



Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.

Posgrado en Ciencias en Energía Renovable

HACIA UNA POLÍTICA PÚBLICA PARTICIPATIVA Y
BASADA EN DATOS PARA LAS COMUNIDADES FUERA
DE LA RED ELÉCTRICA EN YUCATÁN: EL CASO DE
SAC-NICTÉ, UMÁN

Tesis que presenta

DORA YUGSMILA ESPINOZA MEDINA

En opción al título de

MAESTRA EN CIENCIAS EN ENERGÍA RENOVABLE

Mérida, Yucatán, México 2021



DECLARACIÓN DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en la sección de Materiales y Métodos, los Resultados y Discusión de este documento proviene de las actividades de investigación realizadas durante el período que se me asignó para desarrollar mi trabajo de tesis, en las Unidades y Laboratorios del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., y que a razón de lo anterior y en contraprestación de los servicios educativos o de apoyo que me fueron brindados, dicha información, en términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial, le pertenece patrimonialmente a dicho Centro de Investigación. Por otra parte, en virtud de lo ya manifestado, reconozco que de igual manera los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que deriven o pudieran derivar de lo correspondiente a dicha información, le pertenecen patrimonialmente al Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., y en el mismo tenor, reconozco que si derivaren de este trabajo productos intelectuales o desarrollos tecnológicos, en lo especial, estos se registrarán en todo caso por lo dispuesto por la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial, en el tenor de lo expuesto en la presente Declaración.



Firma: _____
Dora Yugsmila Espinoza Medina

Mérida, Yucatán, México, a 25 de mayo de 2021

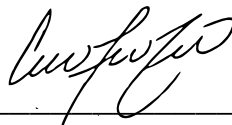
*CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE YUCATÁN, A. C.
POSGRADO EN CIENCIAS EN ENERGIA RENOVABLE*



RECONOCIMIENTO

Por medio de la presente, hago constar que el trabajo de tesis de Dora Yugsmila Espinoza Medina titulado Hacia Una Política Pública Participativa Y Basada En Datos Para Las Comunidades Fuera De La Red Eléctrica En Yucatán: El Caso De Sac-Nicté, Umán, fue realizado en la Unidad de Energía Renovable, en la línea de Sistemas Híbridos de Energía del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. bajo la dirección del Dr. Luis David Patiño López y del codirector Dr. Víctor Florencio Ramírez Cabrera, perteneciente al Programa de Posgrado en Ciencias en Energía Renovable de este Centro.

Atentamente



Dra. Cecilia Hernández Zepeda
Directora de Docencia

Mérida, Yucatán, México, a 25 de mayo de 2021

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca (907238) otorgada durante la maestría y el apoyo que representa.

A mi comité:

A mi director de tesis, el Dr. Luis David Patiño López

A mi codirector el Dr. Víctor Florencio Ramírez Cabrera

Al Dr. Luis Carlos Ordóñez López

Al Mtro. Carlos Armando Tornel Curzio

Y a mis revisores:

La Dra. Amina El Mekaoui

Y el Dr. Raúl Tapia Tussel

Que apostaron por la dirección y acompañamiento de este proyecto, por las valiosas contribuciones que hicieron al trabajo final y por el tiempo que dedicaron para revisarlo.

A mis profesores, quienes han hecho de mis clases algo más allá de un salón y me enseñaron la importancia de compartir conocimiento.

A la comunidad de Sac-Nicté, en especial a la comisaria, por su apoyo para desarrollar este trabajo.

A mis padres, por inculcarme el valor del estudio y la familia.

A mis hermanas, por el arte, la personalidad y bondad que llevamos dentro.

A Daniel, por lo que ha significado llegar hasta aquí y hacer del camino “una senda interesante”

DEDICATORIA

Al viejito que día con día me muestra la importancia de los pequeños detalles...

ÍNDICE

LISTADO DE TABLAS	iv
LISTADO DE FIGURAS	iv
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	3
ANTECEDENTES	3
1.1. Transición energética.....	3
1.2. Pobreza energética.....	4
1.3. Necesidad de energía eléctrica.....	7
1.3.1. Acceso eléctrico en el mundo.....	8
1.3.2. Acceso eléctrico en México.....	10
1.3.3. Acceso eléctrico en Yucatán	10
1.4. Programas que apoyan la electrificación.....	10
1.4.1. Programas internacionales.....	11
1.4.2. Programas nacionales.....	12
1.5. Comunidades aisladas en México.....	12
1.6. Comunidades sin acceso a la Red eléctrica.....	19
1.6.1. Política de CFE para las Comunidades Aisladas Sin Electricidad.	21
1.7. Ubicación de Sac-Nicté.....	22
1.7.1. Contexto sociocultural de la comunidad	23
1.7.2. Vivienda, educación y salud	25
1.7.3. Problemática local.....	26
1.7.4. Interconexión de Sac-Nicté a la red.....	26
JUSTIFICACIÓN	28

OBJETIVOS	30
Objetivo general.....	30
Objetivos específicos.....	30
Alcances y límites.....	30
CAPÍTULO 2	31
METODOLOGÍA.....	31
2.1. Mapeo de comunidades fuera de la red	33
2.2. Caracterización de la comunidad	34
2.2.1. Entrevista.....	35
2.3. Diseño estratégico participativo en materia de energía	37
2.3.1. Diseño del sistema fotovoltaico y almacenamiento eléctrico	37
2.3.2. Diseño de un sistema de bombeo para riego agrícola.....	40
2.3.3. Diseño de un sistema de calentamiento de agua	41
2.3.4. Diseño de un sistema de alumbrado público	42
2.3.5. Aplicación de cocción de alimentos eficiente.....	42
2.4. Propuesta de un modelo de comunidad sostenible fuera de la red	42
2.5. Comparación económica del sistema fotovoltaico.....	43
2.6. Apertura de datos de comunidades fuera de la red con el uso de sistemas de información geográfica.....	43
2.7. Contribución a la política pública para comunidades fuera de la red	43
CAPÍTULO 3	45
RESULTADOS.....	45
3.1. Mapeo de comunidades fuera de la red	45
3.2. Caracterización de la comunidad	49
3.2.1. Entrevista en Sac-Nicté.....	49
3.2.2. FSUE en la comunidad de Sac-Nicté	51
3.3. Diseño estratégico participativo en materia de energía	53

3.3.1.	Diseño de un sistema de generación (solar) y almacenamiento eléctrico.....	53
3.3.2.	Diseño de un sistema de bombeo para riego agrícola.....	58
3.3.3.	Diseño de un sistema de calentamiento de agua	58
3.3.4.	Diseño de un sistema de alumbrado público	59
3.3.5.	Diseño de cocción de alimentos eficiente.....	60
3.4.	Propuesta de seguimiento del Fondo de Servicio Universal Eléctrico	62
3.5.	Comparación económica del sistema fotovoltaico.....	62
3.6.	Apertura de datos de comunidades fuera de la red con el uso de sistemas de información geográfica.....	63
3.7.	Contribución a la política pública para comunidades fuera de la red	63
3.8.	Propuesta de un modelo de comunidad sostenible fuera de la red	64
DISCUSIÓN	.....	67
CONCLUSIONES.....	.....	68
PERSPECTIVAS.....	.....	69
REFERENCIAS.....	.....	70
ANEXO I .....	.....	75
ANEXO II.....	.....	81
ANEXO III.....	.....	84

LISTADO DE TABLAS

CAPÍTULO 2

Tabla 2.1. Modelo de guía de entrevista participativa.	36
--	----

CAPÍTULO 3

Tabla 3.1. Relación de localidades fuera de la red en el estado de Yucatán.	45
Tabla 3.2. Lineamientos del FSUE aplicados en Sac-Nicté.	53
Tabla 3.3. Equipos eléctricos proyectados para cada vivienda	54
Tabla 3.4. Características del arreglo propuesto.	56
Tabla 3.5. Costos de obra de ampliación de la red a la localidad de Sac-Nicté.	62
Tabla 3.6. Costos de obra de la instalación fotovoltaica calculada para a la localidad de Sac-Nicté.	63

ANEXO II

Tabla A2.1. Desglose de costos de interconectar la comunidad de estudios a la red eléctrica. 81	
Tabla A2.2. Desglose de costos "obra 2"	82
Tabla A2.3. Desglose de costos "obra 3"	83

