

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INGENIERÍA**

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E
INGENIERÍA**



**“ANÁLISIS DEL CONSUMO ELÉCTRICO DE LA VIVIENDA
RESIDENCIAL DE DOS CIUDADES DE MÉXICO”**

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRÍA EN INGENIERÍA

PRESENTA

Christian German Reyes Rodríguez

DIRECTOR

Dr. Carlos Pérez Tello

Mexicali, B. C.

Noviembre 2017

ÍNDICE

Agradecimientos.....	3
Resumen.....	4
Capítulo 1: Introducción.....	8
Capítulo 2: Antecedentes.....	14
Capítulo 3: Marco teórico y metodología empleada.....	25
Capítulo 4: Desarrollo del trabajo y resultados	38
4.1 - Porcentaje y total de consumos de energía	49
4.2 - Porcentaje de aire acondicionado.....	57
4.3 – Ganancias de calor.....	58
4.4 – m ² de construcción.....	61
4.5 – Tipo construcción de muros.....	65
4.6 – Tipo construcción de techos.....	68
4.7 – Tipo de aislamiento de muros.....	71
4.8 – Tipo de aislamiento de techo.....	74
4.9 – Electrodomésticos.....	77
4.10 - Habitantes.....	80
4.11 - Comparativos.....	81
4.12 - Impacto medioambiental.....	87
Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones.....	89
Bibliografía.....	94
Anexos.....	95

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Carlos Pérez Tello, quien me brindó su apoyo, conocimiento y las herramientas necesarias para la elaboración de la misma, extendiendo un gran agradecimiento por la orientación y culminación durante todo el tiempo que estuve desarrollando la tesis.

Al CONACYT por haberme otorgado la beca para poder realizar la presente tesis.

A mis padres y familiares agradezco la confianza depositada en mí, y su apoyo en todo momento.

Agradezco al Dr. Alejandro Suástegui Macías quien me brindo información vital para poder culminar la tesis, a quien extendiendo también mi agradecimiento.

Al Dr. Héctor Enrique Campbell director del área de sistemas energéticos del Instituto de Ingeniería de la UABC, agradezco su aporte y el aprendizaje que me otorgo al darme asesorías durante la maestría.

A todos mis compañeros/as estudiantes y a los maestros/as que también estuvieron apoyándome en todo momento.

RESUMEN

Se realizó un análisis del comportamiento energético de 200 viviendas del sector residencial, en las ciudades de Mexicali, Baja California y Hermosillo, Sonora. Con el fin de determinar hábitos de uso de la energía para diferentes condiciones climáticas y establecer criterios de ahorro y uso eficiente de la energía.

Para realizar los análisis se utilizaron encuestas recabadas en ambas ciudades a usuarios que poseen viviendas con características predefinidas, en las encuestas se le hacen preguntas al usuario como con qué tipo de construcción está hecha su vivienda, qué tipo de techo está construida la vivienda, el tipo de muros, cuántos m² de construcción tiene la vivienda y equipos electrodomésticos con los que cuenta entre otros. A partir de dicha información se desarrolló la simulación para cada una de las viviendas, se reprodujo el comportamiento actual en cuanto a consumo de electricidad mensual, anual y por temporada, y después se utilizó el simulador de comportamiento térmico desarrollado por el área de Sistemas Energéticos del Instituto de Ingeniería de la UABC, el cual se ha adaptado para realizar este tipo de estudios.

Se empleó el criterio de que los resultados simulados comparados con los consumos reales no difirieran en más del 3% para el consumo anual y el de verano. A partir de allí se realizó la simulación para establecer los diferentes escenarios de ahorro y uso eficiente de la energía por cada ciudad.

De las 200 encuestas recabadas, 100 fueron en Mexicali y 100 en Hermosillo.

De los análisis realizados, se hicieron cálculos para obtener importantes resultados, para eso se tomaron las medidas de la vivienda para obtener el área climatizada (m^2), se verificó el tipo de construcción y se tomaron en cuenta los tipos de muro, techo, iluminación, aparatos electrodomésticos, y los equipos de enfriamiento (aire acondicionado) que se utilizan. Una vez terminados los análisis se obtuvieron como resultado, muestras equivalentes ya que para que las muestras fueran representativas se necesitaban un promedio similar de usuarios de por los menos 300 usuarios para cada ciudad.

Algunos datos relevantes son los siguientes: Mexicali registro mayor consumo de energía real (100 viviendas) durante el periodo anual con un total de 842,843 kWh y Hermosillo (100 viviendas) obtuvo un total 700,101 kWh (una diferencia de 17% anual). En el periodo de verano, también Mexicali registró un mayor consumo de energía (100 viviendas) con un total de 616,926 kWh y Hermosillo (100 viviendas) obtuvo un total 462,994 kWh lo que hace una diferencia del 25% más de energía en Mexicali. Y sólo en el periodo de invierno Hermosillo registró mayor consumo de energía (100 viviendas) con un total de 237,107 kWh y Mexicali (100 viviendas) obtuvo un total 225,917 kWh. Esto concluye que Hermosillo consume un 5% más energía en invierno que Mexicali.

Con la prueba de hipótesis de comparación de dos medias se comprobó que existe una pequeña diferencia del consumo de energía real en invierno de 0.12, utilizando una muestra de 100 viviendas para cada ciudad, se comparó el valor de t calculada = 1.54,

que resulta ser menor al t tabulada = 1.98. Este resultado nos permite concluir que existe una pequeña diferencia significativa.

El porcentaje de consumo por el uso de aire acondicionado con respecto al consumo total de verano en Mexicali es de 57% en tanto que para Hermosillo es del 55%.

El porcentaje de ganancias de calor en las viviendas de Mexicali registra un total de techo 28%, Muro Norte 7%, Muro Sur 8%, Muro Este 11%, Muro Oeste 11%, Ventanas y Puertas 20%, Iluminación 2%, Ocupación equipos 7% e Infiltración 6%. Y en Hermosillo registra total de techo 38%, Muro Norte 7%, Muro Sur 8%, Muro Este 10%, Muro Oeste 11%, Ventanas y Puertas 8%, Iluminación 1%, Ocupación equipos 12% e Infiltración 5%.

En Mexicali se registraron 100 viviendas con diferentes medidas (m² de construcción) 6 de 0-29 m², 22 de 30-50 m², 29 de 51-100 m², 31 de 101-150 m², 7 de 151-200 m² y 5 de 201 o más m², mientras que en Hermosillo se registraron 100 viviendas de las cuales 5 de 0-29 m², 13 son de 0-50 m², 25 de 51-100 m², 30 de 101-150 m², 17 de 151-200 m² y 10 de 201 o más m².

De las 100 viviendas en Mexicali construidas con diferentes tipos de muros se registró que 39 de ellas están construidas con Block de concreto, 3 de concreto ligero, 39 de ladrillo, 17 de madera y 2 de adobe, mientras que, de las 100 viviendas en Hermosillo, 69 están construidas de Block de concreto, 3 de concreto ligero y 28 de ladrillo.

De las 100 viviendas en Mexicali construidas con diferentes tipos de techos se registró que 35 de ellas están construidas con Losa de concreto, 7 de vigueta y bovedilla, 48 de madera y 10 de metal o lamina, mientras que, de las 100 viviendas en Hermosillo, 79 están construidas de Losa de concreto y 21 de vigueta y bovedilla.

De las 200 viviendas, se obtuvo que solo el 25% de viviendas tienen aislados los muros, mientras que el 75% de viviendas no tienen ningún tipo de aislamiento en los muros. Y también de las 200 viviendas, se obtuvo que solo el 40 % de viviendas tienen aislado el techo, mientras que el 60% de viviendas no tienen ningún tipo de aislamiento en el techo. Mexicali obtuvo mayor índice de energía kWh/ m², con un total de 86.91 kWh/ m², mientras que Hermosillo obtuvo 53.65 kWh/m².

El total de electrodomésticos para cada ciudad es el siguiente, Mexicali cuenta con 382 focos incandescentes, 1819 focos fluorescentes, 42 refrigeradores usados, 65 refrigeradores nuevos, 219 televisiones, 153 computadoras, 139 ventiladores de techo, 124 ventiladores de pedestal, 89 estufas de gas, 0 estufas eléctricas, 21 secadoras de ropa, 37 boiler eléctrico y 15 calentadores eléctricos. Mientras que Hermosillo cuenta con 139 focos incandescentes, 745 focos fluorescentes, 30 refrigeradores usados, 61 refrigeradores nuevos, 157 televisiones, 133 computadoras, 19 ventiladores de techo, 101 ventiladores de pedestal, 73 estufas de gas, 14 estufas eléctricas, 15 secadoras de ropa, 25 boiler eléctrico y 0 calentadores eléctricos.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

La ciudad de Mexicali, Baja California se localiza en la parte norte de la Península de Baja California, región donde se presentan elevadas temperaturas en la época de verano con temperaturas máximas que pueden alcanzar los 47°C en los meses de julio y agosto y durante la temporada de invierno las temperaturas mínimas varían entre los 0°C y los 5°C debido al efecto del clima cálido seco y dado a que se encuentra en una zona desértica. La temperatura máxima registrada en los últimos años fue de 51.8°C el 28 de julio de 1995 [Fuente: Departamento de meteorología y climatología UABC].

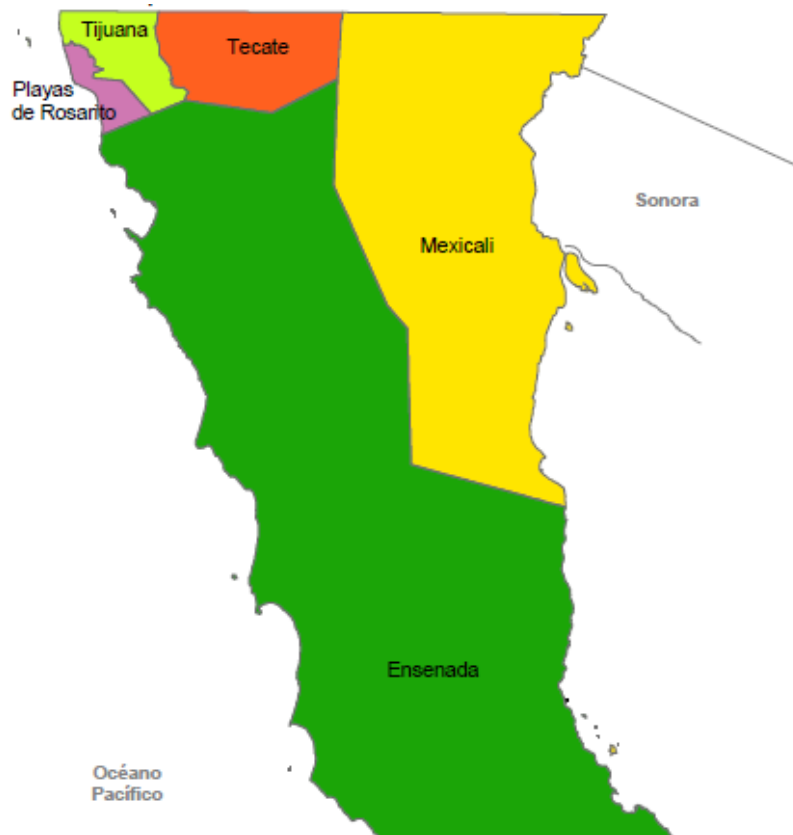


Figura 1.1 Mapa del Estado de Baja California, Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2010

La ciudad de Hermosillo se localiza en la parte central del Estado de Sonora, con un clima muy cálido y seco en la región donde se presentan elevadas temperaturas en la

época de verano, de 31°C a 47°C en los meses de julio y agosto, y en invierno alcanza temperaturas de 14°C a 16°C en los meses de enero y febrero. La temperatura Máxima media anual que alcanzo en el 2016 fue 35°C y la mínima fue de 17°C. [Fuente: Servicio Meteorológico Nacional SMN].

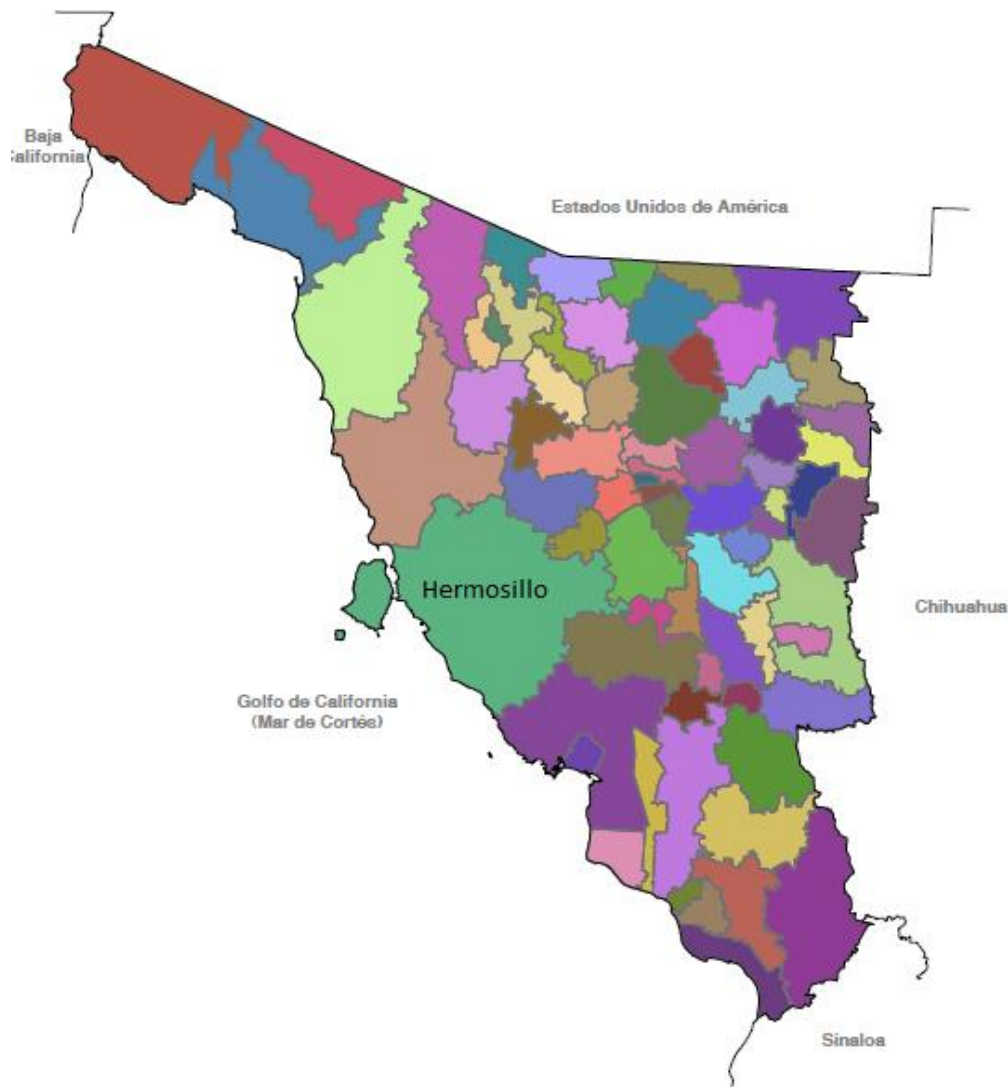


Figura 1.2 Mapa del Estado de Sonora, Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2010

La Universidad Autónoma de Baja California ha realizado estudios desde hace varios años para conocer más a fondo el comportamiento energético de la vivienda en la ciudad

de Mexicali con el fin de establecer alternativas de ahorro de energía eléctrica y, por consecuencia, reducir el pago o facturación manteniendo un confort indispensable en este sector.

Asimismo, se han propuesto alternativas de ahorro y estrategias de un consumo más eficiente de la energía a través del uso de equipos adecuados que permitan al usuario obtener beneficios a corto, mediano y largo plazo para acondicionamiento ambiental y confort.

Las condiciones climatológicas que prevalecen en Mexicali durante la mayor parte del año son especiales debido al comportamiento extremo de la temperatura y, en el caso del mes de agosto, la humedad relativa. Es por eso que se requiere fomentar y consolidar el desarrollo de una cultura de ahorro y uso eficiente de la energía. Y es precisamente en el sector doméstico, que representa más del 88% de los usuarios del servicio eléctrico, donde se ha observado la mayor variación y desperdicio de la energía eléctrica.

En el sector residencial la fuente más importante de ganancias de calor proviene directamente de la radiación solar directa, y estas ganancias se transfieren a través de los techos, muros, y ventanas, reduciendo la sensación de confort.

Los programas masivos de construcción de vivienda utilizan materiales y sistemas de construcción que no son los más favorables para la adecuación ambiental de la región, el uso masivo e intensivo del block de concreto pesado en muros, y losas de concreto en

techo, generan que la vivienda incremente su temperatura interior en verano y producen una sensación térmica muy incómoda en invierno.

Las características de las viviendas, así como las condiciones climatológicas hacen indispensables los equipos de acondicionamiento ambiental para mantener el nivel mínimo de confort dentro de las viviendas, representando un alto consumo de energía.

Debido a estos efectos, en 1989 el Gobierno decidió establecer el Programa Nacional de Modernización Energética y, como consecuencia, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) inició el Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PAESE), en tanto que la Secretaría de Energía puso en marcha una serie de acciones que culminaron en la creación de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) [Fuente: FIDE Fideicomiso para el desarrollo de energía eléctrica 2010].

Estos organismos estatales han buscado en los últimos años, a través de diferentes programas y apoyos financieros, fomentar una cultura de ahorro y uso eficiente de la energía a todos los niveles y en todo el país. Mexicali ha recibido especial atención y prioridad debido al clima extremo de esta zona del país y los elevados índices de consumo de energía que exhiben.

La ciudad de Mexicali y Hermosillo se caracterizan por tener altas temperaturas en el periodo de verano es por eso que es necesario que en cada una de las viviendas se utilice el aire acondicionado para que las personas estén en confort. Como resultado el

consumo energético es más elevado en estas ciudades comparado con la media nacional debido a que el equipo de aire acondicionado consume mucha más energía que el resto de los electrodomésticos en una vivienda residencial, y el problema se refleja cuando llega la facturación de cada mes, y se tiene que pagar una gran cantidad de dinero dependiendo de cada vivienda, y es cuando las personas empiezan a cuestionarse. ¿Por qué pago demasiado por la energía eléctrica?, ¿Cómo podría pagar menos por los consumos? Y es aquí donde entra el tema de ahorro y uso eficiente de energía, y la investigación de cuál ciudad pagará menos por los consumos anuales dependiendo de cómo la población haga uso de la energía en sus viviendas.

Por su parte la ciudad de Hermosillo existe el mismo tipo de clima que en Mexicali, la diferencia es que en Hermosillo los hábitos de cultura energética son totalmente diferentes, no se tiene la misma sensación de calor de los habitantes que en Mexicali esto hace que se utilicen menos horas los aparatos de aire acondicionado en la época de verano y las características de construcción de las viviendas son totalmente diferentes a las de Mexicali.

En Hermosillo actualmente no existen programas de ahorro de energía como los de sustitución de aire acondicionado ni los de sustitución de refrigeradores antiguos por nuevos, esto nos demuestra que en esa ciudad no existe la misma cultura de energía que se tiene actualmente en la ciudad de Mexicali, pero todos estos resultados, comparaciones las iremos viendo a lo largo de esta tesis

Y por esta razón y muchas más el objetivo principal del presente trabajo es desarrollar una metodología que permita establecer parámetros e índices de comparación del comportamiento energético de tipologías de vivienda representativas de nuestro país, y para ello se seleccionaron usuarios de las ciudades de Mexicali y Hermosillo, ya que la información disponible era de dichas ciudades. Entre otros, se busca realizar un análisis comparativo con la finalidad de determinar características de consumo energético para cada tipo de población y, de esta manera, establecer estrategias y acciones de uso eficiente de la energía más acordes con el tipo de región climática.

El objetivo específico es determinar y comparar el comportamiento energético del sector residencial de acuerdo a las características constructivas de Baja California y Sonora y establecer acciones y estrategias pertinentes de adecuación ambiental en cada caso, así como realizar un análisis comparativo de la tarifa residencial en las cuatro regiones y determinar las características de eficiencia y cultura energética en este sector.

La contribución de este trabajo es reflejar de una manera más realista los patrones de consumo y de adecuación ambiental de los usuarios que utilizan la energía eléctrica, ya que permitirá tener una visión más objetiva del comportamiento energético de la vivienda residencial y así poder establecer medidas y estrategias de planificación energética que redunden en un uso más racional y eficiente de la energía en nuestro país.

CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES

Desde hace muchos años ha prevalecido el reclamo social por las tarifas de electricidad y los elevados costos de la energía. Sin embargo, el clima de estas regiones obliga a sus habitantes a invertir mayores cantidades de energía para climatizar sus espacios habitables, laborales, de esparcimiento, edificios públicos, lo que no ocurre en regiones con climas diferentes.

Por lo tanto, las acciones de ahorro y uso eficiente de la energía están ligadas a su sociedad ya que debido a los elevados consumos de energía eléctrica por climatización, se ha venido buscando cómo establecer soluciones viables a esta problemática y es aquí donde la comunidad científica de la región ha desarrollado un papel importante en la búsqueda de alternativas de ahorro y uso eficiente de la energía, primero indagando las causas e impacto del uso de la energía, y finalmente estableciendo líneas de acción, estrategias y acciones concretas con programas de ahorro en el consumo de energía. .

Mexicali fue la primera ciudad en el país en contar con un programa de “ahorro y uso eficiente de energía” para el sector doméstico el cual se implementó en el año de 1990 a través del Fideicomiso para el aislamiento térmico de la vivienda 728 (FIPATERM) que inició con el subprograma de aislamiento térmico de techos en viviendas residenciales. Durante la gestión de FIPATERM de estos programas, a la fecha se han implementado más de 113,000 acciones que comprenden aislamiento térmico, sustitución de aire acondicionado de baja eficiencia por unidades de alta eficiencia, sustitución de refrigeradores con más de 10 años de uso por unidades nuevas de mayor eficiencia

eléctrica, existiendo casos donde se han implementado simultáneamente los diferentes subprogramas. Adicionalmente, durante los primeros años de operación del FIPATERM, se establecieron los subprogramas de financiamiento de focos fluorescentes compactos para sustituir lámparas incandescentes y, con menor impacto, el subprograma de sellado de puertas en el sector residencial.

En 1990 se constituyó el Fideicomiso Privado para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), como una institución no lucrativa, con la finalidad de impulsar el ahorro de la energía eléctrica en la industria, el comercio, los servicios, el campo y los municipios, así como en el sector doméstico nacional, al tiempo que promueve el desarrollo de una cultura del uso racional de este fundamental energético.

Para su efecto, la Universidad Autónoma de Baja California realizó por primera vez en 1990 una evaluación de diferentes sistemas de aislamiento térmico para las viviendas construidas en Mexicali, B.C., utilizando diversos materiales entre los que destacaron la espuma de poliuretano esparcido, la placa plana de poliestireno extruido, y la fibra de vidrio en techos únicamente. Como resultado, se recomendó el aislamiento térmico de 25,000 viviendas de la ciudad mediante el programa Fideicomiso Para el Aislamiento Térmico de la Vivienda (FIPATERM) cifra que fue alcanzada en tan solo 3 años (Programa ASI, 2011).

Para 1997 el programa no presentaba modificaciones significativas y hasta esa fecha se habían aislado más de 50,000 viviendas (Programa ASI, 2011). Fue entonces cuando se implementaron 2 subprogramas más, sustitución de equipos de aire acondicionado

(unidades centrales y de ventana) y sustitución de focos incandescentes por lámparas fluorescentes compactas.

La modificación al programa se realizó con el fin de extender las opciones al usuario para hacer un uso eficiente de la energía y lograr ahorros significativos mediante una inversión inicial relativamente baja. A partir del inicio de los nuevos subprogramas, las acciones relacionadas al aislamiento térmico tendieron a la baja, debido principalmente a la diferencia de los costos de un subprograma a otro. En 2003 inició un nuevo subprograma, el cual consistía en sustituir refrigeradores viejos ineficientes, de más de diez años de uso, por equipos nuevos de alta eficiencia.

