el ladrillo rojo.

Para los indicadores económicos (materia prima y costo de energía asociada), el adobe tiene mejores características que lo hacen más barato que el ladrillo rojo, sin embargo, en cuanto a la mano de obra el adobe mostró tener un costo asociado mayor que el ladrillo rojo. Esto puede deberse a que la cantidad de gente capacitada para construir con adobe es poca, lo que hace que la mano de obra se encarezca, así como las restricciones que tiene el construir con este material, desde la colocación de los ladrillos hasta el diseño para asegurar su integridad estructural.

En el parámetro de habitabilidad, el sistema constructivo alternativo mostró mejores características en los indicadores de confort social y en el consumo de energía asociado al confort, así como un consumo energético bajo y un índice de confort alto. La temperatura promedio del año nos indica que no representa un mayor problema en ambas viviendas, sin embargo, cabe destacar que la estandarización de este valor puede llevar a la malinterpretación del valor. La temperatura promedio no varía mucho entre ambos tipos de vivienda, pero, como se puede ver en la gráfica 7 que el sistema constructivo convencional posee una inestabilidad importante que lleva a sus usuarios a cierto nivel de desconfort donde pueden pasar de 36 grados al medio día de verano a 10 grados en invierno.

Estos cambios se generan en un lapso bastante corto lo que puede impedir que los usuarios se adapten a la temperatura y tengan que recurrir aparatos eléctricos para solventar este discomfort; mientras que, en un sistema constructivo alternativo, estas variaciones no están presentes. La manera en que el adobe gana y pierde temperatura es mucho más estable que la de un ladrillo convencional, lo que ayuda a los usuarios a adaptarse a la época del año y que su confort sea mayor que el de un sistema constructivo convencional.

Al momento de integrar el parámetro de habitabilidad, nos permite analizar la relación de estos con el tipo de vivienda (Figura 10). A pesar de que el parámetro de habitabilidad no puede ser estandarizado con la unidad funcional ( $m^2$ ), resulta interesante agregar este nivel de complejidad que nos permite pasar de analizar solamente la vivienda a analizar el sistema constructivo.

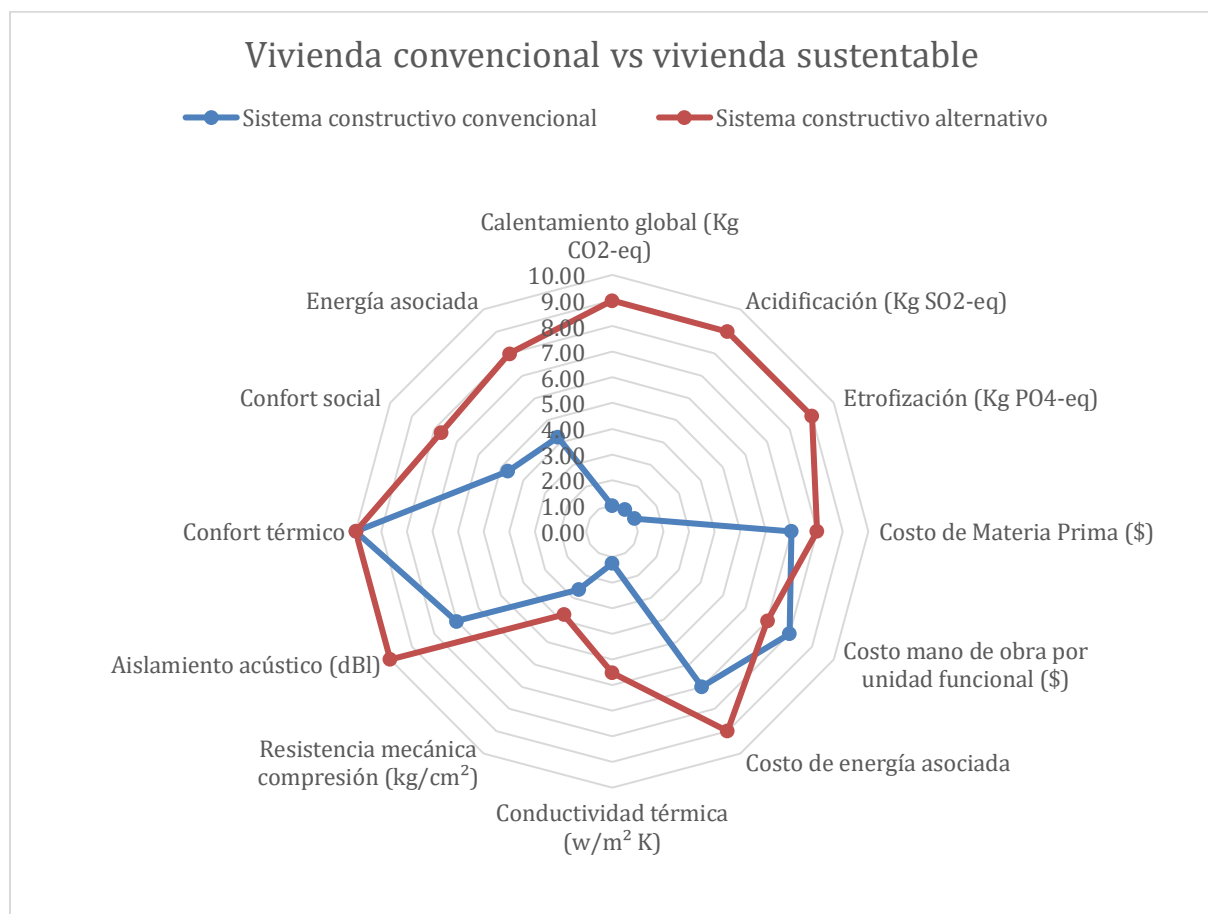


Figura 10 Gráfica de tipo radial contemplando datos de habitabilidad Fuente: elaboración propia

Se puede observar una diferencia significativa entre el sistema constructivo alternativo y el convencional, siendo que un sistema alternativo posee mejores características

energéticas, económicas, ambientales y en cuestión de habitabilidad. (Cavalheiro C., 2011)

Si bien se demostró que una vivienda construida con adobe o “ecológica” tiene mejores características, sería interesante analizar su uso a lo largo de años y determinar la factibilidad de aplicarlo en zonas urbanas.

Tomando en cuenta la información recabada en este estudio, el adobe tiene mejores características que aquellas viviendas construidas con materiales convencionales, no sólo por las pocas emisiones que están asociadas con el material, si no por las ventajas energéticas que ofrece, sin embargo, ¿El material usado en una vivienda asegura que esta sea confortable?, desde la parte arquitectónica y ecológica, se han ignorado varios aspectos esenciales de la vivienda, tales como las necesidades de la familia, el ambiente donde está construida, la adaptabilidad al entorno, la autosuficiencia energética y alimentaria, que tiene como consecuencia que las viviendas actuales no sean duraderas y no posean características adecuadas para el desarrollo de la familia (Kibert C., 2013).

El rezago habitacional no puede solucionarse sólo desde un enfoque técnico, donde se ofrezcan ecotecnologías o préstamos para las personas que no tienen dinero. No basta con acondicionar los espacios existentes, la solución estriba en generar propuestas constructivas, que se puedan adaptar a las necesidades de la familia, así como al ambiente, haciendo uso de materiales ecológicos, ecotecnologías, diseños arquitectónicos innovadores incorporando el co-diseño con el usuario final, información para el usuario previo a su construcción y/o adquisición del inmueble, etc. (Izunza G., 2010).

Debido a que en el presente estudio los datos de habitabilidad estrictamente no reflejan un estándar comparativo en ambos sistemas estudiados, fue necesario evaluar el comportamiento térmico de manera homogénea. Para esto se ha utilizado una herramienta de simulación llamada Solidworks® donde se consideraron dos casos, (a) un ladrillo rojo convencional y (b) un ladrillo de adobe.

En la figura 11 se puede observar el comportamiento térmico de los tipos de ladrillos (de adobe y ladrillo rojo), ambos fueron sometidos durante 5 minutos a la temperatura ambiente de Morelia (21°C) mediante el uso de la simulación, para esto también fue necesario incluir las características más esenciales de los ladrillos como conductividad térmica y densidad.

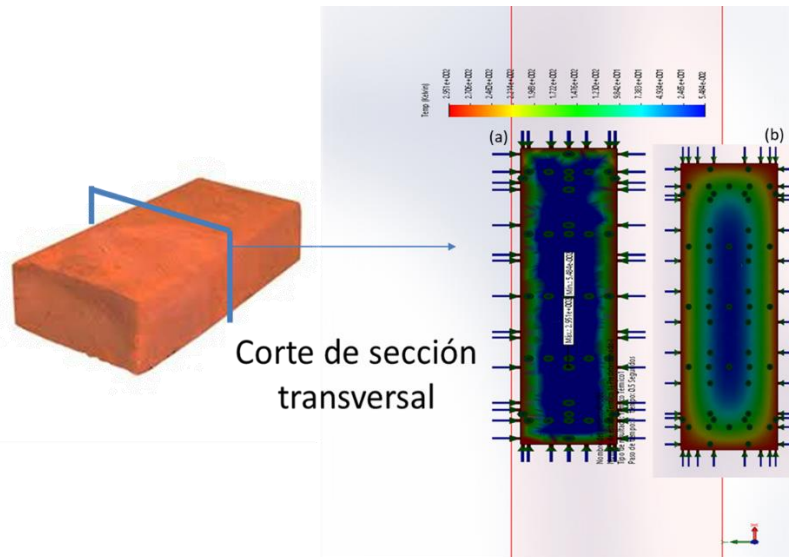


Figura 11. Comportamiento térmico de un ladrillo de adobe (izquierda) frente a un ladrillo rojo (derecha). Fuente: elaboración propia

El resultado del análisis muestra la temperatura interna mediante un corte transversal. El color azul indica el valor de la temperatura interna, el color verde indica un aumento ligero de la temperatura y el rojo un incremento importante en la temperatura; debido a esto podemos observar que el ladrillo rojo se ha calentado más que el ladrillo de adobe).

Análogo al caso anterior, para obtener más información respecto a estos dos materiales se utilizó el software de simulación *Energy 3D®* que permitió escalar estos materiales y construir edificaciones y someterlas a las condiciones ambientales de la ciudad de Morelia, Michoacán. En la figura 12 podemos observar la ganancia de temperatura de 3 estructuras de 10mx10mx25m, donde: (a) Un bloque sin aberturas, (b) Un bloque con ventanas que permiten el paso del aire y (c) que es una vivienda con ventanas y puertas.