ANEXO III

Tabla A3.1. Especificaciones técnicas del inversor.	84
Tabla A3.2. Ordenamiento del sistema	84

LISTADO DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1. Población mundial sin acceso a energía eléctrica (billones de personas.	8
Figura 1.2. Porcentaje de la población con acceso a electricidad, por país en 2017	9
Figura 1.3. Condición de Ubicación de las localidades menores a 2,500 habitantes, 2010.	13
Figura 1.4. Condición de Ubicación de las localidades menores a 2,500 habitantes para Yucatán, 2010.	14
Figura 1.5. Porcentaje de la población con acceso a energía eléctrica en México.	16
Figura 1.6. Población atendida y la capacidad instalada por solución de energía renovable fuera de la red.	20
Figura 1.7. Objetivos del Desarrollo Sostenible.	21
Figura 1.8. Ubicación de Sac-Nicté partiendo de Umán.	23

Figura 1.9. Presentación de la primera infraestructura de agua potable en Sac-Nicté, Umán en el año 2017.	24
---	----

CAPÍTULO 2

Figura 2.1. Diagrama de la metodología propuesta.	33
Figura 2.2. Principales componentes en la generación eléctrica aislada y de origen fotovoltaico.	37
Figura 2.3. Diagrama del calentamiento de agua propuesto.	41

CAPÍTULO 3

Figura 3.1. Localidades sin electricidad en Yucatán.	48
Figura 3.2 Sistema fotovoltaico instalado en Sac-Nicté.	52
Figura 3.3. Arreglo propuesto	55
Figura 3.4. Arreglo de baterías para el sistema de almacenamiento.	57
Figura 3.5. Ejemplo del arreglo del sistema fotovoltaico en una vivienda.	57
Figura 3.6. Diagrama del sistema de calentamiento de agua propuesto.	59
Figura 3.7. Luminaria elegida en la vía pública.	59
Figura 3.8. Vista de luminarias en la vía pública.	60
Figura 3.9. Paredes de la estufa.	60
Figura 3.10. Parte interna.	61
Figura 3.11. Ejemplo de estufa propuesto.	61
Figura 3.12. Diagrama de flujo del modelo efectivo de suministro energético.	66

ANEXO I

Figura A1.1. Calle frente a la comisaría de Sac-Nicté.	75
Figura A1.2. Comisaria de Sac-Nicté e inversor encontrado en el lugar.	76
Figura A1.3. Camino a la casa de la comisaria.	77
Figura A1.4. Terreno de uso común frente a la comisaría.	77
Figura A1.5. Casa familiar de la representante comunitaria.	78
Figura A1.6. Módulo fotovoltaico de 80 W (en funcionamiento).	80
Figura A1.7. Luminarias led improvisadas para iluminar una cocina.	80

RESUMEN

México está cerca de la electrificación universal, que no acaba de alcanzarse por la combinación de dos factores: la distancia de las comunidades aisladas hacia el punto más cercano de la red de distribución y el tamaño relativamente pequeño de las mismas.

Tal escenario hace que los esquemas aislados de la red eléctrica basados en tecnologías renovables, aparezcan como la mejor opción con el proceso de Transición Energética como con el objetivo de abatir la pobreza energética. Tanto en México, como en el estado de Yucatán, esta aspiración podría alcanzarse efectivamente mediante la implementación y seguimiento de políticas públicas, focalizadas y bien dimensionadas. En este proyecto se analizaron las características de una localidad modelo en el estado de Yucatán, fuera de la red eléctrica, a fin de identificar las opciones de implementación de proyectos que busquen la reducción de pobreza energética con aprovechamiento de fuentes de energía renovable y sostenibilidad. Se dimensionaron sistemas energéticos para cubrir necesidades de iluminación, uso de electrodomésticos e iluminación exterior, cocción y refrigeración de alimentos, así como el análisis de las necesidades que cubre su actual sistema fotovoltaico.

Los resultados muestran que, con ligeros incrementos de capacidad fotovoltaica y un correcto sistema de almacenamiento eléctrico, las familias comenzarían a cubrir sus necesidades más importantes —refrigeración de alimentos, lavado de ropa y entretenimiento— además, con mejoras en la eficiencia de cocción de alimentos, podrían seguir utilizando biomasa para cocinar sin incrementar costos de combustible. Todo ello a un costo menor respecto al tendido de eléctrico tradicional.

ABSTRACT

Mexico is close to universal electrification, which has not yet been achieved due to the combination of two factors: distance of isolated communities from the closest point of the distribution network and their relatively small size.

Such a scenario makes isolated schemes (Off-Grid), based on renewable technologies, appear as an option in tune, both with the Energy Transition process and with the objective of reducing energy poverty. At the country level, at the state level, this aspiration could be achieved more effectively using well-dimensioned and targeted public policies.

In this project, the characteristics of a model locality in the state of Yucatán, outside the electric grid, were analyzed to identify the best options for implementing projects that seek to reduce energy poverty with the use of renewable energy sources and sustainability. Energy systems were dimensioned to meet the needs of lighting, use of electrical appliances, cooking and refrigeration of food, as well as the analysis of the needs that its current photovoltaic system covers, installed with the support of the universal electricity service fund (FSUE).

The results show that, with slight increases in photovoltaic capacity and a correct energy storage system, families would begin to cover their most important needs - food refrigeration, laundry and entertainment, Additionally, with improvements in the efficiency of cooking, they could continue to use biomass for cooking without increasing fuel costs. All this at a lower cost than the cost of connect the locality to the nearest point of the electric grid.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto busca generar datos que apoyen el diseño de estrategias público-privadas bien dimensionadas, pertinentes, inclusivas, con el fin de generar los primeros insumos para cuantificar el costo de erradicar la pobreza energética en Yucatán, específicamente para las comunidades rurales sin acceso a la red eléctrica.

El documento está organizado en tres grandes capítulos: El primero de ellos contienen los antecedentes, empezando con conceptos clave que permitan entender el contexto, como Transición Energética, u otros que absolutamente necesarios para evaluar el nivel del problema que se busca atacar: la Pobreza Energética en comunidades fuera de la red. Se discute igualmente la dimensión energética en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

También se consigna el nivel de acceso a la electricidad en el mundo, en México y en Yucatán. Igualmente se revisa la oferta de programas de apoyo a la electrificación. Destaca para México el FSUE (Fondo de Servicio Universal Eléctrico), actual encargado de proveer electricidad a las comunidades, ya sea, extendiendo la red eléctrica hasta dicha comunidad o con proyectos de generación aislada, cuando la primera opción resulta inviable. Tal es el caso de Sac-Nicté, la comunidad modelo de este estudio. El capítulo 1 cierra describiendo a detalle el perfil de la comunidad, así como las cifras que complican su interconexión.

En el capítulo 2 se detalla la propuesta metodológica, que comienza con la actualización del inventario de las comunidades aisladas sin electricidad en el estado mediante la recopilación de información cruzada de distintas bases de datos públicas y privadas, para documentar la ubicación e información existente que servirá de base para posibles mapeos con sistemas de información geográfica.

Adicionalmente, se recopiló información que muestra los resultados de la aplicación de programas dedicados a la electrificación de una comunidad modelo, Sac-Nicté, que recibió el apoyo del Fondo de Servicio Universal Eléctrico (FSUE). Los resultados indican discrepancia entre los términos de referencia del programa y su implementación, al grado de generar desconfianza en la energía solar fotovoltaica entre los habitantes.

En el presente estudio, se dimensionó un esquema de comunidad sostenible para la localidad modelo: Sac-Nicté, a fin de cubrir necesidades de electricidad doméstica e iluminación pública, cocción de alimentos y calentamiento de agua. Esta comisaría —que recibió apoyo del FSUE, con resultados poco satisfactorios, de acuerdo con los beneficiarios— es de interés para un futuro

programa piloto, debido a su cercanía con Mérida y su tamaño reducido, respecto a localidades vecinas, además de la receptividad e interés por parte de los habitantes y su comisaria.

Esta propuesta busca ser replicable y escalable a otras comunidades del Estado, incluye generación en sitio de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos y almacenamiento eléctrico, calentamiento de agua con calentadores solares, bombeo de agua a través de paneles fotovoltaicos, así como alumbrado público solar.

