

# UACM

Universidad Autónoma  
de la Ciudad de México

*Nada humano me es ajeno*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

COLEGIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**La pobreza energética en México  
Estudio de caso: Santo Tomás Ajusco**

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRO EN FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA Y  
EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**PRESENTA:**

**ALIYERI FÉLIX DÍAZ VALDERRAMA**

**DIRECTOR**

**Dr. Carlos Chávez Baeza**

**CODIRECTOR**

**Dr. Abel Villarreal Escobar**

## SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

### RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

#### DERECHOS RESERVADOS<sup>©</sup>

La presente obra y cada uno de sus elementos está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor; por la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, así como lo dispuesto por el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México; del mismo modo por lo establecido en el Acuerdo por el cual se aprueba la Norma mediante la que se Modifican, Adicionan y Derogan Diversas Disposiciones del Estatuto Orgánico de la Universidad de la Ciudad de México, aprobado por el Consejo de Gobierno el 29 de enero de 2002, con el objeto de definir las atribuciones de las diferentes unidades que forman la estructura de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México como organismo público autónomo y lo establecido en el Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Por lo que el uso de su contenido, así como cada una de las partes que lo integran y que están bajo la tutela de la Ley Federal de Derecho de Autor, obliga a quien haga uso de la presente obra a considerar que solo lo realizará si es para fines educativos, académicos, de investigación o informativos y se compromete a citar esta fuente, así como a su autor ó autores. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial y cualquier uso diferente a los ya mencionados, los cuales serán reclamados por el titular de los derechos y sancionados conforme a la legislación aplicable.

**FORMATO 5 FECHA DE EXAMEN DE GRADO**

Ciudad México, a 22 de Noviembre de 2017

El que suscribe, Carlos Chavez Baeza, profesor del Programa de Energía del Plantel Del Valle, considero que la tesis cumple con los requisitos académicos para programar el EXAMEN DE GRADO del egresado:


Nombre: Aliyeri Félix Díaz Valderrama  
Matrícula: 14-104-0070  
Maestría: Maestría en Fuentes Renovables de Energía y Eficiencia Energética  
Nombre de la tesis: La Pobreza Energética en México. Estudio de Caso: Santo Tomás Ajusco.

Para el día 12 de Diciembre del presente año, en el Plantel Del Valle a las 12:00 h.

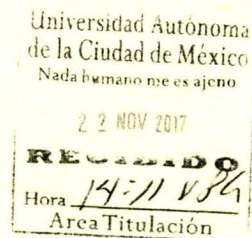
Asimismo, se propone que el jurado este integrado por los siguientes profesores: (Especificar nombre completo, grado académico, academia o institución a la que pertenecen)

1. Dr. Alvaro Eduardo Lentz Herrera, Programa de Energía UACM Presidente
2. Dr. Carlos Chávez Baeza, Programa de Energía UACM Secretario
3. Dr. Abel Villarreal Escobar, Ciencia Política y Administración Urbana. UACM Vocal

Atentamente

  
Firma del Director

C.c.p. Interesado




## **INTEGRACIÓN DEL JURADO:**

- Presidente: Dr. Álvaro E. Lentz Herrera, UACM
- Secretario: Dr. Carlos Chávez Baeza, UACM
- Vocal: Dr. Abel Villarreal Escobar, UACM
- 1<sup>er</sup>. Suplente: Dr. David Morillón Gálvez, UNAM
- 2<sup>do</sup>. Suplente: Dra. Ma. Claudia Roldán Ahumada, UACM

Lugar donde se realizó el posgrado:

PLANTEL DEL VALLE, UACM.

Atentamente



---

Firma del Director

Dr. Carlos Chávez Baeza  
Programa de Energía - UACM

## AGRADECIMIENTOS

Al programa de energía de la UACM por proporcionarme todas las herramientas académicas necesarias para el logro de este trabajo y la conclusión de esta maestría

Al Dr. Carlos Chávez por depositar su confianza en mí y en éste proyecto y por todos las sugerencias y exigencias necesarias para mi formación

Al Dr. Alvaro Lentz Herrera por sus aportaciones para el análisis de las mediciones solares realizadas en este trabajo, por ser un ejemplo académico y humano durante el posgrado y por presidir el jurado de mi examen profesional.

Al Dr. Abel Villareal Escobar por sus aportes en la metodología de análisis conceptual de la pobreza energética, por su confianza en el seminario de energía y por sus aportes en la lectura de este trabajo.

Al Dr. David Morillón Gálvez por su apoyo como lector de este trabajo.

A la Dra Ma Claudia Roldan Ahumada por su trato fraterno y apoyo como lectora de este trabajo.

A Pablo, compañero de la IV generación de la MFREyEE por su contribución con el equipo de monitorio Arduino y por su amistad siempre.

A la Academia de Ciencias Ambientales de España por compartir sus investigaciones sobre el tema de la pobreza energética.

Al programa de becas de la UACM por el apoyo mediante la Beca de Posgrado de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México 2014-2016 y la Beca de titulación 2017

## DEDICATORIAS

En primer lugar, este trabajo lo dedico al pueblo de México, a los trabajadores de siempre, los dueños de nada, los nadie, los pobres, los olvidados por la historia, los pueblos y comunidades. A ese pueblo que aun soportando la violencia y explotación sistémica, resiste, lucha, construye alteridad y sigue siendo la única esperanza de otro mundo posible.

A mi esposa Gaby, que con su amor, su confianza y esfuerzo ha sido el pilar más importante para sostenerme durante este periodo, durante éste y muchos más proyectos de vida, de comunidad y de lucha.

A mis hijos: Max, Aarón, Emi y Praxs, por que han sido el alma, el motor de mis más profundos sueños de un mundo nuevo.

A mis hermanos Flor y Eyetri, quienes me han dado fuerza con su confianza y afecto.

A mis compañeros de la maestría: Pablo, Julio, Frank, Flor, Fernando, Barranco, Mario, Mónica y José Luis, por compartir experiencia y conocimientos en este camino.

A mis compañeros de lucha, de los proyectos comunitarios: Juan, Chely, José, Humberto, Tania, Jacquie, Alethia, Ernesto, Luis, Daniel, Karla, Ale, y tantos otros que me han apoyado para materializar ideas dirigidas a las comunidades.

# Contenido

Resumen.....	- 7 -
Abstract .....	- 9 -
Introducción .....	- 10 -
Capítulo I. Antecedentes.....	- 13 -
1.1. El modelo Neoliberal y la globalización.....	- 13 -
1.1.1. Consecuencias del Neoliberalismo.....	- 15 -
1.1.2. Reservas de petróleo y energía solar .....	- 16 -
1.1.3. Ingresos y gastos en los hogares .....	- 17 -
1.2. Medidas contra la pobreza energética en el mundo .....	- 17 -
1.2.1. Europa .....	- 18 -
1.2.2. América del Norte .....	- 18 -
1.2.3. Latinoamérica.....	- 19 -
1.2.4. Programa Euro-Solar .....	- 19 -
1.2.5. México .....	- 20 -
1.3. Justificación del trabajo.....	- 22 -
1.4. Objetivos .....	- 23 -
1.4.1. Objetivo general .....	- 23 -
1.4.2. Objetivos específicos.....	- 23 -
Capítulo II. Marco teórico conceptual.....	- 24 -
2.1. Pobreza.....	- 24 -
2.1.1. Medición de la pobreza.....	- 25 -
2.1.2. Estratos de pobreza.....	- 26 -
2.2. Pobreza Energética.....	- 29 -
2.2.1. Medición de la pobreza energética.....	- 32 -
2.3. Energía comunitaria .....	- 34 -
Capítulo III. Desarrollo metodológico .....	- 36 -
3.1. Descripción de la zona y la localidad.....	- 37 -
3.2. Evaluación de la pobreza energética en la localidad .....	- 41 -
3.3. Otros indicadores .....	- 44 -
3.4. Evaluación del consumo energético.....	- 45 -

3.4.1.	Mediciones de consumo eléctrico .....	- 45 -
3.4.2.	Censo de cargas.....	- 46 -
3.5.	Evaluación de los recursos energéticos renovables.....	- 46 -
3.5.1.	Mediciones de radiación solar .....	- 47 -
3.5.2.	Bases de datos.....	- 49 -
3.6.	Dimensionamiento Tecnológicos .....	- 50 -
3.6.1.	Cálculos fotovoltaicos .....	- 50 -
3.6.2.	Pérdidas del sistema: .....	- 51 -
3.7.	Estimación de los beneficios ambientales.....	- 53 -
Capítulo IV.	Resultados .....	- 54 -
4.1.	Pobreza energética de la localidad .....	- 54 -
4.2.	Consumo eléctrico.....	- 59 -
4.2.1.	Patrones de consumo eléctrico.....	- 59 -
4.2.2.	Censos de carga.....	- 60 -
4.2.3.	Consumo mensual de Gas LP [MJ] .....	- 63 -
4.2.4.	Consumo energético total.....	- 64 -
4.2.5.	Análisis de facturación .....	- 67 -
4.3.	Recurso solar .....	- 69 -
4.3.1.	Mediciones de radiación global .....	- 69 -
4.3.2.	Bases de datos.....	- 70 -
4.3.3.	Radiación anual .....	- 72 -
4.3.4.	Energía disponible .....	- 73 -
4.4.	Temperatura y humedad .....	- 82 -
4.5.	Resumen de resultados.....	- 82 -
Capítulo V.	Análisis de alternativas.....	- 86 -
5.1.	Selección de tecnología.....	- 87 -
5.2.	Sistemas Fotovoltaicos Autónomos Individuales (SFV-AI).....	- 87 -
5.2.1.	Generador Fotovoltaico (GFV) .....	- 88 -
5.2.2.	Pérdidas del sistema.....	- 89 -
5.2.3.	Factor de corrección por inclinación .....	- 91 -
5.2.4.	Banco de baterías.....	- 92 -
5.2.5.	Potencia del Inversor.....	- 93 -

5.2.6. Controlador .....	- 93 -
5.2.7. Inversión total .....	- 93 -
5.2.8. Análisis económico .....	- 94 -
5.3. Calentadores solares .....	- 97 -
5.3.1. Análisis económico .....	- 98 -
Conclusiones .....	- 100 -
Referencias Bibliográficas .....	- 105 -
Anexos.....	- 109 -

## Resumen

El presente trabajo pretende aportar elementos para la evaluación de las condiciones energéticas en los hogares de México, dirigido a los más de 12 millones de hogares mexicanos que se encuentran en condición de pobreza energética y por ello no alcanzan a cubrir sus necesidades de energía absoluta. Se acuña un concepto multidimensional de la pobreza energética que considera la temperatura, la humedad, el uso final de la energía y el gasto destinado a ello. De esta manera se incorpora una metodología integral para medir la pobreza energética y una estratificación de los grados de pobreza energética en los hogares. La metodología fue aplicada en una localidad del Ajusco, en la Ciudad de México. La evaluación de la pobreza energética en los hogares (PEH) con el método de necesidades absolutas apunta que la localidad se encuentra en un grado de pobreza intensa con un valor medio de 0.61 en una escala de 0 a 1, donde 0 es pobreza absoluta y 1 no pobreza. En la caracterización del uso final de la energía en los hogares, se determinó que destinan 43.5% de su energía total para el calentamiento de agua. Por otro lado, se estima que en la localidad existe un potencial de energía solar disponible de 19.65 MJ/m<sup>2</sup> promedio mensual y 4.76 horas solares pico (HSP) promedio. Con base en este potencial solar, se evalúan dos propuestas tecnológicas para enfrentar la pobreza energética en la localidad: calentadores solares de agua domésticos para 54 hogares y sistemas fotovoltaicos autónomos individuales con un potencial de generación de 79.41 MWh/año. Ambos proyectos darían un beneficio económico superior a los \$760,000 y evitarían la emisión de 60 Ton de CO<sub>2</sub> equivalentes anualmente. El análisis financiero sugiere que ambos proyectos son rentables con una TIR superior al 3.36% de la inflación esperada. La pobreza energética podría alcanzar un valor de 0.76, superando el grado intenso de esta problemática; sin embargo, se considera que es posible abatir aún más la pobreza energética, mediante la valoración de otras alternativas, particularmente las relacionadas con el confort térmico.

Conceptos: Sustentabilidad energética, pobreza energética, Necesidades absolutas de energía, Acceso universal a la energía, Autonomía energética, Energía comunitaria,



## Abstract

The present work pretends to contribute elements for the evaluation of energetic conditions at homes in Mexico, is directed for more than twelve millions of mexican homes in condition of energetic poverty and for that reason they do not reach to cover their needs on absolute energy. The multidimensional concept of energy poverty is coined by the temperature, the humidity and the final use of the energy, amongst other parameters. In this way it is incorporated an integral methodology to measure the energetic poverty and a stratification of the levels at homes of energy poverty. The methodology was applied in a location of Ajusco, at Mexico City. The evaluation of energetic poverty at homes (PEH) whit the absolute needs method suggest that the location is in a degree of intense poverty whit a medium value of 0.61 on a scale of 0 to 1, where 0 is absolute poverty and 1 is not poverty. In the characterization of final use of energy at homes, it was determinate that 43.5% of the energy at homes is destined for the heating of water. In the other hand, we estimate that in the location exists a solar potential of  $19.65 \text{ MJ/m}^2$  by month average and 4.76 solar peak hours (HSP) annual average. Based in the solar potential, we evaluate two technological proposals to face the energetic poverty in the location: homemade solar water heaters for 54 homes and individual autonomous photovoltaic systems, with a potential of generation of 79.41 MWh/año. Both projects would bring an economic benefit upper \$760,000 and could avoid the issue of 60 tons of  $\text{CO}_2$  equivalentents annually. The financial analysis suggests that both projects are profitable with a TIR upper 3.36% of the expected inflation. The energetic poverty could get a valor of 0.76, overcoming the intense level of this problematic; nevertheless, we consider that it is possible to bring down even more the energetic poverty, through the assessment of other alternatives, particularly the one that are related with the thermal comfort.

Concepts: energy sustainability, energetic poverty, needs of absolute energy, universal access to energy, energy autonomy, community energy

## Introducción

La Maestría en Ingeniería Energética de la UACM tiene como propósito general proporcionar los conocimientos básicos para poder entender y tratar problemas relacionados con el aprovechamiento sustentable de la energía y, en particular, de las energías renovables, así como generar los elementos para encontrar alternativas o soluciones a los mismos, integrando al concepto de energía a los aspectos científicos, técnicos, sociales, ambientales y económicos necesarios. Por otro lado, pretende que los egresados adquieran una conciencia crítica de los problemas económicos, sociales, ambientales y políticos asociados al uso de la energía en el mundo actual y sus opciones.

El presente trabajo fue concebido como una respuesta crítica a los problemas sociales relacionados con la energía, observados en comunidades marginadas de nuestro país. Realizar un estudio global sobre la pobreza energética en México o en América Latina, como era la intención original de este trabajo, no es posible sin antes realizar un estudio concreto en una localidad determinada. Fue de este modo como se eligió una comunidad conocida de las periferias marginadas de la Ciudad de México para implementar una metodología de estudio del tema de la pobreza energética y con ello poder sistematizar una forma de evaluación de dicho fenómeno, desde su conceptualización multidimensional hasta su medición, análisis y generación de alternativas para enfrentarla.

México, considerado como un país tercermundista, periférico y ancilar de las potencias económicas; es un país lleno de riqueza, pero también lleno de pobreza. Entre las muchas pobrezas, existen las relacionadas con la falta de energía. Un hogar sin energía, con energía escasa o de mala calidad, es un hogar que incrementa los factores de riesgo en la salud y condena a sus integrantes a una mayor marginación. Existen muchos estudios sobre "la pobreza" en nuestro país, pero pocos sobre "la pobreza energética", los cuales están basados en información indirecta de censos nacionales, por lo que adolecen del trabajo de campo, con mediciones directas en los hogares.

Desarrollar esta investigación no ha sido fácil, ya que ha requerido un trabajo de campo con algunos habitantes de la localidad, entrar a sus hogares para tener acceso a una información que permitiera determinar el grado de pobreza energética en que se encuentran y los usos finales de la energía.

En el capítulo I se describen los antecedentes del tema. La pobreza es un fenómeno social que se agrava progresivamente en nuestro país y en el mundo, y no es debido a la escasez de alimentos o bienes, sino a la acumulación descontrolada y desmedida de capital por parte de una oligarquía transnacional y agravada sustancialmente por un modelo neoliberal que subyuga a los países más pobres y particularmente a los pueblos que los integran, mediante el saqueo de recursos a través de un modelo extractivista. En este marco, la pobreza se ha generalizado y profundizado a niveles poco vistos en la historia de la humanidad, existe ya una crisis ambiental y social que en México se refleja en una barbarie que azota a las ciudades, pueblos y comunidades que lo integran.

En el capítulo II se realiza una revisión del marco conceptual sobre el tema y proyectos relacionados. Se ha encontrado que no existe aún una definición consensada sobre la pobreza energética; más bien existen serias diferencias sobre el término relacionadas con el país de origen y el contexto en que se han generado estas definiciones. Sin embargo, comparten un hecho común: todas las definiciones encontradas consideran solo un aspecto de la pobreza energética, ya sea el costo de la energía, la posesión de bienes energéticos, la temperatura y/o la humedad de los hogares. Este trabajo en cambio intenta mirar a la pobreza energética como un fenómeno multidimensional. Por otro lado, en este capítulo se hace una revisión de los proyectos energéticos que podrían estar atendiendo la problemática de la pobreza energética, pero todos ellos también tienen algo en común: no tienen una evaluación previa sobre el fenómeno de la pobreza energética y se desconoce su impacto sobre este problema. Por ello, la metodología propuesta en este trabajo sugiere considerar en los proyectos una forma de evaluar la pobreza energética.

La metodología empleada en esta investigación se describe en el capítulo III, que incluye el método de necesidades absolutas aprobado por la

CEPAL para evaluar la pobreza energética en Latinoamérica; además, métodos complementarios para medir el confort de los hogares y el consumo energético. Asimismo, se ha medido la radiación solar directamente en la zona y se ha comparado con bases de datos históricas para tener un conocimiento más amplio sobre la disponibilidad de éste recurso energético renovable en la zona de estudio. Finalmente se describe el método de análisis de los datos que incluye la forma de dimensionar las propuestas tecnológicas y el análisis de rentabilidad.

En el capítulo IV se muestran los resultados obtenidos en la investigación, el grado de pobreza energética encontrado y los parámetros de temperatura y humedad considerados. Se muestran los resultados obtenidos en la caracterización energética de los hogares muestreados y su respectivo análisis de facturación por consumo de energía eléctrica y de gas LP. En la evaluación del recurso solar se muestran las mediciones realizadas en la localidad con el piranómetro y el análisis comparativo con las bases de datos obtenidas por la estación meteorológica más cercana del servicio meteorológico nacional (SMN), la UNAM y la NASA. Se muestran resultados de mediciones de temperatura y humedad en una muestra de hogares, de los cuales se obtuvieron los valores medios, así como los máximos y mínimos, mostrando los diferentes factores de riesgo que pueden constituir. Al final del capítulo se incluye un resumen de resultados que muestra de manera sucinta los resultados más relevantes, anticipando el análisis de las propuestas.

El capítulo V se ha dedicado al análisis de las propuestas tecnológicas para mitigar la pobreza energética. Debido a la orientación terminal elegida en el posgrado, se han seleccionado dos tecnologías solares considerando los resultados del estudio. Se realiza el dimensionamiento de las tecnologías y su respectivo análisis financiero, finalmente se muestran los beneficios económicos y ambientales que pueden traer estas propuestas.

Este trabajo concluye con los resultados más relevantes de las mediciones y las propuestas tecnológicas, poniendo en la mesa los límites reales del proyecto, las perspectivas de estudio y otras líneas de investigación para el tema de la pobreza energética.

## Capítulo I. Antecedentes

### 1.1. El modelo Neoliberal y la globalización

La pobreza es un fenómeno social que se agrava progresivamente en nuestro país y en el mundo, y no es debido a la escasez de alimentos o bienes, sino a la acumulación descontrolada y desmedida de capital por parte de una oligarquía transnacional, y agravada sustancialmente por un modelo neoliberal que subyuga a los países más pobres y particularmente a los pueblos que los integran, mediante el saqueo de recursos a través de un modelo extractivista. En este marco, la pobreza se ha generalizado y profundizado a niveles poco vistos en la historia de la humanidad, existe ya una crisis ambiental y social que en México se refleja en una barbarie que azota las ciudades, pueblos y comunidades que lo integran.

A principios de los años 70, Estados Unidos (EU) consumía el 33% de la energía mundial y tenía un tipo de ganancia del 7.7%. Sin embargo, tras la creación de la OPEP, la ganancia de EU cayó al 5.5% anual en 1973, generando una recesión mundial para 1974 (José Ayala, 1979). Esta crisis de tipo estructural es el antecedente del nuevo modelo económico generalizado en occidente, el Neoliberalismo (López Gallo & Sandoval González, 1999).

El neoliberalismo es el conjunto de medidas económicas y programas políticos propuestos como salida a la crisis económica de los años setenta, promovido por Milton Friedman, y que aboga por la intervención del estado en la economía en favor de la total movilidad del capital (Harnecker, 1999)

Tras la revolución mexicana de 1910, México inició un periodo de construcción de un gran aparato institucional que tuvo su máximo esplendor con la nacionalización de la energía eléctrica (1937-1960) y del petróleo (1938). El Estado mexicano llegó a poseer más de 1200 empresas paraestatales, entre ellas PEMEX y CFE. En los años 70 se tenía conformada una fuerte institución estatal con una política de *estado benefactor*, en la cual el gobierno se constituyó como el principal proveedor de servicios para los mexicanos. Esta

década fue el periodo de mayor crecimiento (6.5% anual) para una economía petrolera beneficiada por las medidas de la OPEP, en el llamado “milagro mexicano”. No obstante, la devaluación del dólar y la recesión de Estados Unidos impactaron finalmente en nuestro país desde 1976 con una serie de devaluaciones sucesivas del peso. El estado benefactor comenzó a ser sustituido por un estado neoliberal desde principios de los años ochenta (López Gallo & Sandoval González, 1999).

Es durante el gobierno de De la Madrid cuando se empiezan a fijar las primeras bases e intentos para un cambio en el modelo económico en la llamada “economía social de mercado”. Es hasta 1988 cuando el grupo Neoliberal llega al poder tras un “fraude histórico” y comienza a impulsar los siguientes lineamientos emitidos por organismos financieros internacionales como el Fondo Monetario Internacional (FMI) y el Banco Mundial (BM) (López Gallo & Sandoval González, 1999):

- 1) Apertura del mercado mediante tratados de libre comercio
- 2) Disminución del gasto social y subsidios gubernamentales
- 3) Reformas constitucionales
- 4) Privatización de paraestatales

Durante el periodo de Carlos Salinas de Gortari se firmó el primer gran tratado de libre comercio para América del Norte (TLCAN) que entró en marcha en 1994. Se realizaron una gran cantidad de reformas a la constitución, se redujeron significativamente el presupuesto social y los subsidios al campo, e inició la privatización de cientos de empresas paraestatales como Teléfonos de México y Aeroméxico. (Nassif, 1997)

El proceso de privatización y desmantelamiento del estado mexicano ha llegado a su momento cumbre con las reformas estratégicas de 2012, en las áreas laboral, financiera, educación, telecomunicaciones y energía. El modelo neoliberal se vislumbra en cada una de sus características: apertura al capital privado internacional (firma de Tratados internacionales); reformas constitucionales (artículos 27, 123, etc.); reducción del gasto social (en educación, investigación, apoyo al campo, etc.); y eliminación de los subsidios gubernamentales (como el de la gasolina). El mayor impacto lo ha tenido la

eliminación del subsidio a combustibles y reducción en el subsidio de la energía eléctrica, lo cual ha posibilitado el incremento de impuestos, precios y tarifas (Ackerman, 2017)

### 1.1.1. Consecuencias del Neoliberalismo

A partir de los años 90 se han experimentado en el mundo crisis económicas recurrentes de origen regional, pero de impacto global, como lo han sido la crisis mexicana de 1994 y la crisis asiática con sus efectos “tequila” y “dragón”, respectivamente. La liberalización del mercado ha permitido la integración de la economía global en cada región, desmembrando las economías locales de los países periféricos en beneficio directo de las transnacionales. También se ha recurrido al desarrollo de economías artificiales, como las economías de guerra, en las que se ha buscado justificar invasiones para alentar la compra y consumo de armas, acelerar la economía local y finalmente obtener los recursos petroleros. La reducción del gasto social se ha traducido en un abandono de los subsidios al campo, a la educación, a la seguridad social y a la investigación, la remuneración de los trabajadores es apenas 18 por ciento del PIB, los salarios se han deteriorado 65 por ciento y el mínimo más de 80 por ciento (Muñoz Ledo, 2016)

Como consecuencia han aumentado el desempleo, ha caído dramáticamente el poder adquisitivo de los trabajadores, ha aumentado la migración, los índices de pobreza, hambre, analfabetismo. México se ha colocado en los primeros lugares del mundo en cuanto a desigualdad social, corrupción, obesidad, delincuencia, feminicidios, asesinato de periodistas, narcotráfico y desapariciones forzadas (FORBES, 2015)

Organismos financieros como el FMI y el BM han reconocido el fracaso del modelo neoliberal sugiriendo la necesidad de un cambio en la política económica: “en lugar de generar crecimiento, algunas políticas neoliberales han aumentado la desigualdad, a su vez poniendo en peligro la expansión duradera” (Jonathan D. Ostry, 2016)

De acuerdo con la ONU cerca del 20% de la población mundial no tiene acceso a servicios de electricidad modernos, más de 30 millones de personas en América Latina y el Caribe y más 2,400,000 personas en México. Cerca de 3,000 millones de personas en el mundo dependen del uso de leña para cocinar sus alimentos y generar calor (Esperbent, 2015).