A continuación, se muestran los resultados de usuarios que decidieron entrar en los subprogramas de ASI, para tener un mejor ahorro y uso eficiente de la energía, las siguientes gráficas muestran las diferencias que se obtuvieron cada año con la implementación de estos programas

En la Figura 2.1, se muestra el total de los usuarios que decidieron aislar su casa, donde se aprecia que la mayoría de los usuarios aislaron su casa entre los años 1992 y 1993, esto es, alrededor de 10,000 usuarios. Los siguientes años fue descendiendo hasta que el año 2003 hubo un ligero ascenso, de alrededor de 6000, sin embargo, a partir de ese año sólo fue descenso, hasta el año 2010.

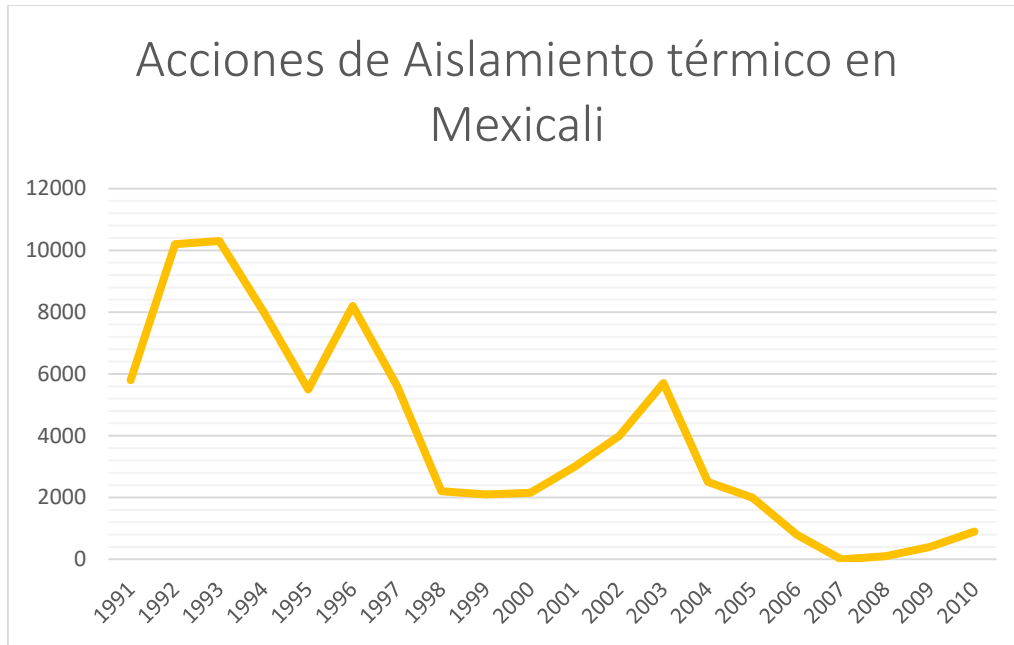


Figura 2.1 Histórico de acciones realizadas de aislamiento térmico en la ciudad de Mexicali B.C. (Suástegui, 2014).

En la Figura 2.2, se muestra el total de los usuarios que decidieron sustituir su aire acondicionado, donde se muestra que en el año 2000 hasta el 2006, en promedio 10,000 usuarios decidieron sustituir su aire acondicionado, y a partir del 2008 de nuevo hubo un incremento en los usuarios que decidieron sustituir su aire acondicionado.

En la Figura 2.3, se muestra el total de lámparas incandescentes que fueron sustituidas por focos ahorradores (fluorescentes) donde se muestra que a partir de 1998 hasta el año 2003 es donde hubo un promedio 47,000 focos sustituidos.



Figura 2.2 Histórico de acciones de sustitución de aire acondicionado en la ciudad de Mexicali B.C. (Suástegui, 2014).

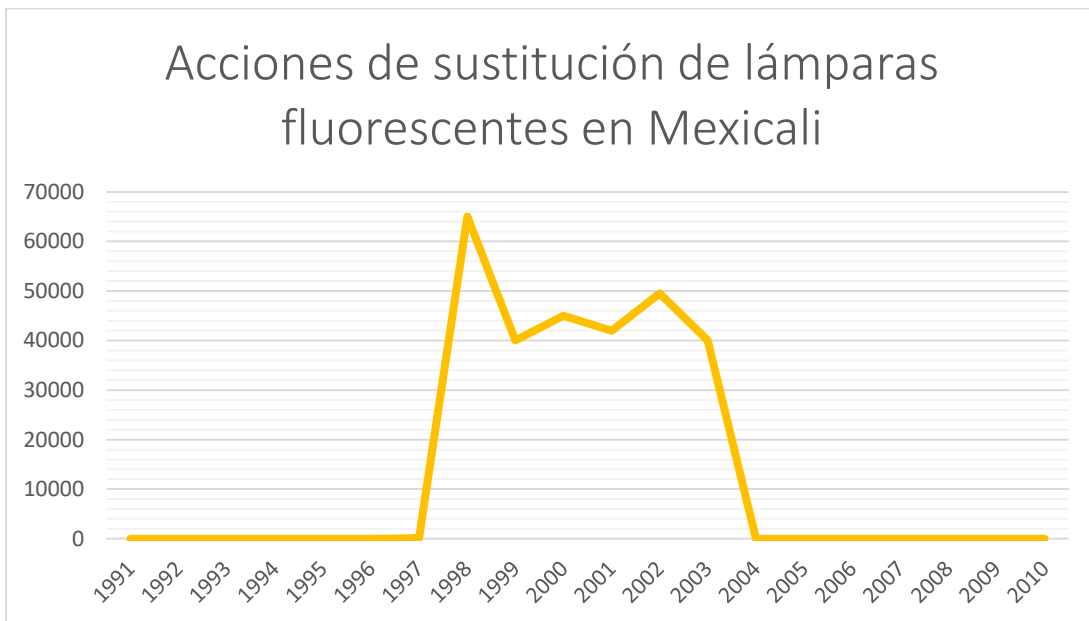


Figura 2.3 Histórico de acciones de sustitución de lámparas fluorescentes en la ciudad de Mexicali B.C. (Suástegui, 2014).

En la Figura 2.4, se muestra el total de los usuarios que decidieron sustituir su antiguo refrigerador por uno nuevo, donde se aprecia que en el año 2004 fue cuando se empezó

la sustitución de los refrigeradores, y en el 2005 alcanzó el mayor número de usuarios. Para el año 2006 disminuyó a 3000 usuarios, pero en el 2007 fue donde no se tuvo registro alguno de sustitución. Hasta el 2008 fue incrementando de nuevo y en 2010 se registraron un total 2,800 usuarios.

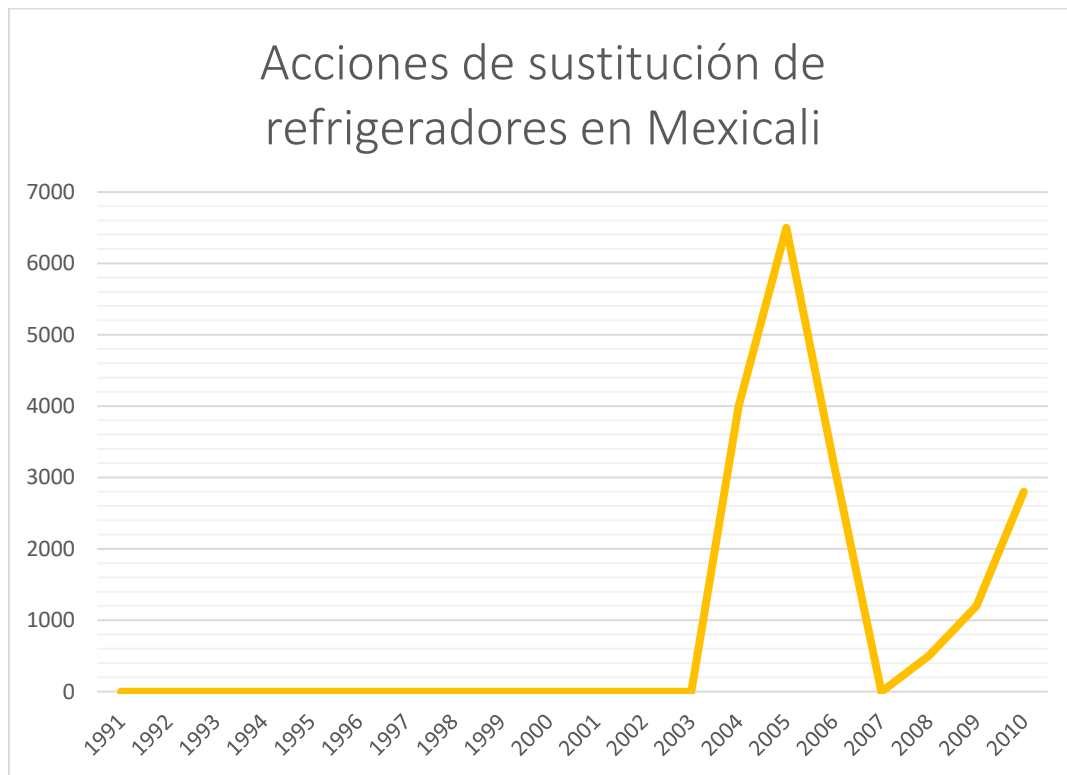


Figura 2.4 Histórico de acciones de sustitución de refrigeradores en la ciudad de Mexicali B.C. (Suástegui, 2014).

En Hermosillo y el estado de Sonora actualmente no existe un programa para el ahorro y uso eficiente de energía, más sin embargo en marzo de 2017 el gobierno de Sonora anuncio que se aplicara de nuevo el Programa de Ahorro Sistemático Integral ASI el cual beneficiara a usuarios de energía eléctrica doméstica para sustituir equipos de aire acondicionado, refrigeradores, aislamiento térmico, sistemas fotovoltaicos y luminarias.

En la figura 2.5, se muestra el total histórico de usuarios que participaron en los programas del ASI y que por ende sustituyeron sus equipos o decidieron aplicar las acciones de aislamiento térmico o sellado de puertas, los datos de aislamiento térmico se contabilizan desde 1991, los datos de iluminación, aire acondicionado, diagnósticos energéticos y refrigeradores se contabilizan desde 1997 y el de sellado de puertas desde el 2000, todos los datos tienen registro hasta mediados del 2016.

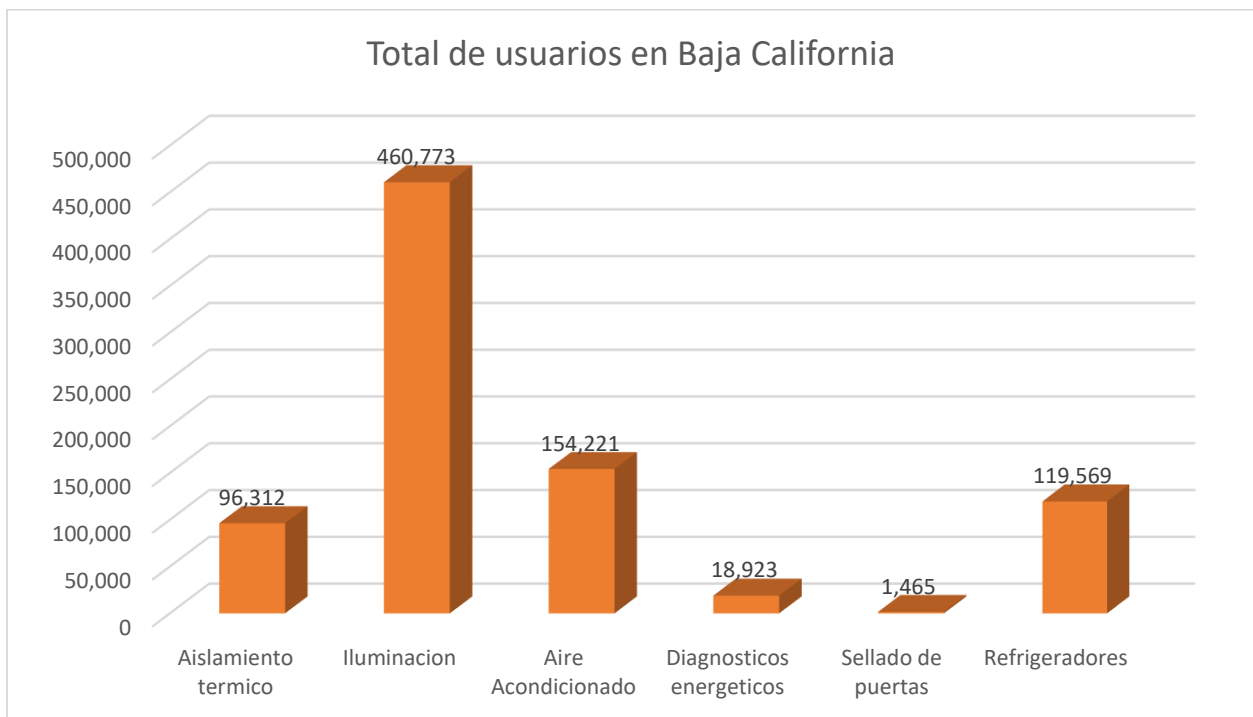


Figura 2.5 Histórico de usuarios que sustituyeron sus equipos en la ciudad de Mexicali B.C. (ASI 2016).

Los antecedentes desde que se tiene conocimiento sobre la energía datan de muchos años atrás, la energía existe desde que se creó el universo, siempre ha existido y siempre existirá. Es difícil definir a la energía de forma precisa, se puede considerar como la capacidad para causar cambios, por medio de los cuales se genera movimiento, fuerza y trabajo. La energía no es visible, sólo pueden sentirse sus efectos. Ejemplos básicos de la energía son, los movimientos de una persona, el desplazamiento de un automóvil, la fuerza del viento, etc., pero el ejemplo de mayor impacto sobre la sociedad moderna ya que de ella depende para prácticamente casi todas sus actividades es la energía eléctrica.

Es por eso que también es importante tener conocimiento sobre el consumo y generación de electricidad a nivel mundial a lo largo de los años ya que han surgido importantes cambios, ya que cada año ha ido incrementando la demanda en todo el mundo, la Agencia Internacional de la Energía (International Energy Agency), que fue establecida en el año de 1974, ha ganado reconocimiento con el paso de los años como la una de las fuentes autorizadas para presentar estadísticas energéticas ya que abarcan estudios anuales del petróleo, gas natural, carbón, electricidad y las energías renovables. En la Figura 2.6, se muestra la generación de electricidad por combustible a nivel mundial.

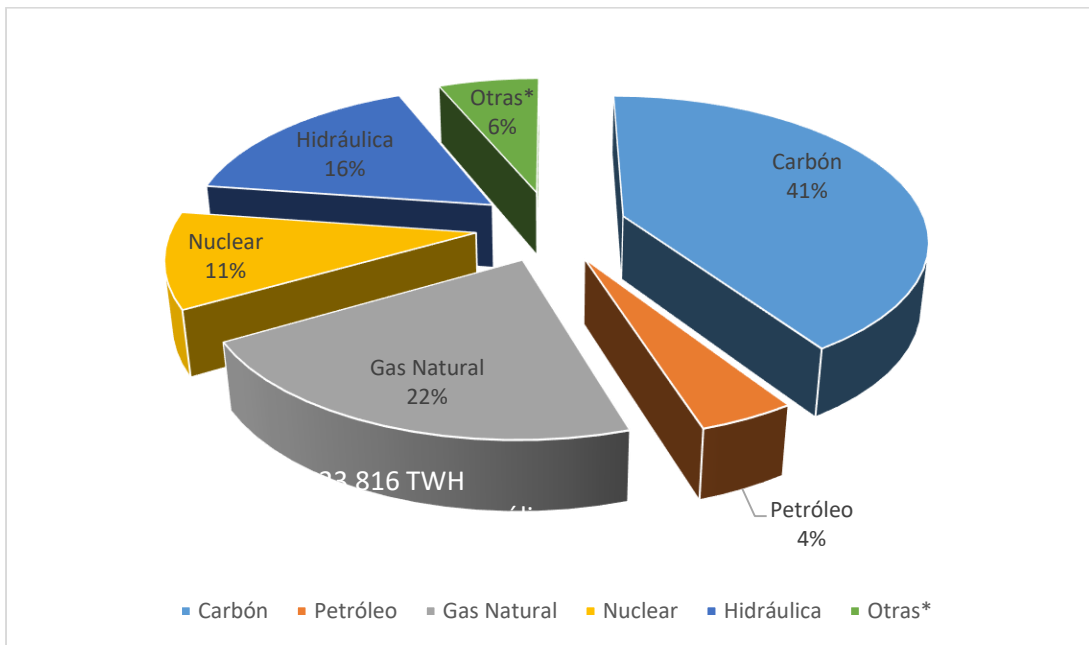
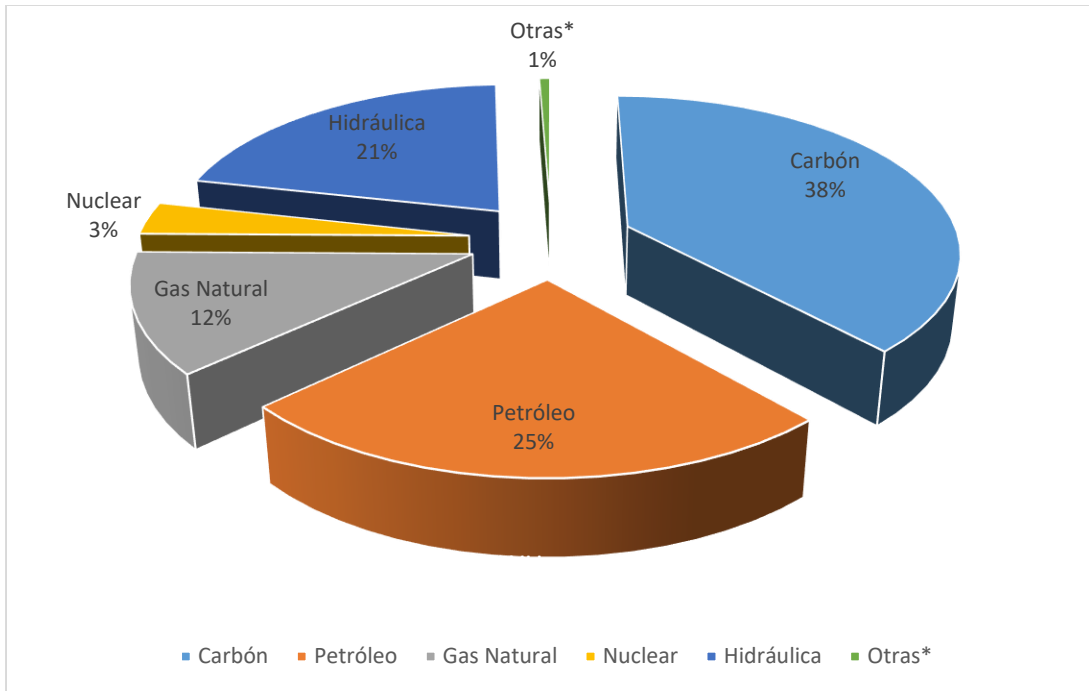


Figura 2.6 Histórico de generación de electricidad por combustible mundial, en el año de 1973 y 2014 (International Energy Agency, 2016).

En la Figura 2.7, se muestra el consumo total final del combustible mundial en tanto que en la Figura 2.8, se muestra la generación de electricidad por combustible en México y Estados Unidos.

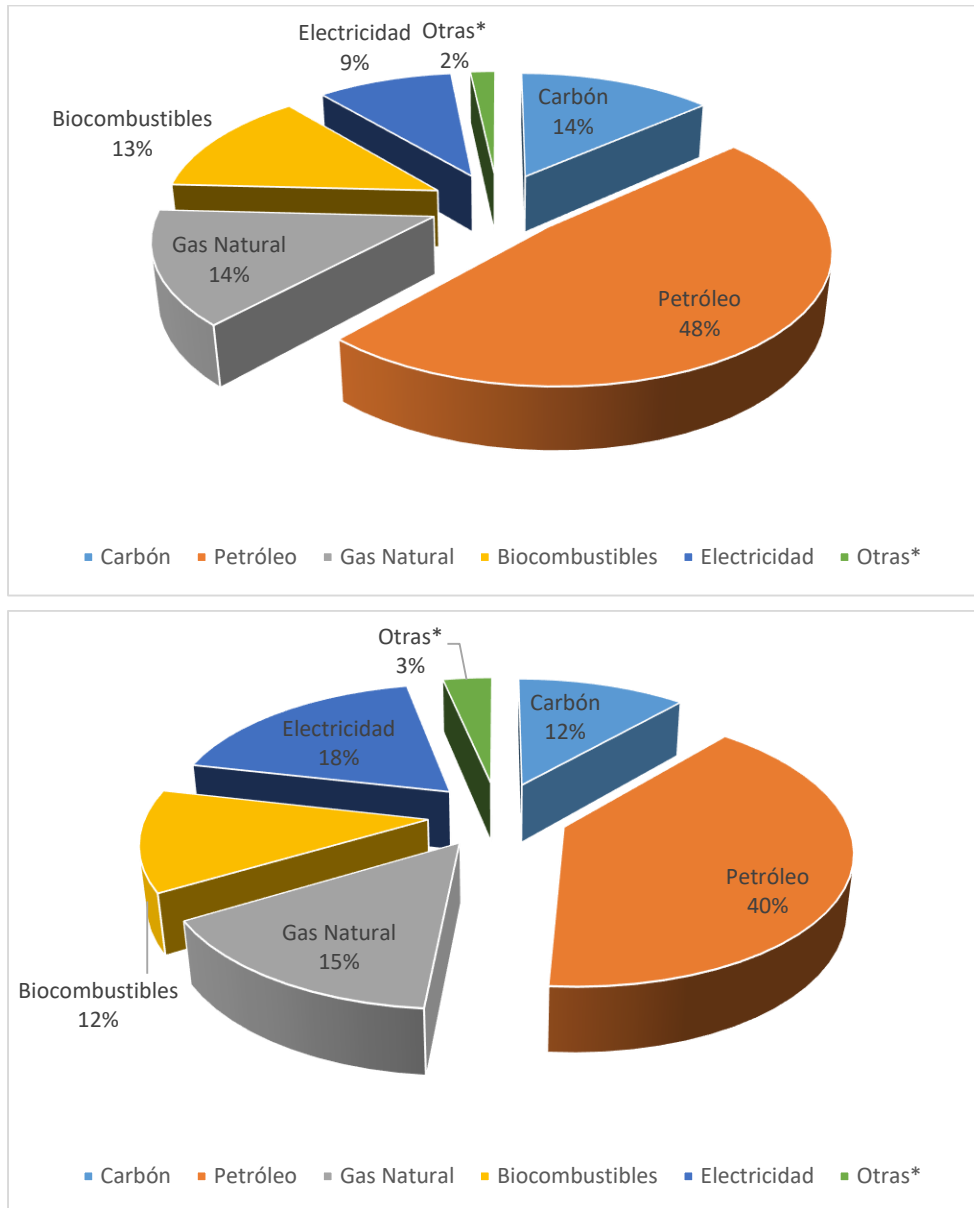


Figura 2.7 Histórico del consumo total final del combustible mundial, en el año de 1973 y 2014 (International Energy Agency 2016)

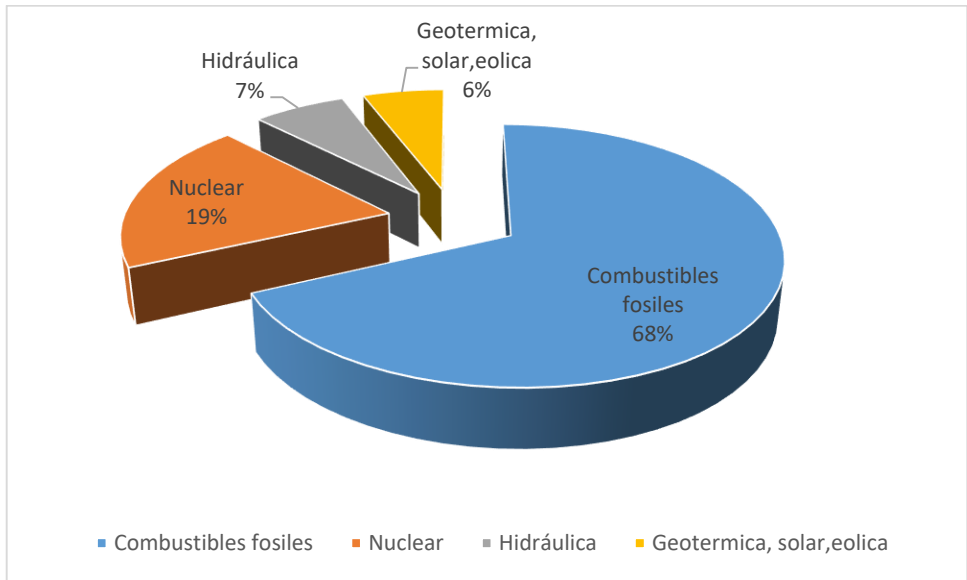
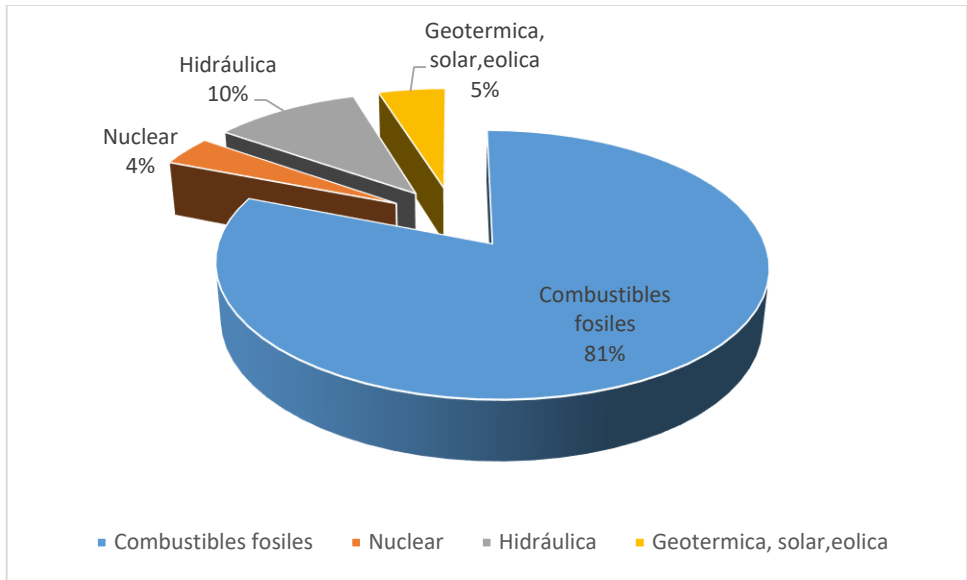


Figura 2.8 Histórico de la generación de electricidad por combustible en México y Estados Unidos., en el año de 2015 (International Energy Agency 2016).

CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA EMPLEADA

El objetivo del presente trabajo, como se mencionó anteriormente, es la aplicación de una metodología sistemática para determinar el comportamiento energético de viviendas residenciales a partir de una muestra en dos diferentes ciudades, (Mexicali y Hermosillo) y que esta metodología pueda ser adaptada para encontrar similitudes y diferencias en su desempeño energético y valorar el grado de cultura energética que pueda sentar las bases de estudios posteriores de mayor alcance y profundidad.

Se dispuso de información recabada mediante encuestas aplicadas de diferentes usuarios de cada ciudad de las cuales se obtiene la información básica necesaria para realizar los análisis. Se cuenta entre otra, con los consumos reales mensuales, las características de la vivienda, orientación, área climatizada, materiales de construcción, dimensiones, capacidad del equipo de aire acondicionado, eficiencia energética, inventario de cargas y electrodomésticos, potencia de iluminación, y ocupación. Para desarrollar el análisis, se cuenta también con el simulador térmico de edificios desarrollado por el Instituto de Ingeniería de la UABC que utiliza la metodología de funciones de transferencia propuesta por la Sociedad Americana de Aire Acondicionado y Refrigeración, (ASHRAE), pero adicionalmente incorpora el criterio de horas-grado para determinar potencia de enfriamiento, rapidez de retiro de calor y consumo eléctrico de un recinto acondicionado. Este simulador se ha utilizado con bastante confiabilidad para realizar cálculos térmicos en las viviendas de Mexicali, B.C., Hermosillo, Sonora, Culiacán, Sinaloa y diversas ciudades como Cienfuegos, en Cuba, entre otras. Su base

de datos tiene información de horas grado de estas ciudades y regiones. ASHRAE reconoce la vigencia de algunos métodos de cálculo de cargas térmicas para seleccionar la capacidad de los equipos de aire acondicionado. Los cuales se nombran a continuación:

El Método de Funciones de Transferencia (TMF). Una versión de este método con aplicaciones para diferentes tipos de construcción fue publicada en el manual de fundamentos ASHRAE de 1992. Este método tiene como fundamento el estimar las cargas de enfriamiento hora por hora, predecir las condiciones del espacio para varios sistemas, establecer programas de control y programas de operación. El Método de Funciones de Transferencia se aplica para el cálculo de flujo unidireccional de transferencia de calor en paredes y techos asoleados.

Sin embargo, se continúa trabajando para ampliar la base de información disponible al simulador para otras regiones y ciudades a fin de ser utilizado en cualquier parte de nuestro país.

El simulador calcula las ganancias instantáneas de calor sobre una base horaria, las convierte a potencia (o carga) de enfriamiento, y ésta a su vez, a rapidez de retiro de calor del aire acondicionado. Posteriormente, conociendo la eficiencia nominal y el tipo del equipo de climatización (equipo paquete, minisplit o ventana) incorpora un modelo que ajusta la eficiencia real por temperatura horaria ambiental, y mediante la metodología de horas-grado, se estima el consumo de electricidad mensual para cada mes del año. Una vez conocidos los consumos mensuales, la aplicación de la tarifa vigente, se determina la facturación mensual y anualizada.

El programa identifica los puntos críticos de un edificio en cuestión de ganancias o generación de calor con miras a la implantación de acciones de ahorro energético. El fundamento matemático del programa es el Método de Funciones de Transferencia recomendado por ASHRAE y utilizado también por numerosos simuladores de prestigio (ASHRAE, 1992).

El simulador permite calcular un caso específico y mostrar sus resultados para después modificar esa situación de partida y analizar las consecuencias de los cambios.

Las modificaciones posibles son:

- Cambiar la ciudad donde se ubica el inmueble.
- Cambiar las características constructivas de cada uno de los muros y del techo.
- Modificar la carga por iluminación y su horario de uso.
- Modificar el equipo o electrodoméstico utilizado y el horario de uso.
- Modificar número, horario y nivel de actividad de los ocupantes.
- Modificar las características constructivas y otras que inciden en la infiltración de la vivienda.
- Modificar la fecha del día o período simulado.
- Modificar la temperatura del termostato.
- Modificar la marca, capacidad y eficiencia del equipo de aire acondicionado.

El simulador también cuenta con las características típicas de la vivienda de Mexicali donde se han realizado diferentes estudios, desde hace algunos años (Romero M., 1994; COLEF-CFE, 1991, Sáñez, 1990). Dichos estudios, están orientados a determinar más acertadamente el comportamiento poblacional y la tipificación de la vivienda.

Los principales materiales de construcción utilizados en las viviendas de Mexicali son: para el techo; la madera y el concreto; para muros, el ladrillo, el block de cemento, el adobe y la madera. De acuerdo a estos estudios Mexicali cuenta con 6 tipos de vivienda que se describen a continuación (Romero, 1994).

- Tipo 1. Viviendas con techo de madera y muros de ladrillo. Representan el 30%.
- Tipo 2. Viviendas con techo de concreto y muros de block de cemento, 25%.
- Tipo 3. Viviendas con techo de madera y muros de adobe, 16%.
- Tipo 4. Viviendas con techo de concreto y muros de ladrillo, 10%.
- Tipo 5. Viviendas con techo de madera y muros de block de cemento, 8%.
- Tipo 6. Las viviendas con techo y muros de madera y las de techo de concreto y muros de adobe representan el 11% restante.

Sin embargo, en años recientes se ha incrementado la construcción de vivienda de interés social la cual consiste básicamente en muros de block de concreto pesado de 10 cm de espesos y los techos de vigueta y bovedilla. Este sistema constructivo, aunque no es igual al tipo 2 descrito arriba, su comportamiento térmico corresponde a dicha tipología. Por otra parte, las construcciones de adobe han reducido su presencia y solamente puede apreciarse ese tipo constructivo en la región del Valle de Mexicali, aunque su empleo está en franco retroceso y ha caído en mayor desuso. Una vivienda de Mexicali se puede apreciar en la Figura 3.1.



Figura 3.1 Vivienda típica en Mexicali.

Las viviendas se pueden optimizar mediante aislamiento térmico, que son los tipos de materiales utilizados en construcciones, que se caracterizan por su alta resistencia térmica, con el fin de reducir el paso del calor a través de las mismas y reducir los consumos de energía en la vivienda.

Los principales materiales de aislamiento térmico son poliuretano y poliestireno siendo este último el más utilizado en el sector residencial de Mexicali.

El poliestireno extruido es un termoplástico rígido y de bajo peso específico (Figura 3.2), entre sus ventajas es que es un producto reciclable, no produce daños a la salud, no es soluble en agua.



Figura 3.2 Aislamiento de un muro con poliestireno.

Por otra parte, el poliuretano espreado está formado por polioli e isocianatato y un agente soplante que se añade al final de la mezcla se aplica como “spray”, tanto por debajo como encima de paredes y techos, entre sus ventajas es que permite impermeabilidad (Figura 3.3). Su aplicación es generalmente en exteriores, pero debido a su aspecto poco estético no es tan utilizado en el sector residencial. Su resistencia térmica es aproximadamente 1.4 veces la del poliestireno en placa. Se emplea principalmente para el aislamiento térmico de cuartos fríos, como aislante en vehículos y refrigeradores ya que puede confinarse en espacios estrechos y toma la forma del sistema que se desea aislar lo cual no puede hacerse con otros materiales aislantes como el poliestireno o la fibra de vidrio.



Figura 3.3 Aislamiento de un techo con poliuretano espreado.

La fibra de vidrio se puede emplear generalmente para aislar ductos y en el espacio interior de techos, es de fácil instalación y aislante acústico (figura 3.4).



Figura 3.4 Fibra de vidrio.



Figura 3.5 Aislamiento de un techo con poliestireno.

En una vivienda, los electrodomésticos y los equipos de enfriamientos son los que inciden mayormente en el consumo de energía eléctrica, en la Tabla 3.1, se muestran los principales electrodomésticos y equipos de enfriamiento en una vivienda:

Electrodoméstico	Equipos de Enfriamiento
Foco incandescente o fluorescente (Ahorrador)	Refrigerador
Televisión	Aire acondicionado tipo central
Computadora de escritorio o portátil	Aire acondicionado tipo ventana
Radio grabadora	Aire acondicionado tipo minisplit
Lavadora	
Cafetera	
Horno de microondas	
Ventilador de techo o pedestal	
Plancha	
Secadora de pelo	
Estufa de gas o eléctrica	
Secadora de ropa	
Boiler Eléctrico	

Tabla 3.1 Principales electrodomésticos y equipos de enfriamiento en una vivienda.

Un equipo de aire acondicionado es un dispositivo cíclico, incluye elementos principales al refrigerante, el compresor, condensador, válvula de expansión y el evaporador; la forma de operar del ciclo es la misma que en el caso de los refrigeradores, la diferencia es que un refrigerador debe mantenerse a baja temperatura un volumen pequeño para

conservar alimentos, mientras que los equipos de aire acondicionado deben mantener una habitación en zona de confort.

Los equipos de aire acondicionado pueden ser de tipo paquete o central, tipo ventana o tipo minisplit



Figura 3.5 Aire acondicionado de tipo paquete o central.

El de tipo paquete o central como el de la Figura 3.5, cada uno tiene hasta capacidad de 5 ton, mismas que pueden abastecer de enfriamiento a toda una vivienda mediante la ventilación por medio de ductos en cada habitación de la vivienda, y desde el año 2006 estos equipos que sean nuevos, tiene una eficiencia energética (SEER, *Seasonal Energy Efficiency Ratio*) de al menos 13 kBtu/kWh.

El Índice estacional de eficiencia energética (SEER) es la relación de la cantidad total del calor disipado por un aire acondicionado (en kBtu) con respecto a la cantidad total de electricidad consumida (en kilowatt-horas, kWh).

El tipo de aire acondicionado minisplit como el de la Figura 3.6, consta de 2 unidades: la unidad interior y la unidad exterior. La interior es la que se coloca dentro de la vivienda y en ella se encuentran el serpentín evaporador, el ventilador y el sistema de expansión, a esta unidad se le conoce como *unidad manejadora de aire*. La unidad exterior comprende el compresor y el serpentín condensador, no debe colocarse en un lugar cerrado, entre más aire fresco reciba mejor, rechaza el calor hacia el exterior para evitar

sobrecalentamiento. Tienen capacidades de 1 hasta 5 ton con una eficiencia de 10 a 13 kBtu/kWh.



Figura 3.6 Aire acondicionado de tipo minisplit.

Los de tipo ventana como el de la Figura 3.7, cada uno tiene una capacidad de 1 hasta 3 ton y los nuevos tienen eficiencia de 10 a kBtu/kWh, se colocan principalmente en solo una habitación.



Figura 3.7 Aire acondicionado de tipo ventana.

En una vivienda también se cuenta con iluminación, gracias a ésta la vivienda puede tener luz por las noches y los tipos de focos que ahora se encuentran disponibles en el mercado son principalmente fluorescentes, ver Figura 3.8. Éstos son los que se le conocen como ahorradores porque consumen mucha menos energía que los focos incandescentes ver Figura 3.9, que consumen 6 veces más que los fluorescentes. El tiempo de vida útil de estos últimos es de 10,000 horas mientras que para los incandescentes es de 1,000 horas para la misma intensidad de iluminación. Recientemente se eliminó la fabricación de lámparas incandescentes de 100 y 75 Watts y en poco tiempo dejarán de fabricarse luminarias incandescentes siendo sustituidas por lámparas fluorescentes y tipo led.



Figura 3.8 Foco fluorescente 13 watts.



Figura 3.9 Foco incandescente 75 watts.

La Comisión Federal de Electricidad establece tarifas electrodomésticas (1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F y DAC (Alto consumo)) para hacer el cobro y la facturación de la energía eléctrica que se consume en las viviendas y dependiendo de la región y clima donde se localice las ciudades se aplicará alguna de las tarifas mencionadas.

La tarifa 1F aplica en regiones donde la temperatura media mensual en verano es de 33 grados Celsius como mínimo. A continuación, se presentan los precios en pesos por cada kWh de consumo durante los meses de invierno y verano del año 2016-2017.

RANGO	kWh	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
Básico	1-300	0.583	0.583	0.583	0.583	0.583	0.583
Intermedio bajo	301-1200	0.726	0.726	0.726	0.726	0.726	0.726
Intermedio Alto	1201-2500	1.768	1.768	1.768	1.768	1.768	1.768
Excedente	2501-Adelante	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802

Tabla 3.2 Costo de la energía eléctrica tarifa 1F periodo de verano 2016-2017.

RANGO	kWh	ENE	FEB	MAR	ABR	NOV	DIC
Básico	1-75	0.793	0.793	0.793	0.793	0.793	0.793
Intermedio	76-200	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956
Excedente	200-Adelante	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802

Tabla 3.3 Costo de la energía eléctrica tarifa 1F periodo de invierno 2016-2017.

Gracias a la metodología creada por los diversos autores e investigadores del Instituto de Ingeniería mencionados anteriormente, fue posible realizar este trabajo por lo que en el siguiente capítulo se presentan los casos de investigación en los que se trabajó para hacer los comparativos de las 2 ciudades, mencionadas anteriormente.

Como se indicó anteriormente, para realizar los análisis se utilizaron encuestas recabadas en las ciudades mencionadas a diferentes usuarios y por medio del simulador se hizo el estudio para cada vivienda y con las modificaciones para cada caso, se y analizaron los resultados de los cambios.

Para tener una idea más clara y entender acerca sobre los resultados de estos análisis, se definen las siguientes variables:

La *ganancia de calor* o más correctamente *rapidez de cambio instantánea de ganancia de calor*, es la rapidez a la cual el calor entra o es generado en el espacio en un instante de tiempo dado. La ganancia de calor se clasifica por la manera en la cual el calor entra al espacio y el tipo de ganancia de calor. El calor entra al espacio a través de superficies expuestas al ambiente exterior, de las personas en el interior, por la iluminación y el equipo en operación, así como por la ventilación y/o infiltraciones de aire. La ganancia de calor puede ser sensible o latente.

La ganancia de *calor sensible* es la adición directa de calor a una envolvente, aparte de cualquier cambio en el contenido de humedad, por cualquiera de los mecanismos de conducción, convección y radiación. La ganancia de *calor latente* se asocia a la adición o remoción de humedad al/del espacio.

La *carga de enfriamiento* o ganancia de calor se define como el calor absorbido de una fuente caliente el cual lo cede a una fuente fría produciendo trabajo. Es la rapidez a la cual el calor debe ser removido desde el espacio para mantener la temperatura del aire del mismo a un valor constante. El procedimiento de cálculo utilizado por la simulación es en síntesis de la siguiente manera: Una vez capturadas las características requeridas de la vivienda (dimensiones, orientación, materiales constructivos, áreas de ventanas, puertas, envolvente, ocupación horaria, potencia de iluminación, inventario de cargas internas, etc.) se determinan las ganancias instantáneas de calor a través del método de funciones de transferencia. Una vez hecho esto, y considerando la inercia térmica, se convierten a potencia o carga de enfriamiento horaria. Entonces, se transforma la potencia de enfriamiento en rapidez de retiro de calor modelando el comportamiento del equipo de climatización. Empleando la metodología de aplicación de horas-grado y conociendo el comportamiento de la eficiencia energética del sistema de climatización, la rapidez de retiro de calor se convierte a consumo de electricidad y el simulador lo totaliza día por día para cada día del año. Esto permite pronosticar el consumo eléctrico mensual a lo largo del año, así como estimar la facturación correspondiente y detectar qué elementos son los responsables del mayor impacto en el consumo de la energía.

CAPÍTULO 4 : RESULTADOS

Los resultados obtenidos de los análisis, muestran principalmente las ganancias de calor cuanto a techo, muros, ventanas, puertas, iluminación, ocupación de equipos e infiltración.

También se muestra la facturación anual de los consumos de energía actual y los calculados por el simulador para ver la diferencia en cuanto se pudiera disminuir este consumo en el caso de que la vivienda no cuente con las medidas de ahorro de energía.

Así mismo se muestra la desviación anual, verano e invierno del consumo de energía.

También se muestran los comparativos de ambas ciudades en cuanto a consumo de energía, uso de aire acondicionado, tipo de construcciones de las viviendas, muros y techos y aislamientos de los mismos, así como el impacto medioambiental

En total se realizaron 200 encuestas de las cuales 100 fueron para la ciudad de Mexicali y 100 para la ciudad de Hermosillo.

Enseguida veremos un ejemplo de una vivienda en la ciudad de Hermosillo.

1.- Los primeros datos que se ingresan al simulador son los siguientes (Ver Figura 4.1)

Datos	Definición
Datos del sistema climatización (área climatizada).	Se ingresa las medidas de construcción de la vivienda en m ² , ancho y largo de la casa.
Equipo central, minisplit y ventana.	Se selecciona el tipo de Aire Acondicionado.
Capacidad instalada actual (toneladas).	Se ingresa la capacidad instalada del aire acondicionado.
Eficiencia actual SEER kBtu/kWh.	Se ingresa la eficiencia del aire acondicionado.
Temperatura de control del termostato °F.	Se ingresa la temperatura con la que se frecuenta el uso del aire acondicionado.
Factor de uso del a/c.	Se ingresa el porcentaje de horas que se usa el aire acondicionado por día.
Selección de la tarifa vigente.	Se selecciona la tarifa facturada en esa vivienda (1, 1E, 1F, 2 y 3).
Consumo actual kWh.	Se ingresan los consumos de energía que se generaron en un año de acuerdo al recibo de facturación de CFE en esa vivienda.
Potencia de iluminación actual (watts).	Se ingresa la potencia de focos fluorescentes e incandescentes, que hay en la vivienda. Por cada foco fluorescente se considera 15 Watts y por cada incandescente 75 watts.

Tabla 4.1 Resumen de datos de ingreso al simulador.

DATOS DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN		Seleccione la tarifa vigente		CONSUMO ACTUAL (kWh)	
Área climatizada (m ²)	150.0	TARIFA	1E	Enero	275
EQUIPO CENTRAL	Split			Febrero	250
Capacidad instalada actual (ton)	0.0			Marzo	300
Eficiencia actual (SEER) kBtu/kWh	13			Abril	355
Temperatura de control de termostato (°F)	74			Mayo	458
Potencia de iluminación actual (Watts)		EQUIPO TIPO VENTANA O MINI SPLIT	2	Junio	660
Incandescente	0	Capacidad instalada actual (ton)	2.5	Factor de uso del a/a	Julio
Fluorescente	195	Eficiencia actual (EER) kBtu/kWh	10	0.28	Agosto
		Eficiencia nueva (SEER) kBtu/kWh			Septiembre
		Eficiencia nueva (Equipo ventana) (EER) kBtu/kWh			Octubre
		Total cap. instalada (ton)	2.5		Noviembre
					Diciembre
					280

Figura 4.1 Primeros datos de ingreso al simulador.

Datos de la vivienda	Número o cantidad
Tipo de vivienda	1 piso
Área Climatizada.	150 m ²
Equipo aire acondicionado.	1 equipo minisplit 1 ton, 1 equipo ventana 1.5 ton
Capacidad instalada actual.	2.5
Eficiencia actual SEER.	10 kBtu/kWh
Temperatura del termostato.	74 °F
Factor de uso del aire acondicionado.	28 %
Tarifa vigente de CFE.	1E
Potencia de iluminación	195 watts de focos fluorescentes (13 focos)

Tabla 4.2 Resumen de información de la vivienda.

2.- Identificación del lugar y selección del tipo de clima en la ciudad. (Figura 4.2).

The image shows a software interface with two main sections. The top section is titled 'IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR' and contains a dropdown menu with 'HERMOSILLO, SON.' selected. The bottom section is titled 'CLIMA' and contains a dropdown menu with 'SECO' selected. There are small numbers '2' and '1' next to the respective dropdown menus.

Figura 4.2 Selección de clima y ciudad.

3.- **Muros:** Se ingresan los datos de los muros (Figura 4.3) Norte, Sur, Este y Oeste, para cada uno se anotan las medidas de longitud (m), altura (m), área de ventanas (m²), área de puertas (m²), si recibe asoleamiento directo en algún muro seleccionamos sí o no, si tiene alguna pared interior en algún muro sí o no.

INFORMACIÓN DE LA ENVOLVENTE						
	Longitud (m)	Altura (m)	Área de ventanas (m ²)	Área de puertas (m ²)	¿Asoleamiento directo?	¿Pared interior?
MURO NORTE	15.0	2.5	2.4	2.0	No <input type="button" value="No"/>	No <input type="button" value="No"/>
MURO SUR	15.0	2.5	1.6	2.0	Si <input type="button" value="Si"/>	No <input type="button" value="No"/>
MURO ESTE	10.0	2.5	1.2	2.0	Si <input type="button" value="Si"/>	No <input type="button" value="No"/>
MURO OESTE	10.0	2.5	0.0	0.0	No <input type="button" value="No"/>	No <input type="button" value="No"/>

Figura 4.3 Información de la envolvente de los muros.