Los resultados del capítulo 3 permiten afirmar que un esquema desconectado de la red, basado en energía solar FV, es capaz de brindar un acceso digno a la energía para la comunidad, a un costo que representa una fracción del costo estimado por la CFE para el tendido de líneas hacia la red de distribución.

Finalmente, se menciona que este estudio se compartirá con la Subsecretaría de Energía del gobierno del estado de Yucatán quienes tienen contacto permanente con comunidades aisladas de la red y la capacidad de promover un modelo de comunidad sostenible entre el sector público y privado. Esta propuesta incluye la participación de la Unidad de Energía Renovable y su posgrado como actores del proceso propuesto.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1. Transición energética

La transición energética se refiere a aquellos cambios estructurales y de largo plazo que ocurren en un sistema energético. Involucra los cambios de tecnología para generar energía, las fuentes de suministro y cómo se aprovecha por la sociedad [1]. A través de la historia, se han experimentado varias transiciones energéticas, que responden al tipo de sociedad que habita en la tierra, en dichas transiciones, el consumo energético ha ido en aumento.

Asociado al consumo de energía moderno se encuentra el cambio climático, que ha generado las acciones para mantener el incremento de temperatura mundial por debajo de 1.5°C para 2050 [2]. Diversos países han mostrado sus hojas de ruta para aportar a la meta mundial, entre sus acciones se encuentran la mitigación de gases de efecto invernadero y transitar hacia sistemas energéticos renovables y eficientes.

Lo ideal es una transición energética baja en carbono, justa y sustentable. Para ello, las naciones deben valerse de independizarse de la extracción y quema de combustibles de origen fósil, disminuir la emisión de gases de efecto invernadero y permitir que los ciudadanos tengan una vida digna. El aprovechamiento gradual de las fuentes de energía renovable se considera una buena opción para una transición exitosa, prueba de ello son los países que se han valido de este recurso para diversificar su matriz energética, tales como Suecia, Suiza y Finlandia, quienes encabezan el Índice de Transición Energética, en el que México ocupa el lugar 50 [3].

De acuerdo con el Foro Económico Mundial, el desarrollo del marco para la transición energética (local, nacional e internacional) corresponde a los encargados de formular las políticas.

México tiene compromisos nacionales e internacionales para aumentar la capacidad de generación de energía de origen renovable y reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Los principales instrumentos legales en los que se plasman dichos compromisos son:

- Acuerdo de París.
- Ley General de Cambio Climático (LGCC).
- Ley de Transición Energética (LTE);

- Acuerdo por el que la Secretaría aprueba y publica la actualización de la estrategia de tecnologías y combustibles más limpios en términos de la Ley de Transición Energética (2020).
- Ley de la Industria Eléctrica (LIE).
- Plan Nacional de Desarrollo 2019- 2024.
- Programa Sectorial de Energía 2020-2024 (PROSENER).
- Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN 2019).
- Agenda 2030.

Del Programa Sectorial de Energía 2020-2024 (PROSENER) destacan tres objetivos de la transición energética:

- Objetivo prioritario 3: Organizar las capacidades científicas, tecnológicas e industriales que sean necesarias para la transición energética de México a lo largo del siglo XXI.
- Objetivo prioritario 4: Elevar el nivel de eficiencia y sustentabilidad en el uso de las energías, con un enfoque que contribuya a la mitigación de los efectos del cambio climático y garantice los derechos de los pueblos indígenas y otros grupos sociales asentados en las áreas en donde se llevan a cabo los proyectos energéticos, generando espacios para la consulta y participación en los proyectos de generación de energía.
- Objetivo prioritario 5: Asegurar el acceso universal a las energías, para que toda la sociedad mexicana disponga de las mismas para su desarrollo.

Ya que el gobierno mexicano ha adquirido importantes compromisos en materia de energía renovable, es necesario que las acciones políticas sean acordes a dichos compromisos y brinden claridad de las acciones específicas implementadas.

1.2.Pobreza energética

Se tiene referencia del término “pobreza de los combustibles”, precedente de la pobreza energética, por primera vez en 1991 con la tesis doctoral de Brenda Boardman donde visibiliza la falta de calor doméstico en las viviendas de Reino Unido. Esta investigación sentó las bases para que, diez años después, Inglaterra desarrollara la primera estrategia de reducción de la pobreza energética. Posteriormente, se han desarrollado diversas investigaciones —Boardman, 2012; Liddell, 2012; Phimister et al., 2015; Bouzarovski, 2014; Pye et al., 2015; Thomson y Snell, 2013; Dubois y Mayer, 2013; Bouzarovski et al., 2012— para entender la metodología de su medición en países europeos.

En America Latina se han realizado varios estudios de pobreza energética y de entre todos los países destaca México, con los trabajos de García Ochoa (2014) y García Ochoa y Graizbord (2016) [4], por ser el intento de definición y medición más acabado realizado en la región; su primer trabajo destaca por reconocer las debilidades de los indicadores utilizados en Europa y su aplicación en el contexto latinoamericano, sugiere que la pobreza energética cambia acorde a la cultura y región, por ello, desarrolla una propuesta teórico-metodológica diferente del concepto:

“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 con las convenciones sociales y culturales” [5].

Para entender la pobreza energética y sus implicaciones, es necesario definir cómo la privación de una necesidad o satisfactor de energía, influye en la calidad de vida de una persona. Por un lado, la “necesidad” puede ser existencial o axiológica y se refieren al ser, tener, hacer y estar; así como subsistencia, protección, afecto, entretenimiento, participación, ocio, creación, identidad y libertad. Mientras que los satisfactores tienen que ver más en la manera que se cubren las necesidades y son la alimentación, trabajo, descanso, cuidado, humor, tiempo libre, salud física, salud mental, literatura, investigación, estudio, juego y creatividad. Además, los satisfactores son cubiertos con los bienes económicos que son los equipos, objetos o artefactos que incrementan o reducen la eficiencia de los satisfactores [4] [5][6].

Una necesidad fundamental que no es cubierta a plenitud revela un determinado nivel de pobreza, las necesidades son “finitas, pocas y clasificables” y, además, “son las mismas en todas las culturas y en todos los períodos históricos”. Los satisfactores, por su parte, expresan la forma, estilo o moda en que una determinada sociedad le da significado a sus necesidades, además, los satisfactores pueden cubrir varias necesidades [6].

A través del tiempo, las necesidades “son las mismas en todas las culturas” [6]. Por ello, lo que cambian son los satisfactores, que tienen que ver con la forma en que una sociedad expresa sus necesidades, mientras que los bienes económicos son el medio por el cual las personas potencian los satisfactores para cubrir sus necesidades [7].

El artículo 36 de la Ley General de Desarrollo Social (LGDS) en México, establece que el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval) debe definir, identificar y medir la pobreza a través de ocho indicadores, uno de ellos es “Acceso a los servicios básicos en la vivienda” compuesto por cuatro dimensiones:

- i) Acceso al agua,
- ii) Contar con drenaje,
- iii) Disposición de electricidad
- iv) Servicio de combustible para cocinar.

A pesar de que CONEVAL no define explícitamente un indicador de pobreza energética, su metodología propuesta considera que la privación social del acceso a la electricidad y el tipo de combustible para cocinar (gas o electricidad) es un elemento que contribuye a la pobreza en México [6].

En el estudio “Caracterización espacial de la pobreza energética en México” se analizaron seis bienes económicos básicos para satisfacer necesidades humanas fundamentales, los cuales son:

- i) Iluminación,
- ii) Entretenimiento,
- iii) Calentamiento de agua,
- iv) Cocción de alimentos,
- v) Refrigeración de alimentos,
- vi) Confort térmico en la vivienda.

Los datos muestran que hasta 2016 el 36.7% de los hogares mexicanos se encontraban en pobreza energética, esto equivale a 11,093,000 hogares [6]. Asimismo, los bienes económicos que presentan mayor nivel de privación son “confort térmico”, “refrigerador eficiente” y “estufa de gas o eléctrica”. Se destaca el alto nivel de pobreza en la zona sur del territorio nacional, estados como Chiapas, Guerrero y Oaxaca presentan mayor índice de pobreza energética que coincide con altos índices de rezago social, a estos estados le siguen Campeche, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tabasco, Veracruz y Yucatán, entidades que, siguen presentando valores altos de pobreza energética y de rezago social.