En abril de 2016, la Cámara de Diputados publicó que en México existen más de 500 mil viviendas sin electricidad, principalmente en comunidades indígenas y rurales, a pesar de que en 2015 la Comisión Federal de Electricidad (CFE) aumentó en 2.4 millones el número de viviendas beneficiadas, quedando pendiente por electrificar a más de 43 mil localidades en el país, donde habitan más de 2 millones 200 mil personas (Cámara de Diputados, 2016). Para 2010, el INEGI reporta 513 482 hogares sin servicio eléctrico y 110 044 no especificado (INEGI, 2015)

Durante 2014 México tuvo una producción de energía primaria de 8826.15 PJ, de la cual el 87.9% es debida al aporte de los hidrocarburos, disminuyendo 2.6% respecto de 2013, debido a la caída en la producción de petróleo (SENER, 2015). México produce 92.4% de su energía primaria a partir de fuentes no renovables como el petróleo, el gas natural y el carbón. Solamente el 7.6% proviene de fuentes renovables de energía como la eólica, geotérmica, fotovoltaica y biomasa.

Del consumo nacional, de 5128 PJ, el 18% correspondió al sector residencial, comercial y público.

#### 1.1.2. Reservas de petróleo y energía solar

La energía se puede considerar como la capacidad para causar cambios (Çengel & Boles, 2012). Conocer las fuentes de energía y los recursos disponibles es fundamental para su aprovechamiento. México depende mayormente del petrolero: más del 80% de la energía usada en el país proviene del petróleo y sus derivados (SENER, 2015)

El recurso solar en México es muy superior a todas las reservas probadas de crudo que existen en el país. De acuerdo con datos oficiales, México cuenta con 13,438.5 millones de barriles de crudo en reservas (SENER, 2015), que serían equivalentes a  $22,777 \times 10^6$  MWh ( $1 \text{ MWh} = 0.59 \text{ Ba}$ ). Por otro lado, la superficie del territorio nacional es de  $1,964,375 \text{ km}^2$  con un media nacional de 5.648 horas de sol pico (Instituto de Geofísica, UNAM, 2006), lo cual arroja un potencial de energía solar de  $(5,648 \text{ Wh/m}^2 \text{ por día}) \times (1.96 \times 10^{12} \text{ m}^2) = 11,070 \times 10^6$  MWh por día. Es decir que el potencial de energía solar en el territorio nacional podría cubrir en prácticamente dos días el equivalente de la energía obtenida de todas las reservas de crudo probadas en el país.

### 1.1.3. Ingresos y gastos en los hogares

Los gastos de los hogares mexicanos han ido incrementando la proporción destinada a gastos relacionados con la energía en los últimos 18 años. Durante 2014 los hogares mexicanos gastaron en promedio 9.5% del ingreso en servicios de conservación de la vivienda, energía eléctrica y combustibles, mientras que en 1994 fue del 8.9% en el mismo rubro.

El gasto en transporte y comunicaciones fue del 18.8% en 2014, mientras que en 1996 fue del 16.2% (INEGI, 2014). En las encuestas nacionales no existe un rubro específico para determinar el gasto energético de los hogares, pero se puede estimar que este gasto supera el 10% recomendado por el Reino Unido y la Comunidad Europea como un índice de pobreza energética.

## 1.2. Medidas contra la pobreza energética en el mundo

De acuerdo con la Asociación de Ciencias Ambientales (ACA) de España, la pobreza energética puede enfrentarse mediante tres tipos de medidas (Tirado Herrero. S. L., 2012)

- Medidas preventivas
- Medidas correctivas
- Medidas integrales

Para comprender mejor se presentan algunas iniciativas dirigidas a enfrentar la carencia de energía en diferentes comunidades en el mundo.

### 1.2.1. Europa

En Europa existe la fundación “*Community Power*”, cofundada por el Programa Europeo de Energía Inteligente de la Unión Europea, la cual ha impulsado en los últimos años la realización de proyectos de energías renovables en comunidades de la mayoría de países europeos, como Dinamarca, Hungría, España, Gran Bretaña y República Checa (Community Power, 2014)

Esta fundación recibe fondos de donaciones y un financiamiento de la UE. El principal obstáculo al que se enfrentan son las políticas económicas y legislaciones contrarias a los proyectos de energías renovables. Por esta última razón se han llevado a cabo incluso movilizaciones sociales por la apertura de las últimas legislaciones a los proyectos comunitarios de energías renovables.

### 1.2.2. América del Norte

La Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) ha impulsado un programa para el desarrollo de proyectos comunitarios de energía renovable en los países de América del Norte. Se trata de un programa apoyado en una guía que pretende ayudar a grupos indígenas de Canadá, Estados Unidos (EU) y México mediante un modelo de negocios principalmente cooperativista basado en las experiencias de la *Ontario Sustainable Energy Association (OSEA)*, Canadá, y experiencias de proyectos eólicos en Illinois y Oregón, EU, *Energy*

*Trust and Wind Community*. El programa apoya emprendimientos colectivos de energía renovables de pequeña escala (CEC, 2010)

De acuerdo con la CCA, “el término “energía renovable comunitaria” significa, en general, energía (electricidad o calor) de fuentes renovables, propiedad de una localidad y ubicada en ésta. Energía comunitaria significa que los miembros de la comunidad son propietarios del proyecto y ejercen cierto control sobre él” (CEC, 2010).

### 1.2.3. Latinoamérica

Son muchos los emprendimientos comunitarios para enfrentar la carencia de energía en Latinoamérica. Algunos esfuerzos representativos son los emprendidos por la *Cooperativa de Agroenergía para la Agricultura Familiar*, en Marechal Cândido Rondon, un municipio brasileño ubicado en el estado de Paraná que integra 33 fincas de pequeña escala que cuentan con biodigestores individuales alimentados con los mismos residuos agrícolas, generando además bio-fertilizante para la misma producción del campo. La capacidad es tal que el biogás excedente se envía por un gasoducto a una planta de energía a 22 km de distancia, generando electricidad que se distribuye a los alrededores, calor para secado de granos y biogás para uso de vehículos (Esperbent, 2015)

### 1.2.4. Programa Euro-Solar

Se trata de una iniciativa de la Oficina de Cooperación de la Comisión Europea (EuropeAid) que tiene como objetivo promover las energías renovables como motor de desarrollo humano en ocho países de América Latina: Bolivia, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Paraguay y Perú. El programa Euro-Solar contempla la instalación de 600 Kits de producción de energía con una capacidad instalada de 1.225 kWp, sistemas de cómputo y comunicaciones para fines de salud y educación en comunidades

rurales en una modalidad de propiedad comunal del equipo (Programa EURO-SOLAR, 2015)

#### 1.2.5. México

En el caso de México se presentan tres experiencias

##### **a) *Isla Urbana y sistema Biobolsa***

Isla Urbana es una Asociación Civil que se ha especializado en la instalación de sistemas de captación de agua pluvial en zonas marginadas del centro de la república mexicana, particularmente del sur de la Ciudad de México y comunidades indígenas de Michoacán. Recientemente han impulsado una iniciativa denominada Sistema *Biobolsa* que han impulsado una tecnología de generación de biogás a partir de pequeñas granjas familiares de conejos, aves y cerdos. Ambos proyectos se han apoyado de recursos provenientes del Instituto Internacional de Recursos Renovables (IRRI), así como de programas públicos y privados como el programa de sistemas de captación de la delegación Tlalpan del DF y el programa Iniciativa México. Gracias a estos recursos, los beneficiarios reciben equipo a bajo costo o incluso 100% financiado por los programas mencionados. (Isla Urbana, 2016)

##### **b) *Centro de desarrollo sustentable: Instituto Tonatzin Tlalli***

Este centro es parte de una asociación denominada Grupo para Promover la Educación y el Desarrollo Sustentable, A.C. que ha enfocado su actividad en regiones marginadas de Oaxaca y el Estado de México. En un informe anual de este grupo, se mencionan un conjunto de talleres entre los que destacan talleres de energías renovables que fomentan el autoconstrucción de generadores eólicos y fotovoltaicos en las comunidades de Ejutla, Oaxaca. (GRUPEDSAC, 2015)

### **c) *Pueblos y colonias del Ajusco***

Los pueblos y colonias ubicados en la zona del Ajusco han experimentado un gran crecimiento demográfico en los últimos años. Miles de familias se han incorporado a la mancha urbana que continúa creciendo, en la mayoría de los casos, de manera no planificada y totalmente irregular, razón por la cual son muchas las carencias de estos núcleos poblacionales. Entre las carencias más importantes destacan las de energía eléctrica y agua.

El grupo proyectos comunitarios es una iniciativa independiente que impulsa un grupo de vecindados de la zona bajo el esquema de vivienda sustentable, trabajando con los colonos la instalación de sistemas fotovoltaicos, sistemas de captación pluvial, generación de biogás y autoconstrucción de calentadores solares. Este proyecto no cuenta con financiamiento de algún organismo, funciona organizando grupos de colonos que pueden cooperar en cada iniciativa. Se han impartido charlas y talleres de energías renovables con el objeto de impulsar la autogestión de las tecnologías.

### 1.3. Justificación del trabajo

La Pobreza Energética en el Hogar (PEH) es la incapacidad para satisfacer las necesidades más esenciales de energía en un hogar. Esta incapacidad puede repercutir seriamente en la salud de una familia. De acuerdo con estudios recientes, en México existen más de 12 millones de hogares en condiciones de pobreza energética (García-CEPAL, 2014), es decir más de 50 millones de mexicanos con diferente grado de PEH (cálculo propio)

La sociedad enfrenta distintos problemas para emplear tecnologías de aprovechamiento sustentable. Uno de ellos es que dichas tecnologías responden a una lógica de mercado, de "renta tecnológica" (Echeverría, 2010) que las hace inaccesibles a las grandes mayorías, particularmente a los sectores más vulnerables de la población, debido principalmente a los elevados costos económicos. Otro problema tiene que ver con la incompatibilidad que existe entre la lógica de consumo inmoderado de energía y la necesaria educación en el empleo responsable que acompaña el uso de las energías renovables.

La Reforma Energética es la consagración del proyecto Neoliberal en México en el área estratégica de mayor relevancia. La privatización de la energía y la eliminación de subsidios dejan abierto un hueco que incrementará la desigualdad y la pobreza energética, donde la modernización y la transición energética constituyen el privilegio de quienes tienen el poder adquisitivo para pagarlo, quedando en el abandono a las mayorías marginadas. Este hueco puede ser cubierto con programas y proyectos alternos de energía que contemplen opciones de autoabastecimiento para los pueblos y comunidades del país.

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivo general

**El objetivo del presente trabajo es evaluar la pobreza energética en una comunidad específica de la Ciudad de México, como modelo para el estudio y mitigación de la pobreza energética en el país mediante proyectos de energía renovable**

### 1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar la pobreza energética en una localidad del pueblo de Santo Tomás Ajusco, Tlalpan, Ciudad de México, empleando el método “Satisfacción de Necesidades Absolutas de Energía”
- Evaluar la temperatura y humedad de una muestra de hogares, como parámetros adicionales de pobreza energética
- Evaluar las necesidades energéticas mediante censos de carga y mediciones de consumo.
- Evaluar la radiación solar en la localidad mediante mediciones *in-situ* y bases de datos históricos para establecer los potenciales de aprovechamiento.
- Elaborar un diseño tecnológico específico que reduzca el nivel de pobreza energética y cubra las necesidades energéticas en la localidad.

## Capítulo II. Marco teórico conceptual

En este capítulo se realiza una revisión del marco conceptual sobre el tema de la pobreza energética y los proyectos relacionados. Este trabajo intenta mirar a la pobreza energética como un fenómeno multidimensional. Además, se hace una revisión de los proyectos energéticos que podrían estar atendiendo la problemática de la pobreza energética.

### 2.1. Pobreza

La Pobreza se definen como *“necesidad, estrechez, carencia de lo necesario para el sustento de la vida”*; mientras que, la necesidad es *“falta de las cosas que son menester para la conservación de la vida”* (RALE, 2001)

La pobreza es una condición humana que se caracteriza por la imposibilidad de acceso o carencia de los recursos necesarios para satisfacer las necesidades físicas y psíquicas más básicas del ser humano, tales como la alimentación, salud, vivienda, educación o agua potable (Boltvinik, Evaluación de la pobreza y la estratificación social en México, 2012) y las necesidades psicológicas básicas de seguridad, integridad y estabilidad (Maslow, 1954).

De acuerdo con la ONU, la pobreza se manifiesta por la “falta de ingresos y de recursos productivos suficientes para garantizar medios de vida sostenibles, hambre y malnutrición, mala salud, falta de acceso o acceso limitado a la educación y a otros servicios básicos, aumento de la morbilidad y mortalidad a causa de enfermedades, carencia de vivienda o vivienda inadecuada, medios que no ofrecen condiciones de seguridad y discriminación y exclusión sociales...Las situaciones de pobreza absoluta es se caracterizan por una grave privación de elementos de importancia vital para los seres humanos: comida, agua potable, instalaciones de saneamiento, atención de salud, vivienda enseñanza e información” (Naciones Unidas, 1995)

El Instituto Nacional de Estadística de España (INE) define la pobreza absoluta como “la situación en la cual no están cubiertas las necesidades

básicas del individuo, es decir, existe carencia de bienes y servicio básicos” y considera que ésta debería poder aplicar por igual en todas las sociedades (INE, 2006).

La pobreza relativa considera que la pobreza es una clara desventaja económica y social respecto de las demás personas de su entorno (INE, 2006)

La pobreza extrema es el estado más severo de pobreza, en el cual las personas no pueden satisfacer las necesidades más básicas para vivir, como son alimentación, agua potable, techo, salud y sanidad. De acuerdo con el Banco Mundial, aquellas personas que reciben ingresos inferiores a USD\$1.25 al día, se encuentran en una condición de pobreza extrema (BW, Ravallion, Chen, & Sangraula, 2008). Para el año 2008 se estimaba que 1,400 millones de personas en el mundo se encontraban en esta situación.

El número total de pobres en toda América Latina y el Caribe (ALyC) se ha estimado a fines del año 2007, en alrededor de 200 millones de personas. De ellos, poco más de dos tercios habitaban en áreas urbanas. El número de indigentes representaba, a su vez, alrededor de 72 millones, 50% de ellos residiendo en áreas urbanas. (Kosulj, CEPAL, & PNUD, 2009)

Si bien la falta de acceso a servicios eléctrico, puede deberse en muchos casos al aislamiento geográfico, se puede estimar que el 73% de hogares sin electricidad son hogares en condición de pobreza (Kosulj, CEPAL, & PNUD, 2009)

### 2.1.1. Medición de la pobreza

Se han realizado diversos esfuerzos para establecer índices, umbrales y grados de pobreza. En México existen diferentes metodologías para medir la pobreza (Boltvinik, 2008).

Boltvinik sugiere una metodología multidimensional que ha sido aprobada y empleada en la Ciudad de México desde 2011. El mismo autor critica que los métodos uni-dimensionales que emplean un solo indicador,

como el ingreso corriente per-cápita, establecen una línea de pobreza y quienes tienen un ingreso debajo de esa línea son considerados pobres, pero este criterio no considera diversas carencias humanas. Desde una perspectiva multi-dimensional, diversas carencias pueden permitir un panorama más integral de la pobreza. Para decidir un solo umbral de pobreza cuando existen carencias en una dimensión, pero en otras no, el autor sugiere tres criterios para decidir: el criterio del promedio (se promedian las calificaciones de cada dimensión evaluada), el criterio de la unión de conjuntos (es pobre quien está debajo de uno o más umbrales) y el de la intersección de conjuntos (solo quien está debajo de todos los umbrales es pobre).

El método desarrollado por este grupo de trabajo y adoptado por el gobierno del DF, es el Método de Medición Integrada de la Pobreza (MMIP) y el método multidimensional adoptado por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) y se emplea el criterio del promedio para decidir el umbral de pobreza (Boltvinik, 2012). De acuerdo con estos nuevos métodos, en México existe una incidencia de la pobreza del 82.8%; es decir, poco más de 90 millones de mexicanos se encuentran en condición de pobreza.

### 2.1.2. Estratos de pobreza

De acuerdo con el método de medición multidimensional que considera satisfacción de necesidades básicas y de requerimientos de ingreso-tiempo, el grupo de Boltvinik señala que de manera simplificada son considerados tres grupos sociales: indigencia, pobreza no indigente y no pobreza. De acuerdo a esta estratificación la pirámide social nacional tiene 32% en indigencia, 50.8% en pobreza no indigente y 17.2% en no pobreza, es decir 82.8% en pobreza.

Su equipo de trabajo sugieren tres estratos para definir la pobreza total: Indigencia, Pobreza intensa y Pobreza moderada (Boltvinik, 2012). La suma de estos tres estratos arroja una cifra del 93.2 millones de mexicanos en condiciones de pobreza. El mismo grupo de trabajo asigna determinados

valores para cada estrato, en una escala del cero al uno, señalados en la Tabla 2.1

**Tabla 2.1. Grados de pobreza**

<b>Subdivisiones</b>	<b>Satisfacción de norma (%)</b>
Indigencia	$0 < 1/2$
Pobreza intensa	$1/2 < 2/3$
Pobreza moderada	$2/3 < 3/3$

Fuente: (Boltvinik, Evaluación de la pobreza y la estratificación social en México, 2012)

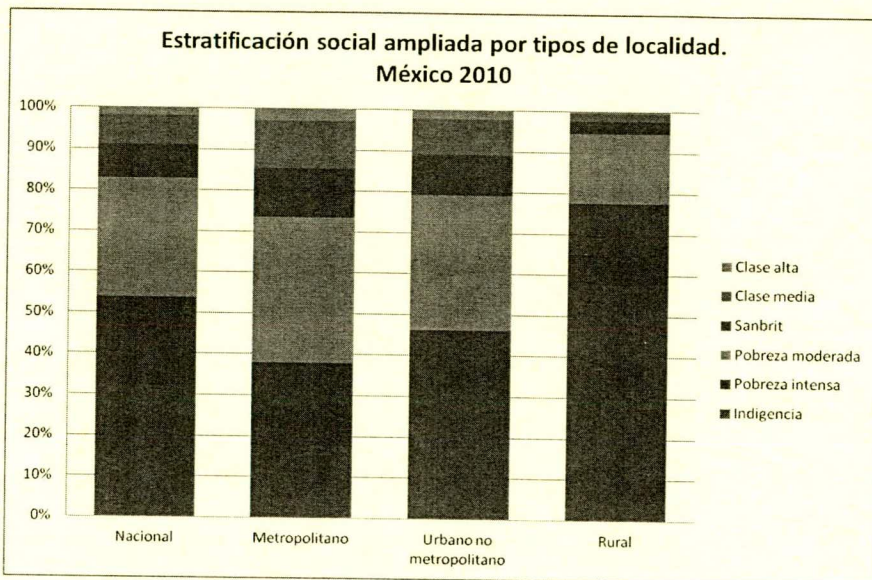
La población no pobre ha sido clasificada en tres grupos: Sanbrit (alcanza satisfacción de necesidades básicas), Clase media y Clase alta, como se puede ver en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2. Estratos sociales establecidos para la población no pobre**

<b>Subdivisiones</b>	<b>Satisfacción de norma</b>
Sanbrit	1 – 1.1
Clase media	1.1 – 1.49
Clase alta	> 1.5

Fuente: (Boltvinik, Evaluación de la pobreza y la estratificación social en México, 2012)

Las proporciones de estos estratos considerando el tipo de localidad, si es urbana, metrópoli o rural se muestra en la Gráfica 2.1



Gráfica 2.1. Estratificación social de acuerdo con los tipos de localidad en México

Fuente: Elaboración propia con datos de Boltvinik y la ENIGH-INEGI.

## 2.2. Pobreza Energética

La carencia de energía se ha vuelto un tema del mayor interés dado que está directamente ligado con una baja calidad de vida, con problemas de salud, marginación y mortandad en la población que la padece. No obstante, no existe aún un consenso sobre los conceptos más adecuados para definir esta carencia de energía.

Durante los años 80 surge el concepto de pobreza de combustible en el Reino Unido como una manera de centrar la atención en la precariedad de los hogares y la población que padece esta condición. Un hogar se encuentra en este tipo de pobreza cuando “no se puede pagar el combustible necesario para mantener el calor o temperatura que brinde confort térmico a los miembros de un hogar” (Lewis, 1982).

Boardman considera que “un hogar se encuentra en pobreza de combustible si gasta más del 10% de sus ingresos para tener la calefacción adecuada” (Fuel Poverty: From Cold Homes to Affordable Warmth, 1991).

Posterior a la crisis económica que ha enfrentado España, han surgido grupos de trabajo que sugieren el concepto de pobreza energética para hablar de la carencia de energía de una manera más amplia en los hogares españoles, un concepto que se ha ido desarrollando:

*“una situación en la que un hogar es incapaz de pagar una cantidad de energía suficiente para la satisfacción de sus necesidades domésticas y/o cuando se ve obligado a destinar una parte excesiva de sus ingresos a pagar la factura energética de su vivienda”* (Tirado Herrero S. J., 2016)

Recientemente este grupo de trabajo está considerando el concepto de vulnerabilidad energética para contemplar aquella población en posibilidades de caer en una situación de pobreza energética, definiéndola como:

*“una condición más extensa y difusa que la de pobreza energética y que se define como la propensión de un hogar a experimentar una*

*situación en la que dicho hogar no recibe una cantidad adecuada de servicios de la energía” (Tirado Herrero S. J., 2016)*

Alrededor de 28 millones de personas aún carecen de energía eléctrica en Latinoamérica y una considerable cantidad todavía no accede a combustibles modernos para cocinar. Los estratos más pobres de los países latinoamericanos consumen hasta 8 veces menos energía que el resto de la sociedad, sin embargo gastan más del 10% de sus ingresos en pagar las facturas energéticas. (Kosulj, CEPAL, & PNUD, 2009)

Las reformas emprendidas en el sector energético en América Latina y el Caribe durante las dos últimas décadas no han considerado de un modo explícito el acceso a servicios energéticos por parte de los estratos más pobres de la población, ni tampoco los aspectos ambientales. Por el contrario, los impactos socio-ambientales del proceso de reformas han sido en general negativos para éstos (Kosulj, CEPAL, & PNUD, 2009)

Un tema recurrente en las definiciones de pobreza energética es lo relacionado al confort térmico de las habitaciones, así, de acuerdo con Comité Económico y Social Europeo:

*“La pobreza energética es la dificultad o la incapacidad de mantener la vivienda en unas condiciones adecuadas de temperatura (como referencia, se podría tener en cuenta la definición de la Organización Mundial de la Salud, que considera temperatura de confort, 21 °C en la sala de estar y 18 °C en el resto de estancias”*  
(Comité Económico y Social Europeo, 2011)

Para construir un concepto integral de la pobreza energética, en la Tabla 2.3 se muestra una descomposición de los elementos que conforman las diferentes definiciones del concepto de pobreza energética:

**Tabla 2.3. Matriz conceptual sobre la pobreza energética**

La pobreza energética es	La carencia de recursos, bienes y servicios necesarios	Para cubrir las necesidades básicas de energía
	Refrigerador, iluminación, estufa, calefacción, calentador de agua y TV, computadora e internet	Necesidades absolutas de protección y supervivencia: alimentación, salud, educación.
	La incapacidad para mantener un hogar a 20°C en invierno y 26°C en verano (OMS)	Confort térmico y salud
	La incapacidad de mantener la humedad de las habitaciones entre 30 y 50% (EPA)	Sensación térmica y Salud
	El gasto económico superior al 10% del ingreso en pagos de energía	Costo moderado de la energía
	Consumo eléctrico inferior a la media nacional	Acceso igualitario a la energía

Tabla 2.3 Matriz conceptual de las definiciones de pobreza energética.