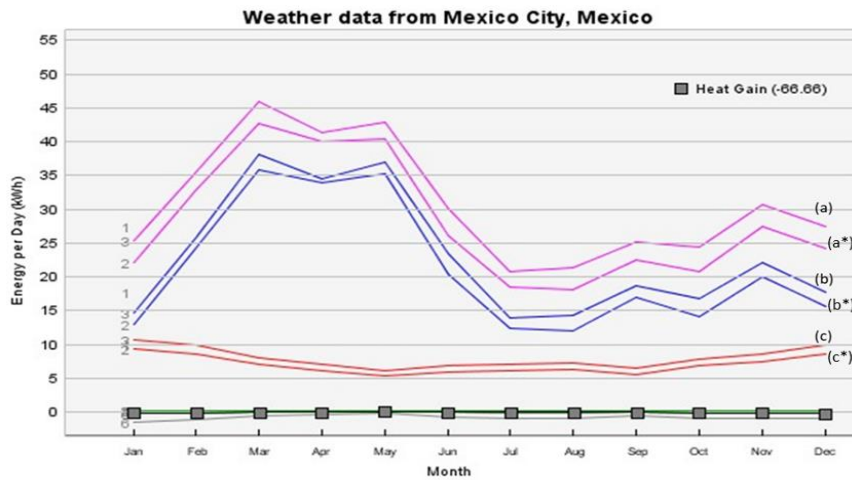


Figura 12 Comportamiento energético del adobe y ladrillo Fuente: elaboración propia

En la figura 12, la línea (a) superior representa el bloque de construcción de ladrillo rojo, mientras que la línea (a\*) representa la construcción con adobe, este patrón se repite con los siguientes pares de líneas (b, b\*) y (c, c\*). Con este patrón podemos determinar que el adobe posee mejores características térmicas que el ladrillo rojo, sin embargo, la diferencia entre la ganancia de cada sistema, radica no en el material si no en la ubicación y tamaño de las ventanas que permiten el paso del aire y captan la energía solar en determinado momento del día.

Las estructuras evaluadas se pueden observar en la figura 13. La de la parte superior representa una estructura totalmente abierta que permite el paso del viento, la del medio representa una caja sellada al vacío y la tercera es una vivienda con ventanas. En los tres casos las viviendas ecológicas (las construcciones de la izquierda) tiene un menor índice de absorción, lo que la hace tener una temperatura más baja que la que podría tener un sistema constructivo convencional (las construcciones de la derecha).

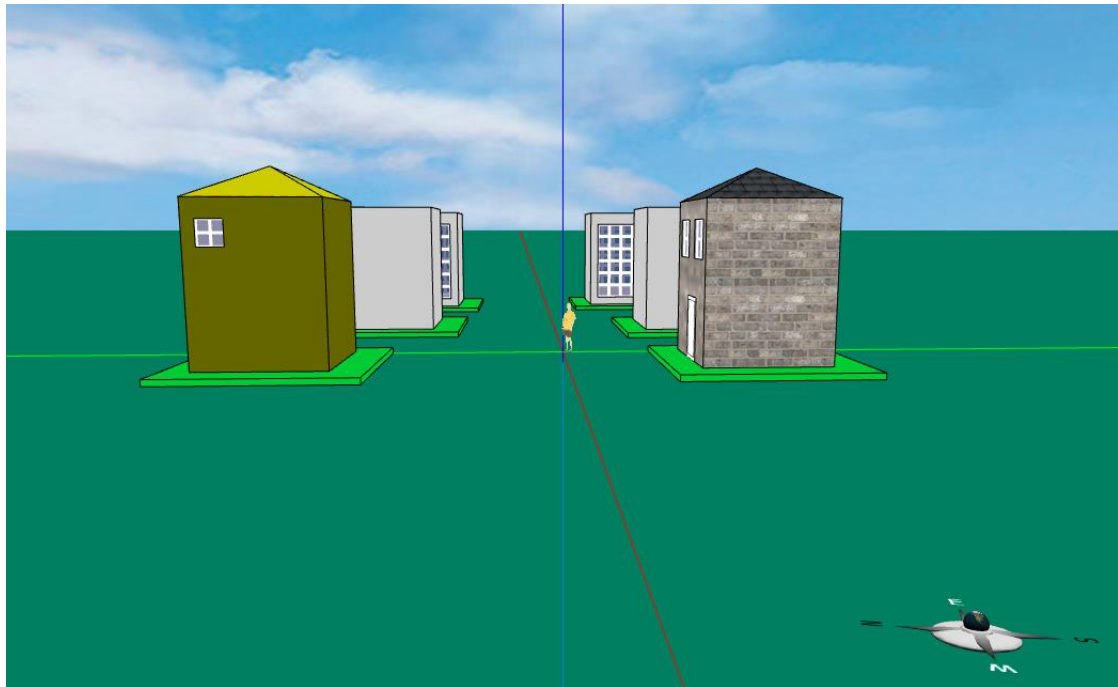


Figura 13. Construcciones de adobe y ladrillo Fuente: elaboración propia

Para estandarizar los resultados obtenidos en estas tres estructuras, todas tienen las mismas dimensiones (10 m x 10 m x 15 m) así como el mismo espesor de paredes (0.30 m), lo que las diferencia unas de otras son las características de los materiales (Conductividad térmica, calor específico, etc.) (Bucio C., 2018).

Lo anterior sugiere que en materia de construcción el adobe posee mejores características que el concreto, sin embargo, su inclusión es lenta o nula. Según la experiencia de la arquitecta entrevistada y se corroboró por la nmx-c-404-once-2012 de mampostería, el adobe no califica como un material estandarizado con el que se pueda construir a gran escala por lo que es necesario realizar trámites adicionales para certificar la seguridad estructural de la construcción, por lo que es necesario recurrir a un “artesano de adobe” que se encarga de la elaboración de estos ladrillos, por lo que hace difícil que materiales como el adobe, tapial, etc. puedan ser utilizados con mayor regularidad y que puedan ser incluidos en grandes proyectos de urbanización. (Minke G., 2006)

Por todo lo anterior, es de vital importancia generar herramientas que nos ayuden a evaluar de manera más integral los materiales y compararlos con otras opciones, de



esta manera se asegura que el usuario tenga la mayor cantidad de información disponible a la hora de construir el lugar donde su familia vivirá.

La generación de estudios que demuestren que estos materiales son seguros para la construcción y fomentar su estandarización para aumentar la construcción de viviendas con materiales ambientalmente responsables, socialmente aceptables y económicamente asequibles.

Se necesita innovar en las maneras como evaluamos las viviendas para generar planes de desarrollo urbanos responsables y cuyo principal objetivo sea asegurar una vivienda digna y decorosa a la población (Smyth, A. J., & Dumanski, J., 1995).

Finalmente, se pudieron determinar mediante un análisis FODA cuáles son las fortalezas y debilidades de este estudio y qué estrategias se pueden diseñar para aprovechar sus ventajas y cómo lidiar con los puntos débiles.

El análisis FODA genera estrategias para futuros estudios, para esto, el FODA se compuso de una tabla compuesto por cuadros cuya dimensión es de 9x9 donde en los 4 cuadros externos se expresan de manera clara las: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas, mientras que en los 4 cuadros internos se diseñan estrategias generadas a partir de la integración de los parámetros cruzados.

<b>Matriz FODA</b>	<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
	<p>-La integración de múltiples indicadores provee una visión integral del sistema</p> <p>-La comparación con diversos sistemas nos permite visualizar las ventajas de un sistema sobre otro</p>	<p>-La integración de muchos indicadores puede provocar que el estudio sea complicado de aplicar</p> <p>-Los indicadores subjetivos pueden ser complicados de integrar tomando en cuenta la unidad funcional</p>
<b>Oportunidades</b>		

<p>-La generación de escenarios futuros a partir de los datos recabados</p> <p>-La formulación de propuestas para resolver problemáticas ambientales</p>	<p>E1: Generar propuestas para la evaluación de complejos habitacionales incluyendo diferentes materiales.</p> <p>E2: Generar herramientas para facilitar la integración de datos y la proyección de datos</p>	<p>E1: Generar un manual para establecer indicadores que expresen de manera clara las condiciones de una vivienda</p> <p>E2: generar estrategias de integración para datos subjetivos,</p>
<p><b>Amenazas</b></p> <p>-El mal uso de estos estudios puede llevar a la elección de indicadores que favorezcan a un sistema</p> <p>-La estandarización de los datos puede ser manipulada de manera errónea</p>	<p>E1: Generar normas que eviten el mal uso de los análisis multiparamétricos.</p>	<p>E1: Establecer indicadores a nivel nacional y que por normativa estos sean los que expresen de una mejor manera el confort de una vivienda.</p>

Tabla 8. Análisis FODA Fuente: elaboración propia

Con el análisis FODA podemos observar que una de las más grandes fortalezas del análisis multiparamétrico es la integración de diversos indicadores que nos permiten evaluar de forma integral diversos aspectos de un sistema.

En estudios anteriores se evalúa el impacto ambiental, diseño ecológico, gasto energético, etc. Sin embargo, dichos estudios no integran la habitabilidad como parámetro que permite establecer una relación entre los habitantes y la vivienda, lo que nos permite hablar de sistemas constructivos, donde se aborda la relación entre estos dos aspectos, y la complejidad que yace entre estos. (Bucio C., 2018), (Baran M., Yildirim M. & Yilmaz A., 2010), (Betancourt C., 2017), Morillón, D., & Ceballos Ochoa, F. J. (2015).