Yucatán cuenta con el 51.1% de su población en pobreza energética, tiene un alto nivel de rezago social, el nivel de carencia de bienes y servicios energéticos (del porcentaje de población

con pobreza energética) son: Iluminación 1.6, Entretenimiento 5.9, Calentamiento de agua 26.3, Estufa de gas o eléctrica 38 Refrigerador eficiente 22.5, Confort térmico 30.9.

Dada la necesidad de electricidad en iluminación (luminarias), entretenimiento (actividades de ocio, esparcimiento, comunicación y acceso a la información), calentamiento de agua (actividades de limpieza e higiene en el hogar como la ducha, la limpieza y desinfección de alimentos y utensilios), estufa de gas o eléctrica, refrigerador eficiente (o carencia del mismo) y confort térmico (debido a las condiciones climáticas en el país, confort térmico está asociado al aire acondicionado) es vital la cobertura de este servicio, de manera adecuada a fin de reducir la pobreza energética de la población mexicana.

1.3.Necesidad de energía eléctrica

La energía, en sus diversas formas, es crítica para la reducción de la pobreza, seguridad alimentaria, salud y la calidad de educación [4, 5]. Inicialmente el término “pobreza energética” se limitaba a la falta de confort térmico en los países europeos, ya que muchas familias no podían cubrir los altos costos de calefacción en el hogar como consecuencia de la primera crisis mundial del petróleo, situación que incrementó significativamente muertes y enfermedades respiratorias relacionadas con los climas invernales extremos. Como expresa António Guterres, secretario general de la Organización de las Naciones Unidas (ONU):

“Es vital apoyar nuevas iniciativas económicas y laborales que aseguren el acceso a los servicios de energía modernos, que mejoren el rendimiento energético y aumenten el uso de fuentes renovables para crear comunidades más sostenibles e inclusivas, y para la resiliencia ante problemas ambientales como el cambio climático” [8].

El acceso a energía moderna se refiere a los satisfactores, mencionados en el apartado anterior, de cobertura energética en tres de sus formas. La primera es cocción y calefacción doméstica menos contaminante y mejorada con combustibles líquidos, de biomasa tradicional, gaseosos o con fuentes renovables como la solar. La segunda, se refiere a electricidad para iluminación y electrodomésticos en hogares o instancias públicas. La tercera es la potencia mecánica de origen eléctrica o cualquier otra fuente de energía que aumenten la productividad del trabajo [10].

El resultado es la cobertura de: agua potable, saneamiento y atención médica, servicios confiables y eficientes de iluminación, calefacción, alimentos, cocina, transporte y telecomunicaciones [9]. Sin embargo, una parte importante de la población mundial no tiene acceso a los servicios de energía modernos; se estiman que 2 a 3 mil millones de personas se encuentran excluidas de estos servicios; para una cobertura básica de consumo y usos

productivos se estima un requerimiento energético per cápita de 100 kWh de electricidad y 100 kgep (kilogramos de petróleo equivalente) de combustibles modernos o aproximadamente 1200 kWh por persona por año [10].

De acuerdo con lo anterior, el acceso a energía eléctrica es vital, sin ella, las probabilidades de disminuir la pobreza son bajas [11]. Además, es necesario el acceso a este servicio de manera confiable, asequible, sostenible, y de ser posible, con fuentes energéticas bajas en emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) [10].

1.3.1. Acceso eléctrico en el mundo

Como se mencionó en la sección anterior, la energía eléctrica es vital para la cobertura de los servicios energéticos modernos. En 1994, aproximadamente el 25% de la población mundial carecía de electricidad [12]. Según estimaciones del banco mundial, 1 060 millones de personas no tuvieron acceso a electricidad en 2014, esto equivale al 15% de la población mundial; la ONU (Organización de las Naciones Unidas) reporta que el 13% de la población se encuentra en esta condición [7, 9].

El aumento de la cobertura eléctrica se debió principalmente al incremento de la población que habita en zonas urbanas, donde es común el acceso a este servicio [12]. En contraste, la mayor parte de la población mundial sin acceso a electricidad vivía en áreas rurales, como se muestra en la Figura 1.1, ya que el 27% de la población rural del mundo no tenía acceso a electricidad en comparación con 4% de la población urbana [8, 7].

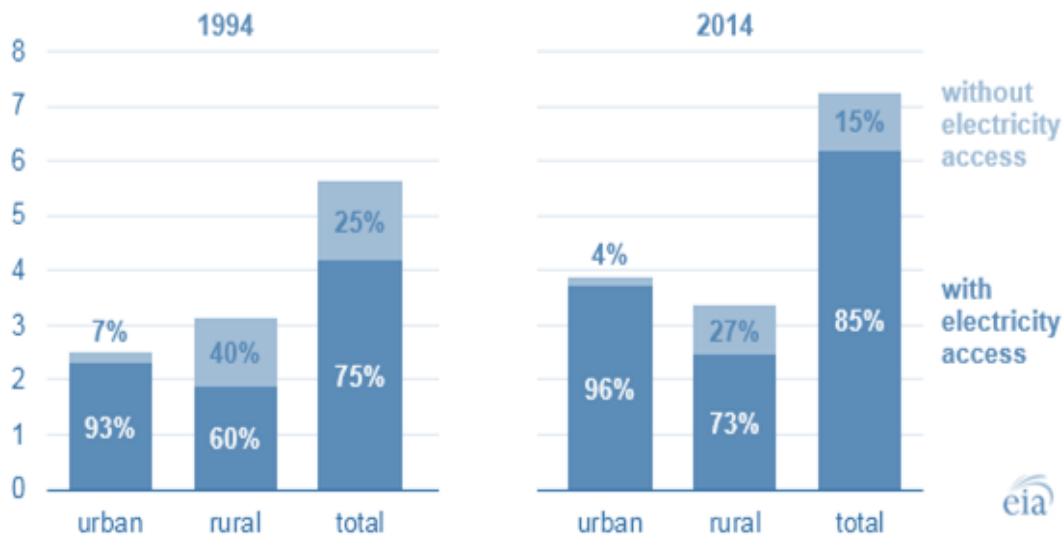


Figura 1.1 Población mundial sin acceso a energía eléctrica (billones de personas) [12].

Las regiones con mayor población sin electricidad hasta 2014 fueron: África subsahariana con el 62.5%, Asia meridional con 20%, Asia oriental y el Pacífico con 3.5%, Oriente Medio y norte de África con 3%, y América Latina con 3%. Por otro lado, en la región europea, países como Suiza, Suecia, Dinamarca, Reino Unido y Finlandia cuentan con electrificación total, bajo índice de pobreza energética y un buen índice de trilema energético, es decir, un buen balance de seguridad energética, eficiencia energética y sostenibilidad ambiental [7].

El mapa que se presenta a continuación muestra el porcentaje de la población con electricidad, se ve reflejada la escasez del servicio en el continente africano principalmente.