Con el conjunto de definiciones de la Tabla 2.3., en este trabajo se ha reconstruido un concepto más integral de la pobreza energética, el cual se sugiere a continuación:

***La pobreza energética en un hogar es la incapacidad para satisfacer las necesidades energéticas relacionadas con el sustento y conservación de la vida de sus habitantes, sin detrimento de sus ingresos económicos, así como la incapacidad de abastecer los espacios del hogar con la energía suficiente para mantenerlos a una temperatura y humedad adecuadas para la supervivencia saludable de sus integrantes.***

### 2.2.1. Medición de la pobreza energética

Si bien la evaluación de la pobreza es un tema complejo, medir la pobreza de energía es todavía un trabajo en vías de investigación. En este sentido un grupo de trabajo mexicano ha sugerido una manera para evaluar la pobreza energética mediante un índice de pobreza en los hogares a partir de un método que evalúa las denominadas necesidades absolutas. De acuerdo con este grupo:

*“Un hogar se encuentra en pobreza energética cuando las personas que lo habitan no satisfacen las necesidades de energía absolutas, las cuales están relacionadas con una serie de satisfactores y bienes económicos que son considerados esenciales, en un lugar y tiempo determinados, de acuerdo a las convenciones sociales y culturales”*  
(García-CEPAL, 2014)

Mientras un satisfactor es en sentido último el modo por el cual se expresa una necesidad, los bienes son en sentido estricto el medio por el cual el sujeto potencia los satisfactores para vivir sus necesidades” (Boltvinik, Conceptos y medidas de la pobreza, 2008)

De acuerdo con esta definición, el grupo del Colegio de la Frontera Norte (Colef) establece una relación entre necesidades, satisfactores, bienes económicos y usos finales de la energía para definir la pobreza energética en los hogares. En la Tabla 2.4 se muestran los bienes económicos relacionados con las denominadas necesidades absolutas de energía (NAE) por el grupo del Colef.

**Tabla 2.4. Relación entre necesidades absolutas de energía, satisfactores y bienes económicos**

NECESIDAD	SATISFACTOR	BIEN ECONÓMICO	USO FINAL
Protección y subsistencia	Salud física y cuidado	Calentador de Agua	Calentamiento de agua
Subsistencia	Salud física y alimentación	Estufa de gas o eléctrica	Cocción de alimentos
Protección y subsistencia	Salud física y cuidado	Ventilador, Aire acondicionado	Confort térmico
Protección, Entendimiento, placer, creación	Cuidado, investigación, estudio, literatura, tiempo libre,	Focos	Iluminación
Protección y subsistencia	Salud Física y alimentación	Refrigerador	Refrigeración / alimentos
Entendimiento, placer, creación	Humor, descanso, literatura, estudio, juego, tiempo libre, creatividad	Computadora, internet, TV.	Entretenimiento

Fuente: Tomado de Colef (García-CEPAL, 2014)

La posesión o no de los bienes económicos mencionados en la Tabla 2.4 es una información obtenida periódicamente por medios oficiales (en México, ENIGH-INEGI). Sin embargo, para casos particulares puede obtenerse de manera directa mediante encuesta a los participantes del proyecto.

### 2.3. Energía comunitaria

En este trabajo se sugiere la energía comunitaria como una vía para enfrentar la pobreza energética en los hogares ubicados en localidades de alta marginación.

El término “energía renovable comunitaria” se refiere a la energía eléctrica o calorífica proveniente de fuentes renovables, propiedad de una localidad y ubicada en ésta, donde los miembros de la comunidad son los propietarios del proyecto y ejercen cierto control sobre él, ya sea mediante una cooperativa o como grupo de propietarios de los terrenos en que se asienta un proyecto, como propietarios de una pequeña empresa o como residentes y dueños de los hogares que viven y trabajan con la instalación diariamente (CEC, 2010).

Son muchas las experiencias en el mundo que están enfrentado de modo colectivo los problemas energéticos (Community Power, 2014) (Esperbent, 2015) (CEC, 2010) (GRUPEDSAC, 2014) (Green Peace, 2013) (Isla Urbana, 2016) (Lewis, 1982) En algunos casos se trata solo de una asociación de beneficiarios, mientras que en la mayoría de los casos se trata organizaciones de tipo cooperativista, algunas incluso que pueden llegar a vender energía a la red pública.

Importantes proyectos de este tipo, se están impulsando en Canadá y Estados Unidos, en Alemania, España y otros países de la Unión Europea, en países de Centro y Sud América, etc., muchos de estos proyectos son financiados por organismos regionales e internacionales como el Banco Mundial, el Programa Europeo de Energía, la ONU, Comisión para la Cooperación Ambiental para América del Norte (CEC, por sus siglas en inglés), o el Instituto Internacional de Recursos Renovables. En el primer capítulo se describen con mayor detalle algunas de las experiencias más relevantes en cuanto a energía comunitaria.

Este trabajo se apoya de algunas propuestas metodológicas sugeridas por la Comisión para la Cooperación Ambiental en su guía de proyectos comunitarios de energía renovable para América del Norte (CEC, 2010).

De acuerdo a esta guía, el primer paso para el desarrollo de un proyecto de suministro comunitario de energía renovable es organizar a un grupo de habitantes de la comunidad. Puede iniciar con la formación de un grupo comunitario informal.

En México, es necesario constituir una sociedad (puede ser de tipo cooperativista) para llevar a cabo proyectos de generación de electricidad con capacidad de 500 kW o más. Para menor capacidad se puede constituir una asociación civil.

### Capítulo III. Desarrollo metodológico

A continuación, se describen la metodología empleada para esta investigación, que incluyen el método de necesidades absolutas aprobado por la CEPAL para evaluar la pobreza energética, métodos complementarios para medir el confort de los hogares y el consumo energético.

Así mismo, se ha medido la radiación solar directamente en la zona y se ha comparado con las bases de datos para tener un conocimiento claro sobre la disponibilidad de éste recurso energético renovable en la zona de estudio. Finalmente se describe el método de análisis de los datos que incluye la forma de dimensionar las propuestas tecnológicas y el análisis de rentabilidad.

Se han consultado diferentes propuestas metodológicas para la implementación de proyectos energéticos y considerando la propuesta organizativa de la CEC (CEC, 2010), en este trabajo se sugieren los siguientes pasos para el proceso de estructuración de un proyecto de energía renovable de tipo comunitario:

1. Pláticas informativas con los habitantes de la localidad
  - a. Descripción del proyecto
  - b. Estudio de necesidades absolutas
2. Ruta de acceso a recursos
3. Juntas de acuerdo
4. Constitución organizativa
5. Estudio de factibilidad
  - a. Evaluación de recursos energéticos
    - i. Solares
    - ii. Biomasa
    - iii. Eólicos
    - iv. Geotérmicos
    - v. otros
6. Estudios de impacto ambiental
7. Solicitud de proyecto
8. Permisos

## 9. Diseño Tecnológico

## 10. Estudio Económico y Financiamiento

Para el caso de estudio, se han tenido pláticas con habitantes de la localidad en asambleas locales y de manera individual durante las entrevistas.

Se han realizado revisiones de programas de financiamiento, tales como el Proyecto de Desarrollo de Tecnologías de Energía Sustentable (PRODETES) impulsado por la Subsecretaría de Planeación y Transición Energética de la secretaría de energía (SPT-SENER) (SENER, 2016). Para el caso de este trabajo no se analiza la ruta de gestión de tales proyectos.

El trabajo principal de esta investigación ha sido la evaluación del recurso energético de tipo solar, el diseño tecnológico y el estudio económico y financiero de un proyecto de energía.

### 3.1. Descripción de la zona y la localidad

La localidad del Paraje el Charco, se encuentra ubicada en el Pueblo de Santo Tomás Ajusco, al suroeste de la Delegación Tlalpan. Esta es la delegación más grande de la Ciudad de México, con 666 352 habitantes en 2013 (INEGI, 2013). Se encuentra dividida en cinco zonas territoriales, la más grande es la zona 5 de "Pueblos Rurales" con más de 80% del territorio y 83% de la población total de la demarcación. En esta zona existen 11 pueblos originarios, entre ellos el pueblo de Santo Tomás Ajusco. Los primeros habitantes del Ajusco fueron los Tepanecas, pueblos anexos del imperio Cuicuilca. Posterior a la erupción del Xitle, muchos migraron hacia Teotihuacán, pero volvieron a repoblar el Ajusco durante la época clásica del imperio Mexica. Durante la Colonia fueron fundados los pueblos de San Miguel y Santo Tomás Ajusco, en el siglo XVI por el virreinato, con el objeto de evangelizar a los pueblos indígenas de la región. El pueblo de Santo Tomás

está conformado por distintas localidades, algunas conformadas en torno de los llamados parajes.

El Paraje el Charco es una localidad ubicada en el llamado polígono de Santo Tomás, colindante con la delegación Magdalena Contreras y los límites de la zona urbanizada del pueblo con la zona de protección ecológica del Ajusco. Esta localidad está creciendo aceleradamente debido a la venta de terrenos para uso habitacional. Se encuentra en un altiplano circundante al volcán del Xitle y al volcán Cuatzontle, a una altitud de 3,005 msnm (Microsoft GPS, 2017), por lo cual existen importantes corrientes de aire gélido.

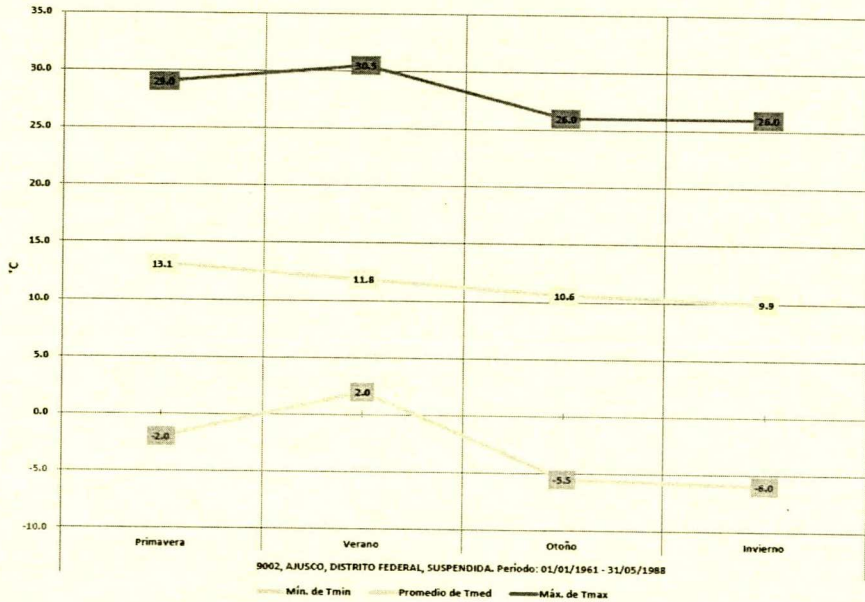
El SMN reporta una media de precipitación anual de 1,129.8 mm (Servicio Meteorológico Nacional, 2010). De acuerdo al INEGI, el paraje el charco se encuentra en una zona de alta marginación (INEGI-2010) dentro de un área de producción rural (DGRT-Tlalpan). Como se puede observar en la Imagen 3.1 la localidad se ubica al sur de dichos volcanes y dentro de una franja de colonias de nueva creación.



Imagen 3.1. Imagen aérea de los volcanes Xitle y Cuatzontle, al suroeste de la delegación Tlalpan. El paraje el Charco se marca con un punto verde, al sur de los volcanes.

Durante el invierno se han alcanzado temperaturas mínimas de  $-6^{\circ}\text{C}$ , con una mínima promedio de  $5.9^{\circ}\text{C}$  y máxima promedio de  $16.9^{\circ}\text{C}$ , en el histórico obtenido desde 1961 por la estación meteorológica Ajusco 9002 del SMN, mostradas en la Gráfica 3.1 (CONAGUA, 2016).

**TEMPERATURAS MÍNIMA, MEDIA Y MÁXIMA, POR ESTACIÓN DEL AÑO**



Gráfica 3.1 Temperaturas mínima, media y máxima, promedio, por estación del año en el Ajusco, de acuerdo con datos históricos desde 1961. Fuente: (CONAGUA, 2016)

### 3.2. Evaluación de la pobreza energética en la localidad

En la definición de las condiciones energéticas en los hogares donde se pretende impulsar un proyecto energético comunitario, es preciso evaluar el consumo energético y particularmente las necesidades absolutas de energía para conocer un índice de pobreza energética en el hogar (PEH). Han sido realizadas encuestas directas a una muestra de habitantes interesados en proyecto y basados en preguntas sobre los bienes económicos, tales como las preguntas consideradas en la ENIGH-INEGI respecto a necesidades absolutas de energía y otras relacionadas al servicio eléctrico. El modelo empleado se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Cuestionario sobre bienes económicos relacionados con las NAE

Preguntas sobre bienes económicos	SI	NO
1. ¿Cuenta la vivienda con al menos un calentador de agua que use gas o electricidad?	1	0
2. ¿Cuenta la vivienda con al menos una estufa de gas o electricidad?	1	0
3. ¿Cuenta la vivienda con mínimo un foco por vivienda?	1	0
4. ¿Cuenta la vivienda con al menos un refrigerador?	1	0
5. ¿Cuenta la vivienda con TV o equipo de cómputo (PC o Laptop) con internet?	1	0
6. ¿Cuenta con ventilador o aire acondicionado en las habitaciones principales?	1	0

Fuente: (García-CEPAL, 2014)

Debido a las diferencias geográficas en México se consideraron las zonas climáticas definidas por Koppen (García-CEPAL, 2014). En este sentido, se definen 4 zonas climáticas para México:

1. La "zona climática 1" se caracteriza por cubrir regiones con clima desértico (de árido a semiárido), temperaturas extremas estacionales y escasas precipitaciones. Se considera que, de acuerdo a sus características

climáticas, el uso de “Ventilador” o “Aire Acondicionado” y “Calentador de agua de gas o eléctrico” para ducha, son esenciales en las viviendas localizadas en esta zona climática.

2. La “zona climática 2” cubre regiones con clima semi-cálido húmedo y abundantes lluvias en verano, con temperaturas que no llegan a límites extremos en las estaciones de verano e invierno. Con base en estas características, se concluye que ninguno de estos bienes económicos es esencial en las viviendas localizadas en esta zona climática.

3. La “zona climática 3” se caracteriza por agrupar regiones con clima templado lluvioso y templado húmedo, con temperaturas medias en los meses más fríos entre 18°C y -3°C, y temperaturas medias en los meses más cálidos superiores a los 10°C. Se considera que sólo el “Calentador de agua de gas o eléctrico” es un bien económico esencial en las viviendas localizadas en esta zona climática.

4. La “zona climática 4” se caracteriza por cubrir regiones con climas tropicales e intensas precipitaciones en verano, y climas ecuatoriales calientes y húmedos con precipitaciones todo el año. En esta zona se considera que sólo el “Ventilador” o “Aire Acondicionado” son bienes económicos esenciales.

Estableciendo las zonas climáticas quedaron definidos los bienes económicos requeridos para evaluarlos en la fórmula respectiva de PEH (ANEXO)

Con la encuesta de necesidades absolutas se estableció un valor promedio para cada bien económico, el cual permitió establecer un índice de pobreza energética en los hogares de la localidad.

Una vez definidos los bienes económicos asociados con las necesidades absolutas de energía se pudo establecer el índice de pobreza energética en los hogares de estudio, para lo cual fue necesario establecer una evaluación de gasto energético que se realizó mediante tablas de consumo eléctrico y calórico, con el objeto de obtener el dato preciso de la energía que se consume por familia y en total por la comunidad.

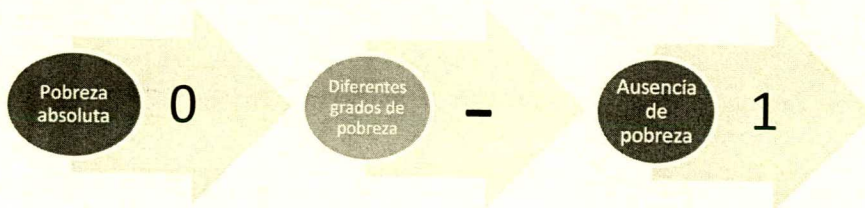
Para el caso de la localidad del Charco, Santo Tomás, ubicada a 3,005 msnm dentro del bosque templado del eje neo-volcánico, a pesar de que se encuentra geográficamente dentro de la zona climática 3 de clima templado, las temperaturas monitoreadas llegan a estar por debajo de los  $-5^{\circ}\text{C}$  a la intemperie y hasta  $10^{\circ}\text{C}$  en habitaciones interiores de los hogares durante el invierno. De acuerdo con datos climatológicos oficiales en la zona del Ajusco la temperatura máxima promedio es de  $16.9^{\circ}\text{C}$  (CONAGUA, 2016), por lo cual para alcanzar la temperatura de confort ( $18-21^{\circ}\text{C}$ ) (Tirado Herrero. S. L., 2012), en éste trabajo se considera necesario una fuente de energía como el calentador de ambiente.

Los datos obtenidos fueron procesados con la fórmula propuesta por el Colef para obtener un indicador de la pobreza energética en los hogares de la localidad.

Para fines cuantitativos, el equipo de García Ochoa define la PEH mediante la siguiente fórmula:

$$PEH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n BE_i < 1$$

En donde BE= bien económico, adquiere valor de 0 si se carece de tal y de 1 si se tiene en el hogar. PEH adquiere valores de 0 a 1, donde 0 representa una pobreza energética absoluta y 1 ausencia de pobreza energética en los hogares. Entre menor sea su valor es mayor la pobreza energética.



En este trabajo se sugiere adoptar para la pobreza energética, la misma estratificación empleada por el grupo de Boltvinik para la pobreza social. En la Tabla 3.2. se muestra dicha estratificación que será la que en adelante se ocupará en este trabajo.

**Tabla 3.2. Estratificación de la pobreza energética**

Valor PEH	Nivel de pobreza PEH
$\geq 1$	No pobreza
$0.66 < 1.00$	Pobreza moderada
$0.50 \leq 0.66$	Pobreza intensa
$0 \leq 0.5$	Pobreza indigente

Fuente: Elaboración propia a partir del modelo de estratificación social del grupo de Boltvinik.

Para un caso donde se requieren 6 bienes económicos y hay carencia de 2 de ellos, el índice de pobreza energética en el hogar (PEH), se determina de la siguiente manera:

Fórmula de PEH:

$$PEH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^6 BE_i < 1$$

BE1= Combustible

BE2= Refrigeración

BE3= Iluminación

BE4= Entretenimiento

$$\frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 (BE_1 + BE_2 + BE_3 + BE_4 + BE_5 + BE_6)$$

$$\frac{1}{6}(4) = \frac{2}{3} = 0.66$$

En este ejemplo, el hogar se encuentra en un grado de pobreza intensa.

### 3.3. Otros indicadores

Con el fin de corroborar el estado energético de los hogares se han realizado mediciones de temperatura y humedad con un sensor programado con Arduino-1<sup>1</sup> que permite registrar cada 5 minutos los parámetros ambientales dentro de las habitaciones.

Los datos son procesados para obtener promedios de un día y las gráficas correspondientes.

### 3.4. Evaluación del consumo energético

#### 3.4.1. Mediciones de consumo eléctrico

Las mediciones de consumo eléctrico han sido realizadas con el uso de medidores de energía wattímetros (marca "ADIR" de 1,800 W de capacidad y marca "kill-a-watt" de 1,200 W). El medidor se colocó en las tomas de corriente de algunos hogares. El medidor permite conocer el consumo en kWh acumulado durante el tiempo que es colocado, además muestra otros parámetros eléctricos como son la potencia, la tensión, la corriente, el factor de potencia y la frecuencia.

Estos parámetros fueron utilizados para elaborar un diagnóstico energético de la localidad. Para el caso de los equipos que más impactan en el consumo o tienen un uso variable, como refrigerador, lavadora, calefactor, TV computadora y bomba de agua, fueron realizadas mediciones de una semana típica en uno de los hogares, con el objeto de poder determinar el patrón de uso en la localidad. Para otros equipos se realizaron mediciones de 24 horas y

---

<sup>1</sup> Un Arduino es un dispositivo electrónico programado que permite automatizar procesos mediante señales de entrada y salida precisas y definidas por el usuario. Arduino 1 es un modelo comercial muy empleado para funciones básicas de robótica y automatización.

mediciones instantáneas. Con estos datos se elaboró una tabla de patrones de consumo que fue establecida como base para el censo de carga.

#### 3.4.2. Censo de cargas

Se realizaron censos de carga en ocho hogares para determinar el consumo mensual estimado, el consumo típico de una semana y el consumo de un día promedio. En el ANEXO 2 del trabajo se incluye un modelo de la encuesta realizada para el censo de carga. Tomando como base los patrones de consumo determinados con las mediciones, para el censo de carga se definió un factor de habitantes para cada hogar, en equipos que están directamente relacionados con el número de habitantes como la lavadora, la bomba de agua, el calentador eléctrico, no así para el caso de otros electrodomésticos.

#### 3.5. Evaluación de los recursos energéticos renovables

En este trabajo solo fue evaluado el recurso solar; sin embargo, la localidad se encuentra dentro de una franja de producción rural donde aún existe una producción importante de biomasa en ranchos y plantíos, así como de origen forestal. Por otro lado, la localidad se encuentra en un altiplano de la zona en medio de dos corrientes importantes de viento que hacen del recurso eólico una fuente importante de energía que requiere evaluación. En éste trabajo fue evaluado solamente el recurso solar; sin embargo, se recomienda una segunda fase de investigación para continuar con la evaluación de los recursos energéticos renovables disponibles en la zona.

### 3.5.1. Mediciones de radiación solar

En la evaluación del recurso solar, se realizaron mediciones de irradiancia global<sup>2</sup> con el uso de un piranómetro y un radiómetro<sup>3</sup> que permite el registro de datos. Las mediciones se realizaron todos los días del mes de julio de 2016. Fue calculado empíricamente el medio día solar mediante un dispositivo de sombras, hallado a las 13:30 h del horario oficial. Las mediciones se realizaron cada minuto entre las 5:30 y 19:00 h solares.

Los datos obtenidos por medición directa fueron comparados con datos de la estación meteorológica más cercana (EMAS) ubicada en el parque Eco-guardas. El análisis de varianza sugiere que los datos no tienen diferencias significativas y pueden ser extrapolados con los de la EMAS para tener un estimado de la radiación global de un ciclo climatológico completo.