## 4.7 Conclusiones

Del presente trabajo de investigación se puede concluir que:

- Los análisis multiparamétricos aplicados a sistemas constructivos, viviendas ecológicas o convencionales, permiten análisis más integrales con indicadores ponderables que nos ayudan a generar escenarios ambientales, económicos, energéticos y/o sociales.
- Se han evaluado dos sistemas constructivos reales, uno convencional (ladrillo rojo cocido, concreto, acero, etc.) y uno ecológico rústico (adobe, madera, piedra, etc.). Se puede apreciar que el sistema constructivo alternativo posee una mejor percepción de la habitabilidad y características ambientales, económicas y energéticas que superan al modelo convencional.
- Los resultados obtenidos en los cuatro parámetros evaluados son:
  - Para el parámetro económico: en los indicadores de costo de materiales y costo de consumo de energía, el sistema constructivo alternativo posee costos más asequibles tomando en cuenta las mismas dimensiones que un sistema constructivo convencional.
  - Para el parámetro ambiental, en los tres indicadores (acidificación, calentamiento global y eutrofización) al sistema constructivo alternativo tiene valores de contaminación por debajo de los índices que tiene un sistema constructivo convencional.
  - En cuanto al parámetro energético, en los indicadores de resistencia a compresión mecánica, aislamiento acústico y conductividad térmica, el sistema constructivo alternativo posee mejores características que la convencional.
  - Para el parámetro de habitabilidad, en los indicadores de confort social y gasto de energía asociada, el sistema constructivo alternativo posee mejores valores que la convencional.
- Se ha elaborado un análisis homogéneo para descartar las variables presentes en los diversos tipos de vivienda y sólo se ha acotado el comportamiento térmico de los materiales, es decir, se realizó un análisis que incluye las propiedades funcionales de los materiales y mediante simulación se pudo

evaluar de manera independiente la unidad estandarizada de construcción; mientras que para la habitabilidad se tomó en cuenta la vivienda en su totalidad debido a que los indicadores no pueden ser evaluados con la unidad estandarizada de construcción. Integrando estas dos partes pasamos de evaluar solamente la construcción (vivienda) a evaluar el sistema constructivo que incluye la relación con sus residentes.

- De manera integrada se puede concluir que, si bien el sistema constructivo alternativo de adobe posee mejores características y como sistema constructivo los niveles de confort son mejores de lo que podría brindar un sistema constructivo convencional, existen diversas maneras que hacen más complicado construir con estos materiales, por lo tanto, la aplicación de este tipo de metodología ayuda a poner en perspectiva la funcionalidad de los materiales convencionales y puede ayudar a diseñar nuevos sistemas constructivos.

# Referencias

---

- Adekunle T. & Nikolopoulou M. (2018). Post-occupancy evaluation on people's perception of confort, adaptation and seasonal performance of sustainable housing: a case study of three prefabricated structural timber housing developments. Enero 1, 2019, de Intelligent Buildings International Sitio web: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17508975.2018.1493677>
- Álvarez C. (2017). "prototipo de sistema constructivo alternativo para familias de escasos recursos en el estado de Guerrero". Acapulco, Guerrero: Universidad Americana de Acapulco.
- Aroche F. (2000). Reformas estructurales y composición de las emisiones contaminantes industriales. Resultados para México. Santiago, Chile: Naciones Unidas.
- ASHRAE. (2010). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. 1791 Tullie Circle, N.E., Atlanta, GA 30329: American society of heating refrigerating and air-conditioning engineers.
- Auliciems A. & Szokolay S. (2007). Thermal Confort. United States of America: PLEANNOTES.
- Baran M., Yildirim M. & Yilmaz A. (2010). Evaluation of ecological design strategies in tradition houses in Diyarbakir, Turkey. Elsevier, Vol.19 cleaner production, pp.609-619.
- Barona E., Sánchez F. (2005). características de la vivienda de interés básica, social y económica urbana en Puebla-México. Revista científica Redalyc, Vol 3, 1-18.
- Betancourt C. (2017). Tesis para optar por el grado de urbanismo: El análisis de ciclo de vida como herramienta de planificación territorial empleando las matrices de consumo - producto aplicado a viviendas de interés social construida en México durante el 2000-2012. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Betrán L., Alexandri R., Herrera J. & Ojeda O. (2015). Balance nacional de energía. México: SENER.
- Boils G. (2004). El Banco Mundial y la política de vivienda en México. Revista Mexicana de sociología, 2, 345-367
- Bucio C. (2018). Análisis de ciclo de vida y mitigación de impactos ambientales en muros de sistemas constructivos urbanos, Tesis para obtener el título de: Licenciada en ciencias ambientales. Morelia. México: Escuela Nacional de Estudios Superiores, UNAM, campus Morelia.

- Cavalheiro C. (2011) Impacto ambiental de diferentes tipologías de viviendas de interés social en la ciudad de Porto Alegre/Brasil (Proyecto Final de Master) Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Cervantes J. (2010). Sustentabilidad y vivienda en México. Revista Unam, Vol.1 n°1, pp.24-34.
- Contreras-Miranda W., Cloquell–Ballester V. & de Contreras M. (2010). Las técnicas de decisión multicriterio en la selección de componentes estructurales, a partir de la tecnología de la madera, para construcción de viviendas sociales en Venezuela. Madera y Bosques, Vol. 16 n°3, pp. 7-22.
- Cruz J. (2014). Tesis para obtener el título de Arquitecto: Sistema constructivo alternativo, Villa Guerrero. Estado de México. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- CYPE. (2019). Generador de precios. Enero 1, 2019, de CYPE ingenieros, S.A Sitio web: <http://www.mexico.generadordeprecios.info>
- Dávila J. (2018). ¿Cuánto cuesta el metro cuadrado de construcción en México? Enero 1, 2019, de Homify Online GmbH & Co. KG Sitio web: [https://www.homify.com.mx/libros\\_de\\_ideas/5761826/cuanto-cuesta-el-metro-cuadrado-de-construccion-en-mexico](https://www.homify.com.mx/libros_de_ideas/5761826/cuanto-cuesta-el-metro-cuadrado-de-construccion-en-mexico)
- Dixon C. (2010). Straight Green: Thermal Confort in Buildings. Noviembre 28, 2018, de Walls & Ceilings Sitio web: <https://www.wconline.com/articles/86709-straight-green-thermal-confort-in-buildings>
- Fundación Mario Santo Domingo. (2012). Piloto de Ahorro en Vivienda: Las Ecotecnologías dentro del desarrollo sostenible de las familias de Villas de San Pablo. Colombia: Fundación Mario Santo Domingo.
- García, B. (2010). Vivienda social en México (1940-1999). Revista electrónica UNAM, N/A, 1-11. 2017, septiembre 23, De UNAM Base de datos.
- Garza G. (2007). La urbanización metropolitana en México: normatividad y características socioeconómicas. Papeles de Población, Vol.13 n°52, Revista Electrónica
- Garza G. (2007). La urbanización metropolitana en México: normatividad y características socioeconómicas. SciElo, 13, pp-77-108.
- GEF. (2018). Thermal Confort. Noviembre 25, 2018, de Green Education Foundation Sitio web: <http://www.greeneducationfoundation.org/green-building-program-sub/learn-about-green-building/1239-thermal-confort.html>
- González-Avilés, M., López Sosa, L. B., & Servín Campuzano, H. (2017). Evaluation framework for small-dimension solar cookers. Acta Universitaria, 27(5).

- Graham M., Pérez J. (1994). Tesis para obtener el título en arquitectura: Estudio de sistema constructivo alternativo villa milpa alta. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Habitissimo. (2018). Cuánto cuesta una casa de adobe de 110 m2 como la de la foto? Enero 1, 2019, de Habitissimo Sitio web: <https://preguntas.habitissimo.com.mx/pregunta/hola-que-precio-tiene-una-casa-de-adobe-de-110mt-como-la-de-foto-con-adobe-saludos#1>
- Hombres de maíz. (Noviembre 30, 2014). Construcción natural con tierra: Preguntas frecuentes... Enero 1, 2019, de Hombres de maíz Sitio web: <http://hombresdemaiz.com.mx/construccion-natural-con-tierra-preguntas-frecuentes/>
- INEGI. (2015). Crecimiento poblacional. INEGI, 0, 0. 2017, Septiembre 23, De INEGI Encuesta intercensal 2015 Base de datos.
- INEGI. (2017). Tasa de desempleo en México. INEGI, Noviembre 7, 2017, De Base de datos INEGI, Encuesta Nacional Base de datos.
- INEGI. (2017). Anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo 2017. Enero 1, 2019, de INEGI Sitio web: [https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF\\_Docs/MICH\\_ANUARIO\\_PDF.pdf](https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/MICH_ANUARIO_PDF.pdf)
- INIFED, 2014. Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones. Volumen 3, Tomo IV. Secretaría de Educación Pública. México, D. F.
- Izunza G. (2010). Efectos urbano-ambientales de la política de vivienda en la Ciudad de México. Espiral, Estudios sobre Estado y Sociedad, Vol. 17 n°49, pp.129-159.
- Karlsson K., Petrovic S. & Naeraa R. (2016). Heat supply planning for the ecological housing community Munksogard. Elsevier, Vol. 115, pp.1733-1747.
- Kibert J. Charles. (2013). Ecological Design and Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery (79-112). United States of America: John Wiley & Sons.
- Kunz-Bolaños I. & Romero-Vadillo I. (2008). Naturaleza y dimensión del rezago habitacional en México. Economía, sociedad y territorio, Vol.8 n°26, Revista Electrónica
- Leonel E., Riovalle R. (1993). Tesis para obtener el título en sociología: México: urbanización, crecimiento demográfico y déficit de vivienda. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Lozano M. (1997). Tesis para obtener el título en ciencias políticas y administración pública. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Martins P., Ornelas J. & Silvia C. (2016). The role of perceived housing quality and perceived choice to recovery: an ecological perspective on housing first program in Lisbon. Elsevier, Vol. 47, pp.44-52.