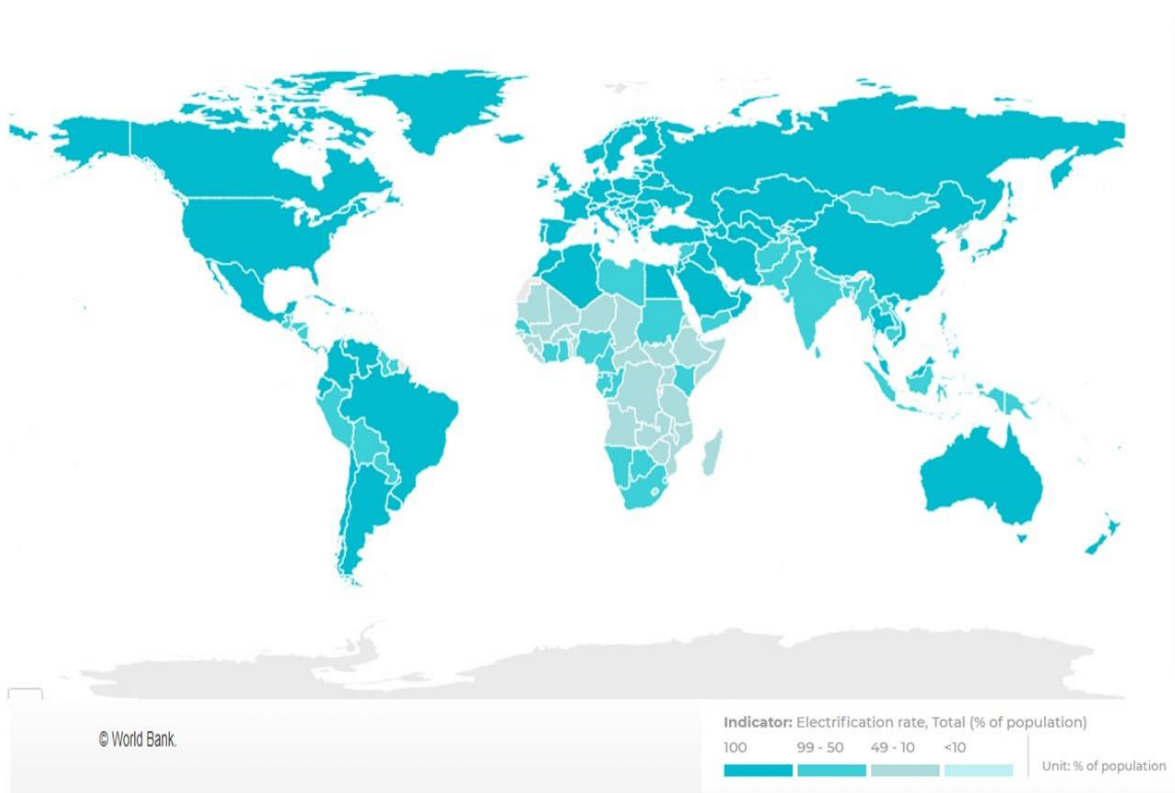


Figura 1.2. Porcentaje de la población con acceso a electricidad, por país en 2017 [14].

Según estimaciones del informe “Energy Progress Report 2019” para el año 2030, 650 millones de personas no tendrán acceso a energía eléctrica, esto equivale al 8% de la población (principalmente en África subsahariana) y su electrificación representará un desafío debido a personas desplazadas y lugares de difícil acceso [15].

1.3.2. Acceso eléctrico en México

Según datos de Comisión Federal de Electricidad (CFE), México cuenta con más de 192 mil poblaciones de las cuales, 41 697 no cuentan con servicio eléctrico, esto equivale a 440 mil viviendas y más de 1.8 millones de personas [16].

Según datos del Fondo de Servicio Universal Eléctrico, los estados con mayor rezago en electrificación son: Oaxaca, Guerrero, Chiapas, San Luis Potosí, Durango, Chihuahua y Nayarit [16]. De acuerdo con datos de CFE sobre la electrificación, la cobertura eléctrica nacional al cierre del primer trimestre del 2019 fue de 98.83 por ciento [17].

1.3.3. Acceso eléctrico en Yucatán

Yucatán cuenta con 649 localidades, estas pasaron de una cobertura eléctrica del 83.5% en 2015 a 91.5% en 2018, es decir, el 8.5% de las localidades yucatecas carecían de servicio eléctrico [18].

De acuerdo con datos de Comisión Federal de Electricidad, hasta el cuarto trimestre del 2018, Yucatán contaba con 55 localidades sin acceso o con cobertura parcial de energía eléctrica, en estas vivían mil trescientos treinta y tres personas [19].

Los municipios que concentran población, con más de 100 personas, sin electricidad son:

- Yaxcabá con 246;
- Chemax con 136;
- Tekax con 132;
- Peto con 111;

De acuerdo con información de la antigua Secretaría de Desarrollo Social, ahora Secretaría del Bienestar, la mayoría de las localidades sin electricidad cuentan con alto rezago y alta marginación, sin embargo, las distancias hasta las líneas de transmisión eléctrica, en algunas localidades, no son tan grandes, pues no sobrepasan los 5 km [20]. Debido a lo anterior, la electrificación en Yucatán podría llevarse a cabo de forma distribuida o aislada, según las necesidades locales.

1.4. Programas que apoyan la electrificación

A continuación, se mencionan algunos de los programas, nacionales e internacionales, que incluyen la electrificación de zonas sin acceso a la Red eléctrica, la mayoría apoya países de América Latina y del continente africano, ya que son los que concentran mayor población sin acceso a este recurso.

1.4.1. Programas internacionales

- Acceso a la energía ESMAP

El Programa de Asistencia para la Gestión del Sector Energético (ESMAP, por sus siglas en inglés) está liderando un programa de Acceso a la Energía por parte del Banco Mundial centrado en cerrar las brechas de financiamiento y acelerar las tasas de electrificación a través de redes integrales y estrategias fuera de la red, incluidos algunos de los programas de inversión en electrificación más grandes, en países como Etiopía, Kenia, Myanmar y Nigeria. Este programa incluye herramientas geoespaciales para identificar opciones de electrificación de bajo costo a través de sistemas solares domésticos, mini redes y extensión de red, inteligencia de mercado y prospectos de inversión, modelos de entrega de negocios actualizados y usos productivos de electricidad para promover la economía y la energía. Donde la mayor parte del financiamiento proviene del banco mundial [21].

- Cooling for All

La organización SUSTAINABLE ENERGY FOR ALL cuenta con un programa de apoyo que involucra a líderes y apoya el acceso a iniciativas de enfriamiento para proteger a las poblaciones más vulnerables del mundo de la intensificación del calor global. Su objetivo es proveer refrigeración para alimentos y vacunas principalmente [22].

- Electricity for All in Africa

La organización SUSTAINABLE ENERGY FOR ALL en el programa de Electricity for All — reconocida como instrumento de acción de los objetivos del desarrollo sostenible— en África, busca la electrificación de los hogares de 600 millones de personas que actualmente carecen de electricidad en este país, el programa se enfoca en canalizar la inversión en proyectos prioritarios para cerrar la brecha de acceso a la electricidad con ayuda de socios africanos [23].

- Regional Off-Grid Electrification Project

El banco mundial lidera este proyecto para la electrificación de África occidental y su objetivo es aumentar el acceso a la electricidad de los hogares y las empresas utilizando sistemas solares aislados de la red eléctrica, tiene dos componentes, uno sobre la transferencia de conocimiento e innovación tecnológica y el otro sobre el acceso para el financiamiento de un sistema solar aislado [24].

Cabe destacar que México, de cara a la comunidad internacional y los organismos responsables, está considerado entre los países 100% electrificados, por lo que la mayoría de los apoyos internacionales no se pueden solicitar para nuestro país.

1.4.2. Programas nacionales

- Fondo del servicio eléctrico universal
- Programa Para El Desarrollo De Zonas Prioritarias

El Programa Para El Desarrollo De Zonas Prioritarias pertenece a Secretaría de Bienestar y su objetivo es “Realizar obras y acciones que mejoren la vivienda y de infraestructura social comunitaria que beneficien los territorios con mayor marginación y rezago social del país”, este incluye un apartado para infraestructura social comunitaria que especifica un apoyo de hasta seis millones de pesos para “Redes para la distribución de energía eléctrica convencional o no convencional” [20].

- ILUMEXICO

Es una empresa social que brinda acceso a energía eléctrica a través de energía solar, particularmente en aspectos educativos, de salud, económica, de seguridad, productiva, de refrigeración de alimentos y actividades de esparcimiento familiar. Uno de sus donantes es IBERDROLA y la forma en que aplican el programa es caracterizando las necesidades eléctricas, plantean un esquema de financiamiento, acompañamiento técnico y capacitación de jóvenes en las comunidades [25].

- Programa de Fomento a la Agricultura- componente de energía renovable

De la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) se desprende el Programa de Fomento a la Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura 2021. Es el encargado de incentivar las actividades de los productores agrícolas del país, con diversos componentes de apoyo que involucran la implementación de tecnologías renovables. Los componentes que destacan en el componente de energía renovable son apoyos para: incentivo de sistemas fotovoltaicos autónomos, interconectados, térmicos solares y para el concepto de investigación, desarrollo tecnológico y transferencia de tecnología en especies con potencial productivo como insumos para la producción de bioenergéticos, así como energías renovables [26].

1.5. Comunidades aisladas en México

Uno de los retos identificados para la electrificación de la población, es la dificultad de acceder a las comunidades que se han dispersado de las zonas urbanas. Para lograrlo es necesario

conocer en dónde viven las personas que carecen de este servicio: en comunidades aisladas y muchas veces de difícil acceso [11, 24].