Muro	Longitud (m)	Altura (m)	Área de ventanas (m ²)	Área de puertas (m ²)	¿Asoleamiento directo?	¿Pared interior?
Norte	15	2.5	2.4	2	No	No
Sur	15	2.5	1.6	2	Si	No
Este	10	2.5	1.2	2	Si	No
Oeste	10	2.5	0	0	No	No

Tabla 4.3 Resumen de información de la envolvente de los muros.

3.1 Después se seleccionan las características de todos los muros (Figura 4.4), de acuerdo al tipo de material de construcción y el espesor del mismo.

NORTE	SUR	ESTE	OESTE
material principal	material principal	material principal	material principal
<input type="radio"/> concreto	<input type="radio"/> concreto	<input type="radio"/> concreto	<input type="radio"/> concreto
<input type="radio"/> concreto ligero	<input type="radio"/> concreto ligero	<input type="radio"/> Concreto ligero	<input type="radio"/> Concreto ligero
<input checked="" type="radio"/> Block concreto	<input checked="" type="radio"/> Block concreto	<input checked="" type="radio"/> Block concreto	<input checked="" type="radio"/> Block concreto
<input type="radio"/> Ladrillo	<input type="radio"/> Ladrillo	<input type="radio"/> Ladrillo	<input type="radio"/> Ladrillo
<input type="radio"/> Tridipanel	<input type="radio"/> Tridipanel	<input type="radio"/> Tridipanel	<input type="radio"/> Tridipanel
<input type="radio"/> Adobe	<input type="radio"/> Adobe	<input type="radio"/> Adobe	<input type="radio"/> Adobe
<input type="radio"/> Madera	<input type="radio"/> Madera	<input type="radio"/> Madera	<input type="radio"/> Madera
<input type="radio"/> Metal	<input type="radio"/> Metal	<input type="radio"/> Metal	<input type="radio"/> Metal
10 cm (4pulg) ▼	10 cm (4pulg) ▼	10 cm (4pulg) ▼	10 cm (4pulg) ▼

Figura 4.4 Tipo de material y espesor de los muros.

3.2 Después, el tipo de aislamiento, si uno de los muros está aislado. En caso de que no esté aislado algún muro, seleccionamos la opción *sin aislar*.

Block de concreto Otros materiales	Block de concreto Otros materiales	Block de concreto Otros materiales	Block de concreto Otros materiales
<input checked="" type="checkbox"/> Sin aislar	<input checked="" type="checkbox"/> Sin aislar	<input checked="" type="checkbox"/> Sin aislar	<input checked="" type="checkbox"/> Sin aislar
<input type="checkbox"/> Aislamiento interno o externo	<input type="checkbox"/> Aislamiento interno o externo	<input type="checkbox"/> Aislamiento interno o externo	<input type="checkbox"/> Aislamiento interno o externo
<input type="checkbox"/> Acabado interior	<input type="checkbox"/> Acabado interior	<input type="checkbox"/> Acabado interior	<input type="checkbox"/> Acabado interior
<input type="checkbox"/> Acabado exterior	<input type="checkbox"/> Acabado exterior	<input type="checkbox"/> Acabado exterior	<input type="checkbox"/> Acabado exterior
<input type="checkbox"/> Acabado ladrillo	<input type="checkbox"/> Acabado ladrillo	<input type="checkbox"/> Acabado ladrillo	<input type="checkbox"/> Acabado ladrillo
<input type="checkbox"/> Hoja de yeso	<input type="checkbox"/> Hoja de yeso	<input type="checkbox"/> Hoja de yeso	<input type="checkbox"/> Hoja de yeso
<input type="checkbox"/> Madera	<input type="checkbox"/> Madera	<input type="checkbox"/> Madera	<input type="checkbox"/> Madera
Tipo aislamiento	Tipo aislamiento	Tipo aislamiento	Tipo aislamiento
<input type="radio"/> Poliestireno	<input type="radio"/> Poliestireno	<input type="radio"/> Poliestireno	<input type="radio"/> Poliestireno
<input checked="" type="radio"/> Poliuretano	<input checked="" type="radio"/> Poliuretano	<input checked="" type="radio"/> Poliuretano	<input checked="" type="radio"/> Poliuretano
<input type="radio"/> Fibra de vidrio R11	<input type="radio"/> Fibra de vidrio R11	<input type="radio"/> Fibra de vidrio R11	<input type="radio"/> Fibra de vidrio R11
<input type="radio"/> Fibra de vidrio R13	<input type="radio"/> Fibra de vidrio R13	<input type="radio"/> Fibra de vidrio R13	<input type="radio"/> Fibra de vidrio R13
<input type="radio"/> Fibra de vidrio R17	<input type="radio"/> Fibra de vidrio R17	<input type="radio"/> Fibra de vidrio R17	<input type="radio"/> Fibra de vidrio R17
<input type="radio"/> Fibra de vidrio R19	<input type="radio"/> Fibra de vidrio R19	<input type="radio"/> Fibra de vidrio R19	<input type="radio"/> Fibra de vidrio R19
20 cm (8 pulg) ▼	20 cm (8 pulg) ▼	20 cm (8 pulg) ▼	20 cm (8 pulg) ▼

Figura 4.5 Tipo de aislamiento y espesor de aislamiento de los muros.

Muro	Material principal	Tipo de aislamiento
Norte	Block Concreto	Sin Aislar
Sur	Block Concreto	Sin Aislar
Este	Block Concreto	Sin Aislar
Oeste	Block Concreto	Sin Aislar

Tabla 4.4 Resumen de las características de los muros.

4.- Techo: Seleccionamos las características y el tipo de techo, así como el tipo de construcción de acuerdo a si en la vivienda el techo está construido en una vivienda de un piso o de dos pisos, el tipo y espesor de aislamiento en caso de que esté aislado y después con un “si” o un “no”, algunas preguntas sobre el techo como se muestra en la Figura 4.6.

TIPO DE TECHO		TECHO	
10	LOSAS DE CONCRETO Y VIGUETA Y BOVEDILLA CON 4" O MÁS DE POLIESTIRENO	¿Color oscuro o negro? (s/n)	Si
		¿Color aluminio? (s/n)	No
		¿Pintura reflectiva? (s/n)	Si
		¿Es planta baja o intermedia? (s/n)	No
		¿Hay buen sellado de puertas y ventanas?	Si

Características del techo

Material principal	Condiciones y materiales adicionales	Tipo de aislamiento
<input type="radio"/> Vigüeta y bovedilla de 12.5 cm (5 pulg) <input type="radio"/> Vigüeta y bovedilla de 15 cm (6 pulg) <input type="radio"/> Vigüeta y bovedilla de 17.5 cm (7 pulg) <input type="radio"/> Vigüeta y bovedilla de 20 cm (8 pulg) <input type="radio"/> Losa de concreto de 5 cm (2 pulg) <input checked="" type="radio"/> Losa de concreto de 10 cm (4 pulg) <input type="radio"/> Madera de 2.5 cm o 3 cm (1 o 1.5 pulg) <input type="radio"/> Metal o lámina metálica <input type="radio"/> Tridipanel 3 pulg <input type="radio"/> Tridipanel 5 pulg	<input checked="" type="checkbox"/> Sin aislar <input type="checkbox"/> Con aislamiento interno o externo <input type="checkbox"/> Cartón arenado <input type="checkbox"/> Loseta de arcilla <input type="checkbox"/> Rasilla mortero de 2.5 cm (1 pulg) <input type="checkbox"/> Hoja de yeso de 1/2 pulg <input type="checkbox"/> Espacio de aire en plafón <input type="checkbox"/> Acabado interior mortero 1/2 pulg <input type="checkbox"/> Acabado interior de yeso de 1/2 cm <input type="checkbox"/> Pedacería de piedra	<input type="radio"/> Poliestireno <input checked="" type="radio"/> Poliuretano <input type="radio"/> Fibra de vidrio R9 <input type="radio"/> Fibra de vidrio R11 <input type="radio"/> Fibra de vidrio R13 <input type="radio"/> Fibra de vidrio R15 <input type="radio"/> Fibra de vidrio R19 <input type="radio"/> Fibra de vidrio R>19
		Espesor del aislamiento de poliestireno o poliuretano 10 cm (4 pulg)

Figura 4.6 Características principales del techo.

Tipo de techo	Losa de concreto y vigueta y bovedilla con 4" o más de poli estireno.
Material principal	Losa de concreto de 10 cm (4 pulg).
Tipo de aislamiento	Sin Aislar

Tabla 4.5 Resumen de las características del techo.

5.- Ocupación e iluminación en la vivienda: Aquí se ingresa la ocupación de personas y el porcentaje de iluminación (Figura 4.7) de acuerdo al número de personas que hay en la vivienda durante las 24 horas del día, así como el porcentaje de iluminación en el día.

	OCUPACIÓN	ILUMINACIÓN
Hora	Personas	% usado
1	7	10%
2	7	10%
3	7	10%
4	7	10%
5	7	10%
6	5	50%
7	2	50%
8	2	0%
9	2	0%
10	2	0%
11	2	0%
12	2	0%
13	2	0%
14	2	0%
15	5	0%
16	5	0%
17	5	0%
18	5	0%
19	5	15%
20	7	40%
21	7	60%
22	7	70%
23	7	10%
24	7	10%

Figura 4.7 Ocupación de personas e iluminación en la vivienda.

6.- Equipos electrodomésticos: Por último, se selecciona los electrodomésticos que se usan en la vivienda y la cantidad de los mismos (Figura 4.8)

DESCRIPCION	CANT
Ventilador pedestal	0
Cooler	0
Refrigerador 21 ft3 usado	0
Refrigerador 18 ft3 usado	1
Refrigerador mediano (13-15 ft3)	0
Refrigerador chico usado	0
Refrigerador 21 ft3 nuevo	0
Refrigerador 18 ft3 nuevo	0
Refrigerador mediano (13-15ft3)	0
Refrigerador chico nuevo	0
TV LCD 32-43 pulg	0
TV LEDS 32-43 pulg	1
tv color 24-29 pulg	0
TV color 19-21 pulg	0
Impresora color	0
Secadora de pelo	0
Celda no asignada	0
Proyector	0
Radio	1
Plancha	1
Lavadora	1
Microondas	1
Cafetera	1
Estufa de gas	1
Secadora de ropa	0
Boiler eléctrico	0
Computadora	2
Impresora	0
Calentador eléctrico	0
Estufa eléctrica	0

Figura 4.8 Electrodomésticos de uso en la vivienda y cantidad de los mismos.

Equipo	Cantidad
Refrigerador 10 ft3 usado	1
TV Leds 32-43 pulgadas	1
Radio	1
Plancha	1
Lavadora	1
Microondas	1
Cafetera	1
Estufa de gas	1
Computadora	2

Tabla 4.6 Resumen de equipos electrodomésticos presentes en la vivienda.

Ya con todos los datos especificados, entonces se corre la simulación y la salida de resultados se muestra a continuación (Figura 4.9):

SALIDA DE RESULTADOS			
Tarifa	1E	Área (m ²)	150
Capacidad requerida de enfriamiento (ton)	3.5	Cap. actual (ton)	2.5
Demanda máxima (kW)	2.35	SEER =	11.4
Contribución individual:	tonh	%	% uso A/A
Techo	48.5	52.7%	28%
Norte	8.4	9.1%	Demanda máxima invierno (kW)
Sur	10.0	10.9%	
Este	7.1	7.7%	Demanda máxima verano (kW)
Oeste	6.5	7.1%	
Ventanas, ptas.	3.3	3.6%	
Iluminación	0.6	0.7%	
Ocupación	6.5	7.1%	
Infiltración	1.2	1.3%	
TOTAL	92.0	100.0%	

FACTURACIÓN				
MES	kWh (calc)	Pesos	kWh actuales	
ENE	268	\$ 357.97	275	2.5%
FEB	242	\$ 266.91	250	3.1%
MAR	300	\$ 436.83	300	0.1%
ABR	350	\$ 560.71	355	1.4%
MAY	458	\$ 251.49	458	-0.1%
JUN	656	\$ 380.25	660	0.6%
JUL	796	\$ 560.99	800	0.5%
AGO	728	\$ 429.96	750	2.9%
SEP	676	\$ 397.91	680	0.6%
OCT	547	\$ 314.16	560	2.3%
NOV	270	\$ 374.21	300	10.0%
DIC	268	\$ 371.12	280	4.2%
Total anual	5559	\$ 4,702.51	5668	
Total verano	3861	\$ 2,334.77	3908	
Total invierno	1698	\$ 2,367.74	1760	
1.9%	1.2%	3.5%	2.3%	
Anual	Verano	Invierno	Promedio	

Consumo aire acondicionado (kWh)		% del A/A
MES	kWh	
ENE	0	
FEB	0	
MAR	32	
ABR	91	
MAY	190	42%
JUN	396	60%
JUL	528	66%
AGO	460	63%
SEP	416	62%
OCT	279	51%
NOV	10	
DIC	0	
Total anual	2401	

Figura 4.9 Salida de resultados del simulador.

Tarifa	1F
Capacidad requerida de enfriamiento (ton)	3.5
Demanda máxima	2.35 kW
Factor de uso de A/A	28%
Capacidad actual (ton)	2.5
SEER	11.4
Contribución Individual	%
Techo	52.7
Norte	9.1
Sur	10.9
Este	7.7
Oeste	7.1
Ventanas, puertas	3.6
Iluminación	0.7
Ocupación, equipos	7.1
Infiltración	1.3
TOTAL	100

Tabla 4.7 Porcentaje de cargas de enfriamiento de en la vivienda.

Mes	kWh calculados	kWh actuales	Desviación anual, verano e invierno %
Enero (2015)	268	275	2.5
Febrero (2015)	242	250	3.1
Marzo (2015)	300	300	0.1
Abril (2015)	350	355	1.4
Mayo (2015)	458	458	-0.1
Junio (2015)	656	660	0.6
Julio (2015)	796	800	0.5
Agosto (2015)	728	750	2.9
Septiembre (2014)	676	680	0.6
Octubre (2014)	547	560	2.3
Noviembre (2014)	270	300	10
Diciembre (2014)	268	280	4.2
Total Anual	5559	5668	1.9
Total Verano	3861	3908	1.2
Total Invierno	1698	1760	3.5

Tabla 4.8 Facturación calculada y real de consumo en kWh y desviación anual.

El resultado generado del simulador muestra principalmente las cargas de enfriamiento por aire acondicionado que se tienen en la vivienda de acuerdo a las características de los muros, techo, ventanas y puertas, iluminación, ocupación de equipos e infiltraciones.

Así como la demanda máxima de energía, que se refiere a la máxima potencia que los equipos demandan cuando coinciden en su uso. El factor de uso promedio del aire acondicionado en cuanto a las 24 horas de un día.

Y muestra los consumos de energía de los resultados simulados comparados con los consumos reales de consumo anual de verano e invierno.

En base a este resultado se hacen recomendaciones para establecer escenarios de ahorro y uso eficiente de la energía para cada caso. Para este caso se reporta que se cuenta con las medidas de ahorro de energía porque hay aislamiento en todos los muros y techos, utiliza focos fluorescentes para su iluminación y cuenta con equipos electrodomésticos de pocas horas de uso, la diferencia es que utiliza 3 ton, cuando solo requiere 1.5 ton, por lo que se recomienda utilizar menos capacidad de enfriamiento para reducir el pico de demanda eléctrica durante los meses de verano.

A continuación, se muestra los resultados y el comparativo que se hizo en cada ciudad y posteriormente se muestra las diferencias que se tienen en las 2 ciudades.

Los resultados que se obtuvieron de acuerdo a las 200 simulaciones de la ciudad de Mexicali y Hermosillo, son las siguientes:

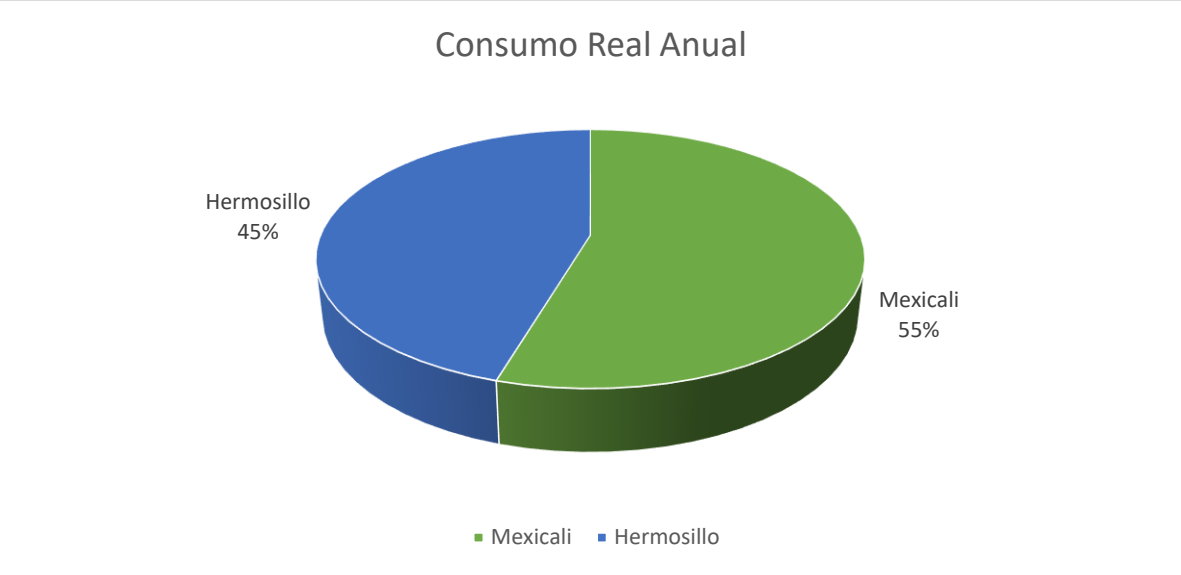
4.1 - Porcentaje y total de consumos de energía.

A continuación, veremos los consumos de energía que se obtuvieron para ambas ciudades de acuerdo a los que los usuarios reportaron mediante la encuesta, pero primero definiré el significado de reales y calculado y cuáles son los periodos en los que se divide.

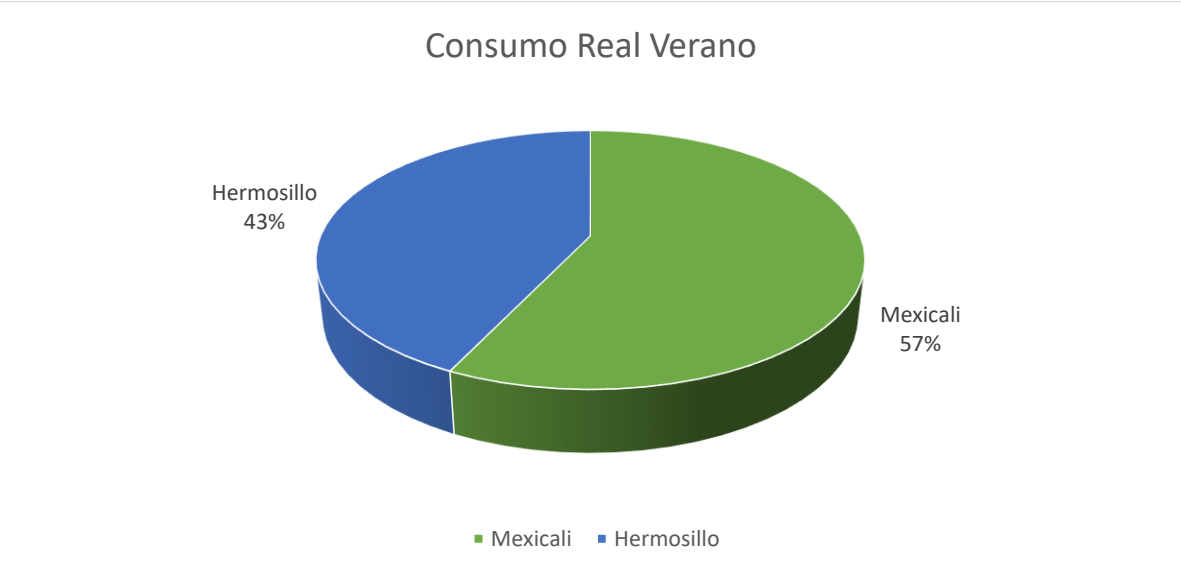
Consumos de energía reales: Estos son los consumos que se obtuvieron de acuerdo a la encuesta que contestaron los usuarios de cada vivienda, dichos consumos se obtuvieron mediante el recibo que genera la compañía de electricidad (CFE) los consumos se reportan en kWh que es la unidad por la cual se mide el uso de energía.

Consumos de energía calculados: Estos son los consumos que se generaron utilizando el simulador de energía ya mencionado anteriormente, estos consumos son el resultado que se generó utilizando el simulador y también se reportan en la unidad de medida kWh, también estos consumos son el resultado del ahorro de energía que se puede tener en las viviendas si se implementan todas las acciones de ahorro de energía ya mencionados anteriormente.

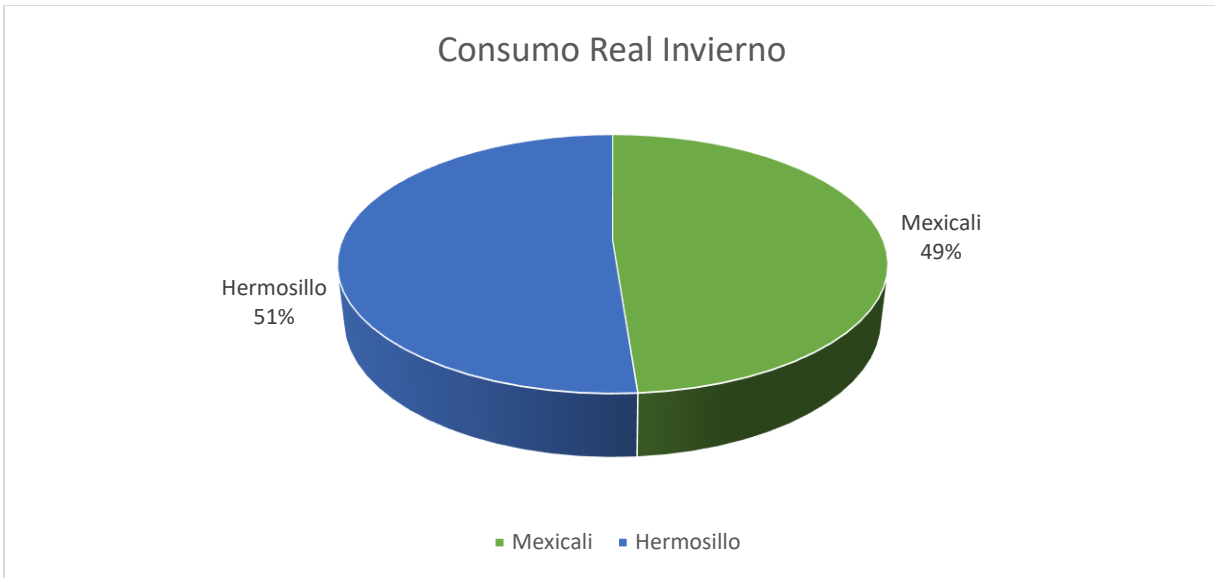
Periodos anuales, verano en invierno: Estos son los periodos en los cuales se divide los consumos de energía, anual es todo el año, verano comprende de los meses de mayo a octubre, e invierno comprende de los meses de noviembre a abril.



Grafica 4.1 Porcentaje de consumo de energía real anual en Mexicali y Hermosillo.