- Masera, O., Astier, M., & López-Ridaura, S. (1999). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco MESMIS*. México: Mundiprensa.
- Minke G. (2006). *Building with Earth: Design and Technology of a Sustainable Architecture*. Berlin, Germany: Birkhäuser.
- Morillón, D., & Ceballos Ochoa, F. J. (2015). *Metodología para la sustentabilidad energética de los edificios, Vivienda net zero energy*. México D.F.: UNAM.
- Organización de las Naciones Unidas. (2010). *El derecho a una vivienda adecuada*. Naciones Unidas, Ginebra, Suiza: United Nations, Geneva
- Ortiz J., Masera O. & Fuentes A. (2014). *Ecotecnologías en México*. Morelia, México: Unidad de ecotecnologías del centro de investigaciones en ecosistemas de la UNAM, campus Morelia.
- Pisarello G. (2003). *Vivienda para todos: un derecho en (de) construcción*. Barcelona: Icaria editorial, s.a.
- Pretlove S. & Kade S. (2015). Post occupancy evaluation of social housing designed and built to Code for Sustainable Houses levels 3, 4 and 5. Elsevier, Vol. 11, pp.120-134.
- Reyes-Morales H, Gómez-Dantés H, Torres-Arreola LP, Tomé-Sandoval P, Galván-Flores G, González Unzaga M. (2009). Necesidades de salud en áreas urbanas marginadas de México. *Revista Panamericana de Salis*, Vol. 25 n°4, pp.328-336.
- Rid, W., Lammers, J., & Zimmermann, S. (2017). Analysing sustainability certification systems in the German housing sector from a theory of social institutions. *Ecological Indicators*, 76, 97-110.
- Sánchez L. (2012). hogares y consumo energético en México. *Revista Digital Universitaria*, 13, 1-7. Noviembre 20, 2017, De UNAM Base de datos.
- Sanni-Anibire M., Hassanain M. & Al-Hammad A. (Octubre, 2016). Post-Occupancy Evaluation of Housing Facilities: Overview and Summary of Methods. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, Vol.30, pp.1-9.
- Smyth, A. J., & Dumanski, J. (1995). A framework for evaluating sustainable land management. *Canadian Journal Soil Science*, 75(4), 401-406.
- Souza de Oliveira E., Paula Xavier A., Michalowski A. & Pizybski E. (Abril-Junio, 2016). Human thermal confort and architectural volume. *Acta Scientiarum. Technology*, Vol. 38, N°2, pp. 129-135.
- Topelson S. (2009). Carabanchel y sistema constructivo alternativo. *Archipiélago*, Revista cultural de nuestra américa, Vol. 17 N°66, pp.58-61.
- Vallejo M. (2016). Programas de vivienda sostenible en México. *Multidisciplina*, Vol.24, pp.102-130.



- Van Lengen, J. (2006). Manual del arquitecto descalzo. México: PAX
- Vargas, J.: (2007) La culturocracia organizacional en México, Edición electrónica gratuita. Texto completo en [www.eumed.net/libros/2007b/301](http://www.eumed.net/libros/2007b/301)
- Vasqu ez R., García E. (2008). Vivienda sustentable en el barrio de Los Reyes, Coyoacán. Revista UNAM, Vol.19, 40-45.
- Villavicencio, J. y Durán, A. (2003). treinta años de vivienda social en la ciudad de México: nuevas necesidades y demandas. Scripta nova revista electrónica de geografía y ciencias sociales, Vol. 7 n 146, 1

# ANEXOS

Nombre: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Folio: \_\_\_\_\_

Domicilio: \_\_\_\_\_

**A) Confort térmico.**

1. ¿Considera que la temperatura dentro de su vivienda es cómoda? [ ] Sí [ ] No.  
porqué? \_\_\_\_\_
2. ¿En qué lugar de su vivienda considera que no existe la temperatura adecuada?  
[ ] Sala [ ] Cocina [ ] Baño [ ] Alcoba [ ] Terraza
3. ¿En qué temporada considera que la temperatura es más cómoda?  
[ ] primavera [ ] verano [ ] otoño [ ] invierno
4. ¿En qué temporada considera que la temperatura es menos cómoda?  
[ ] primavera [ ] verano [ ] otoño [ ] invierno
5. ¿Qué hace para contrarrestar las temperaturas con temperaturas más altas?  
[ ] abrigarse [ ] utilizar calefacción [ ] nada [ ] otro \_\_\_\_\_
6. ¿Qué hace para contrarrestar las temperaturas con temperaturas más bajas?  
[ ] abrigarse [ ] utilizar calefacción [ ] nada [ ] otro \_\_\_\_\_
7. ¿Considera que estas medidas son efectivas? [ ] sí [ ] no,  
Porqué? \_\_\_\_\_
8. ¿Considera que consume más energía eléctrica cuando su vivienda presenta  
temperaturas elevadas? [ ] sí, [ ] no, porqué \_\_\_\_\_
9. ¿Considera que consume más energía eléctrica cuando su vivienda presenta  
temperaturas bajas? [ ] sí, [ ] no, porqué \_\_\_\_\_
10. ¿Qué entiende por confort térmico? \_\_\_\_\_
11. ¿Considera que su vivienda posee confort térmico? [ ] sí [ ] no, Porqué \_\_\_\_\_

**b) Vivienda**

12. ¿A Través de los años la ha modificado su vivienda? [ ] sí [ ] no
13. ¿Por qué? [ ] degradación [ ] remodelación estética [ ] por mejorar la  
temperatura al interior de la vivienda [ ] otro \_\_\_\_\_
14. ¿Estas modificaciones considera que fueron costosas? [ ] poco [ ] mucho [ ] nada
15. ¿Considera que su vivienda puede mejorarse para vivir mejor? [ ] sí [ ] no,  
Porqué? \_\_\_\_\_
16. ¿Cómo puede definir su comodidad dentro de la vivienda: [ ] Buena, [ ] Media,  
[ ] Baja, Por qué? \_\_\_\_\_
17. ¿La vivienda donde usted habita es?  
[ ] Comprada [ ] rentada [ ] heredada
18. ¿Cuánto mide su vivienda? \_\_\_\_\_
19. ¿Cuántas habitaciones tiene? \_\_\_\_\_
20. ¿Cuántas cocinas? \_\_\_\_\_
21. ¿Cuántos baños? \_\_\_\_\_

**c) Servicios**

22. ¿Cuenta con los servicios básicos de una vivienda? [ ] Agua [ ] electricidad [ ]  
Internet [ ] Teléfono
23. ¿Con qué frecuencia ha tenido problemas con alguno de estos servicios?  
[ ] poco [ ] mucho [ ] nada
24. ¿Han representado un problema mayor para su familia? [ ] sí [ ] no
25. ¿Cuánta energía eléctrica consume bimestralmente (KWH)? \_\_\_\_\_
26. ¿Considera que los servicios actuales pudiesen ser mejores? [ ] sí [ ] no
27. ¿Considera agregar algún tipo de ecotecnología? [ ] sí [ ] no
28. ¿cuál sería su principal interés?  
[ ] calentador [ ] panel [ ] baño seco [ ] captación de agua de lluvia. [ ]  
otro \_\_\_\_\_

**Anexo I. Entrevista respecto confort térmico, social y de servicios**

Anexo II. Tabla sobre confort térmico en viviendas convencionales

		Respuestas					Pregunta	Valor	
	Preguntas	Sí		No	Medio		P1	0.58	
P1	Considera que la temperatura dentro es cómoda	28		22	1		P2	0.13	
		Respuestas					P3	0.02	
	Preguntas	Sala	Cocina	Baño	Recámara	Terraza	Ninguna	P4	0.04
P2	En qué lugar de su vivienda la temperatura percibe irregularidad térmica	3	5	3	23	5	6	P5	0.52
		Respuestas					P6	0.53	
	Preguntas	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Ninguna		P7	0.57
P3	En qué lugar de su vivienda considera que la temperatura es adecuada	6	4	4	36	1		P8	0.45
P4	En qué lugar de su vivienda considera que la temperatura es no adecuada	32	9	2	6	2		P9	0.59
		Respuestas					P10	0.44	
	Preguntas	Abrigarse	Calefacción	Nada		Otro			
P5	Que hace para lidiar con las temperaturas altas	0	33	2		16		Prom	0.39
P6	Que hace para lidiar con las temperaturas bajas	42	4	3		2			
		Respuestas							
	Preguntas	Si			No				
P7	Considera que estas medias son efectivas	29			22				
P8	Considera que su vivienda consume más en T altas	28			23				
P9	Considera que su vivienda consume más en T bajas	21			30				
		Respuestas							
	Preguntas	Si		No	Medio				
P10	Considera que su vivienda tiene confort térmico	20		26	5				

Anexo III. Tabla sobre confort social en viviendas convencionales

		Respuestas				Pregunta	Valor
	Preguntas	Si		No		P1	0.47
P1	A modificado su vivienda	27		24		P2	0.20
		Respuestas				P4	0.19
	Preguntas	Degradación	Remodelación estética	Mejorar T	Otro	P5	0.80
P2	Porque?	1	6	1	19		
		Respuestas				Prom	0.41
	Preguntas	Poco	Mucho	Nada			
P3	Considero estas modificaciones costosas	9	17	1			
		Respuestas					
	Preguntas	Si		No			

<b>P4</b>	Considera que su vivienda puede mejorar	37		10
		<b>Respuestas</b>		
	<b>Preguntas</b>	<b>Buena</b>	<b>Media</b>	<b>Baja</b>
<b>P5</b>	Como define su comodidad	32	18	1
		<b>Respuestas</b>		
	<b>Preguntas</b>	<b>Comprada</b>	<b>Rentada</b>	<b>Heredada</b>
<b>P6</b>	La vivienda que usted habita	26	11	0

Anexo IV. Tabla sobre confort en servicios en viviendas convencionales

		Respuestas					Pregunta	Valor
	<b>Preguntas</b>	<b>Agua</b>	<b>Electricidad</b>	<b>Internet</b>	<b>Teléfono</b>	<b>Falta de alguno</b>	<b>P1</b>	0.995
<b>P1</b>	Cuenta con los servicios básicos	50	50	49	50	1	<b>P2</b>	0.57
		<b>Respuestas</b>					<b>P3</b>	0.66
	<b>Preguntas</b>	<b>Nada</b>	<b>Poco</b>	<b>Mucho</b>			<b>P4</b>	0.14
<b>P2</b>	Con que frecuencia a tenido problemas	20	17	13			<b>P5</b>	0.82
		<b>Respuestas</b>						
	<b>Preguntas</b>	<b>Si</b>		<b>No</b>		<b>Prom</b>	0.637	
<b>P3</b>	Ha presentado un problema mayor	17		33				
<b>P4</b>	Considera que los servicios pudiesen ser mejores	43		7				
<b>P5</b>	Consideraría agregar alguna ecotecnología	41		9				
		<b>Respuestas</b>						
	<b>Preguntas</b>	<b>Calentador</b>	<b>Panel</b>	<b>Baño seco</b>	<b>SCALL</b>	<b>Otro</b>		
<b>P6</b>	Cual sería de sus principal interés	29	21	2	15	3		