En México, según datos de 2010: 86.4 millones de personas habitaban 3,772 superficies urbanizadas mientras que 26 millones vivían en 188 mil localidades menores a 2,500 habitantes, es decir, 1 de cada 4 mexicanos vivía en una comunidad no urbana [28]. Por ende, el patrón de distribución poblacional mexicano se clasifica como *polarizado*, caracterizado por “concentrar un gran volumen poblacional en algunas localidades y una minoría en muchísimos asentamientos” [29].

En la Figura 1.3 se puede observar que en México predominan las localidades cercanas a una carretera y las localidades aisladas. Particularmente en Yucatán predominan las localidades con menos de 2500 habitantes cercanas a una carretera, lo cual concuerda con los datos de CFE para las comunidades sin electricidad y con el mapa interactivo de CentroGeo con información del censo INEGI 2020 [12, 27, 29].

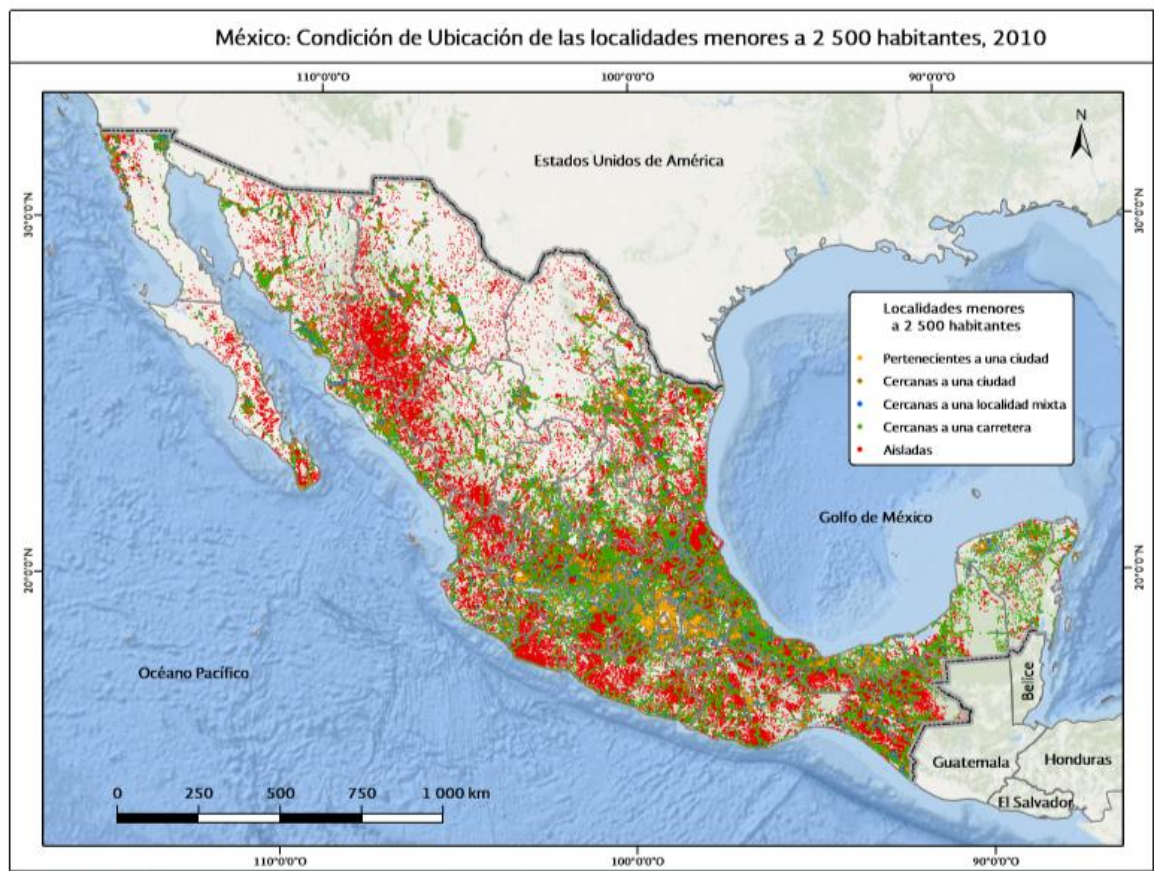


Figura 1.3. Condición de Ubicación de las localidades menores a 2,500 habitantes, 2010.

Fuente: CONAPO [31].

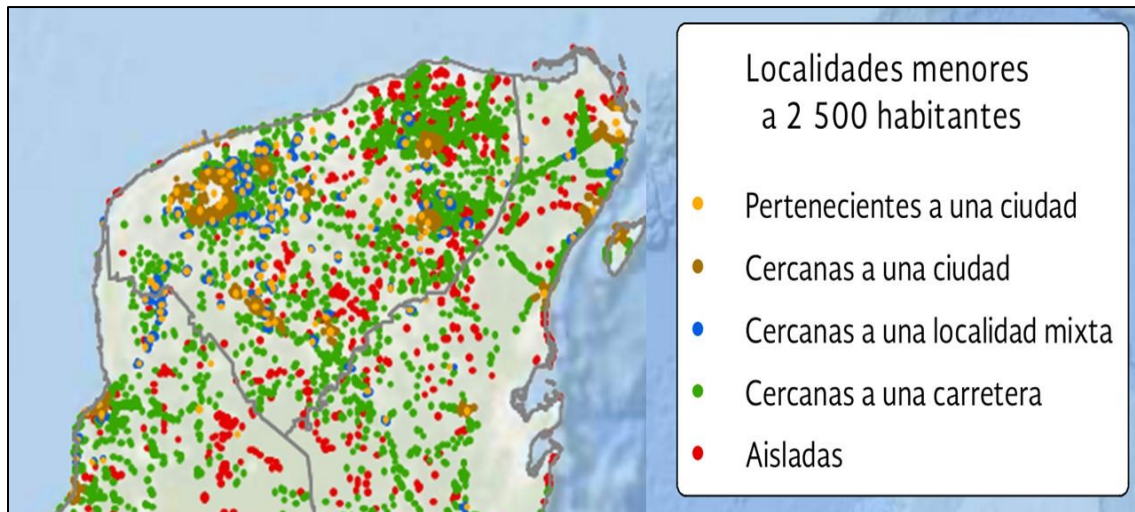


Figura 1.4. Condición de Ubicación de las localidades menores a 2,500 habitantes para Yucatán, 2010.

Fuente: CONAPO [29].

El aislamiento y dispersión de la población se atribuyen a factores históricos, culturales, económicos y geográficos. En la región sur del país una de las causas es la colonización de las selvas, fomentada por la entrega de terrenos ejidales y la relocalización en zonas inaccesibles y alejadas de los pueblos indígenas que fueron orillados al aislamiento o por asignación y reconocimiento de sus territorios. La mayoría de las comunidades pertenecen a asentamientos rurales que carecen de servicios básicos, que dificultan la permanencia de sus habitantes, lo que empuja a los más jóvenes a la migración [26, 28].

El principal reto para las comunidades rurales del país, identificado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO), es la provisión de bienes y servicios [33]. Las carencias a las que se ven expuestas dada su ubicación geográfica, rezago, marginación y características poblacionales podrían reducirse con el uso de metodologías y aplicación adecuada de programas focalizados, como se plantea en el estudio de “La condición de ubicación geográfica de las localidades menores a 2 500 habitantes en México” cuyo objetivo es servir como insumo para la toma de decisiones y diseño de programas sociales que atiendan a comunidades aisladas aumentando el acceso a servicios básicos con tecnologías sostenibles aplicables a cada situación [29].

Dada la importancia de las energías renovables para comunidades aisladas, el gobierno de México, organizaciones no gubernamentales y la academia han llevado a cabo diversos programas y proyectos para electrificación de zonas en situación de aislamiento. Uno de ellos es el Fondo de Servicio Universal Eléctrico, a través del Contrato de Fideicomiso Público celebrado

entre la Secretaría de Hacienda y Crédito Público en su carácter de fideicomitente, el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, Sociedad Nacional de Crédito, Institución de Banca de Desarrollo en su carácter de fiduciario, y la participación de la Secretaría de Energía como Unidad Responsable, cuyos objetivos fundamentales se presentan a continuación [30, 31]:

- Electrificación de poblaciones rurales y zonas urbanas marginadas.
- El suministro de lámparas eficientes.
- El suministro básico a usuarios finales en condiciones de marginación.