Las mediciones obtenidas han sido analizadas conforme a una metodología convencional (Instituto de Geofísica, UNAM, 2006) construyendo curvas de frecuencia acumulada (CFA), calculando la energía global disponible y finalmente las horas solar pico (HSP) para los días evaluados.

Los datos de irradiación han sido analizados para determinar la frecuencia acumulada y la energía disponible, así como las horas solares pico. Para elaborar las curvas de frecuencia y de energía disponible se empleó la metodología propuesta por el instituto de geofísica de la UNAM (Instituto de Geofísica, UNAM, 2006) que consiste en subdividir el rango de energía (0-1400 W/m<sup>2</sup>) en niveles críticos o umbrales de la irradiancia solar global. En este trabajo los niveles críticos se establecieron cada 50 W/m<sup>2</sup>. Una vez hecha esta subdivisión, se procedió a contar el número de veces que la irradiancia minuto a minuto se ubicó dentro de los intervalos de los niveles críticos. Con este procedimiento se construyeron curvas de frecuencia para cada mes del año del cual se tuvieron datos disponibles.

---

<sup>2</sup> La irradiancia es la densidad de flujo de energía de radiación en W/m<sup>2</sup>. La radiación solar global es la que se mide con un piranómetro en posición horizontal. (Pozo, 2005)

<sup>3</sup> Un radiómetro es un equipo electrónico que permite evaluar parámetros de radiación. Mediante una sonda piranómetro, este equipo puede medir por lapsos definidos la radiación incidente en una superficie horizontal.

La energía solar disponible se calculó a partir de estos intervalos, considerando la duración del día promedio para cada mes, obtenida mediante una aplicación para determinar la hora de salida y puesta del sol ( Timedate.eu, 2016)

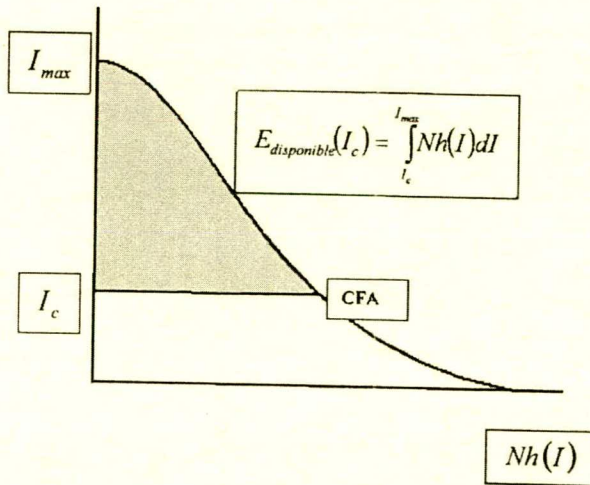


Ilustración 3.1 Energía solar global disponible (Instituto de Geofísica, UNAM, 2006)

En esta gráfica la Energía Solar Disponible es el área sombreada, delimitada por la Curva de Frecuencia Acumulada (CFA), el eje vertical (Y) y la línea horizontal que representa el nivel crítico de irradiancia como límite mínimo ( $I_c$ ) y la irradiancia máxima como límite superior ( $I_{max}$ ).

Con este mismo método fue evaluada la energía solar disponible en cada mes en MJ/m<sup>2</sup> (Velázquez, 2009)

Las horas solares pico

Otra forma de evaluar el recurso solar disponible es mediante el uso de las unidades *irradiancia-pico*, que corresponden al valor de 1000 W/m<sup>2</sup>. Así, la cantidad de irradiación recibida en un captador durante un día, puede expresarse en la cantidad total de unidades de 1000 W/m<sup>2</sup> recibidos durante el

día. El área bajo la curva de irradiancia contra tiempo representa la irradiación del día. Si se considera que esta área es igual al área de un rectángulo cuya altura corresponde a una irradiancia-pico de  $1000 \text{ W/m}^2$ , entonces la base de este rectángulo es el número de horas en que supuestamente el Sol debería haber brillado con esta intensidad para obtener la misma la irradiación del día.

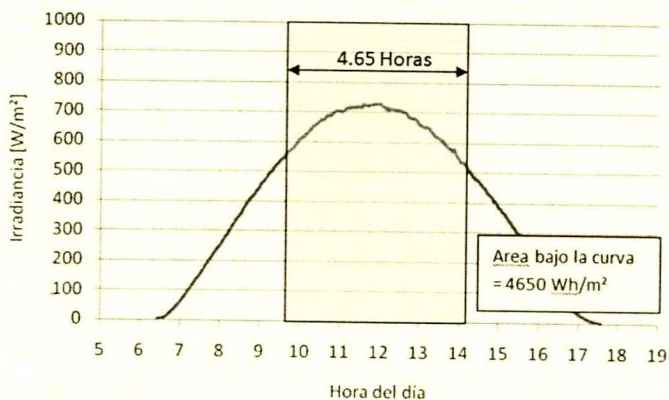


Ilustración 3.2 Representación gráfica de las horas solar pico (Instituto de Geofísica, UNAM, 2006)

Las horas-pico de un sitio determinado, se obtiene al dividir el valor de la irradiación diaria en  $\text{Wh/m}^2$ , entre  $1000 \text{ W/m}^2$ . El resultado será el número de horas-pico en que el captador estuvo aparentemente recibiendo el valor pico de la irradiancia (Instituto de Geofísica, UNAM, 2006)

### 3.5.2. Bases de datos

La estación meteorológica EMAS-Ecoguardas, está ubicada en una zona de protección ecológica aproximadamente a 10 km de la localidad a 2,640 msnm. Fueron obtenidos los datos anuales de irradiancia global de marzo de 2016 a febrero de 2017.

La radiación solar promedio estimada para cada mes, a partir de un compilado de 22 años por fuentes de la NASA para la zona es la siguiente se muestra en la Tabla 3.3.

**Tabla 3.3. Radiación mensual promedio incidente sobre una superficie horizontal**

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ags	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. Anual
Radiación kWh/m <sup>2</sup> /día	4.78	5.73	6.55	6.50	6.24	5.60	5.51	5.42	4.95	4.92	4.81	4.49	5.45

Fuente: NASA.ORG para la localidad de estudio.

### 3.6. Dimensionamiento Tecnológicos

#### 3.6.1. Cálculos fotovoltaicos

Para dimensionar el sistema fotovoltaico se emplearon fórmulas convencionales para sistemas aislados. Los resultados de consumo eléctrico fueron promediados para obtener datos de consumo eléctrico en un hogar medio de la localidad, considerando los límites máximos de consumo obtenidos en las mediciones.

Para determinar el número de módulos fotovoltaicos se emplea la siguiente fórmula, considerando la media anual obtenida de horas solares pico en la localidad (HSP):

$$N^{\circ}_{MFV} = \frac{(E_T + 30\%)/HSP}{P_{MFV}}$$

Para determinar la corriente necesaria para el sistema autónomo en amperes-hora (AH) se utiliza la siguiente fórmula:

$$I[AH]_{Promedio/día} = \frac{E_T/0.9}{V_{MFV}}$$

A partir de la corriente requerida se determina la cantidad de baterías para el sistema aislado empleando la siguiente fórmula:

$$N^{\circ}_{BAT} = \frac{(I_{[AH]prom/día})3/0.7}{I_{[AH]BAT}}$$

Una vez dimensionados el generador y el banco de baterías, se determina la corriente del controlador de carga:

$$I_{Controlador} = I_{MFV} N^{\circ}_{MFV}$$

La potencia del inversor de corriente se determina considerando un 50% más de la energía total requerida:

$$P_{Inversor} = \frac{E_T + 50\%}{h_{sp}}$$

La cantidad de módulos fotovoltaicos se determina con las siguientes fórmulas para definir máximos y mínimos en serie y paralelo.

$$N^{\circ} \text{ max módulos} = \frac{P_{max}}{P_{MFV}}$$

$$N^{\circ} \text{ min módulos} = \frac{P_{nominal}}{P_{MFV}}$$

$$N^{\circ} MFV \text{ serie}_{min} = \frac{V_{min}}{V_{mpp}} = \frac{350}{46.08}$$

$$N^{\circ} MFV \text{ serie}_{max} = \frac{V_{max}}{V_{mpp}} = \frac{700}{46.08}$$

### 3.6.2. Pérdidas del sistema:

Un sistema fotovoltaico tiene diferentes tipos de pérdidas de energía tanto eléctricas como no eléctricas. Para determinar las pérdidas del sistema fueron tomadas las siguientes consideraciones:

#### Pérdidas eléctricas

- Pérdidas por caídas óhmicas (FC): todas aquellas debidas a la caída de tensión en el cableado, tanto el de corriente continua

(CC) como el de corriente alterna (CA). En la industria es aceptada una caída máxima de 1.5% en CC y de 2% en CA. El cableado elegido puede reducir en gran medida estas pérdidas.

- Pérdidas por dispersión de parámetros (FD)
- Pérdidas por rendimiento del inversor (FINV): El rendimiento del inversor está determinado por el fabricante del equipo.
- Pérdidas por temperatura (FT): El rendimiento de los módulos fotovoltaicos (MFV) es inverso a la temperatura. Se considera que hay una caída del 4% por cada 10 grados de aumento en la temperatura.

#### Pérdidas no eléctricas

- Sombreado (FSOM): Los módulos fotovoltaicos fijos están expuestos al sombreado de muchos objetos durante el día, situación que se traduce en pérdidas en el rendimiento del sistema.
- Polución (FPOL): estas son debidas a los asentamientos de polvos sobre los MFV que afectan la incidencia de la radiación.

Las pérdidas totales son incluidas en un ratio de producción global (Performance Ratio Global, PRG), que se refiere al “cociente entre la energía realmente producida por la instalación y la energía teórica máxima que puede generar la instalación” (Mazarredo, 2009) y calculado por el producto de todas las pérdidas parciales:

$$PRG = FCC \times FCA \times FD \times FINV \times FT \times FSOM \times FPOL$$

### *3.7 Beneficios ambientales*

Para Evaluar los beneficios ambientales fue considerada solamente la mitigación de CO<sub>2</sub> como indicado principal de los beneficios del sistema en valores de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes (CO<sub>2</sub> eq).

Para obtener las equivalencias de masa de CO<sub>2</sub> eq por unidades de electricidad Wh y MJ en gas LP, fueron obtenidos datos Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010 (SEMARNAT, 2013).

En dicho documento se menciona que durante el año 2009, las emisiones por la generación de electricidad alcanzaron un valor de 115,537.4 Gg de CO<sub>2</sub> eq. Mientras que la generación eléctrica tuvo un valor de 241.5 TWh (SEMARNAT, 2013, pág. 55), por ello cada MWh de electricidad generado en México significó la emisión de 0.4784 toneladas de CO<sub>2</sub> eq.

En relación al consumo de gas LP se asume una proporción de 60% de gas propano y 40% de butano en la mezcla mexicana (INECC, 2014). De acuerdo al inventario de emisiones, el gas LP tiene un valor de emisiones de CO<sub>2</sub> eq de 62.436 t CO<sub>2</sub> por cada TJ obtenido del gas LP.

En el estudio energético realizado en esta investigación, fueron obtenidos valores de consumo promedio para la localidad. Con dichos valores fue obtenida la media anual de emisiones de CO<sub>2</sub> eq para el consumo eléctrico y de gas LP

Sumados ambos valores se ha obtenido la estimación de la mitigación de emisiones de CO<sub>2</sub> eq con la implementación de dos tecnologías solares relacionadas con la generación de electricidad y calentamiento de agua.

## Capítulo IV. Resultados

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos en la investigación, el grado de pobreza energética encontrado y los parámetros de temperatura y humedad considerados. Se muestran los resultados obtenidos por el diagnóstico energético en los hogares muestreados y su respectivo análisis de facturación y consumo de energía eléctrica y de gas LP. En la evaluación del recurso solar se muestran las mediciones realizadas en la localidad con el piranómetro y el análisis comparativo con las bases de datos obtenidas por la estación meteorológica más cercana del servicio meteorológico nacional (SMN), la UNAM y la NASA.

### 4.1. Pobreza energética de la localidad

La PEH fue evaluada, de acuerdo con la metodología explicada previamente, en 19 de los 54 hogares de la localidad, es decir en un 35% de los hogares. Fue calculada la PEH de cada hogar y el promedio es considerado como la PEH de la comunidad. En la Tabla 4.1. se muestran los resultados obtenidos en los 19 hogares evaluados con el método de las NAE. El valor obtenido con el índice de pobreza para la localidad fue:

$$\text{PEH}_{\text{Media}} = 0.6053$$

De acuerdo con la estratificación sugerida en este trabajo, la localidad se encuentra en un nivel intenso de pobreza energética.

**Tabla 4.1. Evaluación de la PEH mediante el método de las necesidades absolutas**

Hogar Bien	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
CA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
EST	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AC	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ILUM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
REF	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
ENTR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
PEH	0.83	0.50	0.67	0.50	0.50	0.67	0.67	0.67	0.83	0.67	0.17	0.67	0.33	0.67	0.50	0.50	0.67	0.67	0.83

Nota: En los encabezados se registra el número de casa conforme al diagnóstico elaborado

Las encuestas permiten observar que el 94.7% de los hogares evaluados tienen iluminación y estufa, el 89.5% medios de entretenimiento, el 63.2% refrigerador y solo 10.5% calentador de agua y algún sistema de calefacción en invierno. En la

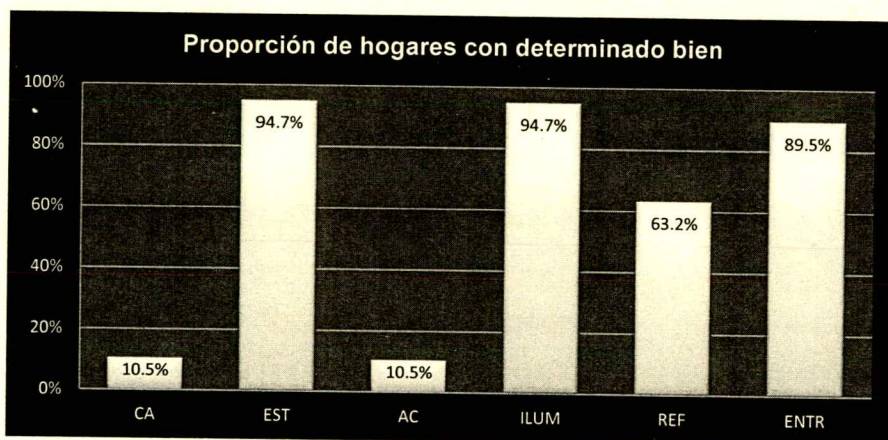
Tabla 4.2 se muestran las proporciones de bienes económicos relacionados con las necesidades absolutas.

**Tabla 4.2. Proporción de bienes económicos reportados en los hogares de la localidad**

Bien o producto	Cantidad	Proporción
CA	2	10.5%
EST	18	94.7%
AC	2	10.5%
ILUM	18	94.7%
REF	12	63.2%
ENTR	17	89.5%

Notas: Calentador de agua (CA), estufa (EST), calentador de ambiente (AC), iluminación (ILUM), refrigerador (REF) y equipos de entretenimiento (ENTR).

En la Gráfica 4.1. se pueden observar las proporciones de bienes económicos relacionados con las NAE reportados en los hogares evaluados en la localidad, mostrando que los sistemas de calentamiento de agua y ambiente son los más escasos, mientras que los bienes más ocupados son los de iluminación, estufa y entretenimiento.



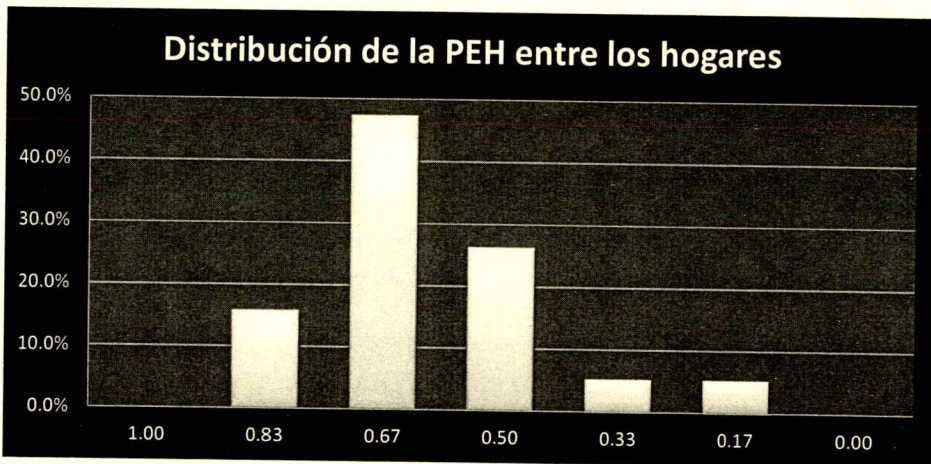
Gráfica 4.1. Proporción de bienes energéticos reportados en los hogares evaluados

Considerando los resultados de PEH, casi la mitad de los hogares se encuentran en valor de 0.67, ningún hogar se encontró en valores de 0 ó 1 y solo el 15.8% alcanzaron el nivel de pobreza moderada, lo cual significa, dentro de la estratificación sugerida, que más del 80% de hogares evaluados se encuentran en un grado de pobreza energética extrema (intensa e indigente). En la Tabla 4.3. se muestra el resumen de valores para cada estrato de pobreza energética, de acuerdo con los valores establecidos en este trabajo.

Tabla 4.3. Estratos de pobreza energética obtenidos para los hogares evaluados en la localidad Paraje el Charco

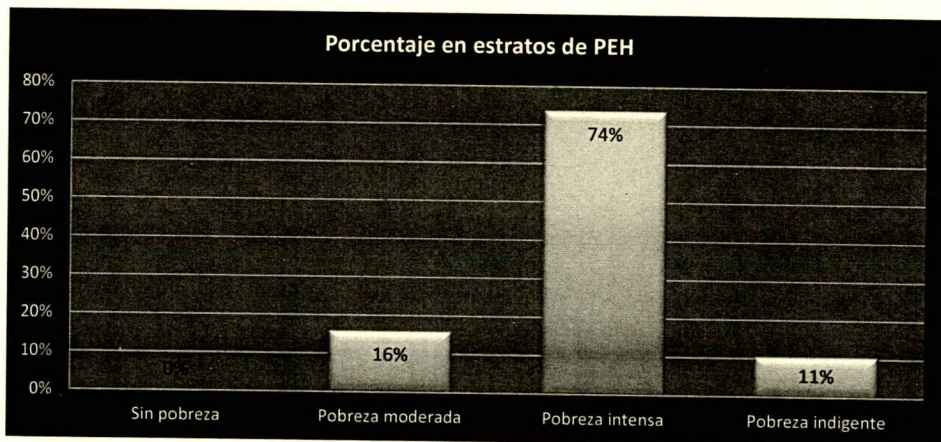
Nivel de pobreza PEH	PEH	Hogares	Porcentaje
No pobreza	1.00	0	0.0%
Pobreza moderada	0.83	3	15.8%
Pobreza intensa	0.67	9	47.4%
	0.50	5	26.3%
Indigencia	0.33	1	5.3%
	0.17	1	5.3%
	0.00	0	0.0%
		19	100.0%

En la Gráfica 2 se muestran las proporciones para cada estrato, con la finalidad de para mostrar la distribución de la pobreza energética en torno al valor medio obtenido.



**Gráfica 2.2. Grado de PEH contra porcentaje de hogares evaluados**

En la Gráfica 4.3. se observa que el mayor porcentaje lo ocupa el estrato de pobreza intensa con el 74%.



**Gráfica 4.3. Porcentaje de hogares contra estratos de PEH**

## 4.2. Consumo eléctrico

### 4.2.1. Patrones de consumo eléctrico

Los datos obtenidos por medición de consumo de los equipos eléctrico más usados en los hogares se muestran en la tabla 4.4

**Tabla 4.4 Patrones de consumo eléctrico obtenido de mediciones directas en un hogar y establecidos para la localidad**

<b>Equipo doméstico</b>	<b>Mes promedio [kWh/mes]</b>
Refrigerador	22.29
Calefactor eléctrico	17.50
Lavadora	3.65
Bomba de agua ½ hp	1.17
Impresora	2.00
Pantalla TV 32"	11.21
Pantalla TV 24"	8.97
Laptop	2.78
Decodificador	6.13
DVD	0.24
Horno de microondas	3.04
Plancha	0.68
Secadora de cabello	0.13
Plancha de cabello	0.13
Cargador celular	0.16
Licuadaora	0.46

Estos datos fueron tomados como base para estimar los valores de consumo de cada equipo en los censos de carga realizados en seis hogares de la localidad (11.1% de los hogares)

#### 4.2.2. Censos de carga

Los censos de carga realizados en los hogares permitieron conocer el uso final de la energía en estos hogares, así como el consumo de energía en un mes promedio. Fue considerado también el consumo de gas LP. En la Tabla 4.5. se muestran los resultados del censo de carga por tipo de equipo en cada hogar evaluado.

**Tabla 4.5. Resultados del censo de carga realizado en hogares y estimado en un mes promedio [kWh/mes]**

Rubro	Casa 1	Casa 2	Casa 3	Casa 10	Casa 18	Casa 19
Iluminación	48.79	21.90	35.09	34.69	43.34	54.75
Refrigerador	22.29	0.00	22.29	22.29	22.29	22.29
Entretenimiento	23.68	27.69	12.64	7.85	36.09	45.17
Calefactor	17.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lavadora	3.65	2.92	2.92	0.73	3.65	3.65
Calentador de agua	0.40	24.33	6.95	73.00	0.00	24.33
Otros electrodomésticos	12.32	8.05	21.82	3.72	6.13	15.51
<b>Total [kWh/mes]</b>	<b>128.63</b>	<b>84.90</b>	<b>94.76</b>	<b>142.29</b>	<b>111.51</b>	<b>165.70</b>

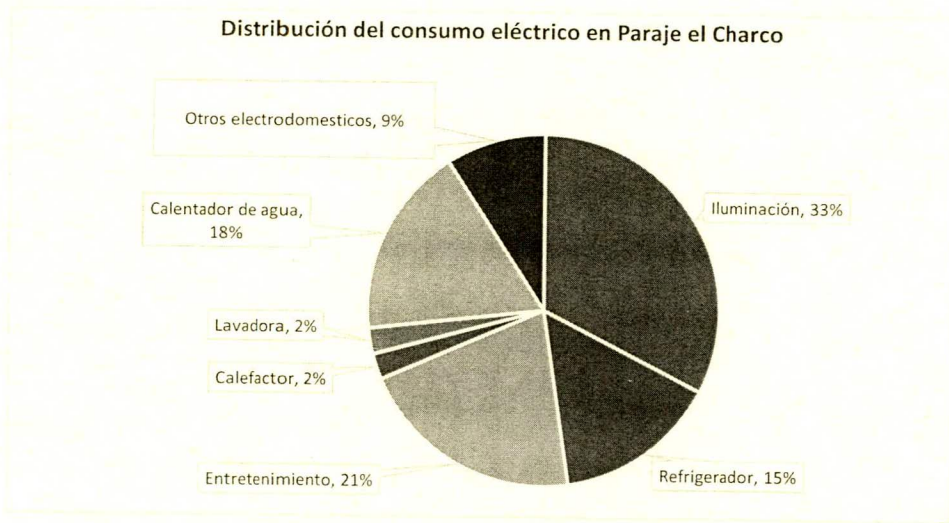
Los datos calculados en promedios mensuales y estimados para toda la comunidad se presentan en la Tabla 4.6

**Tabla 4.6. Distribución del consumo eléctrico promedio desglosado por rubro en la localidad**

Rubro	Promedio	Porcentaje
Iluminación	<b>39.76</b>	33%
Refrigerador	<b>18.58</b>	15%
Entretenimiento	<b>25.52</b>	21%
Calefactor	<b>2.92</b>	2%
Lavadora	<b>2.92</b>	2%

Calentador de agua	21.50	18%
Otros electrodomésticos	11.26	9%
total	121.30	100%
kWh/día	3.99	

Los datos se muestran en Gráfica 4.4., en la cual se muestra el uso final de la energía eléctrica por tipo de equipo empleado.