Anexo V. tabla sobre confort térmico en viviendas ecológicas

		Respuestas					Pregunta	Valor	
	<b>Preguntas</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Medio</b>		<b>P1</b>	1.0		
<b>P1</b>	Considera que la temperatura dentro es cómoda	2	1	0		<b>P2</b>	0.3		
		<b>Respuestas</b>					<b>P3</b>	0.0	
	<b>Preguntas</b>	<b>Sala</b>	<b>Cocina</b>	<b>Baño</b>	<b>Recámara</b>	<b>Terraza</b>	<b>Ninguna</b>	<b>P4</b>	0.0
<b>P2</b>	En qué lugar de su vivienda la temperatura percibe irregularidad térmica				2		1	<b>P5</b>	0.7
		<b>Respuestas</b>					<b>P6</b>	0.5	
	<b>Preguntas</b>	<b>Primavera</b>	<b>Verano</b>	<b>Otoño</b>	<b>Invierno</b>	<b>Ninguna</b>		<b>P7</b>	1.0
<b>P3</b>	En qué lugar de su vivienda considera que la temperatura es adecuada	1	2					<b>P8</b>	0.7
<b>P4</b>	En qué lugar de su vivienda considera que la temperatura es no adecuada				3			<b>P9</b>	1.0
		<b>Respuestas</b>					<b>P10</b>	0.7	
	<b>Preguntas</b>	<b>Abrigarse</b>	<b>Calefacción</b>	<b>Nada</b>		<b>Otro</b>			

P5	Que hace para lidiar con las temperaturas altas		1	1	1	Prom	0.6	
	Que hace para lidiar con las temperaturas bajas	2	1					
		<b>Respuestas</b>						
	<b>Preguntas</b>	<b>Si</b>		<b>No</b>				
P6	Considera que estas medias son efectivas	3						
P7	Considera que su vivienda consume más en T altas	1		2				
P8	Considera que su vivienda consume más en T bajas			3				
P9		<b>Respuestas</b>						
	<b>Preguntas</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>		<b>Medio</b>			
P10	Considera que su vivienda tiene confort térmico	2	1					

Anexo VI. Tabla sobre confort social en viviendas ecológicas

		<b>Respuestas</b>				<b>Pregunta</b>	<b>Valor</b>
	<b>Preguntas</b>	<b>Si</b>		<b>No</b>		P1	1.00
P1	A modificado su vivienda			2	1	P2	0.67
		<b>Respuestas</b>				P3	0.33
	<b>Preguntas</b>	<b>Degradación</b>	<b>Remodelación estética</b>	<b>Mejorar T</b>	<b>Otro</b>	P4	1.00
P2	Porque?						
		<b>Respuestas</b>				<b>Prom</b>	<b>0.75</b>
	<b>Preguntas</b>	<b>Poco</b>	<b>Mucho</b>	<b>Nada</b>			
P3	Considero estas modificaciones costosas		1	2			
		<b>Respuestas</b>					
	<b>Preguntas</b>	<b>Si</b>		<b>No</b>			
P4	Considera que su vivienda puede mejorar	2		1			
		<b>Respuestas</b>					
	<b>Preguntas</b>	<b>Buena</b>	<b>Media</b>	<b>Baja</b>			
P5	Como define su comodidad	3					
		<b>Respuestas</b>					
	<b>Preguntas</b>	<b>Comprada</b>	<b>Rentada</b>	<b>Heredada</b>			
P6	La vivienda que usted habita			3			

Anexo VII. Tabla respecto al confort en servicios en viviendas ecológicas

		<b>Respuestas</b>					<b>Pregunta</b>	<b>Valor</b>
	<b>Preguntas</b>	<b>Agua</b>	<b>Electricidad</b>	<b>Internet</b>	<b>Teléfono</b>	<b>Falta de alguno</b>	P1	1.00
P1	Cuenta con los servicios básicos	3	3	3	3	0	P2	0.50
		<b>Respuestas</b>					P4	1.00
	<b>Preguntas</b>	<b>Nada</b>	<b>Poco</b>		<b>Mucho</b>		P5	0.33
P2	Con que frecuencia a tenido problemas	1	1		1		P6	1.00
		<b>Respuestas</b>						
	<b>Preguntas</b>	<b>Si</b>			<b>No</b>		<b>Prom</b>	<b>0.77</b>

P4	Ha presentado un problema mayor	0			3	
P5	Considera que los servicios pudiesen ser mejores	2			1	
P6	Consideraría agregar alguna ecotecnología	3			0	
		<b>Respuestas</b>				
<b>Preguntas</b>		<b>Calentador</b>	<b>Panel</b>	<b>Baño seco</b>	<b>SCALL</b>	<b>Otro</b>
P7	Cual sería de su principal interés	2	1	0	2	2

Anexo VIII. Tabla comparativa de confort de viviendas convencionales y ecológicas

Categoría de satisfacción	Sistema constructivo convencional	Sistema constructivo alternativo
Confort térmico	3.868627451	5.833333333
Confort de vivienda	4.185729847	7.5
Confort de servicios	6.37	7.666666667
Confort total	4.808119099	7

Anexo IX. Tabla sobre características y dimensiones del transporte del adobe.

Material	Cantidad	Unidad	Precio
Tierra	6	Camiones	7200
Paja	18	Pacas	720
Agua	6	Pipas(1000L)	3600
Arena	2	Camiones	4000
Estiércol	2	Camioneta	2000
Cal	1%	Mezcla total	

Emisiones por adobe(CO2 KG/unidad funcional)					
KG		CM3			
0.02		74		4.054054054	
Dimensiones de camioneta(cm)				cm3	m3
Alto	Ancho	Largo			
48	231	157	1740816	1.740816	

Dimensiones de tabique de adobe(cm)					
Alto	Ancho	Largo			
10	30	50	15000	0.015	
10	25	50			

Dimensiones de paca de paja(cm)					
Alto	Ancho	Largo			
35	45	90	141750	0.14175	

Dimensiones de camión de volteo					
Alto	Ancho	Largo			
100	240	305	7320000	7.32	

### Anexo X. Inventario de emisiones sobre el adobe

Vehículo	Rendimiento de gasolina	Unidad	combustible usado	Densidad	Porcentaje de carbono	Factor de emisión	Kilómetros recorrido	Combustible usado
Camión de volteo	2.5	l/km	Diésel	0.82	85.8	3.1	31.4	78.5
Camioneta	0.09	l/km	Gasolina	0.73	75.2	3.13	6	0.54
Camión pipa	0.185	l/km	Diésel	0.82	85.8	3.1	6	1.11

### Anexo XI. Tabla sobre temperaturas y confort en viviendas ecológicas y convencionales.

Estación	Hora	V1	V2	V3	V4	V5	Promedio VC	Temperatura VS	Temperatura Media	Tn	Consumo promedio VC	Consumo promedio VS	Zc +	Zc -
Verano	11:00	21.5	23.5	23	24.5	22	22.9	21	21.96	24.4076	287.625	105	26.9076	21.9076
	12:00	22	23.5	23	24.5	22	23	21.5	23.08	24.7548	287.5	103.5	27.2548	22.2548
	13:00	22.5	23.5	25	24.5	22	23.5	21.5	24.37	25.1547	287.375	102	27.6547	22.6547
	14:00	23	25	26	25	22	24.2	21.5	24.96	25.3376	287.25	100.5	27.8376	22.8376
	15:00	23.5	25	26	25	23	24.5	22	24.5	25.195	287.125	99	27.695	22.695
	16:00	24	25	25	25	23	24.4	22.5	24.8	25.288	287	97.5	27.788	22.788
	17:00	25	25	25	25.5	24	24.9	22	23.5	24.885	286.875	96	27.385	22.385
	18:00	25	25	25	25.5	24	24.9	22	22	24.42	286.75	94.5	26.92	21.92
	19:00	25	25	25	25	24	24.8	22	20.6	23.986	286.625	93	26.486	21.486
	20:00	25.5	25	26	25	24	25.1	22	19.7	23.707	286.5	91.5	26.207	21.207
	21:00	25	25	25	25	24	24.8	22	18.7	23.397	286.375	90	25.897	20.897
	22:00	25	25	26	25	24	25	22.5	18.8	23.428	286.25	88.5	25.928	20.928
	23:00	25	24.5	26	25	23	24.7	22	18.4	23.304	286.125	87	25.804	20.804
	0:00	24.5	24.5	25	24.5	23	24.3	22	16.1	22.591	286	85.5	25.091	20.091
	1:00	24	24.5	25	24.5	23	24.2	22	14.3	22.033	285.875	84	24.533	19.533
	2:00	23.5	24	25	24	22	23.7	21.5	14.5	22.095	285.75	82.5	24.595	19.595
	3:00	23.5	24	25	24	22	23.7	21.5	14.68	22.1508	285.625	81	24.6508	19.6508
	4:00	23	23.5	25	24	22	23.5	21.5	14.67	22.1477	285.5	79.5	24.6477	19.6477
	5:00	23	23.5	24	24	21	23.1	21	15.1	22.281	285.375	78	24.781	19.781
	6:00	22.5	23.5	24	24	21	27.3	21	15.5	22.405	285.25	76.5	24.905	19.905
	7:00	22.5	23	24	24	21	28.4	21	16	22.56	285.125	75	25.06	20.06
	8:00	22.5	23	24	24	21	30.7	21	17.4	22.994	285	73.5	25.494	20.494
	9:00	22	23	24	24	21	29.1	21	19	23.49	284.875	72	25.99	20.99
	10:00	22.5	23	24	24.5	22	29.1	21.5	20.3	23.893	284.75	70.5	26.393	21.393
	11:00	22.5	24	25	24.5	22	25	21.5	21.2	24.172	282.416667	70	26.672	21.672
	12:00	23	24.5	25	24.5	22	24.5	21.5	22.7	24.637	282.166667	72	27.137	22.137
	13:00	23	24.5	25	25	23	24.6	22	23.8	24.978	281.916667	74	27.478	22.478
	14:00	23.5	25	25	25	24	25	22	24.6	25.226	281.666667	76	27.726	22.726
	15:00	24	25.5	27	25.5	25	25.1	22	25.4	25.474	281.416667	78	27.974	22.974
	16:00	25	25.5	26	25.5	26	31.4	22	25.5	25.505	281.166667	80	28.005	23.005
	17:00	25.5	25.5	26	25.5	26	33.7	22.5	25.7	25.567	280.916667	82	28.067	23.067
	18:00	26	25.5	26	25.5	27	28	22.5	24.9	25.319	280.666667	84	27.819	22.819
	19:00	26	25.5	26	25.5	27	26.7	22.5	21.5	24.265	280.416667	86	26.765	21.765
	20:00	26	25.5	27	25.5	26	26.3	22.5	20.6	23.986	280.166667	88	26.486	21.486
	21:00	26	25.5	27	25.5	25	26.2	22.5	19.5	23.645	279.916667	90	26.145	21.145
	22:00	26	26	26	25.5	24	26.3	22	19	23.49	279.666667	92	25.99	20.99
	23:00	25.5	26	26	25	24	26.3	22.5	18.1	23.211	279.416667	94	25.711	20.711
	0:00	25.5	26	26	25	24	26.3	22.5	16.8	22.808	279.166667	96	25.308	20.308
	1:00	25	25.5	26	25	24	26.2	22	15.8	22.498	278.916667	98	24.998	19.998
	2:00	25	25	25	25	23	26.1	22	15.5	22.405	278.666667	100	24.905	19.905