La ley establece la prioridad a aquellas energías limpias y de bajo costo para la población y un seguimiento a lo largo del tiempo de aquellos prestadores de servicios a los equipos instalados en las comunidades, asegurando su permanencia en el tiempo.

Es necesario considerar el Fondo de Servicio Universal Eléctrico (FSUE) como uno de los apoyos de mayor impacto para las comunidades fuera de la red de México ya que puede ser el principal impulso para la electrificación del 100% de la población mexicana. En el capítulo IV, objetivo 4 del Programa Sectorial de Energía 2013-2018, se establece que, para el cierre del 2018 el 99% de la población en México tendría acceso a energía eléctrica a precios competitivos y de calidad en el suministro [36]. De acuerdo con datos de la Comisión Federal de Electricidad sobre la electrificación, la cobertura eléctrica nacional al cierre del 2018 fue de 98.75% mientras que en el primer trimestre del 2019 de 98.83% por lo que falta apenas un 0.17% para alcanzar el objetivo propuesto [12, 10].

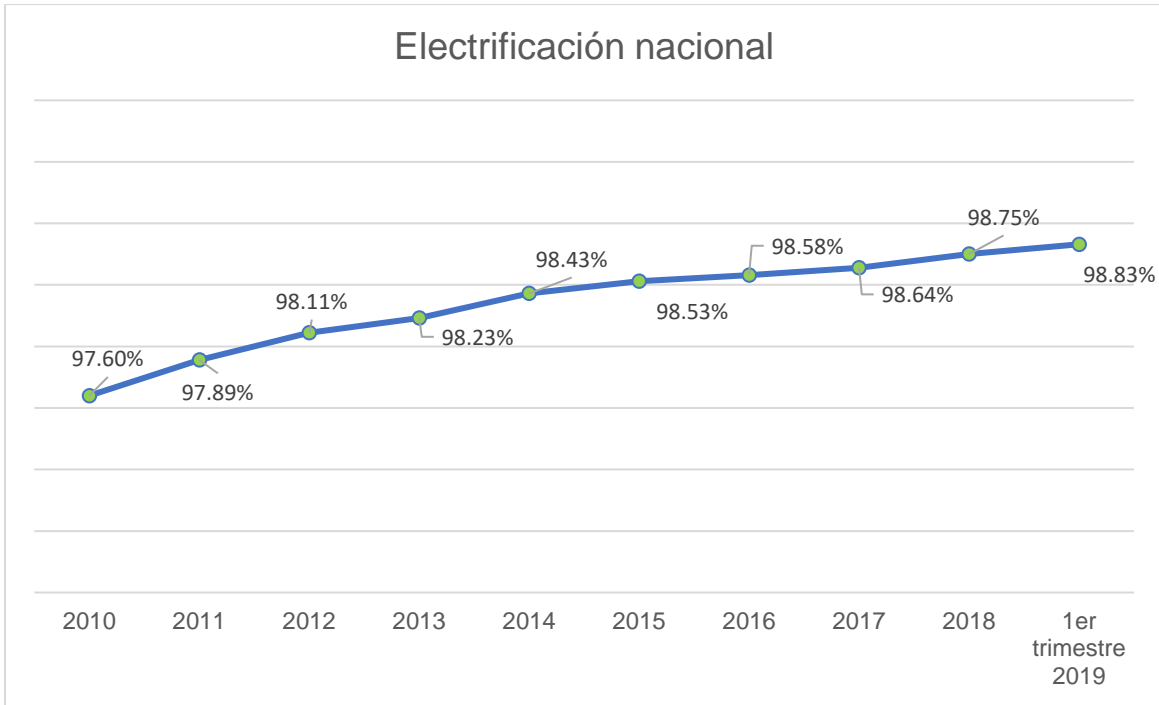


Figura 1.5. Porcentaje de la población con acceso a energía eléctrica en México.

Fuente; elaboración propia con datos de CFE [17].

Los artículos 113, 114, 115, 116 y 166 de la LIE norman el FSUE, de estos, el 114 señala que el FSUE estará integrado por el excedente de ingresos resultante de la gestión de pérdidas técnicas en el Mercado Eléctrico Mayorista y por donativos de terceros, además el tiempo de aplicación del fondo concluirá cuando se cumplan con los objetivos de electrificación nacional [37].

Existen diez políticas y estrategias para la electrificación de comunidades rurales y zonas urbanas marginadas publicadas en el Diario Oficial De La Federación (DOF), en ellas se estipulan las necesidades energéticas que el FSUE debe cubrir y la manera en que los gobiernos estatales deberán cumplir con los objetivos establecidos por el fondo. Entre otras estrategias, la tercera en su primer apartado establece la siguiente política:

*“Promover el acceso a la energía eléctrica para las Comunidades rurales y Zonas urbanas marginadas, al menor costo para el país e incentivando el uso de Energías Limpias para **satisfacer la iluminación, comunicación y conservación de alimentos de los beneficiarios** y el suministro de energía eléctrica para el desarrollo de infraestructura básica para la provisión de salud y educación, el desarrollo de actividades productivas, espacios abiertos de convivencia y comedores comunitarios”* [37].

Entre otras estrategias se encuentran garantizar la participación activa de las comunidades rurales, legalidad de la tierra, sostenibilidad de la infraestructura; asimismo se debe apoyar el FSUE con otras fuentes de financiamiento que garanticen las acciones de electrificación, implementar las acciones con transparencia y competitividad, implementar proyectos que sean escalables así como desarrollar mecanismos que permitan contar con información completa, actual y oportuna para la implementación de las acciones de electrificación.

Sobre las condiciones de aislamiento, la octava estrategia establece que será la Dirección General quien defina las características por las que una comunidad se considere en condición de aislamiento y esta podrá reconsiderarse de acuerdo con la situación de alguna comunidad rural. Según la estrategia, las acciones de electrificación consisten en *“extender la Red de distribución de energía eléctrica, cuando la Comunidad rural o Zona urbana marginada no se encuentre en Condición de aislamiento, y en instalar Sistemas aislados de electrificación cuando ésta se encuentre en Condición de aislamiento”* [37].

La Secretaría de Energía (SENER) podrá ordenar, a los Distribuidores y Suministradores de Servicios Básicos, la inclusión de proyectos distintos a los establecidos por el FSUE para poder brindar la cobertura eléctrica necesaria para el país, asimismo, cualquier proyecto podrá ser vigilado y sancionado por la SENER, a través de la Dirección General.

Las bases del concurso nacional para ejecutores calificados establecen los lineamientos a seguir para el desarrollo de proyectos que se pretendan adscribir al FSUE. Las responsabilidades de los ejecutores de proyectos son las siguientes:

- a) Deberán revisar todas las instrucciones, manuales, formatos, condiciones y especificaciones del FSUE.
- b) Deberán atender las recomendaciones de la Guía para Ejecutores Calificados.
- c) Deberán visitar la totalidad de las localidades que conforman cada uno de los paquetes en los que deseen concursar.
- d) Deberán corroborar que las localidades que seleccionaron sean elegibles, y en caso contrario reportarlo al Convocante.
- e) Deberán obtener la aprobación de los posibles beneficiarios de las localidades por las que deseen participar, esto con la Solicitud de Apoyo Individual.
- f) Deberán obtener la aprobación de los responsables de las escuelas, clínicas, centros de reunión y centros productivos de las localidades por las que deseen participar, según la Solicitud de Apoyo de otros servicios.

Si el número de beneficiarios encontrado es mayor al registrado en el listado de localidades, también podrán participar y para ello deberán obtener las solicitudes e incorporarlas a su propuesta [38].

Un ejecutor calificado podrá presentar solo una propuesta por paquetes completos, en caso contrario será descalificado. Cada propuesta incluye cuatro proposiciones o estudios de comunidad: legal- administrativa, técnica- sostenibilidad, una económica y una extra de carácter opcional. De las anteriores destacan que se debe caracterizar la comunidad, pueden realizarse solicitudes individuales y de servicios (o comunitarias) en una sola propuesta.