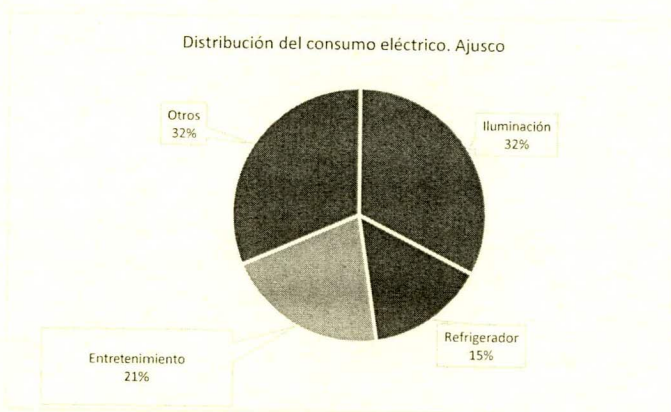


Gráfica 4.4. Uso final de la energía eléctrica estimada en la localidad del Charco

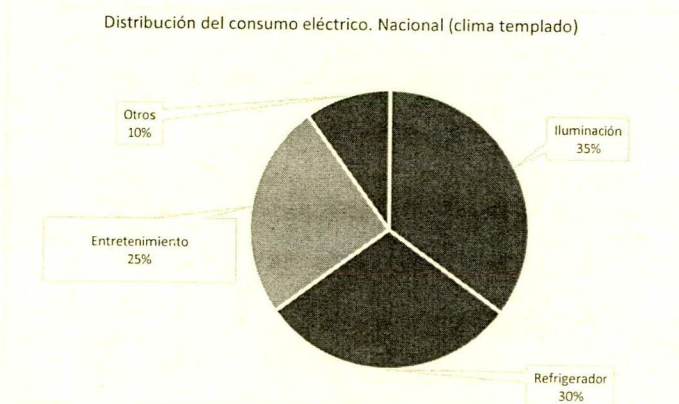
Con una finalidad comparativa con el nacional, se han reagrupado los usos finales en cuatro grandes rubros: iluminación, refrigeración, entretenimiento y otros, mostrado en la Tabla 4.7. con sus respectivas Gráfica 4.5. y Gráfica 4.6., en las que se puede apreciar de manera comparativa el uso final de la energía en los hogares.

**Tabla 4.7. Distribución del consumo eléctrico en la localidad y nacional en clima templado**

	Localidad	Nacional
<b>Iluminación</b>	33%	35%
<b>Refrigerador</b>	15%	30%
<b>Entretenimiento</b>	21%	25%
<b>Otros</b>	32%	10%



Gráfica 4.5. Uso final de la energía eléctrica en la localidad del Charco



Gráfica 4.6. Uso final de la energía en los hogares de México localizados dentro del clima templado (SENER, 2015)

Se puede apreciar que el uso final en equipos de iluminación y entretenimiento es muy similar a la distribución nacional, pero difieren de manera importante en el uso en refrigerador y otros electrodomésticos.

#### 4.2.3. Consumo mensual de Gas LP [MJ]

El consumo de gas licuado de petróleo (GLP) se ha consultado a una muestra de hogares en función del tiempo promedio en que se consume. Se ha estimado el consumo de GLP destinado al calentamiento de agua considerando la introducción de un equipo solar de calentamiento de agua en una de las casas. Según la estimación de la familia, un tanque de 20Kg les duraba 30 días en promedio y ahora les dura 70 días. Esto permite suponer que una tecnología de este tipo podría traer un ahorro de combustible del 57%, cantidad destinada para el calentamiento de agua.

Los datos son presentados en la Tabla 4.8. en categoría de consumo Kg/mes y su distribución en el uso final en MJ/mes. El poder calorífico neto fue tomado de un informe realizado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) sobre análisis de combustibles en México. Para la ciudad de México se encontró un valor de 46.15 MJ/Kg de GLP (INECC, 2014).

**Tabla 4.8. Distribución del uso de gas LP en los hogares evaluados en la localidad del Charco, Ajusco.**

	Casa 1	Casa 2	Casa 3	Casa 10	Casa 18	Casa 19	Promedio
<b>kg/mes</b>	20.27	20.27	15.50	3.33	30.40	20.27	<b>18.34 [kg/mes]</b>
<b>Total [MJ]</b>	<b>935.31</b>	<b>935.31</b>	<b>715.33</b>	<b>153.75</b>	<b>1402.96</b>	<b>935.31</b>	<b>846.33[MJ/mes]</b>
<b>Cocción [MJ]</b>	401.11	402.18	307.59	66.11	603.27	402.18	<b>363.74[MJ/mes]</b>
<b>Calentamiento de agua [MJ]</b>	534.20	533.12	407.74	87.64	799.69	533.12	<b>482.58[MJ/mes]</b>

#### 4.2.4. Consumo energético total

Los resultados obtenidos del consumo eléctrico fueron convertidos a MJ/mes. A continuación se muestra en la Tabla 4.9. un resumen del consumo total de energía en los hogares evaluados en la localidad.

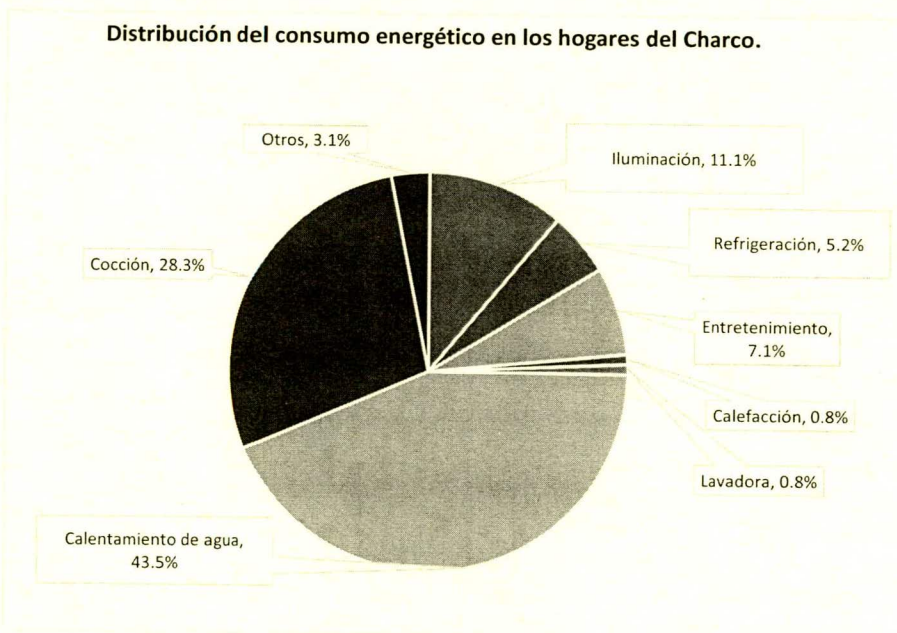
**Tabla 4.9. Uso final de la energía eléctrica y gas LP en los hogares evaluados de la localidad**

	Casa 1	Casa 2	Casa 3	Casa 10	Casa 18	Casa 19
<b>Iluminación</b>	175.64	78.84	126.32	124.89	156.04	197.10

<b>Refrigeración</b>	80.25	0.00	80.25	80.25	80.25	80.25
<b>Entretenimiento</b>	85.25	99.69	45.52	28.26	129.91	162.60
<b>Calefacción</b>	63.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Lavadora</b>	13.14	10.51	10.51	2.63	13.14	13.14
<b>Calentamiento de agua</b>	535.64	620.72	432.76	350.44	799.69	620.72
<b>Cocción</b>	401.11	402.18	307.59	66.11	603.27	402.18
<b>Otros</b>	44.37	28.98	78.55	13.41	22.08	55.83
<b>Total</b>	<b>1398.39</b>	<b>1240.93</b>	<b>1081.50</b>	<b>665.98</b>	<b>1804.38</b>	<b>1531.82</b>

Nota: Los valores fueron todos convertidos a MJ/mes

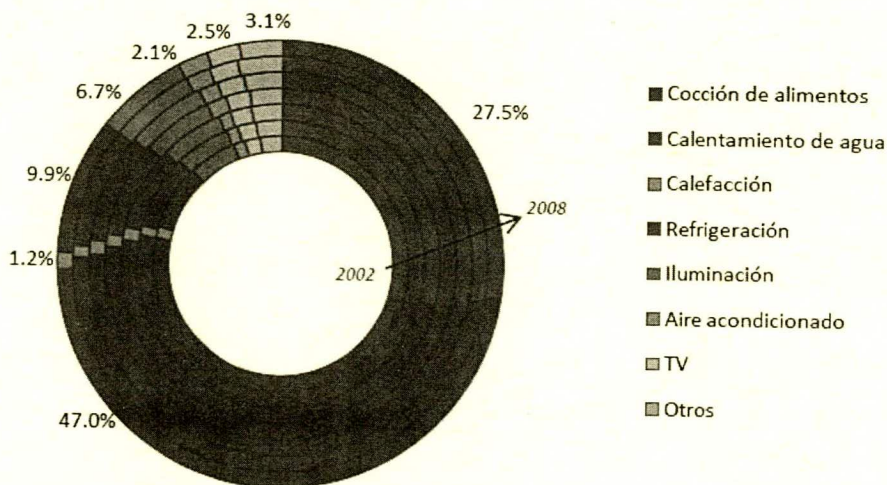
Los datos fueron promediados y se puede sugerir que para la localidad del charco, el uso final de la energía eléctrica y de gas LP en los hogares es conforme a la siguiente Gráfica 4.7.



**Gráfica 4.7. Uso final de la energía (eléctrica y GLP) en los hogares evaluados en el Paraje el Charco**

Las mediciones de consumo eléctrico y de gas LP sugieren que un hogar promedio de la localidad consume 1287.17 MJ/mes promedio, es decir 15.45GJ al año y que destina el 43.5% de esta energía solo para el calentamiento de agua.

Estimaciones del uso final de la energía a nivel nacional en el sector residencial en México, muestran un patrón de consumo muy similar al evaluado en este trabajo (SENER-AIE, 2011), como se puede ver en la gráfica 4.8, el mayor consumo de energía en los hogares es para calentamiento de agua (47%), seguido el empleado para cocción de alimentos (27.5%), refrigeración (9.9%) e iluminación (6.7%), y estiman un consumo promedio de 29.8 GJ durante 2008 por vivienda.



**Gráfica 4.8 Consumo de energía para usos finales en el sector residencial en México (SENER-AIE, 2011)**

#### 4.2.5. Análisis de facturación

En base de los datos obtenidos de consumo eléctrico y de gas LP se ha calculado el gasto mensual de los hogares y el gasto promedio de los hogares de la localidad.

##### a) Factura Eléctrica

Todos los consumos obtenidos se encontraron dentro del rango de tarifa doméstica 1 de la CFE. Los costos de la energía al cierre de marzo de 2017 se muestran en la Tabla 4.10..

Tabla 4.10. Tarifa 1 CFE para uso doméstico marzo de 2017

Tarifa 1 CFE Marzo-2017			
\$	0.793	primeros 75kW	Consumo básico
\$	0.956	siguientes 65 kW	Consumo intermedio
\$	2.802	excedente de 140 kW	Consumo excedente

En base de esta tarifa fue estimado el costo de la factura eléctrica (bimestral) para los hogares evaluados, así como el costo anual de la energía considerando una inflación del 3.36% (al cierre de 2016). Los resultados son mostrados en la Tabla 4.11..

Tabla 4.11. Análisis de facturación eléctrica estimada para los hogares evaluados en la localidad

	Casa 1	Casa 2	Casa 3	Casa 10	Casa 18	Casa 19
Consumo mensual [kWh]	128.63	84.90	94.76	142.29	111.51	165.70
Consumo bimestral (kWh)	257.3	169.8	189.5	284.6	223.0	331.4
Básico	\$ 59.48	\$ 59.48	\$ 59.48	\$ 59.48	\$ 59.48	\$ 59.48
Intermedio	\$ 62.14	\$ 62.14	\$ 62.14	\$ 62.14	\$ 62.14	\$ 62.14
Excedente	\$ 328.59	\$ 83.48	\$ 138.77	\$ 405.10	\$ 232.59	\$ 536.29
IVA (16%)	\$ 72.03	\$ 32.81	\$ 41.66	\$ 84.27	\$ 56.67	\$ 105.27
Factura bimestral	\$ 522.23	\$ 237.90	\$ 302.05	\$ 610.98	\$ 410.88	\$ 763.17
Costo Anual de la energía	\$3,238.66	\$1,475.36	\$1,873.19	\$3,789.05	\$2,548.11	\$4,732.88

Posteriormente fue estimado el costo de la factura para el consumo promedio calculado para un hogar promedio de la localidad a partir de la muestra de hogares. Los resultados se pueden observar en la Tabla 4.12.

Tabla 4.12. Estimación del costo de la energía eléctrica en un hogar promedio de la localidad

<b>Consumo bimestral promedio</b>	<b>242.6 kWh</b>
<b>Básico</b>	\$ 59.48
<b>Intermedio</b>	\$ 62.14
<b>Excedente</b>	\$ 287.47
<b>IVA 16%</b>	\$ 65.45
<b>Factura bimestral</b>	\$ 474.54
<b>Costo anual</b>	<b>\$ 2,942.90</b>

*b) Gasto de Gas LP*

El costo del gas LP al cierre de enero de 2017 fue de \$ 14.30 por kg. En la siguiente tabla se muestra el gasto estimado por hogar, de acuerdo el reporte de consumo de las mismas familias y el promedio de gasto mensual estimado para la localidad, así como el gasto anual estimado sin considerar la inflación. Los datos están en la Tabla 4.13.

Tabla 4.13. Estimación del costo mensual del gas LP consumido en los hogares evaluados de la localidad.

	Casa 1	Casa 2	Casa 3	Casa 10	Casa 18	Casa 19	Promedio
<b>kg de GLP/mes</b>	\$ 20.27	\$ 20.27	\$ 15.50	\$ 3.33	\$ 30.40	\$ 20.27	<b>\$ 18.34</b>
<b>Costo de GLP/mes</b>	\$ 289.81	\$ 289.81	\$ 221.65	\$ 47.64	\$ 434.72	\$ 289.81	<b>\$ 262.24</b>
<b>Gasto anual</b>	\$3,594.61	\$3,594.61	\$2,749.17	\$590.90	\$5,391.92	\$3,594.61	<b>\$3,252.64</b>

El gasto conjunto estimado de gas y electricidad para los hogares evaluados y el promedio, estimado para toda la localidad, se muestra en la Tabla 4.14.

Tabla 4.14. Estimación del costo mensual y anual de la energía en los hogares (electricidad y GLP)

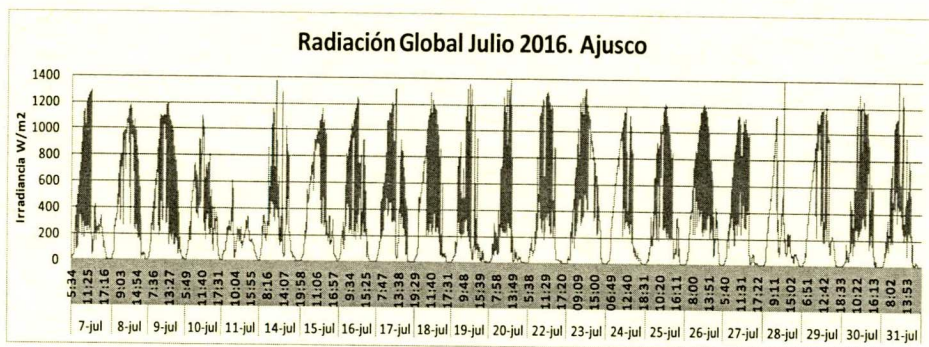
	Casa 1	Casa 2	Casa 3	Casa 10	Casa 18	Casa 19	Promedio
<b>Mensual</b>	\$550.93	\$408.76	\$372.68	\$353.13	\$640.16	\$671.40	<b>\$499.51</b>

Anual	\$6,833.27	\$5,069.97	\$4,622.36	\$4,379.95	\$7,940.03	\$8,327.49	<b>\$6,195.51</b>
-------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------------

### 4.3. Recurso solar

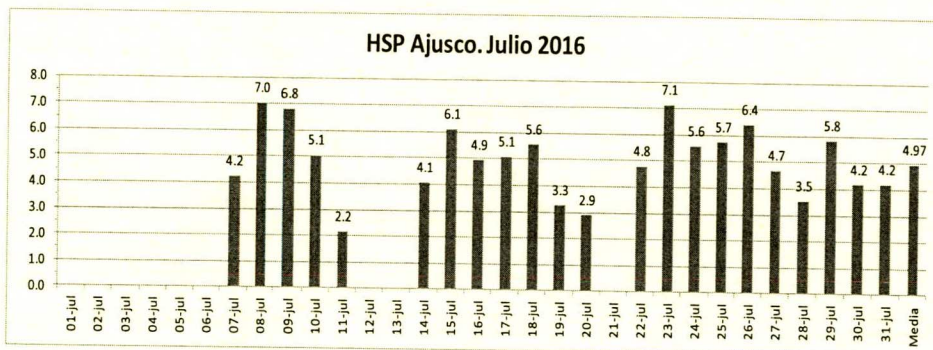
#### 4.3.1. Mediciones de radiación global

Se realizaron mediciones de irradiancia global con el uso de un piranómetro y un radiómetro. Las mediciones se realizaron todos los días del mes de julio de 2016. El medio día solar fue calculado empíricamente mediante un dispositivo de sombras, hallado a las 13:30 h del horario oficial. Las mediciones se realizaron cada minuto entre las 5:30 y 19:00 horas solares. Fueron registradas 18,211 muestras de 22 días. Los resultados se muestran en la Gráfica 4.8.



Gráfica 4.8. Radiación global obtenida en la localidad del Charco en Santo Tomás Ajusco durante el mes de Julio de 2016 con medición directa.

A partir de los datos obtenidos fueron calculadas las horas solares pico (HSP) para los días de medición. Los resultados se muestran en la Gráfica 4.9. Fue obtenido un promedio diario de 4.97 HSP durante el mes de julio.



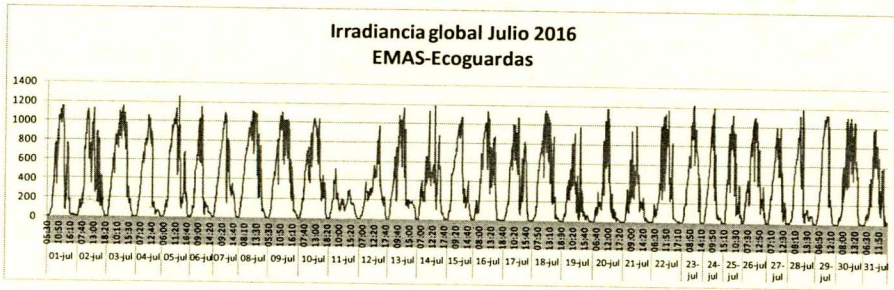
Gráfica 4.9. Horas solares pico calculadas para la localidad a partir de medición directa para el mes de julio de 2016

El Instituto de Geofísica de la UNAM reporta una media diario mensual de 5.3 HSP para el mes de julio en un estudio acumulativo de 1993-2005 para la zona de ciudad universitaria (Instituto de Geofísica, UNAM, 2006).

#### 4.3.2. Bases de datos

También fueron obtenidos datos de la Estación meteorológica Ecoguardas del servicio meteorológico nacional (EMAS-SMN) para el mes de julio de 2016. La estación está ubicada a 10 km del paraje “El Charco” a 2,660 msnm, en condiciones muy similares a las de la localidad.

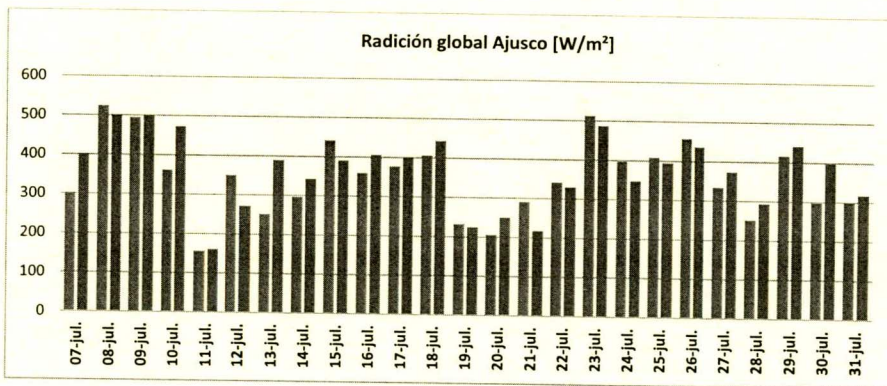
Se obtuvieron mediciones de irradiancia global de los 31 días del mes, mostrados en la Gráfica 4.10.



Gráfica 4.10. Irradiancia global en la EMAS-Ecoguardas del SMN para julio de 2016

Fueron obtenidas las horas solares pico promedio diarias para el mes de julio de 2016 a partir de los datos reportados por la EMAS.

Los datos de la EMAS fueron comparados con los datos obtenidos por medición directa. En primer análisis se promediaron las radiaciones diarias de ambas bases de datos y fueron comparadas mediante un coeficiente de correlación, una prueba de T pareada de una cola y un análisis de varianza de una vía. Las medias diarias se muestran en la Gráfica 4.11.



Gráfica 4.11. Comparación de los valores obtenidos de radiación global por medición directa en la localidad (en azul) y por base de datos de la EMAS Ecoguardas (en rojo)

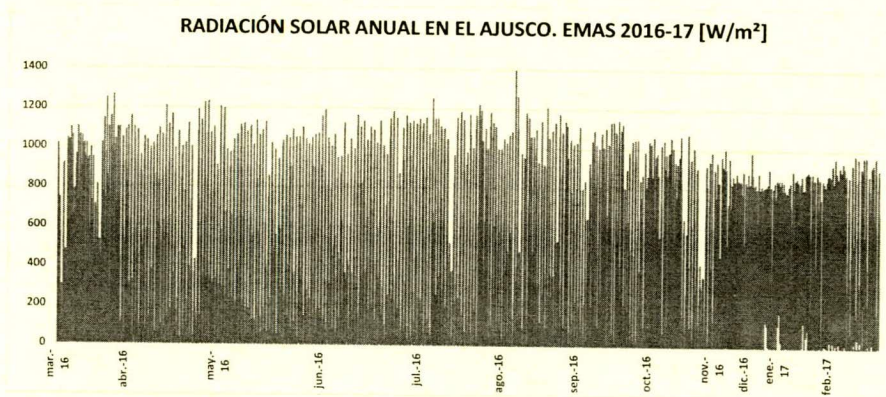
La desviación estándar de ambos conjuntos de datos fue de 92.97, pero la desviación estándar de las medias fue de 12.3.

La radiación promedio mensual de ambas fuentes fue la siguiente [W/m<sup>2</sup>]:

Medición directa	EMAS
350.9	<b>368.3</b>

#### 4.3.3. Radiación anual

Dada la conclusión de similitud entre ambas bases de datos se han tomado los datos anuales de la EMAS como base para analizar el recurso solar con que se puede contar en la localidad. En la Gráfica 4.12., se muestran los datos anuales de radiación global desde el mes de marzo de 2016 al mes de febrero de 2017.