	3:00	24.5	25	25	25	23	26.1	22	15.1	22.281	278.416667	102	24.781	19.781
	4:00	24	24.5	25	25	23	24.3	21.5	14.5	22.095	278.166667	104	24.595	19.595
	5:00	24	24.5	25	25	23	24.3	21.5	14	21.94	277.916667	106	24.44	19.44
	6:00	23.5	24	25	25	22	23.9	21.5	13.8	21.878	277.666667	108	24.378	19.378
	7:00	23	24	25	25	22	23.8	21	14.8	22.188	277.416667	110	24.688	19.688
	8:00	22	24	25	24.5	22	23.5	21.5	16.8	22.808	277.166667	112	25.308	20.308
	9:00	22	24	24	24	22	23.2	21.5	18.8	23.428	276.916667	114	25.928	20.928
	10:00	23.5	24.5	24	24	22	23.6	21.5	21.7	24.327	276.666667	116	26.827	21.827
	11:00	24	23	23	24.5	23	23.5	22	16.6	22.746	276.416667	118	25.246	20.246
	12:00	23	22	26	18.5	21	22.5	20	14.7	22.157	276.375	121	24.657	19.657
	13:00	23	20	28.5	18.5	21	22.2	20	13.23	21.7013	276.575	120.8	24.2013	19.2013
	14:00	23	20	23.5	19	22	21.5	20	12.06	21.3386	276.775	120.6	23.8386	18.8386
	15:00	23	20	22	19	21.5	21.1	19	18.8	23.428	276.975	120.4	25.928	20.928
	16:00	22	20	22	19	21	20.8	19	20.9	24.079	277.175	120.2	26.579	21.579
	17:00	22	21	22	18	21	20.8	19	22.7	24.637	277.375	120	27.137	22.137
	18:00	22	21	22.5	18.5	20.5	20.9	18	23.7	24.947	277.575	119.8	27.447	22.447
	19:00	22	21	22.5	18.5	20.5	20.9	18	24.1	25.071	277.775	119.6	27.571	22.571
	20:00	21	21	21.5	17.5	20	20.2	18	24.3	25.133	277.975	119.4	27.633	22.633
	21:00	19	21	21	18	20	19.8	19	22.4	24.544	278.175	119.2	27.044	22.044
	22:00	22	21	21.5	18	19.5	20.4	19	19.3	23.583	278.375	119	26.083	21.083
	23:00	21	21	21.5	17.5	19.5	20.1	19	16.6	22.746	278.575	118.8	25.246	20.246
	0:00	22	21	21	17.5	19.5	20.2	20	14.6	22.126	278.775	118.6	24.626	19.626
	1:00	22	20	21	17	19.5	19.9	20	13.2	21.692	278.975	118.4	24.192	19.192
	2:00	23	20	20.5	17	19.5	20	21	12	21.32	279.175	118.2	23.82	18.82
	3:00	24	20	20	16.5	20	20.1	22	11.2	21.072	279.375	118	23.572	18.572
	4:00	24	20	20	16.5	20	20.1	22	10.5	20.855	279.575	117.8	23.355	18.355
	5:00	24	20	19.5	16.5	21	20.2	23	10.1	20.731	279.775	117.6	23.231	18.231
	6:00	23	19	19.5	16	21.5	19.8	23	9.4	20.514	279.975	117.4	23.014	18.014
	7:00	24	19	19	16	22	20	22	9	20.39	280.175	117.2	22.89	17.89
	8:00	24	19	19	15.5	23	20.1	22	8.1	20.111	280.375	117	22.611	17.611
	9:00	24	19	18.5	16	30.5	21.6	22	7.5	19.925	280.575	116.8	22.425	17.425
	10:00	24	19	19	23.5	30	23.1	21	7.1	19.801	280.775	116.6	22.301	17.301
	11:00	24	20	19	18.5	29.5	22.2	21	8	20.08	280.975	116.4	22.58	17.58
	12:00	24	20	19.5	18.5	24.5	21.3	21	11.2	21.072	281.175	116.2	23.572	18.572
	13:00	23	20	19.5	19.5	31.5	22.7	20	14	21.94	281.375	116	24.44	19.44
	14:00	23	21	20	19	26.5	21.9	20	17.2	22.932	281.575	115.8	25.432	20.432
	15:00	22	21	20	18.5	26.5	21.6	19	19.9	23.769	281.775	115.6	26.269	21.269
	16:00	22	21	21	18.5	26.5	21.8	19	22.3	24.513	281.975	115.4	27.013	22.013
	17:00	22	22	21.5	19	26	22.1	19	23.7	24.947	282.175	115.2	27.447	22.447
	18:00	22	22	22	18.5	26	22.1	18	24.2	25.102	282.375	115	27.602	22.602
	19:00	22	22	22	18.5	26	22.1	18	24.6	25.226	282.575	114.8	27.726	22.726
	20:00	20	22	21.5	18	26.5	21.6	18	24.7	25.257	282.775	114.6	27.757	22.757
	21:00	20	22	21.5	18	26.5	21.6	18	23.9	25.009	282.975	114.4	27.509	22.509
	22:00	22	21	21	18	26	21.6	19	17.7	23.087	283.175	114.2	25.587	20.587
	23:00	21	21	21	18	25.5	21.3	19	14.9	22.219	283.375	115	24.719	19.719
	0:00	22	21	20.5	17.5	25.5	21.3	19	13.9	21.909	283.575	114	24.409	19.409
	1:00	22	20	20	17.5	25	20.9	20	12.6	21.506	283.775	113	24.006	19.006
	2:00	23	20	19.5	17	25	20.9	21	11.7	21.227	283.975	112	23.727	18.727
	3:00	23	20	19	17	24.5	20.7	21	11	21.01	284.175	111	23.51	18.51
	4:00	23	20	18.5	17	24.5	20.6	22	10.4	20.824	284.375	110	23.324	18.324
	5:00	23	20	18	16.5	24	20.3	22	9.5	20.545	284.575	109	23.045	18.045
Otoño	6:00	23	20	17.5	16.5	29	21.2	22	8.8	20.328	284.775	108	22.828	17.828

	7:00	23	19	17	16.5	27.5	20.6	22	7.8	20.018	284.975	107	22.518	17.518
	8:00	23	19	17	16	25	20	22	7.46	19.9126	285.175	106	22.4126	17.4126
	9:00	24	19	16.5	16.5	26.5	20.5	22	6.9	19.739	285.375	105	22.239	17.239
	10:00	24	19	17	16.5	26.5	22.8	21	7.2	19.832	285.575	104	22.332	17.332
	11:00	24	20	17.5	19.5	26.5	21.5	21	7.8	20.018	285.775	103	22.518	17.518
	12:00	23	20	18.5	19.5	25	21.2	21	12.8	21.568	285.975	102	24.068	19.068
	12:00	18	16	19	19.5	18.5	18.2	16	15	22.25	286.75	100	24.75	19.75
	13:00	18	17	19	19.5	18.5	18.4	16.5	16.7	22.777	286.8	100.2	25.277	20.277
	14:00	18	17	19	19.5	19	18.5	17	14.5	22.095	286.85	100.4	24.595	19.595
	15:00	18	17	19	19.5	19	18.5	17.5	17.2	22.932	286.9	100.6	25.432	20.432
	16:00	19	17	21	20	19	19.2	18	19.2	23.552	286.95	100.8	26.052	21.052
	17:00	19	17	21	20	18	19	18.5	10	20.7	287	101	23.2	18.2
	18:00	19	17	20	20.5	18.5	19	18.5	20.5	23.955	287.05	101.2	26.455	21.455
	19:00	19	17	20	20.5	18.5	19	18.5	19.9	23.769	287.1	101.4	26.269	21.269
	20:00	19	17	21	21	17.5	19.1	18.5	18.7	23.397	287.15	101.6	25.897	20.897
	21:00	19	17	21	21	18	19.2	18.5	16.7	22.777	287.2	101.8	25.277	20.277
	22:00	19	17	22	21.5	18	19.5	18.5	15.5	22.405	287.25	102	24.905	19.905
	23:00	19	17	21	21.5	17.5	19.2	18	14.2	22.002	287.3	102.2	24.502	19.502
	0:00	19	17	21	21.5	17.5	19.2	17.5	11.7	21.227	287.35	102.4	23.727	18.727
	1:00	19	17	20	21.5	17	18.9	17.5	10.2	20.762	287.4	102.6	23.262	18.262
	2:00	19	17	20	21	17	18.8	17	9	20.39	287.45	102.8	22.89	17.89
	3:00	19	17	20	21	16.5	18.7	17	8.6	20.266	287.5	103	22.766	17.766
	4:00	18	16	20	21	16.5	18.3	16.5	7.5	19.925	287.55	103.2	22.425	17.425
	5:00	18	16	20	21	16.5	18.3	16	7.1	19.801	287.6	103.4	22.301	17.301
	6:00	18	17	19	20.5	16	18.1	16	6.3	19.553	287.65	103.6	22.053	17.053
	7:00	18	16	19	20.5	16	17.9	16	5.7	19.367	287.7	103.8	21.867	16.867
	8:00	18	16	19	20.5	15.5	17.8	15.5	5.1	19.181	287.75	104	21.681	16.681
	9:00	18	16	19	20	16	17.8	15.5	4.6	19.026	287.8	104.2	21.526	16.526
	10:00	17	17	19	20	23.5	19.3	16	3.9	18.809	287.85	104.4	21.309	16.309
	11:00	17	17	19	20	18.5	18.3	16	7.2	19.832	287.9	104.6	22.332	17.332
	12:00	18	17	19	20	18.5	19.625	16.5	9.1	20.421	287.95	104.8	22.921	17.921
	13:00	18	17	19	20.5	19.5	21.625	17	11.4	21.134	288	105	23.634	18.634
	14:00	18	17	20	20.5	19	21.625	17.5	14.7	22.157	288.05	105.2	24.657	19.657
	15:00	18	17	21	20.5	18.5	20.625	18	17.7	23.087	288.1	105.4	25.587	20.587
	16:00	19	18	21	20.5	18.5	20.5	18.5	18.9	23.459	288.15	105.6	25.959	20.959
	17:00	19	17	21	20.5	19	25.5	19	19.6	23.676	288.2	105.8	26.176	21.176
	18:00	19	18	20	21	18.5	18.625	19	19.9	23.769	288.25	106	26.269	21.269
	19:00	19	18	20	21	18.5	17.625	19	19.9	23.769	288.3	106.2	26.269	21.269
	20:00	19	17	20	21	18	20.75	18.5	18.7	23.397	288.35	106.4	25.897	20.897
	21:00	19	17	21	21	18	25.5	18.5	16.9	22.839	288.4	106.6	25.339	20.339
	22:00	19	17	22	21	18	28	18.5	15.8	22.498	288.45	106.8	24.998	19.998
	23:00	19	17	21	21	18	19.375	18	15.1	22.281	288.5	107	24.781	19.781
	0:00	19	17	20	21	17.5	18.875	17.5	12.7	21.537	288.55	107.2	24.037	19.037
	1:00	19	17	20	21	17.5	18.25	17.5	11.5	21.165	288.6	107.4	23.665	18.665
	2:00	19	17	20	20.5	17	18.375	17	9.7	20.607	288.65	107.6	23.107	18.107
	3:00	18	17	20	20.5	17	18.625	17	8.7	20.297	288.7	107.8	22.797	17.797
	4:00	18	17	20	20	17	19	16.5	7.5	19.925	288.75	108	22.425	17.425
	5:00	18	17	20	20	16.5	19	16	6.8	19.708	288.8	108.2	22.208	17.208
	6:00	18	17	19	19.5	16.5	19.375	16	6.7	19.677	288.85	108.4	22.177	17.177
	7:00	18	17	19	19.5	16.5	25	16	6	19.46	288.9	108.6	21.96	16.96
	8:00	17	17	19	19	16	30.625	15.5	6.6	19.646	288.95	108.8	22.146	17.146
Invierno	9:00	17	16	20	19	16.5	17.7	15.5	6.3	19.553	289	109	22.053	17.053