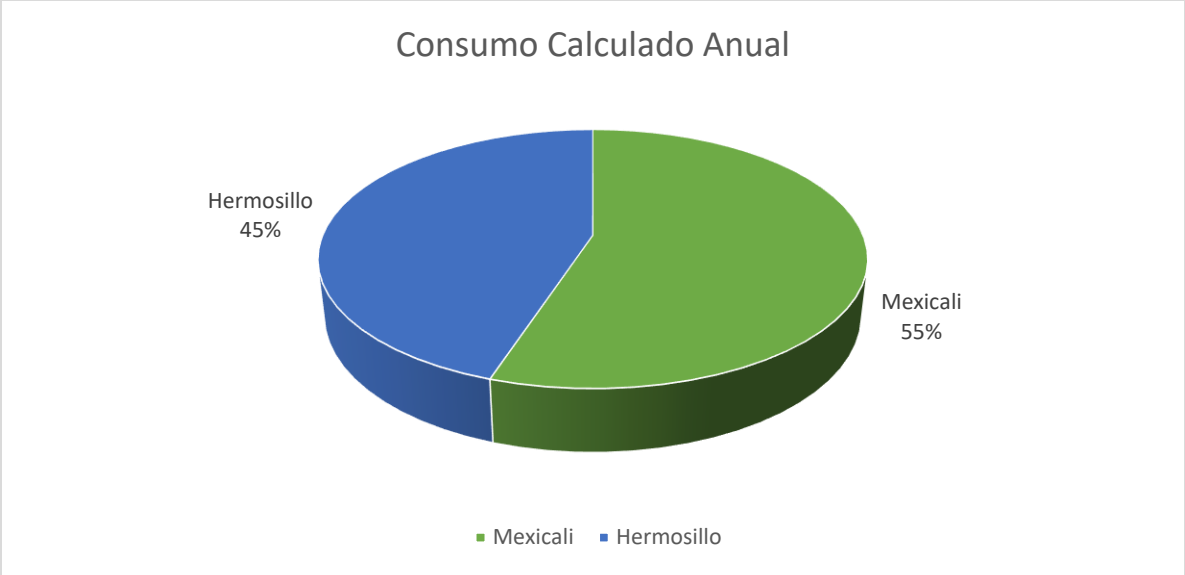
Grafica 4.2 Porcentaje de consumo de energía real en verano en Mexicali y Hermosillo.



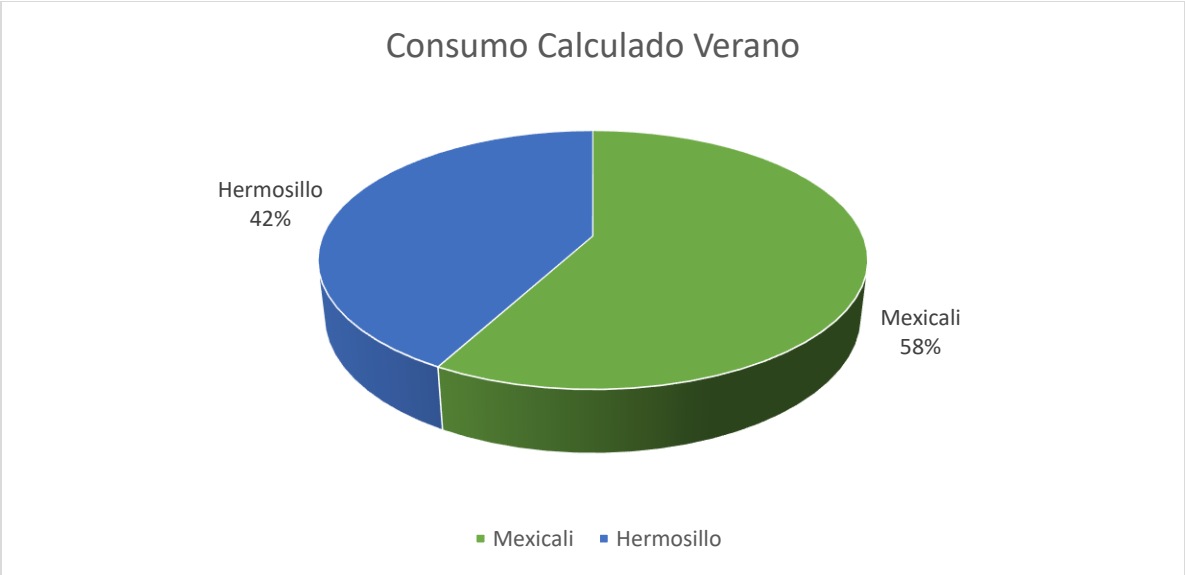
Grafica 4.3 Porcentaje de consumo de energía real en invierno en Mexicali y Hermosillo.

Ciudad	Consumo Real de energía kWh (periodo anual)	Consumo Real de energía kWh (periodo verano)	Consumo Real de energía kWh (periodo invierno)
Mexicali (100 viviendas)	842,843	616,926	225,917
Hermosillo (100 viviendas)	700,101	462,994	237,107

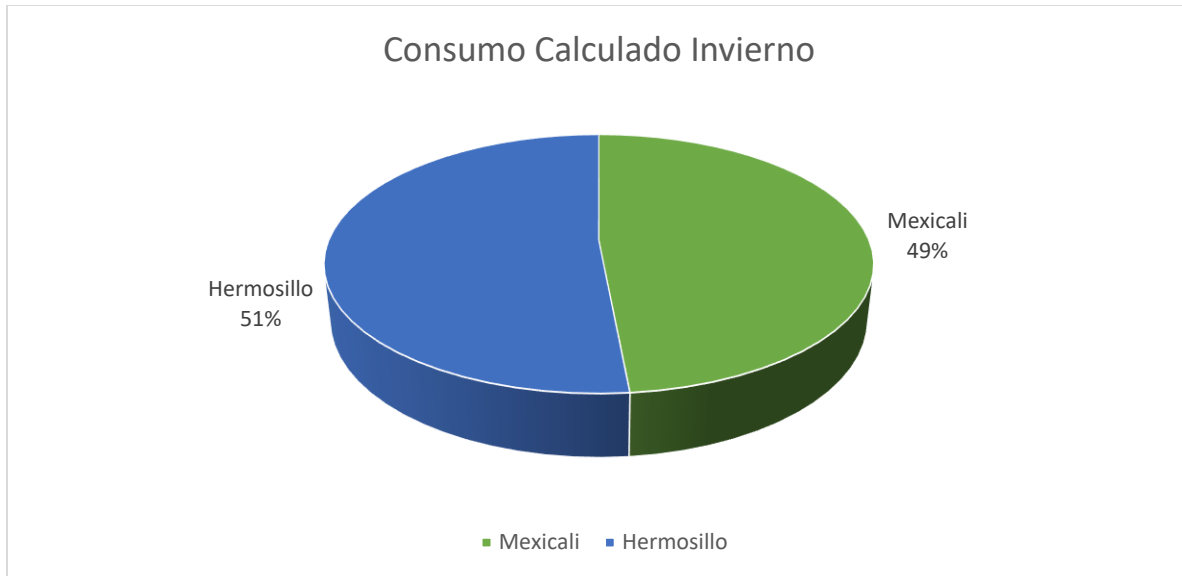
Tabla 4.9 Total de consumo de energía real en los diferentes periodos en la ciudad de Mexicali y Hermosillo.



Grafica 4.4 Porcentaje de consumo de energía calculado anual en Mexicali y Hermosillo.



Grafica 4.5 Porcentaje de consumo de energía calculado en verano en Mexicali y Hermosillo.



Grafica 4.6 Porcentaje de consumo de energía calculado en invierno en Mexicali y Hermosillo.

Ciudad	Consumo calculado de energía kWh (periodo anual)	Consumo calculado de energía kWh (periodo verano)	Consumo calculado de energía kWh (periodo invierno)
Mexicali (100 viviendas)	838,222	613,366	224,856
Hermosillo (100 viviendas)	683,625	444,882	238,743

Tabla 4.10 Total de consumo de energía calculado en los diferentes periodos en la ciudad de Mexicali y Hermosillo.

Concepto	Total
Consumos de energía real kWh (2 ciudades)	1,542,943
Consumos de energía calculado kWh (2 ciudades)	1,521,847

Tabla 4.11 Total de consumo de energía real y calculado en la ciudad de Mexicali y Hermosillo.

Concepto kWh	Mexicali	Hermosillo	Diferencia %
Consumo de e. real Anual	8,428	7,001	16.94
Consumo de e. Real Verano	6,169	4,629	24.95
Consumo de e. Real Invierno	2,259	2,371	-4.95
Consumo de e. Calculado Anual	8,328	6,836	18.44
Consumo de e. Calculado Verano	6,133	4,448	27.47
Consumo de e. Calculado Invierno	2,248	2,387	-6.18

Tabla 4.12 Promedio de consumo de energía por cada habitante en la ciudad de Mexicali y Hermosillo.

Concepto	Mexicali	Hermosillo	Diferencia %
Desviación Anual	0.55	2.35	1.45
Desviación Verano	0.58	3.91	2.24
Desviación Invierno	0.47	-0.69	-0.11

Tabla 4.13 Desviación Promedio en la ciudad de Mexicali y Hermosillo.

Como se pudo apreciar, Mexicali registro mayor consumo durante el periodo anual y el de verano, mientras que Hermosillo registro mayor consumo durante el periodo invierno, la gran diferencia es que en el periodo de verano en Mexicali hay muchas más horas grado durante el día lo cual hace un mayor uso del aire acondicionado, y durante el invierno en Hermosillo se utiliza más los equipos de calefacción y también equipos para calentar agua como los boiler eléctricos es por eso que dio mayor consumo en invierno.

Como se pudo apreciar el consumo de energía real en la tabla 4.9 y el calculado en la tabla 4.10 la diferencia en cuanto a consumo real y calculado es muy poca como se puede apreciar en la tabla siguiente 4.14 y 4.15 esto nos hace validar que los resultados están correctos puesto que la desviación promedio tanto anual y verano nos dio por debajo del 2% (tabla 4.13), y se había dicho que para asegurar la confianza en los resultados la diferencia en % no debía superar más del 3%. Por ejemplo, para calcular la desviación anual de Mexicali tomamos el consumo real 842,843 y lo restamos con el calculado 838,222 y lo dividimos entre el real 842,843 y multiplicado por 100 eso nos da un total de 0.55%. Usando el mismo procedimiento se calculó la desviación anual de Hermosillo dando un total de 2.35% y la diferencia en ambas ciudades dio 1.45% asegurando que la desviación % nos dio por debajo del 3% y de la misma forma se calculó la desviación verano e invierno.

Ciudad	Consumo de energía kWh (periodo anual)	Consumo de energía kWh (periodo verano)	Consumo de energía kWh (periodo invierno)
Mexicali consumo real (100 viviendas)	842,843	616,926	225,917
Mexicali consumo calculado (100 viviendas)	838,222	613,366	224,856

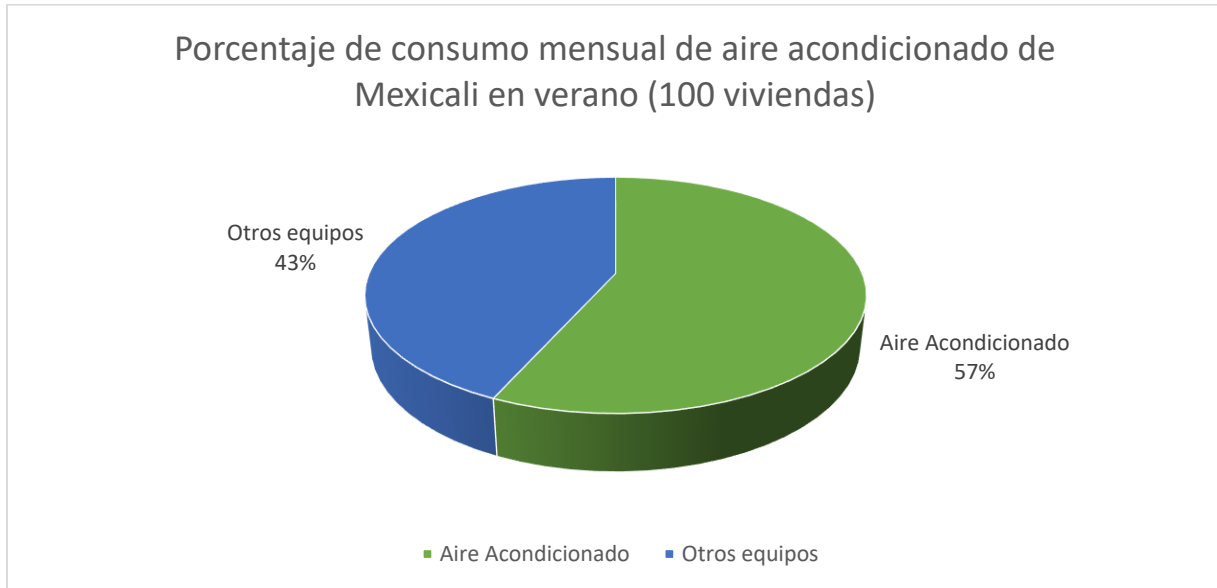
Tabla 4.14 Consumo de energía real y calculado en Mexicali.

Ciudad	Consumo de energía kWh (periodo anual)	Consumo de energía kWh (periodo verano)	Consumo de energía kWh (periodo invierno)
Hermosillo consumo real (100 viviendas)	700,101	462,994	237,107
Hermosillo consumo calculado (100 viviendas)	683,625	444,882	238,743

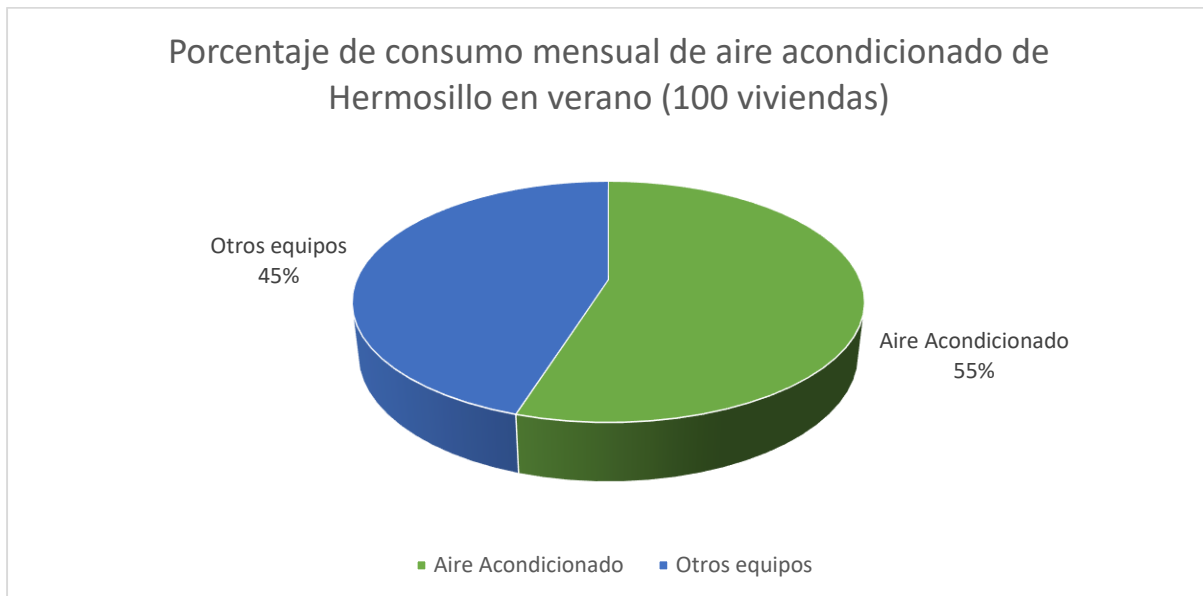
Tabla 4.15 Consumo de energía real y calculado en Hermosillo.

El promedio de consumo de energía por cada usuario en Mexicali es de 8,428 kWh al año, mientras que en Hermosillo es de 7,001 kWh con una diferencia de casi el 17% lo cual nos indica que es un buen porcentaje para las mismas condiciones climáticas que se tienen en ambas ciudades, no existen tanta diferencia, eso nos habla de que a pesar de que existe una mayor diferencia en verano del 25% se equilibró con la diferencia de 5% en invierno, y el resultado obtenido es que en Mexicali cada vivienda promediaría más consumo que en Hermosillo esto de acuerdo a las mismas condiciones de clima y tipo de viviendas y construcción que veremos a continuación.

4.2 - Porcentaje de aire acondicionado.



Grafica 4.7 Porcentaje de consumo mensual de a/c en Mexicali.



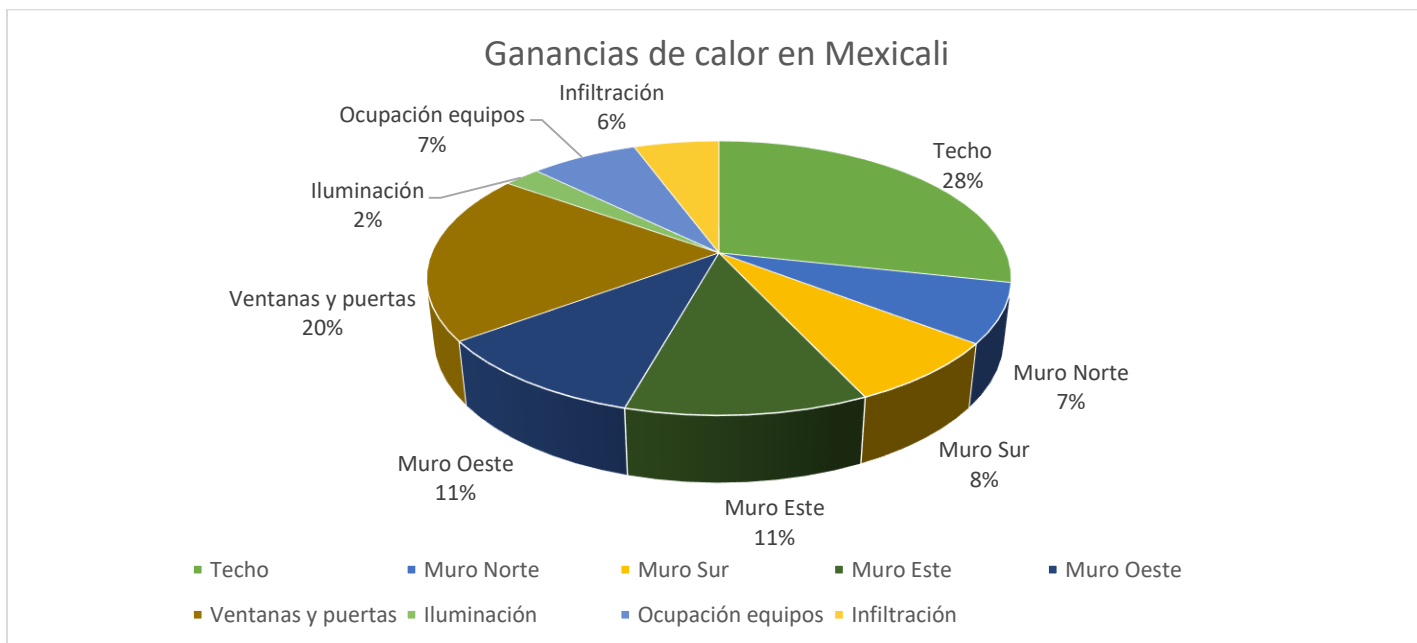
Grafica 4.8 Porcentaje de consumo mensual de a/c en Hermosillo.

Concepto	Mexicali	Hermosillo
Aire Acondicionado %	57	55

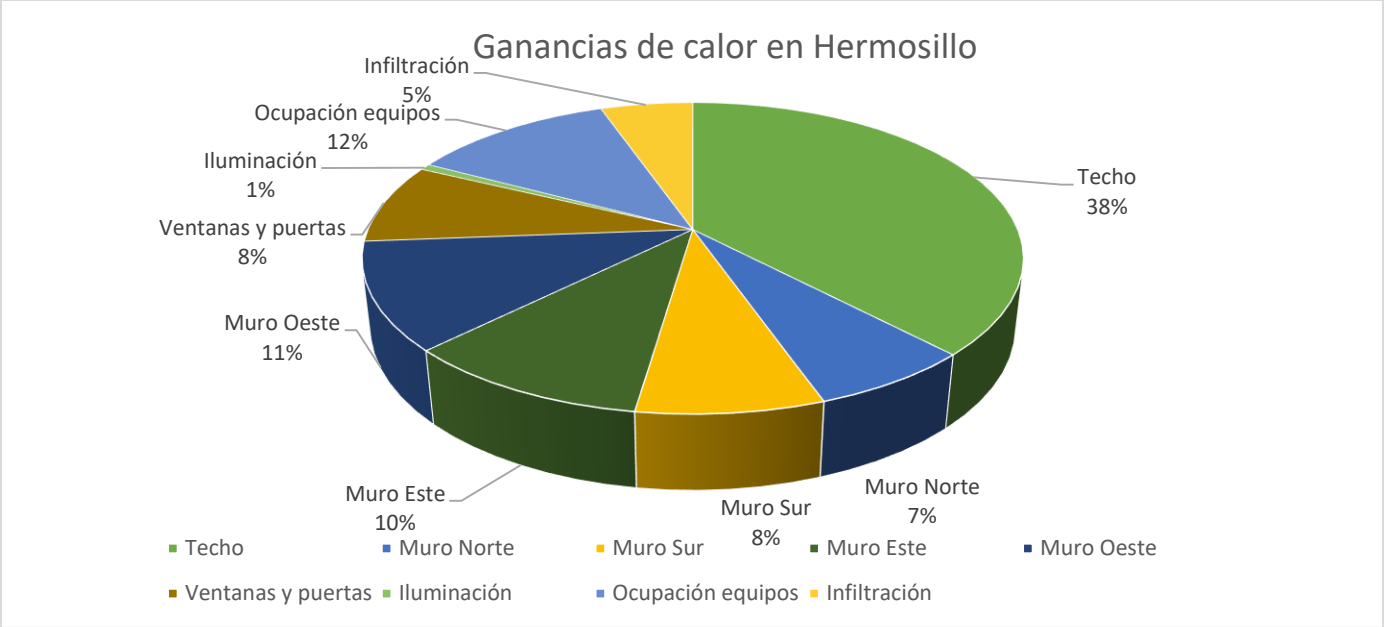
Tabla 4.16 Promedio por consumo de aire acondicionado en la ciudad de Mexicali y Hermosillo.

A pesar de que en Mexicali hay más horas-grado durante el verano que en Hermosillo la diferencia de porcentaje de uso de aire acondicionado es solo del 2%, Mexicali con 57% y Hermosillo con 55%. Esto se debe que, aunque existan menos horas-grado en Hermosillo en Mexicali los usuarios optan por uso la mayor parte del día su aire acondicionado en el verano. Por ejemplo, los equipos de aire acondicionado tipo central están encendidos la mayor parte del día ya que muchos trabajan a condiciones de temperatura y son automáticos, mientras que los de tipo ventana o tipo minisplit se pueden controlar por el usuario conforme a las condiciones de confort, depende del usuario que tanto desee utilizar su aire acondicionado.

4.3 – Ganancias de calor.



Gráfica 4.9 Porcentaje de ganancias de calor en Mexicali.