Gráfica 4.12. Radiación global anual en el Ajusco a partir de datos de la EMAS Ecoguardas

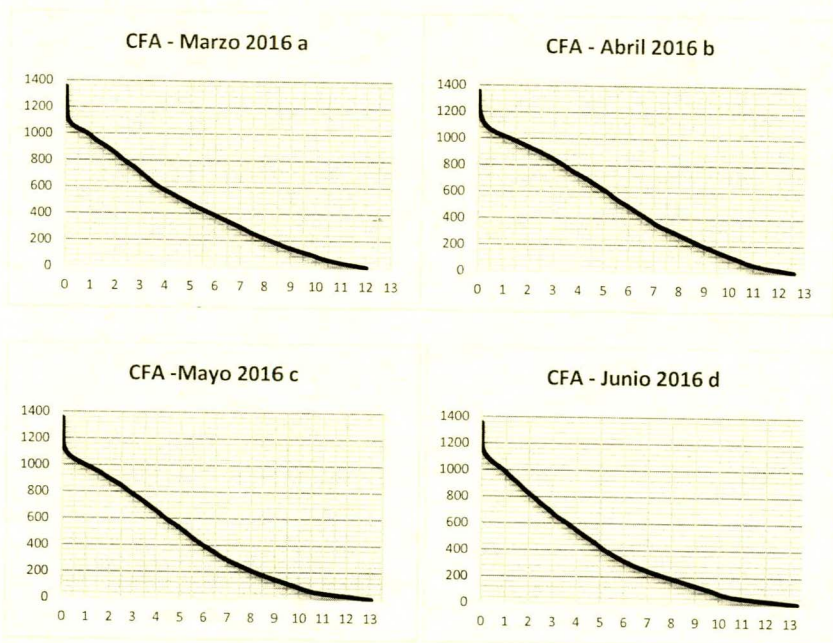
La radiación global media anual obtenida fue de 428.7 W/m<sup>2</sup>

#### 4.3.4. Energía disponible

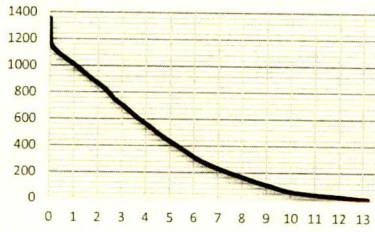
Para conocer la energía realmente disponible en la localidad, los datos fueron procesados conforme a la metodología sugerida por el IG-UNAM explicada en el apartado de métodos de análisis. Se obtuvieron dos elementos de análisis: curvas de frecuencia acumulada y curvas de energía disponible.

##### a) Frecuencia acumulada

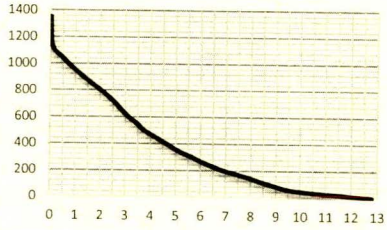
Fueron elaboradas curvas de frecuencia acumulada para cada mes de estudio. Las Gráfica 4.13.. a-l, muestran el análisis de los datos.



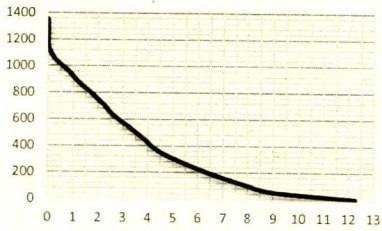
CFA - Julio 2016 e



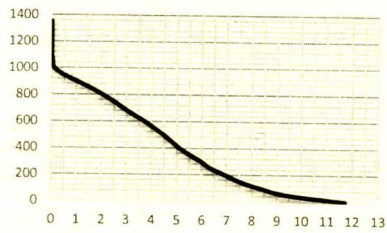
CFA - Agosto 2016 f



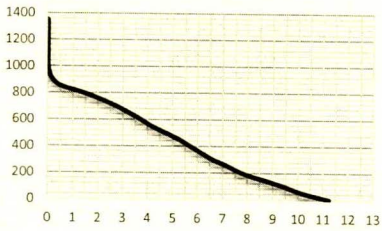
CFA - Septiembre 2016 g



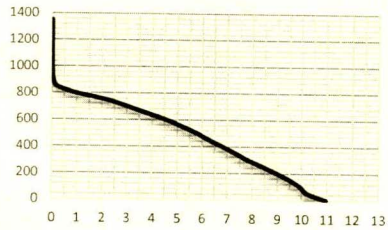
CFA - Octubre 2016 h

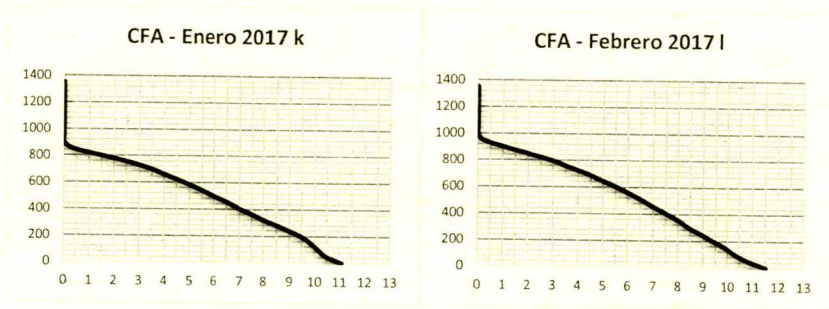


CFA - Noviembre 2016 i



CFA - Diciembre 2016 j



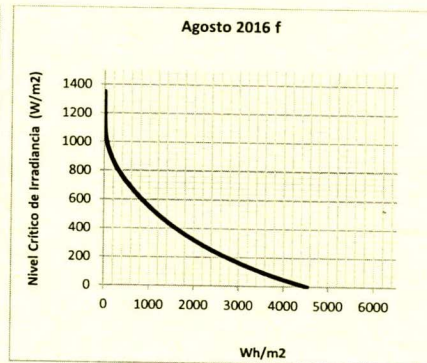
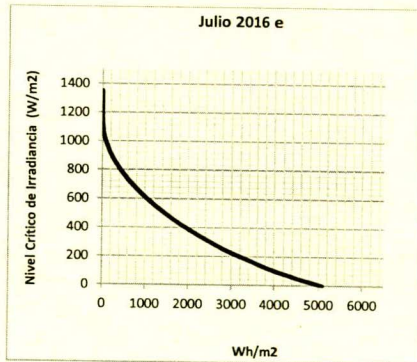
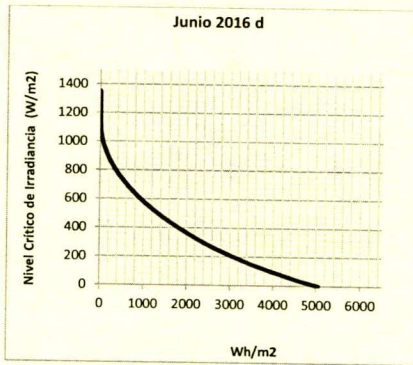
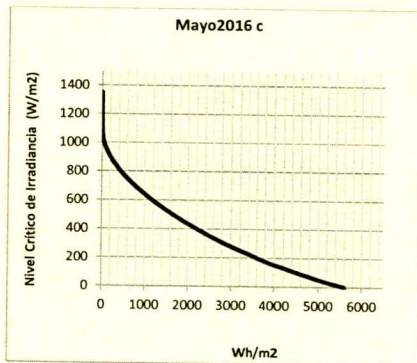
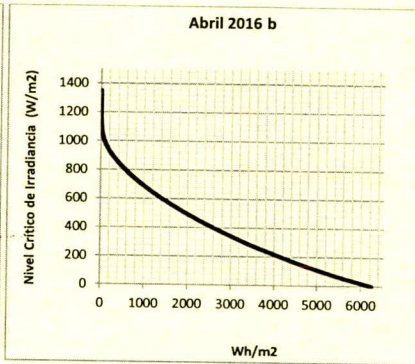
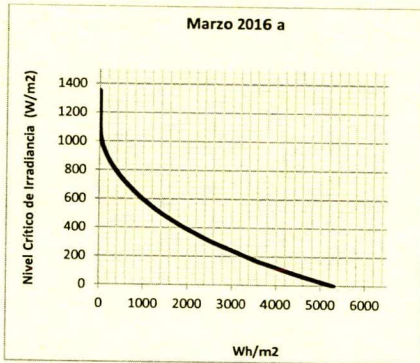


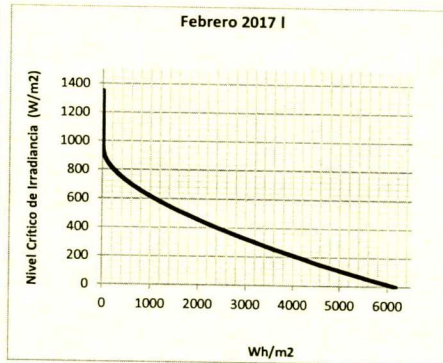
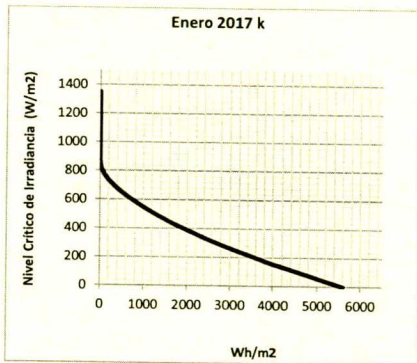
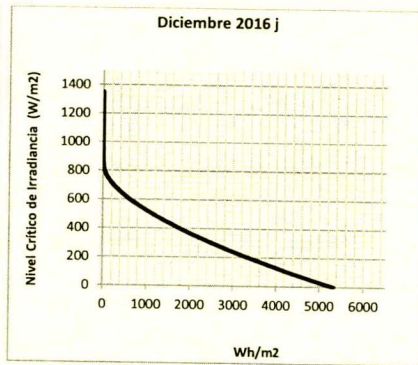
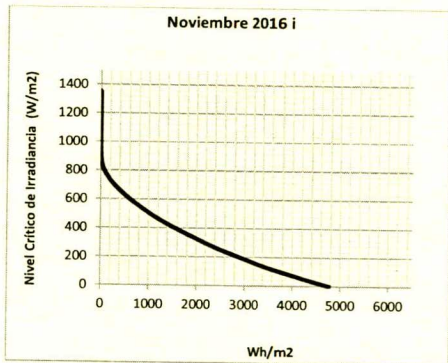
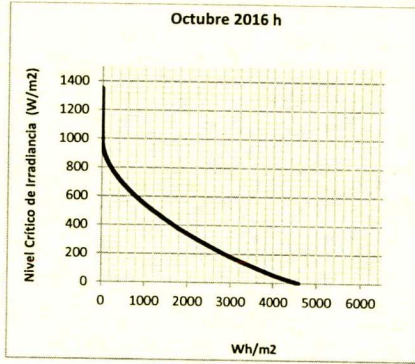
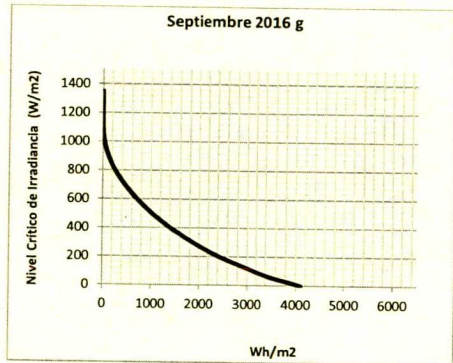
Gráfica 4.13. a-l. Curvas de frecuencia acumulada para cada mes a partir de los datos de EMAS desde marzo de 2016 hasta febrero de 2017

En las gráficas de frecuencia acumulada se puede observar que los meses de abril (Gráfica 4.13..b) y julio (Gráfica 4.13.e) alcanzan cerca de una hora diaria de radiación global superior a los 1,000 W/m<sup>2</sup>, mientras que el mes de diciembre fue el mes con menor radiación y solo alcanzó a acumular menos de una hora con niveles superiores a 800 W/m<sup>2</sup>.

*b) Energía Solar Disponible*

La energía solar global disponible fue calculada para cada mes y se muestra en el grupo de Gráfica 4.14. a-l para evaluar la disponibilidad de la energía real en cada mes en el periodo de un año, desde marzo de 2016 hasta febrero de 2017.



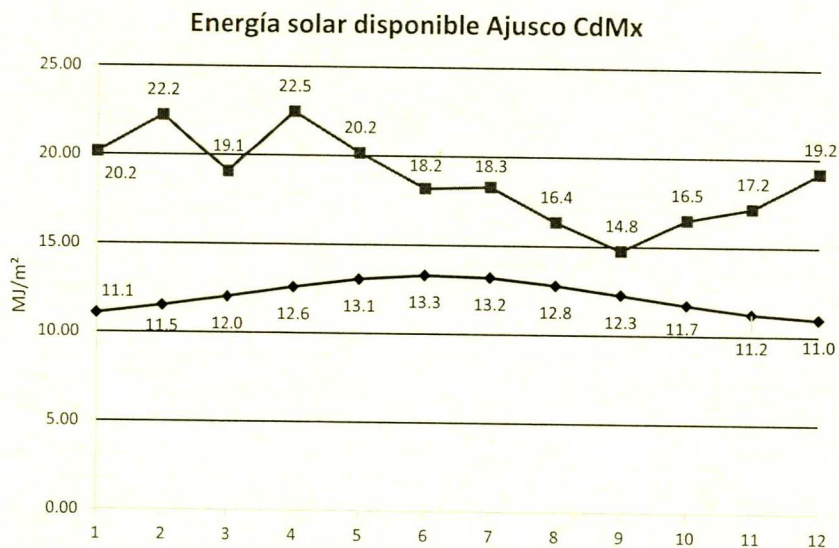


Gráfica 4.14. a-l. Energía solar disponible para cada mes

En este grupo de gráficas se puede observar que el mes de abril (Gráfica 4.14..b) fue el periodo con mayor energía disponible con más de 6,000 Wh/m<sup>2</sup> y más de 1,000 W/m<sup>2</sup>, mientras que el mes septiembre alcanza niveles de irradiancia de 1,000 W/m<sup>2</sup> pero solo se acumularon poco más de 4,000 Wh/m<sup>2</sup> (Gráfica 4.14.. i). Los meses de noviembre y diciembre fueron los periodos con menor energía disponible (Gráfica 4.14.. i-j).

c) *Energía solar disponible*

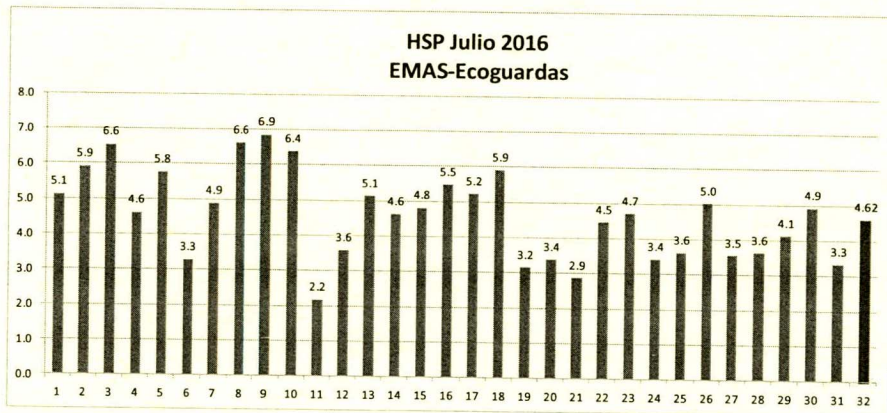
A partir de las tablas elaboradas para la energía solar disponible, fueron tomados los valores para  $I_c=0$  W/m<sup>2</sup> y convertidos a MJ/m<sup>2</sup>. En la gráfica 4.14k se pueden apreciar los valores promedio de energía solar disponible para cada mes en la zona del Ajusco y la curva de horas promedio del día de cada mes correspondiente



Gráfica 4.14 k. Energía Solar disponible para cada mes del año evaluado de datos de la EMAS-Ecoguardas. Se agrega la curva de horas del día promedio para cada mes correspondiente.

d) Horas solares Pico

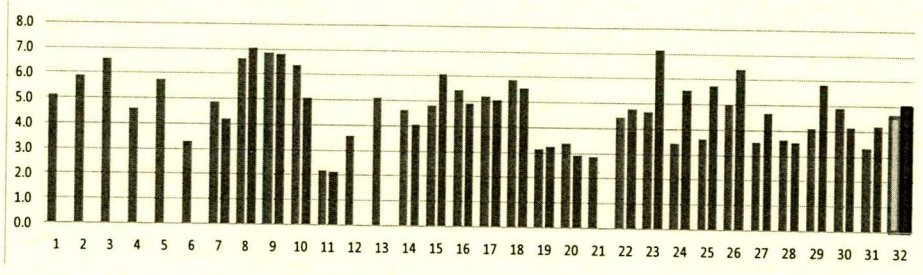
Otro medio de evaluar la energía disponible fue mediante el cálculo de las horas solar pico. De acuerdo con los datos de la EMAS, se obtuvieron las mediciones de HSP para el mes de julio en la Gráfica 4.15., con el fin de compararlo con las mediciones directas practicadas en la zona.



Gráfica 4.15. Horas solares pico estimadas para cada día del mes de julio de 2016 a partir de datos de la EMAS

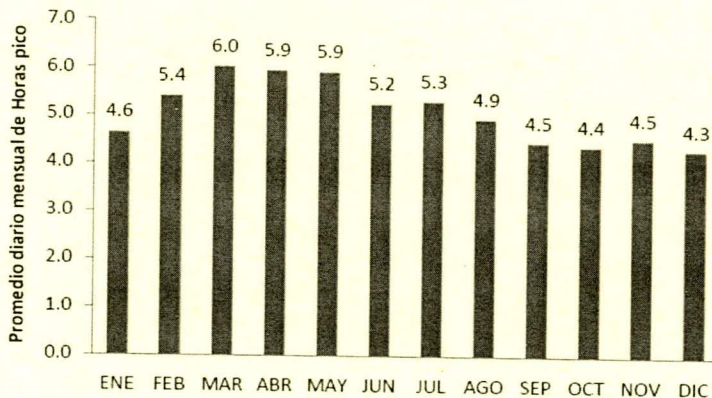
La media de HSP para el mes de julio fue de 4.62 de acuerdo con datos de EMAS, mientras que con las mediciones directas en la localidad se encontró una media de 4.97 HSP.

El comparativo de ambas gráficas entre las mediciones de la localidad y de la EMAS se muestra en la Gráfica 4.16..



Gráfica 4.16. Comparativo entre las HSP estimadas para la localidad mediante los datos de medición directa (rojo) y los datos de la EMAS Ecoguardas (azul). En la última pareja de barras se muestra la media de HSP de ambas mediciones

Según datos del instituto de Geofísica de la UNAM (Instituto de Geofísica, UNAM, 2006), en la zona de Ciudad Universitaria se han estimado los siguientes valores de HSP mensuales mostrados en la Gráfica 4.17.



Gráfica 4.17. Horas solares pico estimadas para Ciudad Universitaria por el IG-UNAM

De acuerdo con la NASA, se obtuvieron valores mensuales estimados de radiación global sobre un plano horizontal, mostrados en la Tabla 4.15.

Tabla 4.15. Radiación global en plano horizontal, estimada por la NASA en un acumulado de 25 años para las coordenadas de la localidad

Meses	NASA (kWh/m <sup>2</sup> por día)	NASA MJ/m <sup>2</sup>
Enero	4.78	17.21
Febrero	5.73	20.63
Marzo	6.55	23.58
Abril	6.50	23.40
Mayo	6.24	22.46
Junio	5.60	20.16
Julio	5.51	19.84
Agosto	5.42	19.51
Septiembre	4.95	17.82
Octubre	4.92	17.71
Noviembre	4.81	17.32
Diciembre	4.49	16.16
Media anual	5.46	

Con las mediciones realizadas en la localidad se obtuvo un valor de 4.97 HSP, para el mes de julio, que representa el 93.77% del valor estimado por la UNAM. Este porcentaje fue considerado como factor de corrección y fue realizado un ajuste en los valores proporcionados por el IG-UNAM para estimar los valores de HSP de la zona de estudio. Los nuevos valores se muestran a continuación en la Tabla 4.16..

Tabla 4.16. Valores de HSP estimados a partir de los datos del IG-UNAM con un factor de corrección del 93.77%

	UNAM	Ajusco
Enero	4.6	4.3
Febrero	5.4	5.1
Marzo	6	5.6
Abril	5.9	5.5
Mayo	5.9	5.5
Junio	5.2	4.9
Julio	5.3	5.0
Agosto	4.9	4.6

Septiembre	4.5	4.2
Octubre	4.4	4.1
Noviembre	4.5	4.2
Diciembre	4.3	4.0
<b>Media anual</b>	<b>5.075</b>	<b>4.759</b>

#### 4.4. Temperatura y humedad

Se realizaron mediciones de 24 horas en una muestra de diferentes hogares con el objeto de sondear las condiciones de confort de las casas. Se presentan los valores medios de cada parámetro y sus respectivos valores máximos y mínimos en la Tabla 4.17, en donde se pueden observar valores críticos de temperaturas y humedad que se encuentran fuera de las recomendaciones internacionales de confort.

*Tabla 4.17. Temperatura y humedad promedio obtenidos con el sensor Arduino colocado en una muestra de 6 hogares de la localidad*

	<b>Temperatura</b>	<b>max</b>	<b>min</b>	<b>Humedad</b>	<b>max</b>	<b>min</b>
<b>Casa 1 s</b>	16.12	19	14	48.68	62	45
<b>Casa 1 r</b>	18.40	22	14	62.40	73	51
<b>Escuela</b>	21.54	22	19	48.32	67	41
<b>Aula</b>	14.88	20	13	49.19	53	43
<b>Casa 19</b>	21.00	23	20	40.20	43	36
<b>Casa 3</b>	17.07	20	14	82.58	95	48
<b>Promedio</b>	<b>18.17</b>	<b>21.00</b>	<b>15.67</b>	<b>55.23</b>	<b>65.50</b>	<b>44.00</b>

Nota: Se han colocado los valores máximos, mínimos y promedios

#### 4.5. Resumen de resultados

- 1) La PEH Media fue de 0.6053, en una escala de 0 a 1. De acuerdo con la estratificación sugerida en este trabajo, la localidad se encuentra en un nivel intenso de pobreza energética.
- 2) Los bienes más requeridos son los relacionados con sistemas de calentamiento del hogar y de agua.
- 3) Los bienes más ocupados en la localidad fueron la iluminación, estufa y entretenimiento.
- 4) El 85% de los hogares evaluados con el método de necesidades absolutas padecen pobreza extrema energética (intensa e indigente).
- 5) El uso final de la energía eléctrica en los hogares tuvo una distribución del 33% para iluminación, 21% para equipo de entretenimiento, 18% para calentamiento de agua, 15% en refrigeración, 2% en calefacción del hogar, 2% en lavadora y 9% en otros electrodomésticos.
- 6) Comparando la distribución del consumo energético en la localidad con la nacional se observa que es muy similar el consumo en iluminación y entretenimiento, mientras que en refrigeración fue notoriamente más bajo y en otros electrodomésticos más alto en la localidad comparada con el nacional.
- 7) La distribución del uso final de la energía eléctrica y gas LP sugiere que los hogares destinan la mayor parte de su energía total para el calentamiento de agua (43.5%).
- 8) El consumo promedio bimestral de energía eléctrica fue de 242.6 kWh. La factura promedio bimestral por consumo eléctrico se estima en MXP \$474.54, lo que representa un costo anual de MXP \$ 2,942.90 por concepto de electricidad para un hogar promedio de la localidad.
- 9) El consumo promedio de GLP fue de 18.34 kg/mes, con un costo de \$ 262.24 mensuales y MXP \$3,252.64 anuales.
- 10) El costo conjunto de la energía consumida en los hogares se estima en \$499.51 mensuales y \$6,195.51 anuales.
- 11) El costo promedio de la energía destinada al calentamiento de agua equivalente al 43.5% es de \$ 2,695.05 anuales.