	10:00	17	16	19	19	26.5	19.5	16	5	19.15	289.05	109.2	21.65	16.65
	11:00	17	17	20	19	19.5	18.5	16	8	20.08	289.1	109.4	22.58	17.58
	12:00	18	17	20	19	19.5	18.7	16.5	11.6	21.196	289.15	109.6	23.696	18.696
Primavera	11:00	24	22.5	23.5	22.5	22.5	23	24	13.60	21.816	289	110	24.316	19.316
	11:40	24	22.5	23.5	22.5	22.5	23	24	16.60	22.746	288.8	109.5	25.246	20.246
	12:00	24	23	23.5	22.5	23	23.2	24	23.40	24.854	288.6	109	27.354	22.354
	12:20	25	23	24	23	23.5	23.7	24	24.30	25.133	288.4	108.5	27.633	22.633
	12:40	25	23	24	23	24	23.8	25	25.10	25.381	288.2	108	27.881	22.881
	13:00	25	23	24	23	24	23.8	25	25.30	25.443	288	107.5	27.943	22.943
	13:20	26	23.5	24	23.5	24.5	24.3	25	25.30	25.443	287.8	107	27.943	22.943
	13:40	26	23.5	24	23.5	24.5	24.3	25	23.90	25.009	287.6	106.5	27.509	22.509
	14:00	26	23.5	24	23.5	24.5	24.3	24	22.90	24.699	287.4	106	27.199	22.199
	14:20	26	23.5	24	24	24.5	24.4	24	22.20	24.482	287.2	105.5	26.982	21.982
	14:40	26	23.5	24.5	24	24	24.4	24	21.50	24.265	287	105	26.765	21.765
	15:00	26	24	24.5	24	24	24.5	24	10.70	20.917	286.8	104.5	23.417	18.417
	15:20	27	24	24.5	24	24	24.7	24	19.90	23.769	286.6	104	26.269	21.269
	15:40	26	24	24.5	24	23.5	24.4	24	19.30	23.583	287.625	105	26.083	21.083
	16:00	26	24	24.5	24	23.5	24.4	24	18.60	23.366	287.625	105	25.866	20.866
	16:20	26	24	24.5	24.5	23	24.4	24	18.70	23.397	287.625	105	25.897	20.897
	16:40	26	24	24.5	24.5	23	24.4	24	17.90	23.149	287.625	105	25.649	20.649
	17:00	26	24	24	24.5	23	24.3	24	17.00	22.87	287.625	105	25.37	20.37
	18:00	26	24	24	24.5	22.5	24.2	23	14.70	22.157	287.625	105	24.657	19.657
	19:00	26	24	23.5	24.5	22.5	24.1	24	19.00	23.49	287.625	105	25.99	20.99
	20:00	26	24.5	23.5	24.5	24	24.5	25	23.80	24.978	287.625	105	27.478	22.478
	21:00	25	24.5	23.5	24	25	24.4	25	25.60	25.536	287.625	105	28.036	23.036
	22:00	26	24.5	24	24	25	24.7	24	21.20	24.172	287.625	105	26.672	21.672
	23:00	25	24.5	24	24	24.5	24.4	24	18.00	23.18	287.625	105	25.68	20.68
	0:00	25	24	23.5	23.5	24	24	23	16.10	22.591	287.625	105	25.091	20.091
	1:00	25	24	23.5	23.5	23	23.8	23	14.00	21.94	287.625	105	24.44	19.44
	2:00	25	24	23	23	22.5	23.5	23	13.90	21.909	287.625	105	24.409	19.409
	3:00	25	24	23	23	23	23.6	24	17.00	22.87	287.625	105	25.37	20.37

Anexo XII. Datos para generación de escenario "ideal" para GRÁFICA DE TIPO RADIAL

PARÁMETRO	INDICADOR	Valor máximo	Valor mínimo
Ambiental	Calentamiento global (Kg CO <sub>2</sub> -eq)	0	117.220
	Acidificación (Kg SO <sub>2</sub> -eq)	0	10
	Eutrofización (Kg PO <sub>4</sub> -eq)	0	24.6
Económico	Costo de Materia Prima (\$)	2295	0
	Costo mano de obra por unidad funcional (\$)	478	0
	Costo de energía asociada	1388	0

Energético	Conductividad térmica (w/m <sup>2</sup> K) espuma poliuretano	1.05	0
	Resistencia mecánica compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	200	0
	Aislamiento acústico (dBI)	57	5
Habitabilidad	Confort térmico (C°)	22.4	20
	Confort social	10	0
	Energía asociada (\$/Consumo bimestral)	677	0

Anexo XIII. Tabla comparativa para generación de GRÁFICA DE TIPO RADIAL

Block cemento	Sistema constructivo convencional		Sistema constructivo alternativo	
	EJERCICIO	valor real	Valor normalizado	valor real
Calentamiento global (Kg CO2-eq)	117.7	0.00	10	9
Acidificación (Kg SO2-eq)	9.9	0.00	0.84	9
Eutrofización (Kg PO4-eq)	1.2	0.49	0.1	9
Costo de Materia Prima (\$)	370.6	7.00	175	8
Costo mano de obra por unidad funcional (\$)	85.6	8.00	114	7
Costo de energía asociada	293	7.00	91	9
Conductividad térmica (w/m <sup>2</sup> K)	0.131	1.25	0.58	5.523809524
Resistencia mecánica compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	52.45	2.62	75	3.75
Aislamiento acústico (dBI)	40	7.02	58	10.1754386
Confort térmico	22.1	10.00	20.5	10
Confort social	4.7	4.70	7.7	7.7
Energía asociada	286.7	4.23	103.5	1.528803545