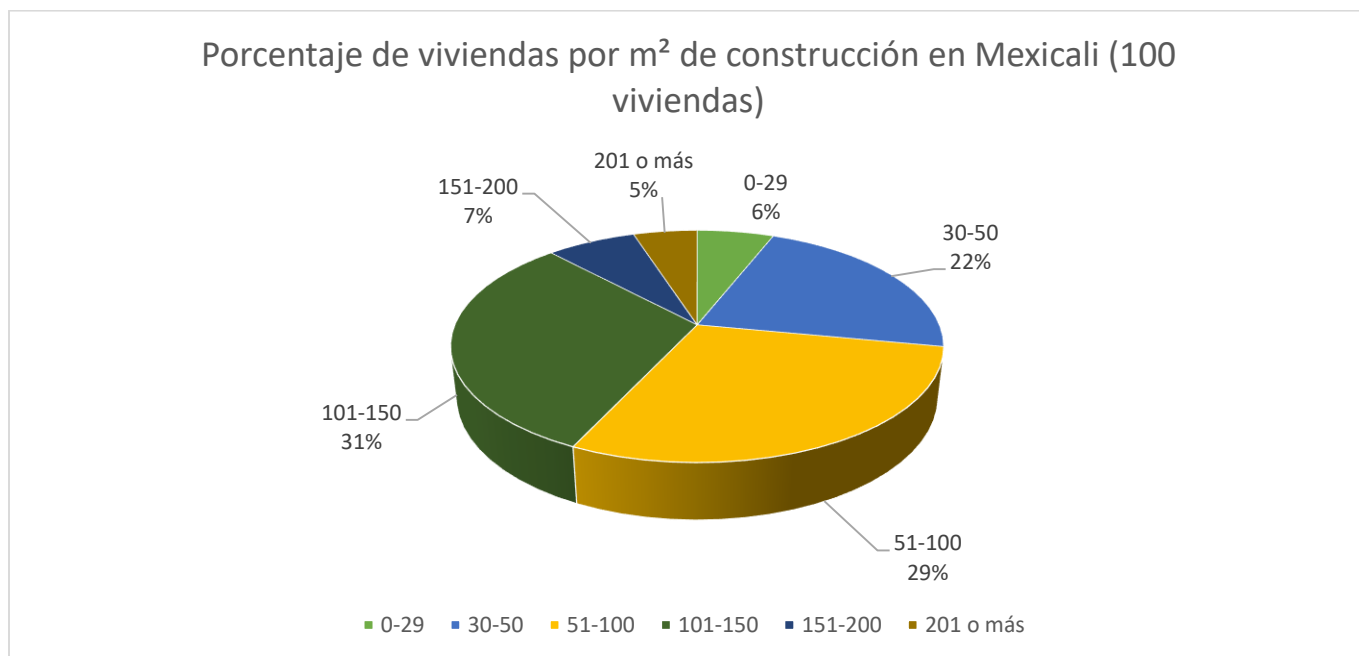
Grafica 4.10 Porcentaje de ganancias de calor en Hermosillo

Ganancias de calor %	Mexicali (100 viviendas)	Hermosillo (100 viviendas)
Techo	28%	38%
Muro Norte	7%	7%
Muro Sur	8%	8%
Muro Este	11%	10%
Muro Oeste	11%	11%
Ventanas y puertas	20%	8%
Iluminación	2%	1%
Ocupación equipos	7%	12%
Infiltración	6%	5%
Total porcentaje	100%	100%

Tabla 4.17 Total de cargas de enfriamiento en la ciudad de Mexicali y Hermosillo (200 viviendas).

Las ganancias de calor como ya se había mencionado son las ganancias que se obtienen dentro de la vivienda en cuanto a la radiación solar proveniente del sol la cual incide sobre la vivienda como se puede apreciar en las gráficas 4.9 y 4.10 y en la tabla 4.17 se tiene los porcentajes de ganancias de calor para cada ciudad. La diferencia que podemos notar es que en Hermosillo la ganancia de calor con mayor porcentaje se da en el techo con 38% mientras que en Mexicali es de 28% esto en gran parte se debe que en Mexicali si existe el aislamiento de techo y en Hermosillo no se tienen tantos usuarios con aislamiento en el techo como veremos un poco más adelante. En los muros norte, sur, este y oeste se tiene prácticamente las mismas ganancias de calor, pero en lo que se refiere a ventanas y puertas existen mayores ganancias de calor en Mexicali con un 20% y en Hermosillo con un 8% lo cual se debe a que en Hermosillo existe un mejor sellado de puertas y ventanas, mientras que la iluminación en infiltración se tiene el mismo porcentaje y en ocupación de equipos Mexicali tiene un 7% y Hermosillo un 12% esto quiere decir que también los equipos que se tienen dentro de la vivienda aportan ganancias de calor cuando están en uso, aquí podemos notar que Hermosillo utiliza más los electrodomésticos más tiempo que en Mexicali. Y en resumen como pudimos ver en la gráfica 4.9 se tiene el porcentaje de ganancias de calor en ambas ciudades donde el techo registra un 33%, Muro Norte 7%, Muro Sur 8%, Muro Este 11%, Muro Oeste 11%, Ventanas y Puertas 14%, Iluminación 2%, Ocupación equipos 9% y Infiltración 5%.

4.4 – m² de construcción

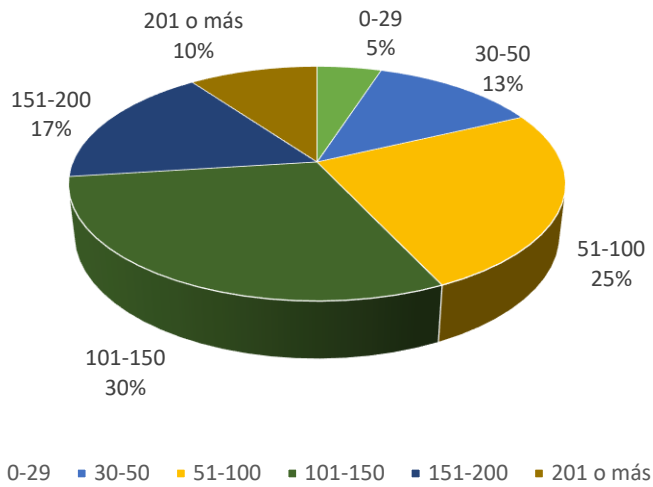


Grafica 4.11 Porcentaje de viviendas por m² de construcción en Mexicali.

m ² de construcción	Total de usuarios
0-29	6
30-50	22
51-100	29
101-150	31
151-200	7
201 o más	5
Total de viviendas	100

Tabla 4.18 Total de usuarios en Mexicali con diferentes grupos de m² de construcción.

Porcentaje de viviendas por m² de construcción en Hermosillo (100 viviendas)

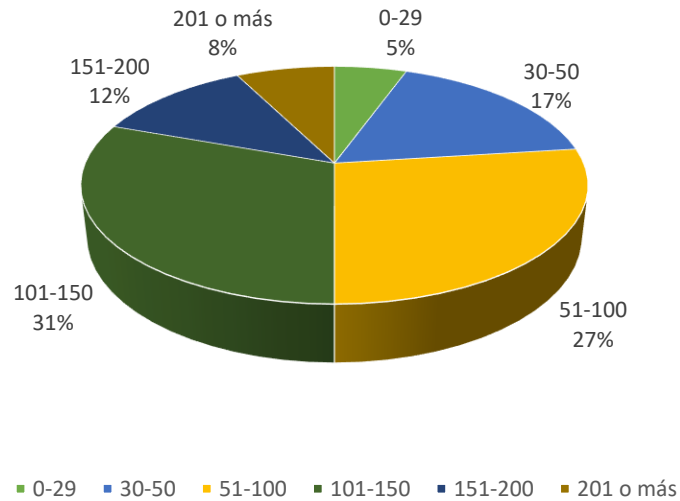


Grafica 4.12 Porcentaje de viviendas por m² de construcción en Hermosillo.

m ² de construcción	Total de usuarios
0-29	5
30-50	13
51-100	25
101-150	30
151-200	17
201 o más	10
Total de viviendas	100

Tabla 4.19 Total de usuarios en Hermosillo con diferentes grupos de m² de construcción.

Porcentaje de viviendas por m² de construcción en Mexicali y Hermosillo (200 viviendas)



Grafica 4.13 Porcentaje de viviendas por m² de construcción en Mexicali y Hermosillo.

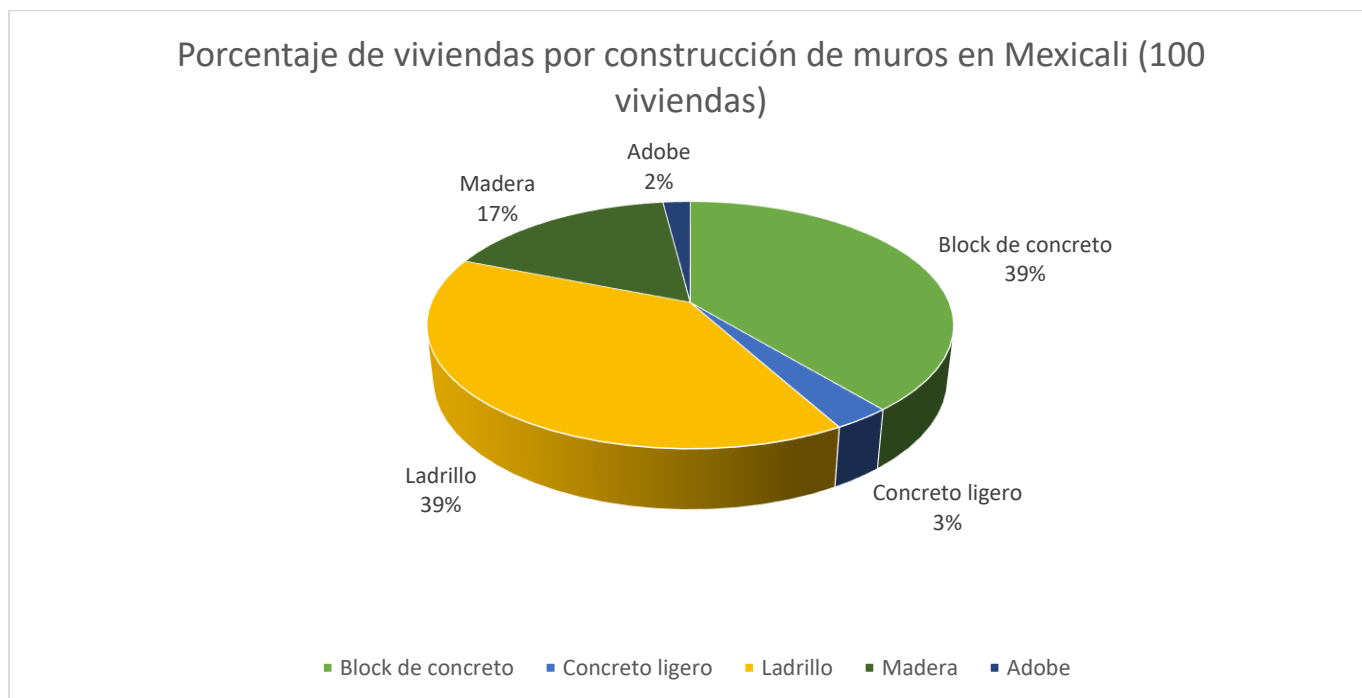
m ² de construcción	Promedio de usuarios %
0-29	5
30-50	17
51-100	27
101-150	31
151-200	12
201 o más	8
Total de viviendas	200

Tabla 4.20 Promedio de usuarios de Mexicali y Hermosillo con diferentes grupos de m² de construcción.

Los m² de construcción se refieren a la zona climatizada de la vivienda es decir el total de los metros cuadrados de construcción que existen en la vivienda por lo general son las medidas de los muros norte sur multiplicados por los muros este y oeste, por ejemplo, si una vivienda es de 100 m², esto quiere decir que tanto los muros norte sur miden 10 m y los muros este y oeste miden 10 m también en base a esto se contaron el total de viviendas y se dividieron en 6 diferentes grupos, de 0-29, 30-50, 51-100, 101-150, 151-200 y 201 o más m² respectivamente esto debido a que la mayoría de las viviendas estaban entre esos m² de construcción no hubo tanta diferencia.

En Mexicali se contaron 6 viviendas de 0-29 m², 22 de 30-50 m², 29 de 51-100 m², 31 de 101-150 m², 7 de 151-200 m² y 5 de 201 o más m² como se aprecia en la tabla 4.19, por ende, en Hermosillo se contaron 5 viviendas de 0-29 m², 13 de 30-50 m², 25 de 51-100 m², 30 de 101-150 m², 17 de 151-200 m² y 10 de 201 o más m² como se aprecia en la tabla 4.20. Encontrando la diferencia más notoria entre las viviendas de tamaño (30-50 m²) y las de mayor tamaño (151-200 m²), esto quiere decir que en Mexicali existen más viviendas pequeñas que en la ciudad de Hermosillo, mientras que en Hermosillo existen viviendas de mayor tamaño que en Mexicali, donde sí se registró un número de viviendas similar fue en las viviendas de 51-100 m² y las de 101-150 m² donde si hay un número igual de viviendas construidas en ambas ciudades, esto se puede apreciar más en las gráficas 4.11 y 4.12. Y tanto en la gráfica 4.13 y tabla 4.20 podemos apreciar el porcentaje de las 200 viviendas por m² de construcción en ambas ciudades dando un total de 5% para viviendas de 0-29 m², 17% para viviendas de 0-50 m², 27% para 51-100 m², 30% para 101-150 m², 12% para 151-200 m² y solo 8% para viviendas de 201 o más m².

4.5 – Tipo construcción de muros.

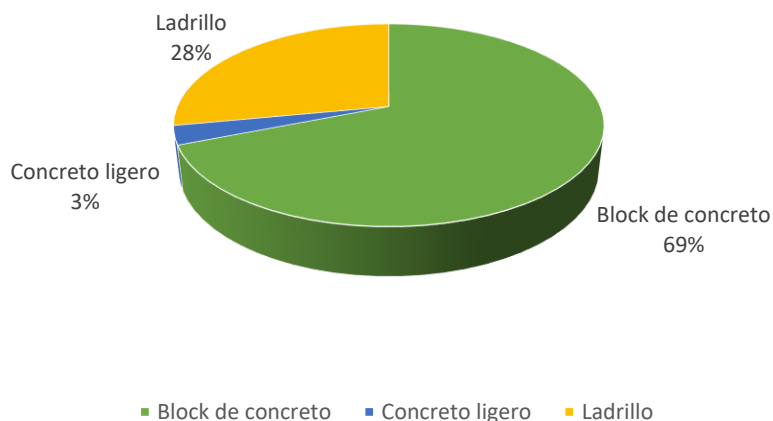


Grafica 4.14 Porcentaje de viviendas por tipo de construcción de muros en Mexicali.

m ² de construcción	Block Concreto	Concreto ligero	Ladrillo	Madera	Adobe
0-29	2	1	1	1	1
30-50	7	0	11	4	0
51-100	13	0	10	6	0
101-150	9	0	15	6	1
151-200	5	1	1	0	0
201 o más	3	1	1	0	0
Total de viviendas	39	3	39	17	2

Tabla 4.21 Total de viviendas por tipo de construcción de muros en Mexicali.

Porcentaje de viviendas por muros de construcción en Hermosillo (100 viviendas)

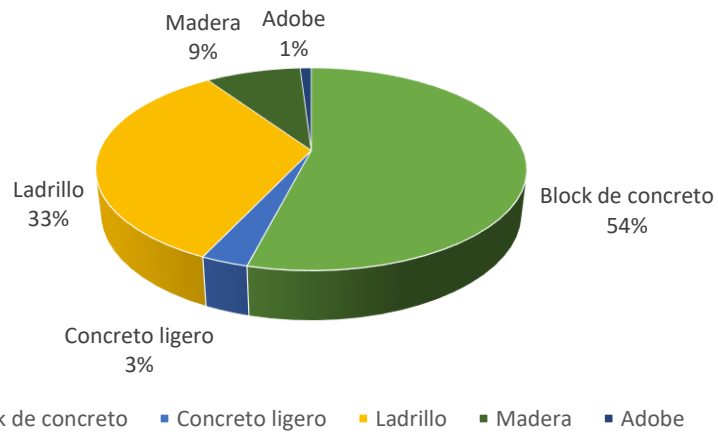


Grafica 4.15 Porcentaje de viviendas por tipo de construcción de muros en Hermosillo.

m ² de construcción	Block Concreto	Concreto ligero	Ladrillo
0-29	4	1	0
30-50	7	2	4
51-100	18	0	7
101-150	23	0	7
151-200	8	0	9
201 o más	9	0	1
Total de viviendas	69	3	28

Tabla 4.22 Total de viviendas por tipo de construcción de muros en Hermosillo.

Porcentaje de viviendas por muros de construcción en Mexicali y Hermosillo (200 viviendas)



Grafica 4.16 Porcentaje de viviendas por diferentes materiales de construcción de muros en Mexicali y Hermosillo.

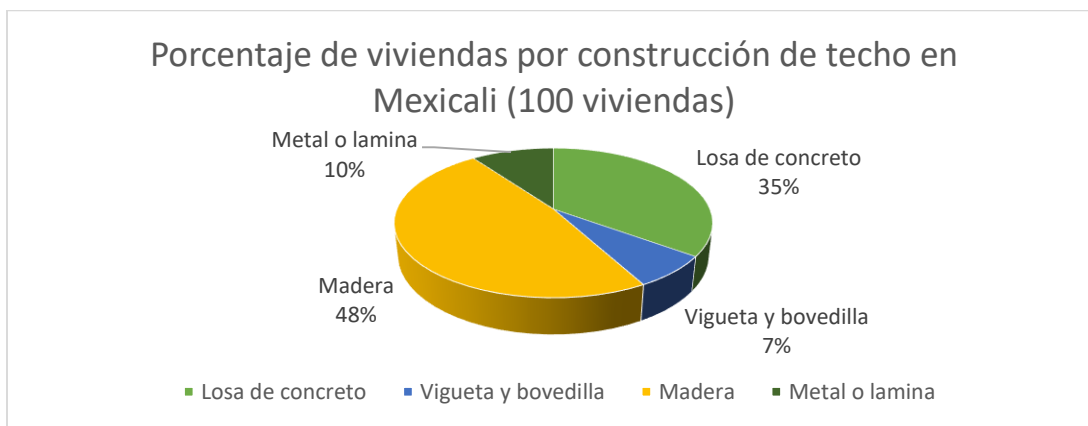
Material del muro	Porcentaje %
Block Concreto	54
Concreto ligero	3
Ladrillo	33
Madera	9
Adobe	1
Total	100

Tabla 4.23 Porcentaje de usuarios de Mexicali y Hermosillo con diferentes materiales de construcción en muros.

Las viviendas cuentan con diferentes materiales de construcción en sus muros, aquí también hubo una notable diferencia, de las 100 viviendas de Mexicali 39 de ellas están construidas con Block de concreto, 3 de concreto ligero, 39 de ladrillo, 17 de madera y 2 de adobe, mientras que, de las 100 viviendas en Hermosillo, 69 están construidas de

Block de concreto, 3 de concreto ligero y 28 de ladrillo. La gran diferencia que existe es que Hermosillo hay más viviendas construidas de block de concreto que en Mexicali y de Mexicali tiene más viviendas construidas de ladrillo que en Hermosillo. Y otra diferencia es que en Hermosillo no se registraron usuarios que tengan construida su vivienda con muros de madera o adobe.

4.6 – Tipo construcción de techos.

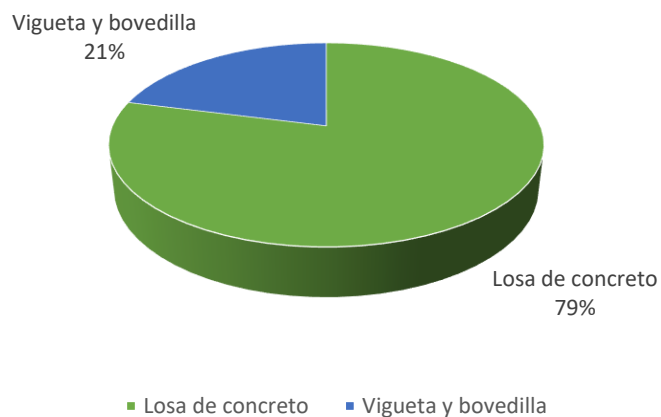


Grafica 4.17 Porcentaje de viviendas por tipo de construcción de techos en Mexicali.

m ² de construcción	Losa de Concreto	Vigueta y bovedilla	Madera	Metal o lamina
0-29	0	2	3	1
3-50	6	0	12	4
51-100	13	1	12	3
101-150	12	1	16	2
151-200	3	0	4	0
201 o más	1	3	1	0
Total de viviendas	35	7	48	10

Tabla 4.24 Total de viviendas por tipo de construcción de techo en Mexicali.

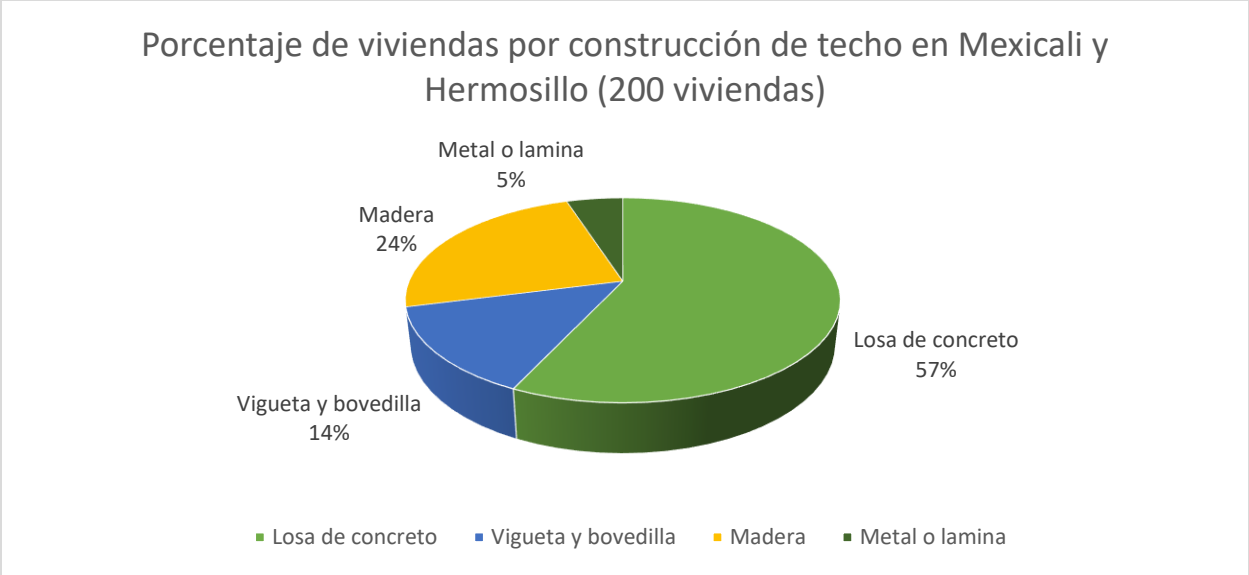
Porcentaje de viviendas por construcción de techo en Hermosillo
(100 viviendas)



Grafica 4.18 Porcentaje de viviendas por tipo de construcción de techos en Hermosillo.

m ² de construcción	Losas de Concreto	Vigueta y bovedilla
0-29	4	1
3-50	7	6
51-100	18	7
101-150	26	4
151-200	14	3
201 o más	10	0
Total de viviendas	79	21

Tabla 4.25 Total de viviendas por tipo de construcción de techo en Hermosillo.



Grafica 4.19 Porcentaje de viviendas por diferentes materiales de construcción de techo en Mexicali y Hermosillo.

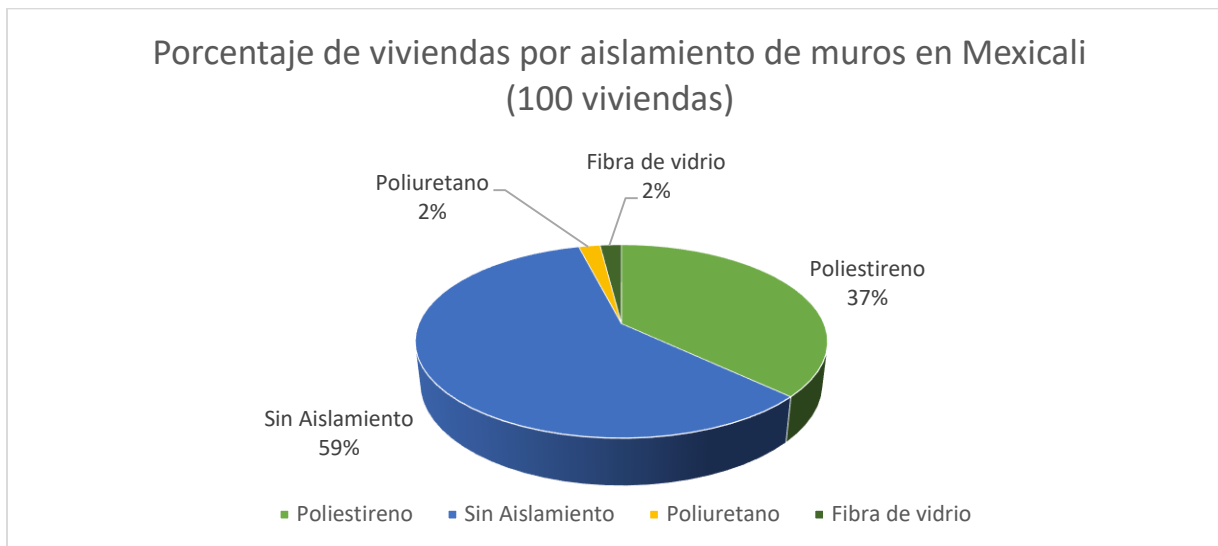
Material del muro	Porcentaje %
Losa de concreto	57
Vigüeta y bovedilla	14
Madera	24
Metal o lamina	5
Total	100

Tabla 4.26 Porcentaje de usuarios de Mexicali y Hermosillo con diferentes materiales de construcción en techos.