- 12) Las mediciones de radiación solar sugieren que el recurso solar en la localidad es muy similar al de la estación EMAS más cercana.
- 13) Las curvas de frecuencia acumulada muestran que los meses de abril y julio poseen hasta una hora de radiación pico (1,000 W).
- 14) Las gráficas de energía disponible muestran que el mes de abril fue el mes con mayor radiación acumulada (6,242 Wh/m<sup>2</sup>).
- 15) La energía solar disponible muestra una media de 19.65 MJ/m<sup>2</sup> mensual, mostrando que los meses de febrero y abril tienen la mayor disposición de energía solar, mientras que el mes de septiembre fue el de menor disponibilidad del recurso solar.
- 16) La media de HSP para el mes de julio fue de 4.62 de acuerdo con datos de EMAS, mientras que con las mediciones directas en la localidad se encontró una media de 4.97 HSP para el mismo mes.
- 17) Se han estimado 4.759 HSP promedio anual para la zona de estudio
- 18) En un sondeo de temperatura y humedad, dentro de las habitaciones de una muestra de hogares, se encontraron valores medios de 18.17 °C y 55.23% respectivamente, con valores mínimos promedio de temperatura de 15.67°C y máximas promedio de humedad de 65.5% en algunas habitaciones, alcanzando mínimos de 13°C y máximos de 90% de humedad en algunas habitaciones.
- 19) El promedio de las habitaciones muestreadas señala temperaturas por debajo de los 20°C sugeridos para el confort de los hogares, por lo cual la temperatura de los hogares es un factor de riesgo para la salud de los habitantes.
- 20) Los hogares muestran porcentajes de humedad superiores al 60% sugerido, por lo cual se convierte en un factor de riesgo para la salud, en particular por la generación de esporas de moho.



## Capítulo V. Análisis de alternativas

A continuación, se muestra una discusión de los resultados y el análisis de las propuestas tecnológicas seleccionadas para mitigar la pobreza energética. Se han seleccionado dos propuestas de tecnologías solares considerando los resultados del estudio. Se realiza el dimensionamiento de las tecnologías y su respectivo análisis financiero, finalmente se muestran los beneficios económicos y ambientales que pueden traer estas propuestas.

La pobreza energética puede enfrentarse tomando varias medidas:

- 1) Mejoras en el inmueble, como el aislamiento térmico.
- 2) Medidas de eficiencia energética.
- 3) Cambio de tecnologías, como la introducción de iluminación LED.
- 4) Aprovechamiento de energías renovables.

Para esta investigación solo se abordarán propuestas relacionadas con la introducción de nuevas tecnologías de aprovechamiento de energías renovables.

La evaluación de la pobreza energética en los hogares de la localidad sugiere que los hogares se encuentran en pobreza intensa. El análisis del recurso solar muestra que se cuentan con más de 1,500 kWh/m<sup>2</sup> de radiación solar global anuales en la zona de estudio, y una media de 4.759 HSP anual. Los datos de consumo sugieren que la mayor cantidad de energía en los hogares está destinada al calentamiento de agua. No se puede soslayar la carencia de energía eléctrica formal y que si bien no existe un censo de los hogares que carecen por completo de ella, en la localidad hay al menos 3 familias sin electricidad (5.5%) y se estima que pueden ser cientos de hogares en la zona del Ajusco.

Por las razones anteriores, en este trabajo se considera que los problemas energéticos fundamentales para enfrentar la pobreza energética son dos:

1. Carencia de energía eléctrica formal y de calidad
2. Calentamiento de agua

### 5.1. Selección de tecnología

En este estudio han sido seleccionadas exclusivamente tecnologías de aprovechamiento del recurso solar, relacionadas con la solución de los dos problemas detectados relacionados con la pobreza energética:



### 5.2. Sistemas Fotovoltaicos Autónomos Individuales (SFV-AI)

La localidad se encuentra en una zona de producción rural donde el uso de suelo no permite la electrificación para uso doméstico aún, por lo cual existe una red eléctrica informal. Por estas razones se ha seleccionado un sistema

fotovoltaico autónomo. El promedio de consumo eléctrico en los hogares de la localidad fue de 121.30 kWh/mes, de los cuales se destina en promedio 21.5 kWh/mes para calentamiento de agua. Es decir que existe un requerimiento de al menos 100 kWh generados en un mes promedio, equivalentes a 3.29 kWh generados en un día promedio, con un máximo de 4.74 kWh/d<sub>prom.</sub> Por esta razón ha sido seleccionado un SFV modelo con una potencia nominal de al menos 4.7 kWh/d<sub>prom</sub> por hogar.

Fueron seleccionados módulos solares policristalinos de 255 Wp de la marca ReneSola, comercializados por la empresa CONERMEX. En las Tablas 5.1. y 5.2. se muestran las características técnicas.

*Tabla 5.1. Características eléctricas STC*

Potencia máxima (P <sub>máx</sub> )	250 W
Tolerancia del suministro eléctrico	0 a 5 W
Eficiencia del módulo	15.40%
Máxima corriente de suministro (I <sub>mp</sub> )	8.31 A
Máximo voltaje suministro (V <sub>mp</sub> )	30.1 V
Corriente de cortocircuito (I <sub>sc</sub> )	8.83 A
Voltaje de circuito abierto (V <sub>oc</sub> )	37.4 V
Coefficiente de temperatura de P <sub>máx</sub>	-0.4%/°C

*Tabla 5.2. Eficiencia en función de la irradiación*

<b>Irradiancia</b>	200 W/m <sup>2</sup>	400 W/m <sup>2</sup>	600 W/m <sup>2</sup>	800 W/m <sup>2</sup>	1000 W/m <sup>2</sup>
<b>Eficiencia</b>	15.80%	16.20%	16.20%	16.10%	16.00%

Valores en condiciones estándar de ensayo STC (masa de aire AM 1,5, irradiación 1,000 W/m<sup>2</sup>, temperatura de las celdas 25°C)

### 5.2.1. Generador Fotovoltaico (GFV)

Para determinar el número de MFV fue empleada la siguiente fórmula y posteriormente fueron consideradas las pérdidas en el sistema:

$$N^{\circ}_{MFV} = \frac{E_T/HSP}{P_{MFV}}$$
$$N^{\circ}_{MFV} = \frac{4740/4.759}{255} = 3.91 \sim 4MFV$$

Este modelo tiene una potencia instalada de 1.02 kWp. En el cálculo de la generación real de energía, se consideraron las pérdidas globales del sistema, un factor de temperatura, el factor de corrección por inclinación del generador FV y las HSP mensuales.

#### 5.2.2. Pérdidas del sistema

Pérdidas eléctricas:

1. Pérdidas por caídas óhmicas (FC): consideradas las máximas caída de tensión admitidas en el cableado de corriente alterna y continua (CA y DC)
  - a. DC, max 1.5% FCC = 0.99%
  - b. AC, max 2% FCA = 0.97%
2. Pérdidas por dispersión de parámetros FD = 0.97
3. Pérdidas por rendimiento del inversor FINV = 0.964
4. Pérdidas por temperatura
  - a. 4% por cada 10 °C de aumento en la temperatura FT = 90-94%

Pérdidas no eléctricas

5. Por Sombreado FSOM = 0.975

6. Por Polución FPOL = 0.96

El ratio de producción global (Performance Ratio Global, PRG) es el cociente entre la energía realmente producida por la instalación y la energía teórica máxima que puede generar la instalación (Mazarredo, 2009).

$$PRG = FCC \times FCA \times FD \times FINV \times FT \times FSOM \times FPOL$$

$$PRG = (0.99) (0.97) (0.97) (0.964) (0.975) (0.96) * FT$$

$$PRG = 0.84048805264 * FT$$

$$PRG = 0.84 * FT$$

En la determinación del FT han sido consideradas las temperaturas promedio mensuales de la localidad, tomadas de la estación Ajusco del SMN en un reporte de 40 años (Servicio Meteorológico Nacional. CONAGUA, 2016).

De este modo se ha calculado un factor de pérdidas cercano al 20% (Tabla 5.3.). Tomando en cuenta el PRG mensual estimado, se calcula la generación real del SFV.

Tabla 5.3. Factor de corrección por temperatura y ratio de producción global (PRG) para la localidad del Charco, Ajusco

Meses	Temperatura promedio °C	FT	PRG
Enero	9.1	96.36%	0.8094
Febrero	10	96.00%	0.8064
Marzo	11.7	95.32%	0.8007
Abril	13.1	94.76%	0.7960
Mayo	13.4	94.64%	0.7950
Junio	12.6	94.96%	0.7977
Julio	11.6	95.36%	0.8010
Agosto	11.9	95.24%	0.8000
Septiembre	11.6	95.36%	0.8010
Octubre	11.1	95.56%	0.8027
Noviembre	10.2	95.92%	0.8057
Diciembre	9.6	96.16%	0.8077
Media	<b>11.33</b>	<b>95.47%</b>	<b>0.8019</b>

### 5.2.3. Factor de corrección por inclinación

El generador FV tendrá una inclinación determinada por la latitud de la zona, que se encuentra a 19.33° norte. El instituto de Geofísica de la UNAM considera que existe una corrección de 25 centésimas en las radiación anual en la Ciudad de México (SIGER-IIE-GENC, 2010), lo cual da un factor de corrección por inclinación anual  $k=1.0489$ . Con este valor se estima los factores mensuales.

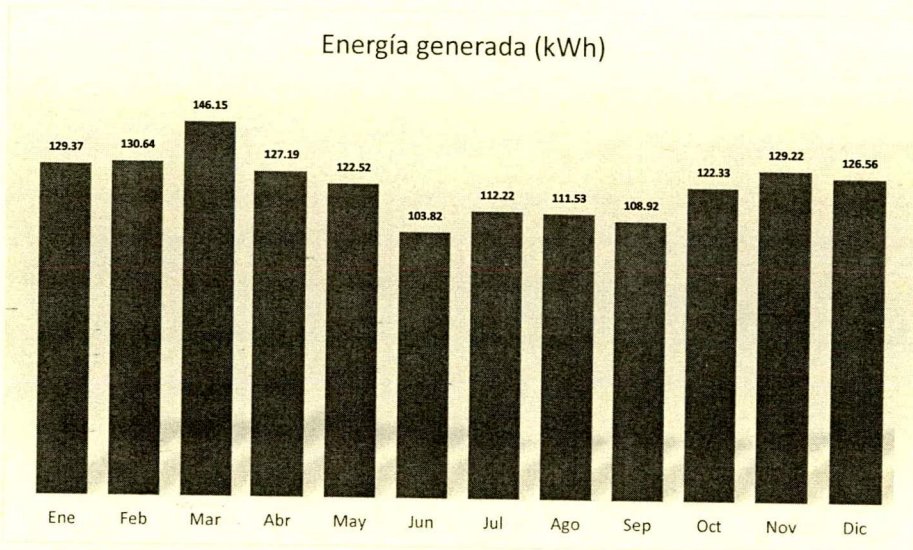
Las HSP han sido estimadas a partir de la radiación mensual y el factor  $k$ .

Una vez determinadas las pérdidas, el factor de inclinación y las HSP, se estima la energía que en realidad podrá generar cada mes el SFV propuesto en la localidad y la energía anual generada (Tabla 5.4.).

*Tabla 5.4. Energía generada por los SFV de 1.02 kWp individuales propuestos para la localidad del Charco, Ajusco*

	kWh/m <sup>2</sup> por día	H (MJ/m <sup>2</sup> )	k	HSP (kWh/m <sup>2</sup> )	Días	PRG	Pinst kW)	Energía generada (kWh)
Ene	4.30	15.48	1.18	5.05	31	0.81	1.02	129.37
Feb	5.10	18.36	1.11	5.67	28	0.81	1.02	130.64
Mar	5.60	20.16	1.03	5.77	31	0.80	1.02	146.15
Abr	5.50	19.80	0.95	5.22	30	0.80	1.02	127.19
May	5.50	19.80	0.89	4.87	31	0.79	1.02	122.52
Jun	4.90	17.64	0.87	4.25	30	0.80	1.02	103.82
Jul	5.00	18.00	0.89	4.43	31	0.80	1.02	112.22
Ago	4.60	16.56	0.96	4.41	31	0.80	1.02	111.53
Sep	4.20	15.12	1.06	4.44	30	0.80	1.02	108.92
Oct	4.10	14.76	1.18	4.82	31	0.80	1.02	122.33
Nov	4.20	15.12	1.25	5.24	30	0.81	1.02	129.22
Dic	4.00	14.40	1.24	4.96	31	0.81	1.02	126.56
Media Anual	4.76	17.10	1.05	4.99	30,42	0.80	1	<b>1470.48</b>

El modelo elegido de SFV tendría una capacidad de generación anual de 1470.48 kWh, lo que representa 4.029 kWh/día promedio. El perfil de generación mensual puede observarse en la Gráfica 5.1.



Gráfica 5.1. Perfil mensual de generación eléctrica del sistema FV individual propuesto para la localidad

#### 5.2.4. Banco de baterías

Se han elegido baterías de 115 Ah de la marca CALE-solar de 12V y hasta 1,200 ciclos. Con lo que se determina la capacidad del banco de baterías:

$$I[AH]_{Promedio/día} = \frac{E_T}{V_{MFV}}$$

$$I[AH]_{Promedio/día} = \frac{4029}{30.1} = 133.85 \text{ AH}_{Promedio \text{ diario}}$$

Considerando 3 días de autonomía y hasta un 60% de descarga en días nublados, se calcula el número de baterías:

$$N^{\circ}_{BAT} = \frac{(I_{[AH]prom/día})3/0.6}{I_{[AH]BAT}} = \frac{(133.85 \text{ AH}_{Prom \text{ día}})3/0.6}{115 \text{ AH}} = 5.82 \sim 6 \text{ Bat}$$

### 5.2.5. Potencia del Inversor

La determinación de la potencia, se obtiene de:

$$P_{Inversor} = \frac{E_T + 50\%}{hsp} = \frac{4,029 * 1.5}{4.99} = 1,211.12 \text{ W}$$

En este proyecto se ha elegido un inversor de 1,200 W de potencia continua, con 3,600 W máximo, con forma de onda semisenoidal pura, con el objeto de poderlo emplear para motores de hasta 1 hp, como las bombas de agua y accesorios de motor, con frecuencia controlada de 60 Hz, salida regulada de 120 VCA y entrada de 24 VDC, de la marca INVERCOM.

### 5.2.6. Controlador

Para este proyecto ha sido estimada la corriente del controlador de carga:

$$I_{Controlador} = I_{MFV} N^{\circ}_{MFV} = 8.31 * 4 = 33.4 \text{ A}$$

Con base en la disposición de equipos en el mercado, se seleccionado un controlador Phocus de 40 A.

### 5.2.7. Inversión total

El sistema completo ha sido cotizado de la siguiente forma (Tabla 5.5.)

Tabla 5.5. Cotización de equipo fotovoltaico para SFV de 1.02 kWp

	Cantidad	Costo unitario	Costo
N° de MFV	4	3800	\$ 15,200.00
N° de Baterías	6	2100	\$ 12,600.00
I Controlador [A]	40 A	2241	\$ 2,400.00
P Inversor [W]	1200 W	6645	\$ 6,645.00
Insumos	8%		\$ 2,947.60
Instalación	8%		\$ 3,183.41
IVA	incluido		
<b>Costo TOTAL MXP</b>			<b>\$ 42,976.01</b>

### 5.2.8. Análisis económico

La rentabilidad ha sido calculada mediante un análisis de valor presente neto (VPN), considerando (ver Tabla 5.6.), el reemplazo de las baterías cada 5 años, la inflación del 3.36% al cierre de 2016, un ahorro anual de \$3,789 por concepto de energía y un ahorro inicial de \$25,000 por conexión a la red informal<sup>4</sup>

Tabla 5.6. Datos para la evaluación del VPN del equipo fotovoltaico de 1.02 kWp

Inflación 2016 (al cierre)	3.36%
Inversión total	\$ 42,976.01
Ahorro anual	\$ 3,789.00
Ahorro inicial	\$ 25,000.00
Tiempo de vida (años)	25

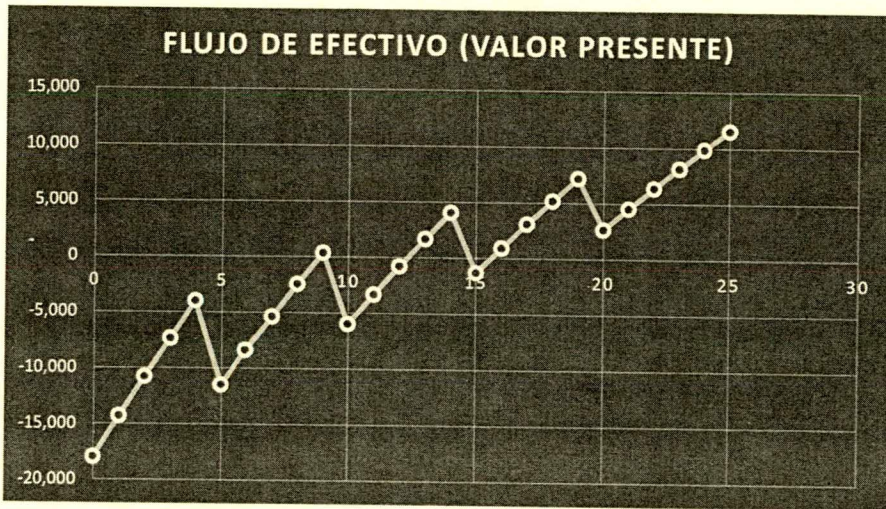
El análisis de VPN se presenta en la tabla 5.7

<sup>4</sup> Las redes informales de electricidad en la zona del Ajusco son controladas por grupos que cobran entre \$15,000 y \$30,000 por conectarse a su red, más el cableado de hasta 1 km, costos de mantenimiento y conexión a tableros (nichos). Los costos ascienden entre \$25,000 y \$35,000 (costos 2017)

Tabla 5.7. Valor Presente Neto (VPN) del proyecto de SFV de 1.02 kWp en la localidad del Charco

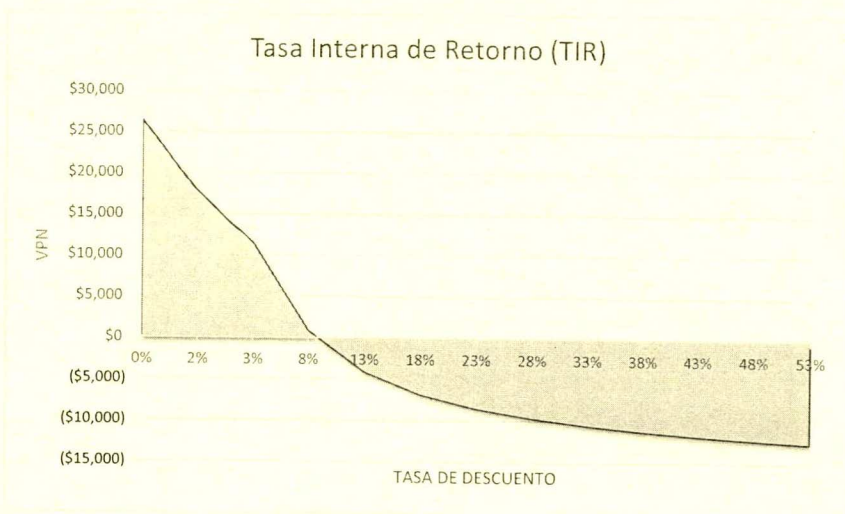
No. Periodos	Flujo Neto de Efectivo (FNE)	$(1 + i)^n$	$FNE / (1 + i)^n$	Tabulación del flujo de efectivo
0	-17,976	---	-17,976	-17,976
1	3,789	1.03	3,666	-14,310
2	3,789	1.07	3,547	-10,764
3	3,789	1.10	3,431	-7,332
4	3,789	1.14	3,320	-4,012
5	-8,811	1.18	-7,469	-11,481
6	3,789	1.22	3,107	-8,374
7	3,789	1.26	3,006	-5,367
8	3,789	1.30	2,909	-2,459
9	3,789	1.35	2,814	356
10	-8,811	1.39	-6,331	-5,976
11	3,789	1.44	2,634	-3,342
12	3,789	1.49	2,549	-793
13	3,789	1.54	2,466	1,673
14	3,789	1.59	2,386	4,058
15	-8,811	1.64	-5,367	-1,309
16	3,789	1.70	2,233	924
17	3,789	1.75	2,160	3,084
18	3,789	1.81	2,090	5,175
19	3,789	1.87	2,022	7,197
20	-8,811	1.94	-4,550	2,647
21	3,789	2.00	1,893	4,540
22	3,789	2.07	1,831	6,371
23	3,789	2.14	1,772	8,143
24	3,789	2.21	1,714	9,857
25	3,789	2.28	1,658	11,516
	<b>VPN</b>		<b>\$11,516</b>	

La Gráfica 5.2. señala el flujo de efectivo para los 25 años de vida útil del sistema considerando los periodos de reemplazo de baterías cada 5 años.



Gráfica 5.2. Flujo de efectivo de la inversión en SFV autónomos de 1.02 kWp para la localidad del Charco, Ajusco.

También ha sido calculada la tasa interna de retorno (TIR), la cual se puede observar en la Gráfica 5.3..



Gráfica 5.3. Tasa interna de retorno (TIR) para el proyecto fotovoltaico propuesto para la localidad

El proyecto resulta rentable porque el VPN es positivo (\$ 11,516) y la TIR es de 9.02%, superior a la inflación estimada. El tiempo de recuperación de la inversión puede observarse a partir de los 16 años.

El proyecto completo para 54 hogares en consecuencia también resulta rentable. Implicará una inversión de \$ 2,320,704 y podría significar ahorros por concepto de electricidad de \$204,606 anuales y un ahorro de \$1,350,000 por concepto de conexión a redes informales. El VPN del proyecto global alcanzaría un valor de \$621,860 y la TIR se mantendría en 9,02%.

### 5.3. Calentadores solares

Se ha tomado una media de 3.9 habitantes por hogar para poder cotizar el proyecto de manera colectiva. Los calentadores solares han sido cotizados con la empresa mexicana MORADA VERDE. Esta empresa ha ofrecido un costo unitario de \$9,744 (IVA incluido) por calentador de 150 L instalado (Enero 2017) Tabla 5.8.

Tabla 5.8. Cotización de calentadores solares de tubo evacuado de 150L

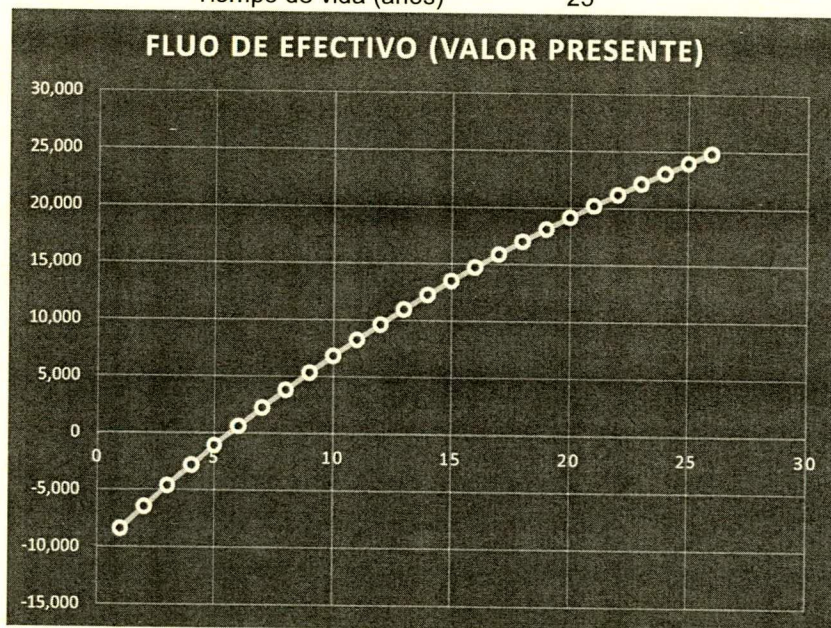
Cant.	Descripción	P. U. \$	Precio total \$
54	<b>Calentador solar IVEM150AI</b>	5,900.00	318,600.00
	Incluye: 1 Termotanque en acero inoxidable, estructura de aluminio o acero inoxidable, 12 tubos al vacío, 1 barra de magnesio. Capacidad: 150litros, rinde hasta 4 duchas/día.		
	Garantía: 5 años, con póliza de mantenimientos completa. Tiempo de vida útil ~ 25 años.		
54	Instalación y suministro de materiales.	2,500.00	135,000.00
	Incluye: Hasta 15 m lineales de tubería pex al pex, conectores Rint y Rext, válvula check, llaves de paso, jarro de agua caliente, conexión a salida de boiler de gas.		
	Garantía: 1 año.		
	Subtotal	8400.00	453,600.00
	IVA	1344.00	72,576.00
	<b>TOTAL</b>	<b>9,744.00</b>	<b>\$526,176.00</b>

El ahorro estimado por calentamiento de agua en un hogar promedio fue de \$ 2,695 anuales; por lo que la inversión inicial sería recuperada en 3.61 años, teniendo un ahorro efectivo durante los siguientes 21.4 años del tiempo de vida de cada calentador.