Anexo XIX. Casa convencional 1



Anexo XX. Casa convencional 2



Anexo XXI. Casa convencional 3



Anexo XXII. Casa convencional 4



Anexo XXIII. Casa convencional 5

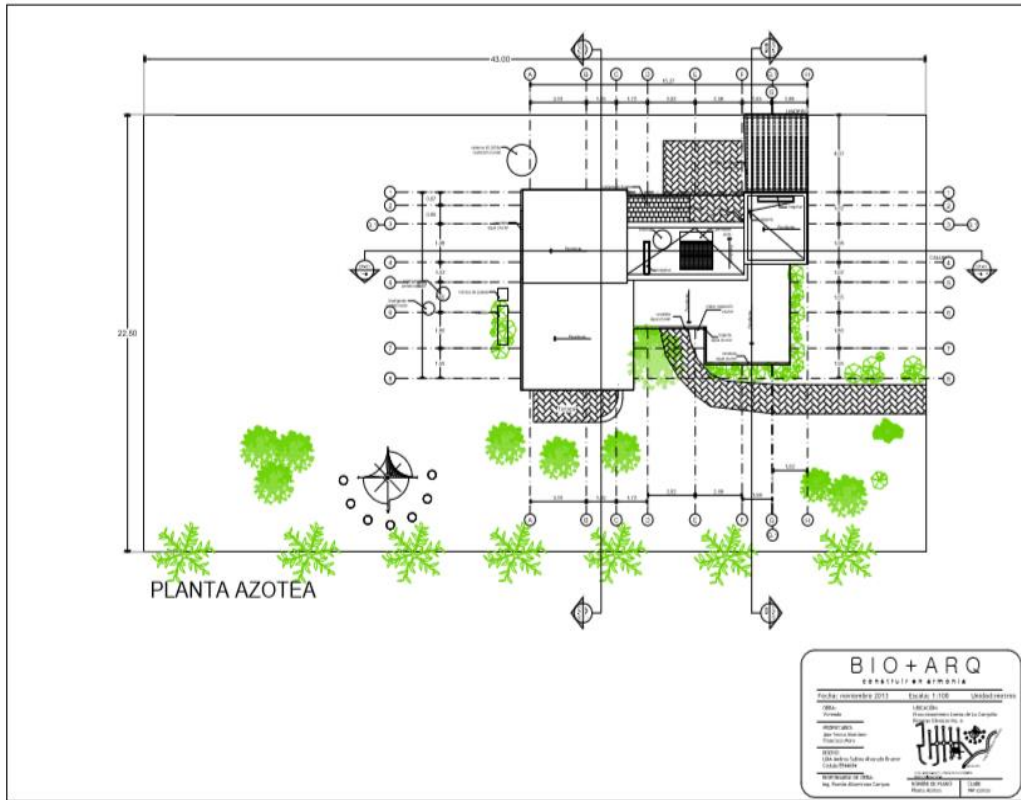




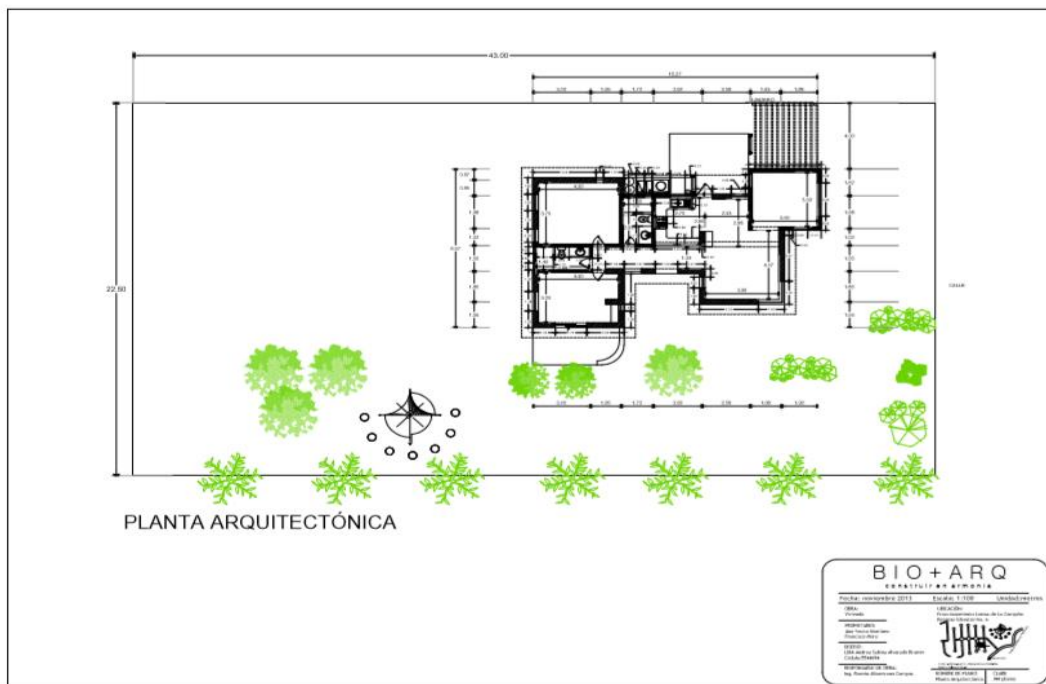
Anexo XXIV. Casa convencional

Anexo XXV. Plano de azotea de sistema constructivo alternativo





Anexo XXVI. Plano arquitectónico de planta de sistema constructivo alternativo





Anexo XXVII. Plano completo de un sistema constructivo convencional

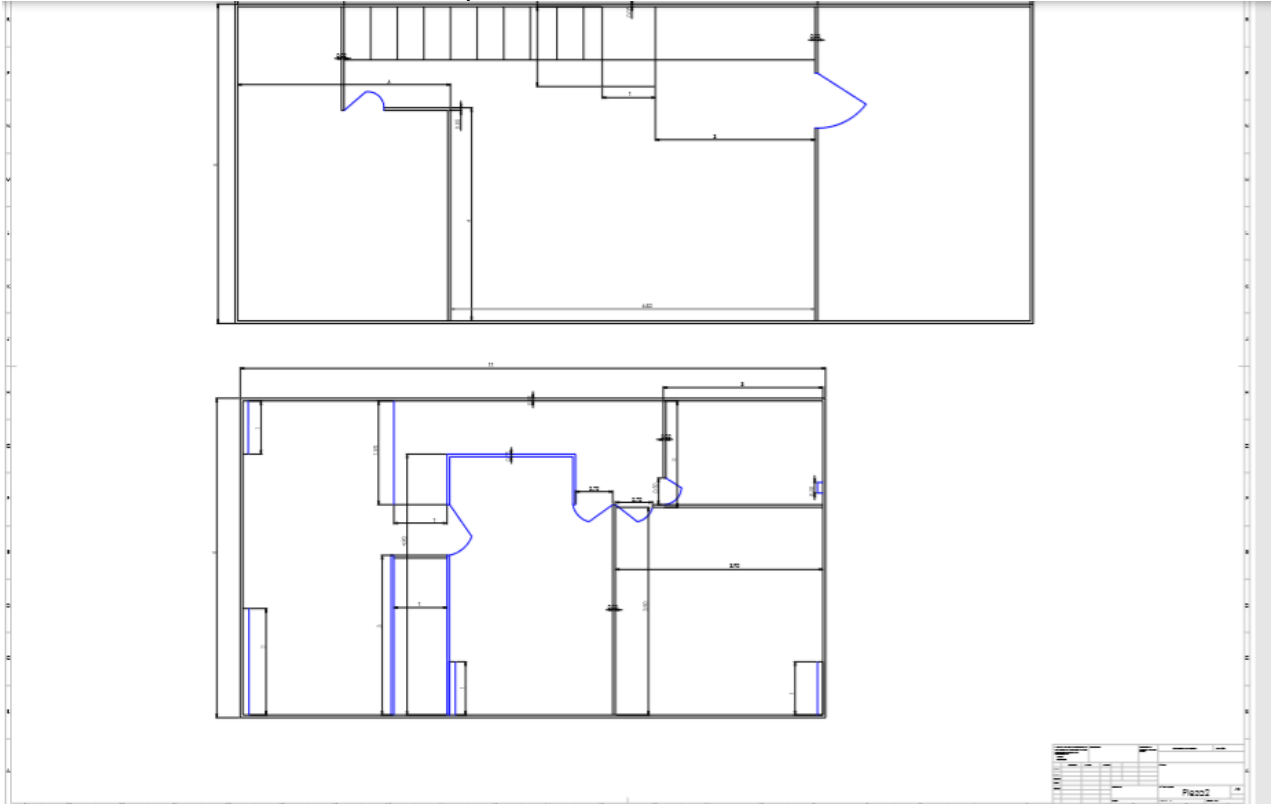
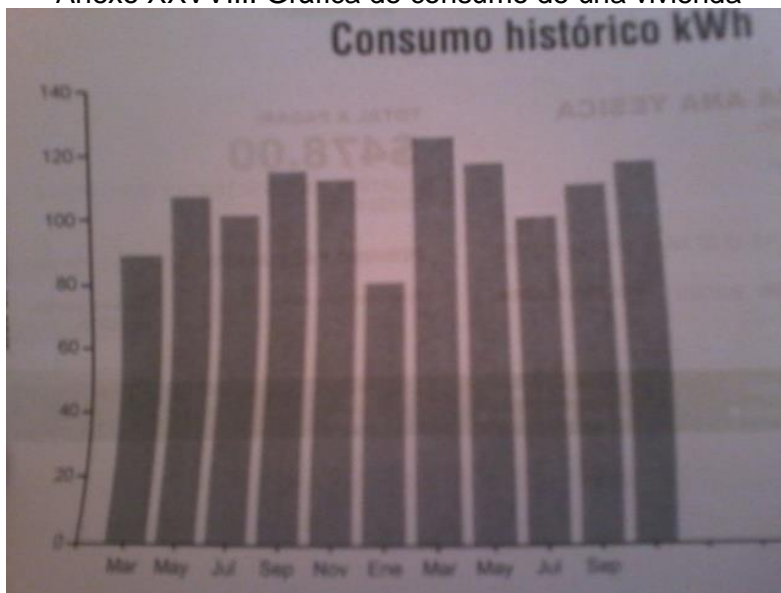


Figura 18. Plano completo de un sistema constructivo convencional, elaboración propia.

Anexo XXVIII. Gráfica de consumo de una vivienda



Anexo XXIX. Registro de consumo eléctrico

Concepto	Lectura actual Medida ● Estimada ●	Lectura anterior Medida ● Estimada ●	Total periodo	Precio (MXN)	Subtotal (MXN)
<b>Energía (kWh)</b>					
Básico	49818	49515		0.793	118.95
Intermedio			150	0.956	124.28
Excedente			130		
Suma			23	2.802	64.44
					307.67

Este gráfico refleja tu nivel de consumo. A menor **99%** mayor apoyo.

**Nueva regulación: Conoce los cambios de la Reforma Energética en tu aviso recibo**

1. Contare tu nuevo recibo
2. Cambia nuestra misión social
3. Tu régimen de servicio cambia de 12 a 17 días y su período.
4. Tu recibo refleja el costo de la energía en el Mercado
5. Conoce qué porcentaje de tu consumo, recibe apoyo gubernamental (aplica al sector doméstico)
6. Incluye más del Nuevo esquema tarifario

Costos de la energía en el Mercado Eléctrico Mayorista				Desglose del importe a pagar	
Concepto	\$	\$/kW	\$/kWh	Concepto	Importe (MXN)
Suministro	76.54	0.00	0.00	Energía	307.67
Distribución	0.00	0.00	267.30	IVA 16%	49.22
Transmisión	0.00	0.00	48.03	Fac. del Periodo	356.89
CENACE	0.00	0.00	1.85	DAP	54.00
Energía	0.00	0.00	144.53	Adeudo Anterior	403.04
Capacidad	0.00	0.00	86.05	Su Pago	-403.00
SCnMEM	0.00	0.00	1.64	<b>Total</b>	<b>\$410.93</b>

**Apoyo Gubernamental 418.27**

(1) OTRAS MCM: Costos relacionados con los servicios del Mercado.  
 (2) DAP: Derecho al servicio al Cliente.  
 (3) Cargas y créditos: Gastos asociados que se pueden incluir en el aviso recibo relacionado con el suministro.

Anexo XXX. Gráfica de consumo de un sistema constructivo convencional