Las viviendas cuentan con diferentes materiales de construcción en el techo, aquí también hubo una notable diferencia, de las 100 viviendas de Mexicali 35 de ellas están construidas con Losa de concreto, 7 de vigüeta y bovedilla, 48 de madera y 10 de metal o lamina, mientras que, de las 100 viviendas en Hermosillo, 79 están construidas de Losa de concreto y 21 de vigüeta y bovedilla. La gran diferencia que existe es que en Hermosillo no hay viviendas que tenga construido su techo con madera o con metal

lamina, pero si existe un mayor número de usuarios que construyen su techo con losa de concreto que en Mexicali, esto nos demuestra que en Hermosillo no existe el interés de aislar los techos como en Mexicali como se verá en el siguiente punto.

4.7 – Tipo de aislamiento de muros

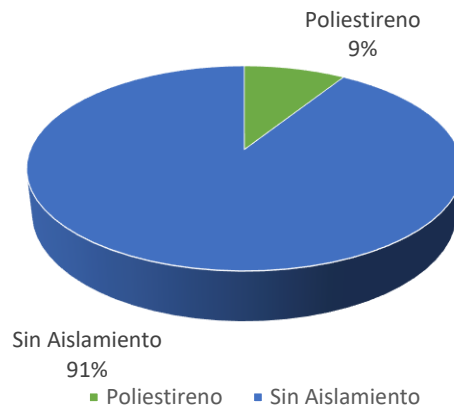


Grafica 4.20 Porcentaje de viviendas por tipo de aislamiento de muros en Mexicali.

m ² de construcción	Poliestireno	Poliuretano	Fibra de vidrio	Sin Aislamiento
0-29	1	0	0	5
0-50	5	0	0	17
51-100	8	1	1	19
101-150	15	0	1	15
151-200	5	0	0	2
201 o más	3	1	0	1
Total de viviendas	37	2	2	59

Tabla 4.27 Total de viviendas por tipo de aislamiento de muros en Mexicali.

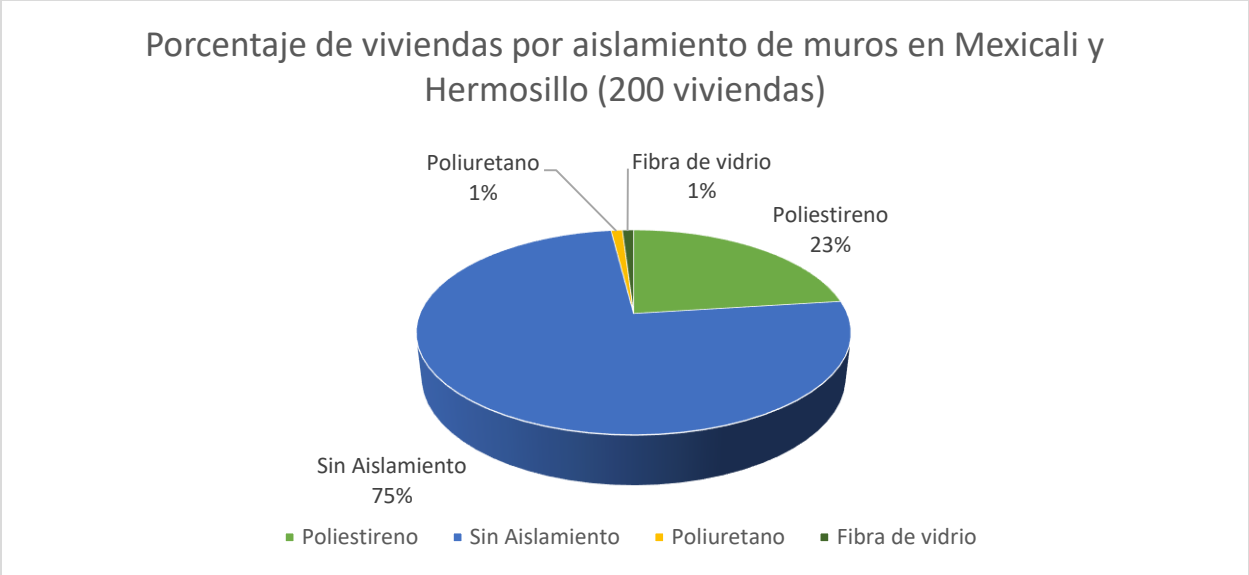
Porcentaje de viviendas por aislamiento de muros en Hermosillo
(100 viviendas)



Grafica 4.21 Porcentaje de viviendas por tipo de aislamiento de muros en Hermosillo.

m ² de construcción	Poliestireno	Poliuretano	Fibra de vidrio	Sin Aislamiento
0-29	1	0	0	4
30-50	0	0	0	13
51-100	3	0	0	22
101-150	3	0	0	27
151-200	1	0	0	16
201 o más	1	0	0	9
Total de viviendas	9	0	0	91

Tabla 4.28 Total de viviendas por tipo de aislamiento de muros en Hermosillo.



Grafica 4.22 Porcentaje de viviendas por diferentes tipos de aislamiento en muros en Mexicali y Hermosillo.

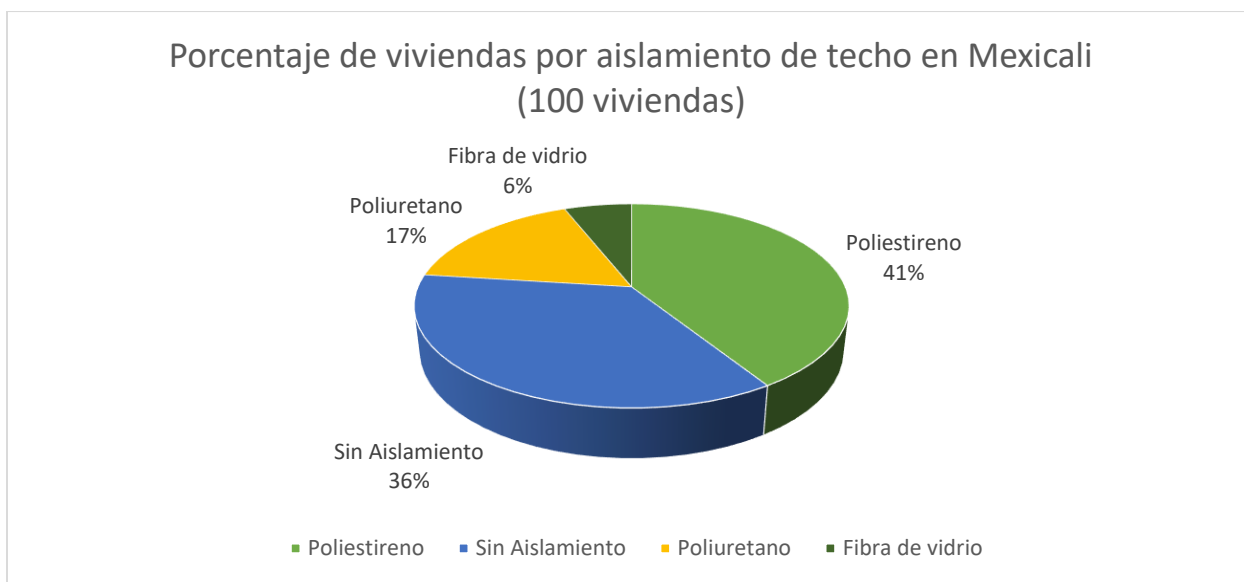
Material del muro	Porcentaje %
Poliestireno	23
Poliuretano	1
Fibra de vidrio	1
Sin Aislamiento	75
Total	100

Tabla 4.29 Porcentaje de usuarios de Mexicali y Hermosillo con diferentes tipos de aislamiento en muros.

Como se pudo apreciar en la gráfica 4.20 y la tabla 4.27, de las 100 viviendas en Mexicali solo 41 de ellas tienen aislado los muros, siendo el de tipo Poliestireno el más usado, mientras que 59 de ellas no tienen aislado los muros en su vivienda, mientras que en las viviendas de Hermosillo como se pudo apreciar gráfica 4.21 y la tabla 4.28, solo 9 de ellas tienen aislados los muros, mientras que 91 viviendas no tienen aislados los muros.

Calculado el porcentaje de las 200 viviendas. se obtuvo que solo el 25 % de viviendas tienen aislados los muros, mientras que el 75% de viviendas no tienen aislado los muros. Como se pudo apreciar en la gráfica 4.22 y tabla 4.29.

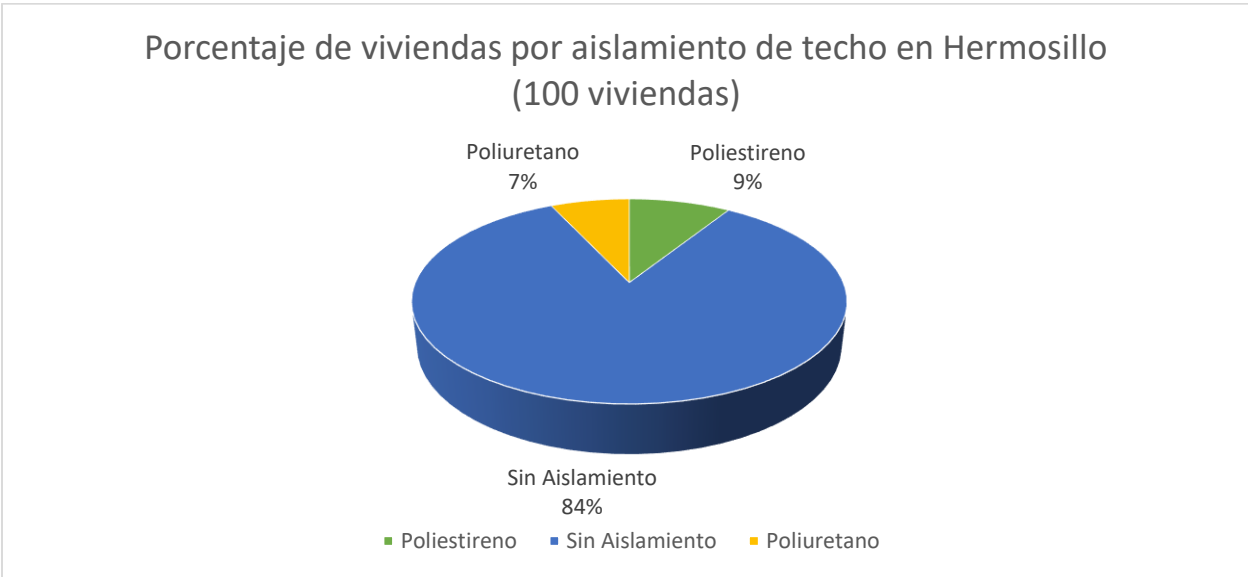
4.8 – Tipo de aislamiento de techo.



Grafica 4.23 Porcentaje de viviendas por tipo de aislamiento de techo en Mexicali.

m ² de construcción	Poliéstireno	Poliuretano	Fibra de vidrio	Sin Aislamiento
0-29	3	1	0	2
30-50	8	1	0	13
51-100	11	4	1	13
101-150	14	6	4	7
151-200	3	3	1	0
201 o más	2	2	0	1
Total de viviendas	41	17	6	36

Tabla 4.30 Total de viviendas por tipo de aislamiento de techo en Mexicali.

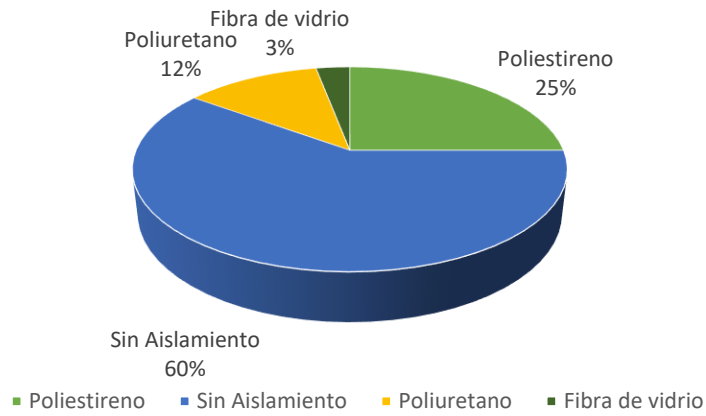


Grafica 4.24 Porcentaje de viviendas por tipo de aislamiento de techo en Hermosillo.

m ² de construcción	Poliestireno	Poliuretano	Fibra de vidrio	Sin Aislamiento
0-29	1	0	0	4
30-50	1	0	0	13
51-100	1	2	0	22
101-150	3	1	0	26
151-200	3	3	0	11
201 o más	1	1	0	8
Total de viviendas	9	7	0	84

Tabla 4.31 Total de viviendas por tipo de aislamiento de techo en Mexicali.

Porcentaje de viviendas por aislamiento de techo en Mexicali y Hermosillo (200 viviendas)



Grafica 4.25 Porcentaje de viviendas por diferentes tipos de aislamiento en techo en Mexicali y Hermosillo.

Material del muro	Porcentaje %
Poliestireno	25
Poliuretano	12
Fibra de vidrio	3
Sin Aislamiento	60
Total	100

Tabla 4.32 Porcentaje de usuarios de Mexicali y Hermosillo con diferentes tipos de aislamiento en techo.

Como se pudo apreciar en la gráfica 4.23 y la tabla 4.30, de las 100 viviendas en Mexicali 64 de ellas tienen aislado el techo, siendo el de tipo poliestireno el más usado, mientras que 36 de ellas no tienen aislado el techo en su vivienda, mientras que en las viviendas de Hermosillo como se pudo apreciar gráfica 4.24 y la tabla 4.31, solo 16 de ellas tienen aislamiento en el techo, mientras que 84 viviendas no tienen aislado el techo.

En Mexicali si existe un gran número de usuarios que tienen aislamiento en su techo esto debido a que utilizar un buen aislamiento en el techo reduce considerablemente el consumo de energía en la vivienda, pero en Hermosillo no existe tal interés de aislar un techo y es por esto que se apreció en la parte de ganancias de calor por techo que Hermosillo obtuvo un 38% y Mexicali 28%.

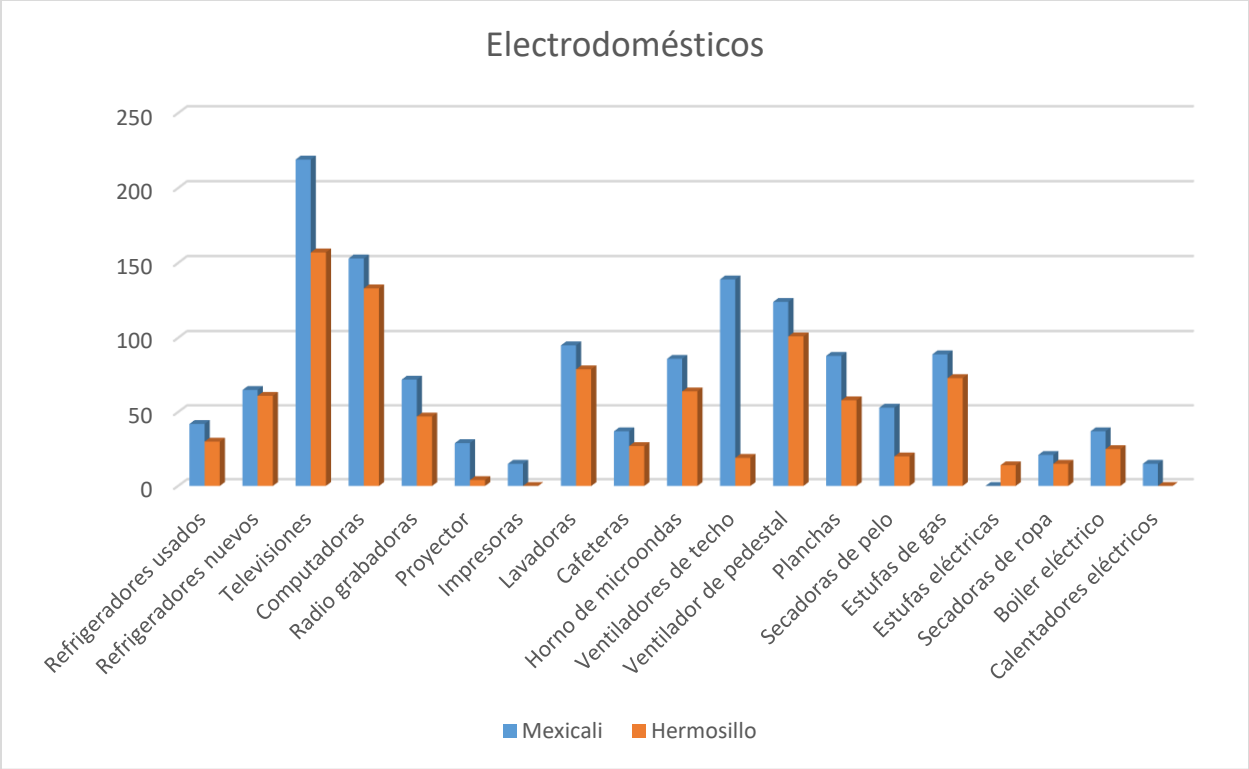
Calculado el porcentaje de las 200 viviendas. se obtuvo que solo el 40 % de viviendas tienen aislados el techo, mientras que el 60% de viviendas no tienen aislado el techo. Como se pudo apreciar en la gráfica 4.25 y tabla 4.32.

4.9 Electrodomésticos

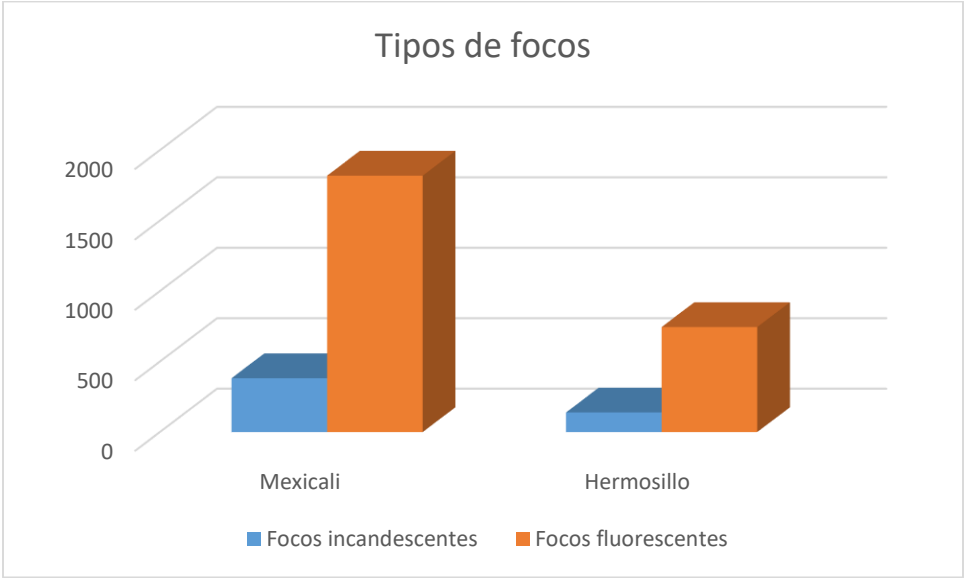
El comparativo de electrodomésticos se muestra en la tabla 4.47, donde se puede apreciar que, en las 200 viviendas se cuenta con diferentes electrodomésticos entre los más destacados son focos incandescentes y fluorescentes, Refrigeradores, Televisiones, Computadoras, Ventiladores de techo y pedestal, estufas de gas y eléctricas, secadoras de ropa, boiler eléctrico y calentadores eléctricos. Hubo diferencias en algunos electrodomésticos de mayor consumo como las estufas, secadoras de ropa, boiler eléctrico, calentadores eléctricos, refrigeradores y focos.

Electrodomésticos	Mexicali	Hermosillo
Focos incandescentes	382	139
Focos fluorescentes	1819	745
Refrigeradores usados	42	30
Refrigeradores nuevos	65	61
Televisiones	219	157
Computadoras	153	133
Radio grabadoras	72	47
Proyector	29	4
Impresoras	15	0
Lavadoras	95	79
Cafeteras	37	27
Horno de microondas	86	64
Ventiladores de techo	139	19
Ventilador de pedestal	124	101
Planchas	88	58
Secadoras de pelo	53	20
Estufas de gas	89	73
Estufas eléctricas	0	14
Secadoras de ropa	21	15
Boiler eléctrico	37	25
Calentadores eléctricos	15	0

Tabla 4.33 Total de electrodomésticos en Mexicali y Hermosillo



Grafica 4.26 Total de electrodomésticos en las ciudades de Mexicali y Hermosillo.



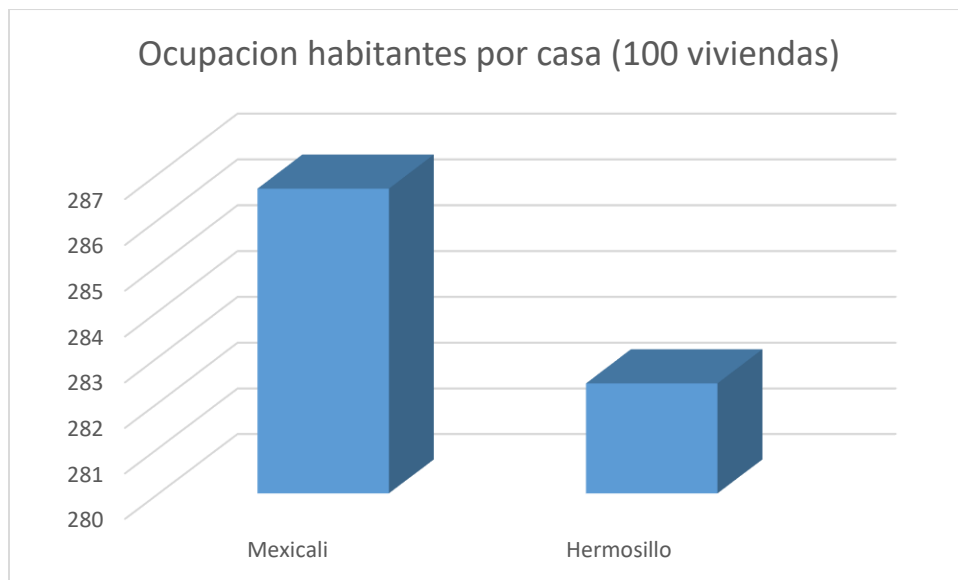
Grafica 4.27 Total de focos en las ciudades de Mexicali y Hermosillo.

4.10 Habitantes por viviendas

Se registraron un total de 569 habitantes en las 200 viviendas, en Mexicali 287 y Hermosillo 282, esto nos dice que en promedio habitan 3 usuarios por cada vivienda como se puede apreciar en la gráfica 4.28 y tabla 4.34.

Ciudad	No de habitantes
Mexicali	287
Hermosillo	282

Tabla 4.34 Total de habitantes en Mexicali y Hermosillo,



Gráfica 4.28 Total de habitantes en las ciudades de Mexicali y Hermosillo.

4.11 – Comparativos.

m ² de construcción	0-29	30-50	51-100	101-150	151-200	201 o más
Mexicali (100 viviendas)	6	22	29	31	7	5
Hermosillo (100 viviendas)	5	13	25	30	17	10
Total de viviendas (200)	11	35	54	61	24	15

Tabla 4.35 Total de usuarios con diferentes medidas de m² de construcción en la vivienda en Mexicali y Hermosillo.