### 5.3.1. Análisis económico

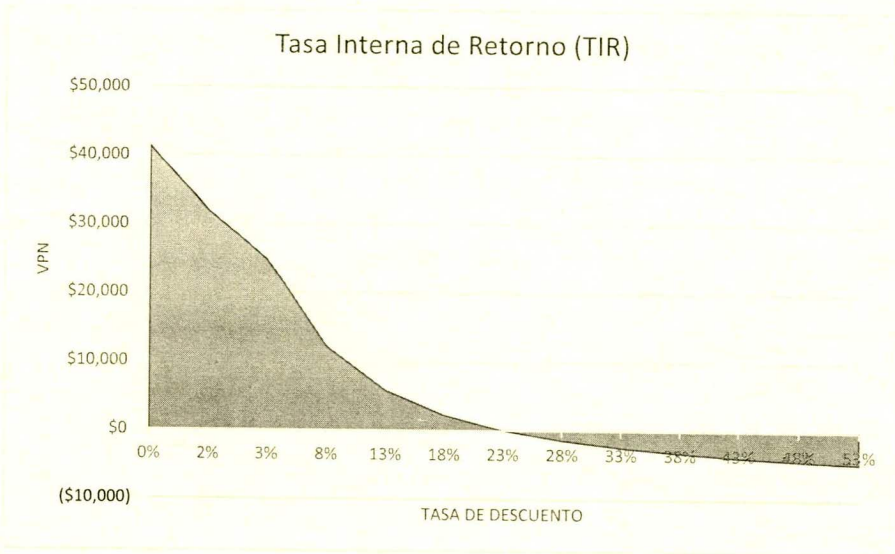
Se realizó un análisis económico del VPN (Gráfica 5.4.) y TIR (Gráfica 5.5.), considerando la inflación reportada al cierre de 2016 de 3.36%.

Inflación 2016 (al cierre)	3.36%
Inversión total	\$ 9,744.00
Ahorro anual	\$ 2,695.05
Tiempo de vida (años)	25



Gráfica 5.4. Flujo de efectivo en VPN para el proyecto de calentadores solares

Los resultados del análisis muestran que el proyecto es sumamente rentable, ya que se obtiene un VPN de \$ 35,357 a 25 años, valor del ahorro. En el flujo de efectivo se observa que la inversión puede recuperarse en menos de cuatro años (Gráfica 5.4.). Finalmente la TIR del proyecto es de 27.6% (Gráfica 5.5.) muy superior a la inflación esperada.



Gráfica 5.5. TIR del proyecto de calentadores solares

Para el proyecto completo, que incluye al momento 54 hogares, la empresa cotizó una inversión total de \$526,176 para enero de 2017, que podrían recuperarse en menos de cuatro años, generando un ahorro anual de \$142,838, con una TIR igualmente de 27.6%. Por estas razones resulta igualmente rentable.

## 5.4 Beneficios Ambientales

El proyecto energético para abastecer electricidad a los 54 hogares de la localidad de estudio tiene un potencial de generación de 1470.48 kWh anuales por hogar, es decir 79.40592 MWh anuales en la localidad. Durante el año 2009, las emisiones por la generación de electricidad alcanzaron un valor de 115,537.4 Gg de CO<sub>2</sub> eq, y la generación eléctrica tuvo un valor de 241.5 TWh (SEMARNAT, 2013, pág. 55), por ello cada Gg MWh de electricidad generado en México significó la emisión de 0.4784 toneladas de CO<sub>2</sub> eq. La implementación del proyecto fotovoltaico propuesto en éste trabajo para la localidad tendría el beneficio de evitar la emisión de hasta 37.9892 toneladas anuales de CO<sub>2</sub> eq.

En relación al consumo de gas LP se asume una proporción de 60% de gas propano y 40% de butano en la mezcla mexicana (INECC, 2014). De acuerdo con estudios del programa de investigación del cambio climático (SEMARNAT, 2013) el gas LP tiene un valor de emisiones de CO<sub>2</sub> eq de 62.436 tCO<sub>2</sub>/TJ. En este trabajo se concluye que el consumo promedio de energía destinada al calentamiento de agua en los hogares de la localidad es del 43.5% del total de los 1287.17 MJ/mes promedio consumido en cada hogar, es decir 559.91895 MJ/mes para calentamiento de agua en cada hogar, lo cual representa un consumo anual de 362827.4796 MJ/año para los 54 hogares de la localidad. De acuerdo al valor de emisiones, la puesta en marcha de calentadores solares de agua podría evitar la emisión de hasta 22.6534 toneladas de CO<sub>2</sub> eq cada año.

Sumando las dos tecnologías propuestas, el proyecto solar implementado en la localidad podría evitar la emisión de 60.6426 Toneladas anuales de CO<sub>2</sub> eq.

## 5.5 Beneficios sociales

La implementación de los proyectos de energía solar sugeridos en este trabajo, permitirá que todos los hogares cuenten con calentador de agua, electricidad y

equipos asociados con la energía eléctrica, al menos los de entretenimiento e iluminación. Reconsiderando el análisis de la PEH en los hogares de la localidad, éste índice alcanza un valor de 0.78, que ubica a la comunidad en un grado de pobreza moderada.

## Conclusiones

Esta investigación propone una definición multidimensional para comprender la pobreza energética y sugiere una metodología complementaria a la de la CEPAL para evaluarla, considerando además de los bienes económicos relacionados con las necesidades energéticas fundamentales, la evaluación de la temperatura, la humedad y el uso final de la energía. También se sugiere una estratificación de la pobreza energética considerando los estratos empleados para la pobreza en general.

La primera evaluación en base al método de la CEPAL muestra que existe una PEH de 0.6, lo cual sugiere que la localidad se encuentra en un grado de pobreza energética intensa, pero el 85% de los hogares podría encontrarse en un grado de pobreza energética extrema, lo cual corresponde con el grado de alta marginación determinada por el INEGI para la zona de estudio.

El análisis de los resultados indica que los bienes más requeridos son los relacionados con el calentamiento de agua y el calentamiento del hogar durante el invierno. Las mediciones de consumo eléctrico muestran que un hogar promedio de la localidad consume 121.3 kWh/mes. Las mediciones de consumo eléctrico y de gas LP refieren que un hogar promedio de la localidad consume 1287.17 MJ/mes promedio y que destina el 43.5% de esta energía solo para el calentamiento de agua.

En el análisis de la facturación se observa que el costo anual de electricidad asciende a \$2,943 y del GLP a \$3,253. La electricidad en la localidad se abastece por medio de redes informales y no tiene una cobertura total, por lo que al menos en la localidad existe 5.56% de hogares sin este servicio. La radiación anual se estima en 1,500 kWh/m<sup>2</sup> con una media anual de 4.76 HSP en la localidad.

El sondeo de temperatura y humedad revelan que existen horarios críticos para el confort de los hogares, lo cual podría impactar sobre la salud de los habitantes de la localidad y sugiere que existe un factor de riesgo relacionado con

estos parámetros el cual debe atenderse. En este estudio solo se han realizado propuestas tecnológicas relacionadas con el recurso solar disponible en la zona.

Las propuestas tecnológicas son la instalación de calentadores solares y sistemas fotovoltaicos autónomos (SFV) individuales. El dimensionamiento sugiere calentadores domésticos de 150 L y SFV de 1.02 kWp en cada hogar. La estimación de las pérdidas indica que los SFV individuales tendrían una generación diaria de 4.03 kWh promedio, lo que representa en promedio 122.54 kWh/mes y 1,470.48 kWh/año. La inversión inicial de \$42,976 podría recuperarse en poco más de 15 años, generando un ahorro en valor presente de \$11,516 con una tasa de interna de retorno (TIR) del 9%.

Por su parte, los calentadores solares podrían recuperar la inversión inicial en menos de cuatro años y generar ahorros en valor presente por arriba de los \$35,357 en los 25 años de vida útil estimada con una TIR de 27.6%. Por esta razón ambos proyectos resultan rentables. En conjunto, ambas tecnologías aplicadas en esta localidad de 54 hogares podría tener ahorros en valor presente de más de \$760,000 en 25 años de vida útil estimada.

Este proyecto tiene un potencial de beneficios ambientales por la mitigación de emisiones de CO<sub>2</sub> de hasta 60 toneladas anuales en la localidad estudiada

Por otro lado, los beneficios sociales se limitan a la disminución de la pobreza energética en los hogares, pasando de un grado intenso (PEH=0.61) a un grado moderado de pobreza energética (PEH=0.78). Esto se debe a que las propuestas tecnológicas se concretan al calentamiento de agua y el suministro eléctrico. Con los datos de temperatura y humedad se puede apreciar que existe un importante factor de riesgo para la salud debidos a que la temperatura mínima promedio es casi dos grados debajo de lo recomendado por organismos internacionales, pero además existen horarios críticos donde la temperatura mínima en las habitaciones alcanza en algunos casos los 13°C.

Por su lado, la humedad llega a ser muy alta y se convierte en un factor de riesgo por la generación de moho, un problema asociado con afecciones

respiratorias. En este nuevo escenario, la pobreza energética se relaciona con el calentamiento de las habitaciones y la falta de ciertos bienes económicos.

El ahorro estimado por la introducción de las tecnologías podría ser un factor que permita la adquisición de los bienes económicos restantes en la localidad. Sin embargo, es preciso continuar con nuevas investigaciones, sobre todo aquellas que contribuyan al aislamiento térmico de los hogares.

El método de necesidades absolutas pone énfasis en la posesión de bienes económicos, en el entendido que son estos los que proporcionan la energía para el uso final en los hogares, sin embargo se limita a evaluar la posesión de estos bienes más que las necesidades energéticas en sí, y no considera otros elementos como son el confort de los hogares en cuanto a temperatura, humedad, aislamiento térmico y eficiencia energética. Por otra parte el criterio de un solo foco por vivienda simplifica el análisis de la pobreza, para lo cual se sugiere considerar al menos un foco por habitación. La posesión de internet no es una condición discutida suficientemente como una necesidad fundamental, por lo que el criterio de estudio pudiera limitarse a la posesión de TV o computadora, como medios de comunicación. Con estas recomendaciones, la investigación realizada en el presente trabajo requiere integrar en una sola fórmula la evaluación de los diferentes parámetros propuestos para lograr el objetivo de una evaluación integral de la pobreza energética en los hogares.

## *Referencias Bibliográficas*

- Ackerman, J. M. (2 de Enero de 2017). Gasolinazo al fuego. *La jornada*.
- ANES. (2013). Energías renovables. *Revista de Energía Renovables*.(18).
- Boardman. (1991). Fuel Poverty: From Cold Homes to Affordable Warmth. *Belhaven Press, London*.
- Boltvinik, J. (2008). Conceptos y medidas de la pobreza. En J. Boltvinik, *Pobreza y distribución del ingreso*.
- Boltvinik, J. (2012). *Evaluación de la pobreza y la estratificación social en México y el Distrito Federal 1992-2010. Valoración crítica de medición y de las fuentes de información*. Ciudad de México, México: ICyT DF.
- BW, W., Ravallion, M., Chen, S., & Sangraula, P. (2008, May). Dollar a Day Revisited. *Policy Research Working Paper*(4620).
- Cámara de Diputados. (15 de 04 de 2016). En México, hay 500 mil viviendas sin electricidad, principalmente en comunidades indígenas y rurales. *Boletín No. 1343*. Obtenido de <http://www5.diputados.gob.mx/index.php/esl/Comunicacion/Boletines/2016/Abril/15/1343-En-Mexico-hay-500-mil-viviendas-sin-electricidad-principalmente-en-comunidades-indigenas-y-rurales>
- CEC. (2010). *Guía de proyectos comunitarios de energía renovable para América del Norte*. Quebec, Canadá: Comisión para la Cooperación Ambiental.
- Comité Económico y Social Europeo. (2011). *Dictamen del CESE sobre el tema "la pobreza energética en el contexto de la liberalización y de la crisis económica" (Dictamen exploratorio)*. Bruselas, Bélgica: Diario Oficial de la Unión Europea.
- Comité Económico y Social Europeo. (11 de febrero de 2011). Dictamen del Comité Económico y Social Europeo sobre el tema «La pobreza energética en el contexto de la liberalización y de la crisis económica». *Diario Oficial de la Unión Europea*.
- Community Power. (Octubre de 2014). *D6.5 Summary Report on Citizens Engagement*. Obtenido de Community Power: [www.communitypower.eu](http://www.communitypower.eu)
- CONAGUA. (2016). Estadísticas Climatológicas Ajusco. Distrito Federal: Conagua. Recuperado el 21 de Enero de 2016, de [www.SMN-CG-GMC-SPMLP-Climatología.gob.mx](http://www.SMN-CG-GMC-SPMLP-Climatología.gob.mx)
- Davila, X., & Maturana, H. (2015). ¿Sustentabilidad o armonía biológico-cultural de los procesos?

- DOF. (07 de Junio de 2013). Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la transición energética. *Diario Oficial de la Federación*, pág. 16.
- Dussel, E. (2011). *Filosofía de la Liberación* (Primera ed.). Mexico: Fondo de Cultura Económica.
- Echeverría, B. (2010). *Modernidad y capitalismo (15 Tesis)*. Obtenido de Bolívar Echeverría.unam.mx.
- Echeverría, B. (2003). *Valor de uso y Utopía*. México: siglo XXI.
- Esperbent, C. (Agosto de 2015). Motor para el Desarrollo de las Comunidades. (I. N. Agropecuaria, Ed.) *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 41(2), 21-27.
- FORBES. (26 de JUNIO de 2015). *FORBES*. Obtenido de <https://www.forbes.com.mx/7-datos-que-muestran-la-desigualdad-extrema-en-mexico/>
- García Ochoa, R. (2012). Hacia una perspectiva de la Sustentabilidad Energética, Cap 10. En M. Ordorica, & J.-F. Prud'homme, *Los grandes problemas de México* (pág. 346). DF: El Colegio de México.
- García, M., & Mundó, J. (Septiembre de 2014). La energía como derecho. Cómo afrontar la pobreza energética. *Debats Catalunya Social*(38).
- García, M., & Mundó, J. (2014). La energía como derecho. Cómo afrontar la pobreza energética. *Debats Catalunya Social*(38).
- García-CEPAL. (2014). *Pobreza Energética en América Latina*. Santiago de Chile: ILPES-ONU-CEPAL.
- Green Peace, M. (2013). Calentadores solares: energía renovable en tu hogar.
- GRUPEDSAC. (2014). *Informe Anual 2014*. Oaxaca: Grupo para promover la educación y el desarrollo sustentable A.C.
- GRUPEDSAC. (2015). *Informe anual 2014*. Grupo para Promover la Educación y el Desarrollo Sustentable, A.C., Estado de Mexico. Obtenido de [www.grupedsac.org.mx](http://www.grupedsac.org.mx)
- Harnecker, M. (1999). *Haciendo posible lo imposible*. México: Siglo XXI.
- INE. (2006). *La pobreza y su medición*.
- INECC. (2014). *FACTORES DE EMISIÓN PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE COMBUSTIBLES FÓSILES Y ALTERNATIVOS QUE SE CONSUMEN EN MÉXICO*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Ciudad de México: INECC-SEMARNAT. Obtenido de <http://www.inecc.gob.mx>
- INEGI. (2013). *Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2013*.
- INEGI. (2015). *Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos*.

- Instituto de Geofísica, UNAM. (2006). Energía Solar Disponible. Mexico: UNAM.
- Isla Urbana. (2016). *Isla urbana*. Obtenido de <http://islaurbana.org>
- Jonathan D. Ostry, P. L. (2016). Neoliberalism: Oversold? *Finance & Development June 2016*, 38-41.
- José Ayala, J. B. (1979). La crisis económica: evolución y perspectivas. En P. G. Casanova, *México Hoy*. Siglo XXI.
- Kosulj, R., CEPAL, & PNUD. (2009). *Contribución de los servicios energéticos a los Objetivos de Desarrollo del Milenio y a la mitigación de la pobreza en América Latina y El Caribe*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Lewis. (1982). Fuel Poverty Can Be Stopped. *National Right to Fuel Campaign*.
- López Gallo, M. A., & Sandoval González, V. (1999). *Del Estado Oligarquico al Neoliberalismo. Historia de México II*. México. DF: Quinto Sol.
- Mazarredo, F. d. (2009). INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE 100kW DE CONEXIÓN A RED EN LORCA, MURCIA. Madrid, España.
- Microsoft GPS. (2017). GPS Navigator recorder.
- Muñoz Ledo, P. (23 de Enero de 2016). El neoliberalismo extendió la pobreza "por decreto" en México. *La Jornada*.
- Nassif, A. A. (1997). El rompecabezas salinista: recuento político de un gobierno. En M. C. (coordinador), *México en el desfiladero*. FLACSO.
- Programa EURO-SOLAR. (2015). *Manual de uso y mantenimiento del sistema solar fotovoltaico comunitario*. (M. d. Ecuador, Ed.)
- Sanchez Jimenez, A. (10 de Agosto de 2014). En pobreza energética más de 12 millones de hogares. *La Jornada*, pág. 3.
- SEMARNAT. (2013). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010*.
- SENER. (2016). *BAses de la convocatoria. Premi PRODETES 2016*.
- SENER, S. d. (2015). *Balance Nacional de Energía 2014*.
- Servicio Meteorológico Nacional. (2010). *smn.cna.gob.mx\_tools\_RESOURCES\_Normales5110\_NORMAL09002 ajusco*. Recuperado el 19 de Octubre de 2016
- Servicio Meteorológico Nacional. CONAGUA. (2016). SMN-CG-GMC-SPMLP-Climatología. Ciudad de México.

- SIGER-IIE-GENC. (2010). Tabla de Horas Solar Pico. (S. d. Renovables, Ed.) Recuperado el 2015
- Tirado Herrero, E. a., Jimenez Meneses, L., López Fernandez, J., Perero Van Hove, E., Irigoyen Hidalgo, V., & Savary, P. (2016). *Pobreza, vulnerabilidad y desigualdad energética. Nuevos enfoques de análisis*. Madrid, España: Asociación de Ciencias Ambientales.
- Tirado Herrero, S. J. (2016). *POBREZA, VULNERABILIDAD Y DESIGUALDAD ENERGETICA. Nuevos enfoques de análisis*. Madrid: Asociación de Ciencias Ambientales.
- Tirado Herrero., S. J. (2014). *Pobreza energética en España. Análisis de tendencias*. Madrid: Asociación de Ciencias Ambientales.
- Tirado Herrero., S. L. (2012). *Pobreza energética en España, Potencial de generación de empleo derivado de la rehabilitación energética de viviendas*. Madrid: Asociación de Ciencias Ambientales.
- Wallerstein, I. (2013). *Introducción a la Economía Mundo*. Mexico: Siglo XXI.
- Zibechi, R. (2010). *Autonomía y Emancipaciones*. Mexico.

## ANEXOS

### ANEXO 1

*Ecuaciones de PEH consideradas de acuerdo a cada zona climática*

Zona Climática	Ecuación	Bienes económicos esenciales (Indicadores)
1	$PEH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^6 BE_i < 1$	BE1= COMBUS BE2= REFRIGE BE3= ILUM BE4=ENTRET BE5= CT BE6= CA
2	$PEH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^4 BE_i < 1$	BE1= COMBUS BE2= REFRIGE BE3= ILUM BE4=ENTRET
3	$PEH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^5 BE_i < 1$	BE1= COMBUS BE2= REFRIGE BE3= ILUM BE4=ENTRET BE5= CA
4	$PEH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^5 BE_i < 1$	BE1= COMBUS BE2= REFRIGE BE3= ILUM BE4=ENTRET BE5= CT

*Tabla 9.1 Ecuación de PEH y bienes económicos considerados de acuerdo a cada zona climática.  
FUENTE: GARCIA-CEPAL, 2014*

# ENCUESTA DE ENERGIA EN LOS HOGARES

## 2016

Nombre _____
Integrantes de familia _____

**CONFIDENCIALIDAD**

Conforme a las disposiciones del **Artículo 37, párrafo primero de la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica** en vigor: "Los datos que proporcionen para fines estadísticos los Informantes del Sistema a las Unidades en términos de la presente Ley, serán estrictamente confidenciales y bajo ninguna circunstancia podrán utilizarse para otro fin que no sea el estadístico."

**OBLIGATORIEDAD**

De acuerdo con el **Artículo 45, párrafo primero de la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica** en vigor: "Los Informantes del Sistema estarán obligados a proporcionar, con veracidad y oportunidad, los datos e informes que les soliciten las autoridades competentes para fines estadísticos, censales y geográficos, y prestarán apoyo a las mismas."



APARTADO1. NECESIDADES ABSOLUTAS DE ENERGÍA

Marque con una X sí o no, según corresponda la respuesta

PREGUNTA	CLAVE	SI	NO	NC
1. ¿Cuenta la vivienda con al menos un calentador de agua que use gas o electricidad?	CA	1	0	-
2. ¿Cuenta la vivienda con al menos una estufa de gas o electricidad?	COMB	1	0	-
3. ¿Cuenta la vivienda mínimo con un foco por vivienda?	ILUM	1	0	-
4. ¿Cuenta la vivienda con al menos un refrigerador?	REFR	1	0	-
5. ¿Cuenta la vivienda con TV o equipo de cómputo (PC o Laptop) con internet?	ENTR	1	0	-
6. ¿Cuenta con ventilador o aire acondicionado en las habitaciones principales?	CT	1	0	-
7. ¿Cuenta la vivienda con servicio eléctrico de la red?	CFE	1	0	-
8. ¿Cuenta la vivienda con algún sistema de generación eléctrica?	GEN	1	0	-

OBSERVACIONES

APARTADO 2. ENCUESTA DE ENERGIA EN LOS HOGARES 2016. Encuesta de interés público



Colegio de Ciencia y Tecnología  
Programa de Energía  
Maestría en Fuentes Renovables de Energía y Eficiencia Energética

CENSO DE CARGAS EN EL HOGAR

	APARATOS	CANTIDAD	POTENCIA [W]	USO HORAS/DIA	USO DÍAS/SEMANA
Iluminación	Focos 60W				
	Focos ahorradores				
	LED				
	Lámparas tubo				
	Otro				
Alimentación	Refrigerador				
	Licuadaora				
	Batidora				
	Extractor				
	Horno de microondas				
	Horno eléctrico				
	Tostador				
	Otro				

Calentamiento	Calentador de ambiente gas				
	Calentador ambiente eléctrico				
	Ventilador				
motores	Bomba 1/2 hp				
	Lavadora				
	Secadora ropa				
	Taladro				
	Otro:				

	APARATOS	CANTIDAD	POTENCIA [W]	USO HORAS/DIA	USO DÍAS/SEMANA
Entretenimiento	Pantalla 32"				
	Pantalla 24"				
	Televisión 19 "				
	Otra TV				
	DVD				
	Videojuego				
	Cargadores de celular				
	PC				

	Laptop				
	Impresora				
	Radio				
	Otro				
Calor	Plancha ropa				
	Calentador eléctrico agua				
	Plancha cabello				
	Secadora				
	Otro:				

APARTADO 3. GLP

Duración promedio de un tanque de 20 kg de gas LP	_____
---	-------

Otros equipos


Observaciones:

---

---

CONTROL DE LAS VISITAS

<b>Fecha de visita</b>	
<b>Hora de entrevista</b>	
<b>Duración de la entrevista</b>	
<b>Observaciones</b>	

---

NOMBRE Y FIRMA DEL ENTREVISTADOR