Tipo de muros	Block Concreto	Concreto ligero	Ladrillo	Madera	Adobe
Mexicali (100 viviendas)	39	3	39	17	2
Hermosillo (100 viviendas)	69	3	28	0	0
Total de viviendas (200)	108	6	67	17	2

Tabla 4.36 Total de usuarios con diferentes materiales de construcción en los muros en Mexicali y Hermosillo.

Tipo de techo	Losa de Concreto	Vigueta y bovedilla	Madera	Metal o lamina
Mexicali (100 viviendas)	35	7	48	10
Hermosillo (100 viviendas)	79	21	0	0
Total de viviendas (200)	114	28	48	10

Tabla 4.37 Total de usuarios con diferentes materiales de construcción en el techo en Mexicali y Hermosillo.

Aislamiento muros	Poliestireno	Poliuretano	Fibra de vidrio	Sin Aislamiento
Mexicali (100 viviendas)	37	2	2	59
Hermosillo (100 viviendas)	9	0	0	91
Total de viviendas (200)	46	2	2	150

Tabla 4.38 Total de usuarios con diferentes tipos de aislamiento en los muros en Mexicali y Hermosillo.

Aislamiento techo	Poliestireno	Poliuretano	Fibra de vidrio	Sin Aislamiento
Mexicali (100 viviendas)	41	17	6	36
Hermosillo (100 viviendas)	9	7	0	84
Total de viviendas (200)	50	24	6	120

Tabla 4.39 Total de usuarios con diferentes tipos de aislamiento en el techo en Mexicali y Hermosillo.

Concepto	Mexicali	Hermosillo
Aire Acondicionado %	57	55

Tabla 4.40 Promedio por consumo de aire acondicionado en la ciudad de Mexicali y Hermosillo.

Ganancias de calor	Mexicali (100 viviendas)	Hermosillo (100 viviendas)	Promedio % (200 viviendas)
Techo	28	38	33
Muro Norte	7	7	7
Muro Sur	8	8	8
Muro Este	11	10	11
Muro Oeste	11	11	11
Ventanas y puertas	20	8	14
Iluminación	2	1	2
Ocupación equipos	7	12	9
Infiltración	6	5	5
Total porcentaje	100	100	100

Tabla 4.41 Total de ganancias de calor en la ciudad de Mexicali y Hermosillo (200 viviendas).

Ciudad	Consumo Real de energía kWh (periodo anual)	Consumo Real de energía kWh (periodo verano)	Consumo Real de energía kWh (periodo invierno)
Mexicali (100 viviendas)	842,843	616,926	225,917
Hermosillo (100 viviendas)	700,101	462,994	237,107
Total consumo (200 viviendas)	1,542,944	1,079,920	463,024

Tabla 4.42 Total de consumo de energía real en los diferentes periodos en la ciudad de Mexicali y Hermosillo.

Ciudad	Consumo calculado de energía kWh (periodo anual)	Consumo calculado de energía kWh (periodo verano)	Consumo calculado de energía kWh (periodo invierno)
Mexicali (100 viviendas)	838,222	613,366	224,856
Hermosillo (100 viviendas)	683,625	444,882	238,743
Total consumo (200 viviendas)	1,521,847	1,058,248	463,599

Tabla 4.43 Total de consumo de energía calculado en los diferentes periodos en la ciudad de Mexicali y Hermosillo.

Concepto	Mexicali	Hermosillo	Diferencia %
Desviación Anual	0.55	2.35	1.45
Desviación Verano	0.58	3.91	2.24
Desviación Invierno	0.47	-0.69	-0.11

Tabla 4.44 Desviación Promedio en la ciudad de Mexicali y Hermosillo.

-Comparaciones por meses

Para determinar los consumos de energías por mes nos basamos en la siguiente formula el total de consumo de energía por metro cuadrado es decir kWh/m², se dividió el total de consumo de energía por cada mes entre el total de m² (área climatizada total de cada ciudad).

Ciudad	Área total m²
Mexicali (100 viviendas)	9,696.8
Hermosillo (100 viviendas)	13,047.5

Tabla 4.45 Total de área climatizada en las ciudades de Mexicali y Hermosillo.

Por ejemplo, tomamos el consumo total de energía real, del mes de enero de las 100 viviendas de Mexicali que es de 39,540 kWh y lo dividimos entre 9,696.8 m² este nos da un total de 4.077 kWh/m², y así obtuvimos el total para todos los meses del año como se aprecia en la tabla 4.45.

Meses	Consumo Real	Consumo Real	Índice kWh/ m ²	Índice kWh/ m ²	Diferencia
	de energía kWh Mexicali (100 viviendas)	de energía kWh Hermosillo (100 viviendas)	Mexicali	Hermosillo	
Enero	39,540	34,589	4.077634	2.651006	35%
Febrero	35,501	35,820	3.661105	2.745315	25%
Marzo	32,456	42,566	3.347084	3.262349	3%
Abril	35,272	45,470	3.637489	3.484959	4%
Mayo	44,249	61,856	4.563258	4.740832	-4%
Junio	67,712	69,847	6.982922	5.353248	23%
Julio	122,126	89,226	12.59446	6.838551	46%
Agosto	140,331	93,880	14.47189	7.195248	50%
Septiembre	143,409	78,171	14.78931	5.991263	59%
Octubre	99,099	70,014	10.21976	5.366085	47%
Noviembre	47,796	41,680	4.929049	3.194482	35%
Diciembre	35,352	36,984	3.645739	2.834528	22%
Total Verano	616,926	462,994	63.62160713	35.48522705	44%
Total Invierno	225,917	237,107	23.29809834	18.17263844	22%
Total Anual	842,843	700,101	86.91970547	53.65786549	38%

Tabla 4.46 Total de consumo de energía real y índice kWh/m² en los diferentes meses en la ciudad de Mexicali y Hermosillo.

Meses	Consumo Real de energía kWh Mexicali (100 viviendas)	Consumo Real de energía kWh Hermosillo (100 viviendas)	Índice kWh/ m² Mexicali	Índice kWh/ m² Hermosillo	Diferencia
Enero	37,167	38,024	3.832914	2.914279339	24%
Febrero	33,676	33,276	3.472898	2.550341272	27%
Marzo	41,395	43,394	4.268934	3.325869315	22%
Abril	35,971	49,581	3.709574	3.800066366	-2%
Mayo	86,741	58,033	8.945322	4.447859172	50%
Junio	103,609	75,355	10.68487	5.775446465	46%
Julio	125,034	87,293	12.89436	6.690438071	48%
Agosto	123,938	82,040	12.78133	6.287767791	51%
Septiembre	101,941	76,918	10.51285	5.895200876	44%
Octubre	72,379	65,243	7.464215	5.000457408	33%
Noviembre	39,390	37,865	4.062165	2.902068551	29%
Diciembre	37,167	36,603	3.832914	2.805349093	27%
Total Verano	613,642	444,882	63.2829387	34.09716978	46%
Total Invierno	224,766	238,743	23.17939939	18.29797394	21%
Total Anual	838,408	683,625	86.46233809	52.39514372	39%

Tabla 4.47 Total de consumo de energía calculado y índice kWh/m² en los diferentes meses en la ciudad de Mexicali y Hermosillo.

Y así obtuvimos los índices de energía kWh/m² para cada ciudad y para cada mes, podemos observar que Mexicali tiene mayor índice de energía real en todos los meses a excepción del mes mayo, donde Hermosillo tiene más índice de energía, e igualmente para el índice de energía calculado, Mexicali obtuvo mayor índice a excepción del mes de abril, donde Hermosillo obtuvo mayor índice.

4.12 - Impacto medioambiental

Es importante resaltar el impacto ambiental que generan los consumos de energía en una vivienda. El efecto del consumo de energía eléctrica de los prototipos analizados se contabiliza en función de las emisiones hacia la atmósfera debido a los procesos de generación de electricidad.

Estos índices dependen del tipo de tecnología utilizada en dicha generación, la huella de carbono se refiere a una medida de CO₂ (dióxido de carbono) determinada según los gases de efecto invernadero (GEI).

Por ello, se pretende demostrar a través del uso de la energía cuantos CO₂ estamos emitiendo al medio ambiente muchas personas no lo aprecian, pero realmente el producir y consumir energía genera una importante contaminación.

Los índices promedio utilizados en el presente estudio para las tecnologías actuales de nuestro país, expresados en toneladas de emisión generadas por cada kWh, son los siguientes:

1 kWh = 3.46961×10^{-4} toneladas de CO₂
1 kWh = 2.217×10^{-7} toneladas de SO₂
1 kWh = 6.082×10^{-7} toneladas de NO_x
[Campbell et al., 2008].

Se tomó en cuenta el total de consumo energético en kWh de las 200 viviendas analizadas en las 2 ciudades encuestadas.

Consumos energía kWh	Mexicali	Hermosillo	Total
Consumos reales	842,843	700,101	1,542,944

Tabla 4.48 Consumos reales de las 200 viviendas.

Consumos Reales = 1,542,943 kWh	Índice (toneladas/kWh)
CO2 (dióxido de carbono)	535 ton CO2
SO2 (dióxido de azufre)	0.34 ton SO2
NOx (Óxidos de nitrógeno)	0.93 ton NOx
Total	536.27 toneladas

Tabla 4.49. Emisiones reales de GEI.

Consumos energía kWh	Mexicali	Hermosillo	Total
Consumos reales	838,222	683,625	1,521,847

Tabla 4.50 Consumos calculados de las 200 viviendas.

Consumos Reales = 1,542,943 kWh	Índice (toneladas/kWh)
CO2 (dióxido de carbono)	528 ton CO2
SO2 (dióxido de azufre)	0.33 ton SO2
NOx (Óxidos de nitrógeno)	0.92 ton NOx
Total	529.25 toneladas

Tabla 4.51 Emisiones calculadas de GEI.

Tipo	Índice (toneladas/kWh)
CO2 (dióxido de carbono)	7 ton CO2
SO2 (dióxido de azufre)	0.01 ton SO2
NOx (Óxidos de nitrógeno)	0.01 ton NOx
Total	7.02 toneladas

Tabla 4.52 Emisiones de GEI que se dejarían de emitir

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El trabajo desarrollado se hizo con el fin de aplicar una metodología sistemática de análisis termo energético y lograr una visión más amplia sobre los hábitos de uso de la energía de usuarios residenciales para diferentes condiciones climáticas en diferentes ciudades de nuestro país y poder establecer criterios de ahorro y uso de energía más adecuados a la realidad que se vive en México.

Con la metodología creada se demostró con los casos analizados que es posible obtener índices energéticos, comparativos y sistematizar el análisis energético de usuarios residenciales en cualquier región del país. Una vez realizadas las corridas de simulación y la evaluación de las diferentes medidas de ahorro de energía en las 200 viviendas, se puede concluir lo siguiente.

Se pudo observar que Mexicali registro mayor consumo de energía durante el periodo anual y el de verano, mientras que Hermosillo registro mayor consumo durante el periodo invierno.

El promedio de consumo de energía por cada usuario en Mexicali es de 8,400 kWh al año, mientras que en Hermosillo es de 7,000 kWh con una diferencia de casi el 17% lo cual nos indica que si existe una diferencia en consumo para las mismas condiciones climáticas.

Esto se debe que, aunque existan menos horas-grado en Hermosillo en Mexicali los usuarios optan por uso la mayor parte del día su aire acondicionado en el verano.

El promedio de viviendas en m² de construcción es muy similar en ambas ciudades donde los usuarios promedian de 50 a 100 m² de área climatizada muy similar al de una vivienda típica donde habita una familia con 4 o 5 integrantes.

Sobre el tipo de construcción de muros en Hermosillo hay más viviendas construidas de block de concreto y concreto ligero que en Mexicali, pero en Mexicali hay más viviendas construidas de ladrillo que en Hermosillo. Pero el material que más predomina es el de block de concreto, y en Hermosillo no se registraron usuarios que tengan construida su vivienda con muros de madera o adobe.

Sobre el tipo de construcción de techo que existe es que en Hermosillo no hay viviendas que tenga construido su techo con madera o con metal lamina, pero si existe un mayor número de usuarios que construyen su techo con losa de concreto que en Mexicali.

De las 100 viviendas en Mexicali solo 41 de ellas tienen aislado los muros, siendo el de tipo Poliestireno el más usado, mientras que 59 de ellas no tienen aislado los muros en su vivienda, mientras que en las viviendas de Hermosillo solo 9 de ellas tienen aislados los muros, mientras que 91 viviendas no tienen aislados los muros.

En Mexicali si existe un gran número de usuarios que tienen aislamiento en su techo alrededor de 60% y esto debido a que utilizar un buen aislamiento en el techo reduce considerablemente el consumo de energía en la vivienda, pero en Hermosillo más del 80% de usuarios no tiene aislamiento en su techo, es por eso que Hermosillo registro mayor ganancias de calor en el techo.

En el caso de las viviendas que no cuentan con aislamiento en techos y muros, se reconoce que la energía requerida para mantener una condición considerada adecuada en cuanto a confort y adecuación ambiental es del orden de hasta un 40% a 50% más que aquellas que cuentan con elementos de resistencia térmica como medios de aislamiento.

Una vez analizados los resultados se le recomienda que las viviendas que cuentan con un aire acondicionado o un refrigerador viejo (más de 10 años de uso) es preferible adquirir uno nuevo, ya que los nuevos tienen mejor eficiencia que los antiguos y esto también reduciría considerablemente los consumos de energía y a su vez se reflejaría en los cobros de su recibo de CFE. Si va a comprar un aire acondicionado nuevo, se recomienda los minisplit.

Algunas de las medidas de ahorro de energía que se podrían establecer en las viviendas son: apagar los focos cuando no se necesite o salga de cualquier habitación y subirle un grado al termostato del aire acondicionado ya que la temperatura ideal es de 75 a 76 grados.

Cuando no sienta mucho calor se pueden encender los abanicos y apagar los aparatos de enfriamiento (aire acondicionado), y si sale de casa por más de media hora apagar los mismo y no introducir alimentos calientes al refrigerador, ni dejarlo abierto o abrirlo sin ninguna necesidad.

Dar mantenimiento de limpieza a los equipos de enfriamiento cada cierto tiempo, porque cuando pasan más de 5 años de vida como el refrigerador, el cooler o el aire acondicionado, necesitan más energía eléctrica para trabajar.

Limpiar con frecuencia los filtros del aire acondicionado, tanto de ventana como centrales, y mantener bien cerradas las habitaciones que tienen aire acondicionado, con el solo hecho de abrir una puerta demasiado tiempo se mantienen encendido el termostato por mayor tiempo.

Respecto a los electrodomésticos, tratar de sustituirlos si ya tienen mucha antigüedad y más los de mayor consumo como los refrigeradores, televisiones, microondas, planchas, lavadoras, secadora de ropa, boiler eléctrico.

También existe la opción en invertir en energías renovables, como la instalación de paneles fotovoltaicos para aprovechar la energía proveniente del Sol y calentadores de agua, con éstas opciones se reduciría el consumo en energía eléctrica. La decisión final de elegir entre las distintas medidas de ahorro de energía la debe tomar el usuario y esto, en base a su disposición económica.

Se recomienda en un futuro realizar más encuestas de diferentes ciudades en México con distintos tipos de clima para hacer más investigaciones sobre los diferentes hábitos de uso de la energía en todo el país; tener más a fondo el conocimiento sobre el uso de la energía y bajo estos resultados hacer comparaciones y recomendar que tipo de opciones tienen los usuarios para establecer medidas de ahorro de energía.

Para concluir el ahorro de energía es la práctica que una persona realiza para disminuir el uso de energía, con el propósito de reducir los consumos energéticos, ¿y cómo logramos llegar a estas medidas de ahorro? Para lograrlo debemos tener un buen uso eficiente de energía, debemos de usar equipos electrodomésticos eficientes en relación con el uso de energía y poner en práctica las medidas para la conservación de la misma. La cantidad de energía utilizada por vivienda, varía de acuerdo al nivel de vida de cada región del país como el clima, tipo de vivienda, número de personas que habitan en ella etc. Sería interesante ver también como en otros países, bajo las diferentes condiciones climatológicas se hace uso de la energía para poder hacer comparaciones en cuanto a los hábitos de consumos de energía y profundizar estudios y hacer de esta investigación un estudio mundial y ver en que partes del mundo consumen más energía que en México.

BIBLIOGRAFÍA

Evaluación del impacto en el consumo eléctrico del programa de ahorro sistemático integral en Mexicali, Tesis de doctorado, UABC, (Suástegui., 2014).

Evaluación de equipos de aire acondicionado, motores y refrigeradores para el sector doméstico de Mexicali, B.C. (Pérez et al., 1996).

La vivienda representativa de Mexicali: caracterización física, social y lineamientos de adecuación ambiental (Romero, 1994).

Identificación y definición del impacto social y económico de la problemática del servicio eléctrico y sus alternativas de solución (Campbell et al., 2003).

Normas de construcción para el ahorro y uso eficiente de la energía en la vivienda en Mexicali (Pérez et al., 2003).

Resistencia térmica efectiva en envolventes residenciales y su impacto energético por climatización en regiones de clima cálido. Efecto de puentes térmicos (Pérez et al., 2004).

La vivienda del desierto con sistemas constructivos y de climatización de bajo consumo energético, Tesis de doctorado, UABC, (Galindo., 2012).

Análisis del comportamiento energético y su impacto ambiental de tres prototipos de vivienda HOMEX en Culiacán, Sinaloa (Campbell et al., Pérez et al., 2008).

ANEXOS

En la Figura A.1, A.2, y A.3 se muestra el cuestionario que se utilizó para recabar la información de los usuarios de las ciudades de Mexicali y Hermosillo para la realización de los casos de estudio, el cuestionario fue elaborado por el Dr. Alejandro Suástegui, mismo que indica que los datos proporcionados por los usuarios, serán de uso confidencial y de uso exclusivo para la elaboración de la presente tesis de maestría, por lo que “no” se mostrará ningún dato personal acerca del usuario, solo se mostrarán algunos casos de estudio por ciudad y las características de la vivienda en cuanto tipo de construcción en muros , techos, equipos electrodomésticos, equipos de enfriamiento y consumos energéticos.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA . INSTITUTO DE INGENIERÍA, ENCUESTA PARA DEFINIR EL IMPACTO DE PROGRAMAS DE AHORRO Y USO EFICIENTE DE ENERGIA .

Este cuestionario tiene el objetivo de recabar información acerca de algunas características presentes en el sector doméstico de la ciudades de México, con la finalidad de conocer el ahorro eléctrico que ofrecen cada tipo de acción de los programas gubernamentales vigentes. Los datos obtenidos serán confidenciales y utilizados para una tesis de maestría.

1.- Nombre: Fecha:

2.- Ciudad, Estado: Hora:

3.- Fracc. o colonia:

4.- Correo electrónico:

Características físicas de la vivienda

5.- ¿Cuántos metros cuadrados de construcción climatizada tiene su vivienda?
 m²

6.- De cuántos pisos es su vivienda?
 Pisos

7.- ¿Cuántas personas habitan en la vivienda?
 Personas

8.- ¿Cuáles son las dimensiones de la fachada de su casa?
 Altura m. 1er piso Ancho m. 1er piso
 Altura m. 2do piso Ancho m. 2do piso

9.- ¿Cuánto mide de fondo su casa en metros lineales?
 Fondo m. Primer piso Fondo m. Segundo piso

10.- ¿Su fachada a que dirección está orientada?
 Norte Sur Este Oeste

11.- Indique los muros que están sombreados
 Norte 1er piso Sur 1er piso Este 1er piso Oeste 1er piso
 Norte 2do piso Sur 2do piso Este 2do piso Oeste 2do piso

12.- ¿De qué material están hechos los muros de su vivienda?
 ladrillo Primer piso ladrillo Segundo piso

13.- ¿De cuántas pulgadas es el espesor de los muros?
 4 6 8 X

14.- En caso de que estén aislados. ¿Cuáles son?
 Norte Sur Este Oeste 1er piso
 ¿Cuántas pulgadas de espesor tiene?
 Norte Sur Este Oeste 2do piso
 ¿Cuántas pulgadas de espesor tiene?

15.- ¿De qué material es el aislamiento de los muros?
 1er piso 2do piso

16.- Indique el área aproximada en m² de ventanas en cada orientación
 Norte Sur Este Oeste 1er piso
 Norte Sur Este Oeste 2do piso

17.- Indique el área aproximada en m² de puertas en cada orientación
 Norte Sur Este Oeste 1er piso
 Norte Sur Este Oeste 2do piso

18.- ¿De qué material es el techo de su vivienda?
 Vigüeta y bovedilla Concreto Madera sin ático o plafón
 Madera con ático o plafón Otro ¿Cuál?

19.- ¿Utiliza pintura reflejante en su vivienda?
 En techo En muros No uso

20.- ¿Está aislado el techo de su hogar?
 Sí ¿Qué tipo de aislante?
 No

21.- ¿Ha aplicado alguna medida para el ahorro de energía en su hogar?
 Sí ¿Cuál?
 No

Figura A.1 Cuestionario aplicado a los diferentes usuarios del sector domestico en las distintas ciudades del pais.

22.- ¿Pertenece su vivienda a un programa de ahorro de energía eléctrica de la CFE o del gobierno?

Aislamiento Térmico Ninguno

Sustitución de A/C Central

Sustitución de A/C de ventana

Sustitución de Refrigerador

Otro, Especifique Cual

23.- Señale en que tarifa eléctrica de CFE pertenece su vivienda

Tarifa 1	Tarifa 1A	Tarifa 1B	Tarifa 1C	Tarifa 1D	Tarifa 1E	Tarifa 1F	Tarifa DAC

24.- Tabla 1: Aparatos electrodomésticos.

	1er Piso		2do Piso			
	Cantidad	Escriba los años de uso que tiene cada aparato	Promedio de horas de uso diario	Cantidad	Escriba los años de uso que tiene cada aparato	Promedio de horas de uso diario
Equipo Aire acondicionado						
De ventana, 1T, viejo						
De ventana, 1T, nuevo						
De ventana, 1.5T, viejo						
De ventana, 1.5T, nuevo						
De ventana, 2T, viejo						
De ventana, 2T, nuevo						
Minisplit 1T						
Minisplit 1.5T						
Minisplit 2T						
Central 3T						
Central 4T						
Central 5T						
Cooler (grande)						
Cooler (chico)						
Ventilador de pedestal						
Ventilador de techo						
Iluminación o focos						
Foco Ahorrador						
Tubo Fluorescente						
Foco incandescente 100 W						
Foco incandescente 75 W						
Foco incandescente 60 W						
Foco incandescente 40 W						
Leds						
Otros Equipos						
Lavadora						
Secadora de ropa eléctrica						
Radio grabadora						
Refrigerador viejo (más de 7 años)						
Refrigerador nuevo (menos de 7 años)						
Televisor de Plasma						
Televisor plano LCD						
Televisor CRT						
Microondas						
Computadora de escritorio						
Laptop						
Plancha						
DVD						
Estufa de gas						
Estufa eléctrica						
Cafetera eléctrica						
Boiler eléctrico (grande)						
Boiler eléctrico (chico)						

Figura A.2 Cuestionario aplicado a los diferentes usuarios del sector doméstico en las distintas ciudades del país.

Extractor					
Secadora de cabello					

25.-¿Usualmente, a que temperatura fija el termostato de sus A/C?

26.- Tabla 2: Historial de Consumo

Consultando su recibo eléctrico complete la siguiente tabla

Año pasado	
Mes	Consumo (kW/h)
Enero	
Febrero	
Marzo	
Abril	
Mayo	
Junio	
Julio	
Agosto	
Septiembre	
Octubre	
Noviembre	
Diciembre	

Año Actual	
Mes	Consumo (kW/h)
Enero	
Febrero	
Marzo	
Abril	
Mayo	
Junio	
Julio	
Agosto	
Septiembre	
Octubre	
Noviembre	
Diciembre	

27.- Tabla 3: Ocupantes

Según el comportamiento más habitual en su vivienda llene la siguiente tabla

Hora	% de focos prendidos	No. de Personas en la vivienda	Croquis Planta Baja			
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12			Croquis Planta Alta			
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						

Figura A.3 Cuestionario aplicado a los diferentes usuarios del sector domestico en las distintas ciudades del pais.