El ejecutor calificado interesado a participar en el concurso del FSUE está obligado a visitar las localidades de (los) paquete(s) por las que desee concursar, caracterizar la localidad registrando el número de viviendas, centros educativos, de reunión y de salud así como constatar la falta de electricidad en el lugar y debe socializar el proyecto con los potenciales beneficiarios para que conozcan *de manera “clara, sencilla y sin distorsión, el tipo y las condiciones en que el FSUE otorga el apoyo de electrificación mediante el Componente de Sistemas Aislados, así como el modelo de Sostenibilidad y Corresponsabilidad (Derechos y Obligaciones de Ejecutor Calificado y Beneficiario)”*, también debe tomar evidencias de sus visitas [38].

En el FSUE existe una cuota de sostenibilidad entre el ejecutor calificado y el beneficiario, en este caso el beneficiario paga una cuota mensual por mantenimiento y remplazo de baterías asegurando el correcto funcionamiento del sistema, independientemente de la garantía que para ese efecto hubiere otorgado respecto de los proyectos que se le adjudicaron. Podrán retirar los quipos instalados en caso de que el beneficiario no pague su cuota por tres meses o más, para ello, primero se enviará una notificación y al no recibir respuesta se procede, a través del intermediario, a retirar el equipo instalado. Podrá solicitarse la liberación de esta fianza al momento en que sea retirado el equipo o al término del funcionamiento de las baterías del sistema [38].

Sobre las especificaciones técnicas de sostenibilidad, en el anexo 1, del Catálogo de Soluciones para Electrificación de Comunidades Mediante Sistemas Fotovoltaicos Aislados (SFVA): el ejecutor calificado deberá cubrir un consumo mínimo acorde al tipo de solicitud. A continuación se presentan las solicitudes opcionales en el FSUE así como las necesidades eléctricas mínimas que debe cubrir al beneficiario, para cada una existe la posibilidad de ampliar el rango de suministro [39]:

- Viviendas (Módulo Solar Individual [MSI]); 750 Wh/día los siete días de la semana.

- Escuelas rurales (Módulo Solar para Centro Educativo [MSCE]); 2,300 Wh/día durante 5 días a la semana.
- Clínicas (Módulo Solar para Centro de Salud [MSCS]); 4,000 Wh un día de la semana y 800 Wh al día los seis días restantes de la semana.
- Centros de Reunión Públicos (MSCR); 1,000 Wh/día durante 7 días a la semana.
- Proyectos Productivos de la Comunidad (MSPP); 7,000 Wh o 5,600 Wh o 2,800 Wh al día, durante 6 días a la semana y se podrán instalar con o sin baterías.

Las potencias mínimas que deben cubrir los equipos a instalar corresponden a los componentes básicos que deberán contener los SFVA y se encuentran en el anexo 1 de la convocatoria. Para el sistema MSI, por ejemplo, los componentes básicos son los siguientes [39]:

- Instalar una potencia nominal de 300 Wp con módulos fotovoltaicos de 72 o 36 celdas con Sello FIDE. La potencia se sobredimensiona previendo futuras necesidades.
- Batería o banco de baterías con capacidad de al menos 115 Ah @ 20h a 24 Vcc. – Gabinete metálico para resguardo de baterías.
- Gabinete metálico o plástico para resguardo de controlador e inversor.
- Estructura y soporte para el panel solar.
- Controlador de carga.
- Inversor a 60 Hz y 120 V, adecuado para la instalación aislada.
- Protecciones en corriente alterna y en corriente continua.
- 4 lámparas (Focos LED).
- Instalación eléctrica de la vivienda para: 4 lámparas (focos LED) con apagador cada una y 2 contactos dobles.
- 2 lámparas autónomas portátiles.
- Capacitación para su operación y mantenimiento preventivo.

Finalmente, el ejecutor mantiene el compromiso de que los sistemas instalados funcionen correctamente hasta el primer cambio de baterías que, si llegara a ocurrir antes de cumplirse cuatro años el compromiso se mantiene hasta los 4 años a partir de la puesta en operación del sistema [38].

1.6.Comunidades sin acceso a la Red eléctrica

Las comunidades que se encuentran fuera de la red eléctrica, también llamadas “fuera de la red” son aquellas que no tienen conexión con la red eléctrica local y cuyos requerimientos eléctricos deben ser autosatisfechos (in situ). Por lo expresado en la sección anterior, algunas comunidades

fuera de la red son de origen indígena, ubicadas en asentamientos de difícil acceso y con una o más carencias sociales.

El acceso a energía asequible es un recurso fundamental para combatir la pobreza, pero la lejanía de las líneas eléctricas, junto con el tamaño reducido de las comunidades, hacen que los costos asociados a la infraestructura de distribución eléctrica sean altos, lo cual, en la práctica, mantiene a los pueblos más remotos de México sin energía eléctrica.

Sin embargo, las reducciones en los costos de la generación eléctrica con energías de origen renovable, invitan ser una opción competitiva en la expansión del acceso a la electricidad en muchas áreas aisladas. Por ejemplo, desde 2009, los costos de los módulos fotovoltaicos solares han disminuido en más del 80%, mientras que, a nivel mundial, el costo de la energía fotovoltaica solar disminuyó en un 73% desde 2010 hasta 2017 [40].

Actualmente, la iluminación solar, como fuente de energía renovable, brinda servicios a la mayor cantidad de población fuera de la red, seguidos de los sistemas de generación fotovoltaica domésticos, aunque la mayor capacidad en MW proviene de la biomasa para usos industriales (incluida en otras renovables) como se muestra en la siguiente figura.

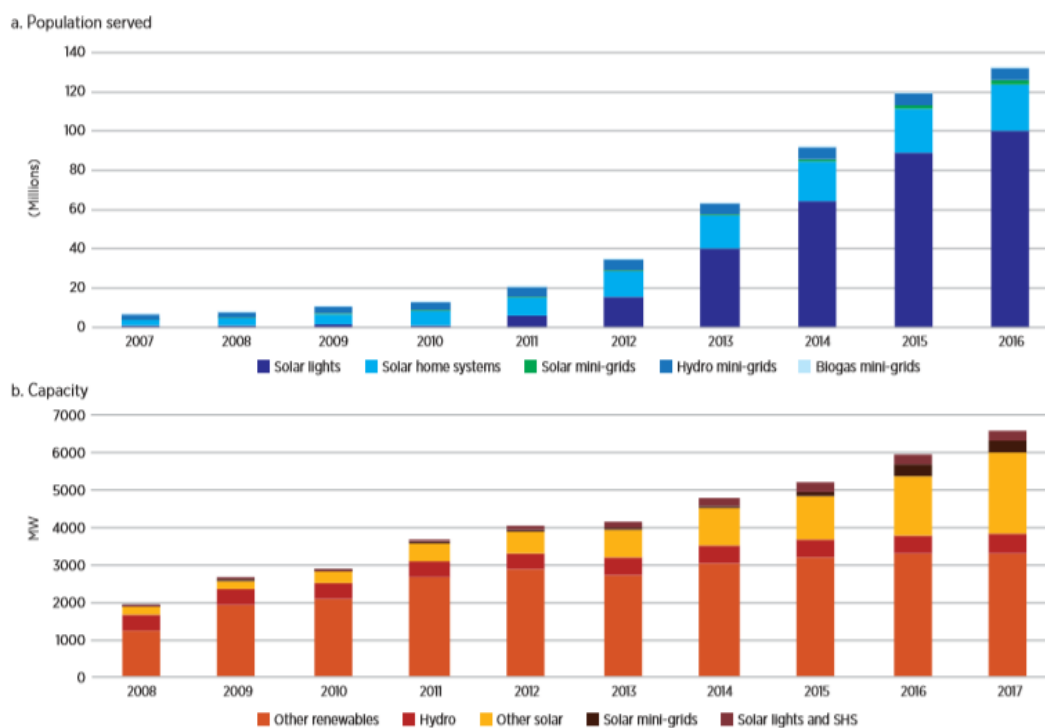


Figura 1.6. Población atendida y la capacidad instalada por solución de energía renovable fuera de la red. Fuente: IRENA [40].

1.6.1. Política de CFE para las Comunidades Aisladas Sin Electricidad.

CFE cuenta con un área de electrificación rural, en sus oficinas de CFE - Distribución. Extraoficialmente se sabe que, si el tendido de líneas supera un costo de 50000 mxn por hogar, se considera inviable y no se realiza, lo que deja fuera de elegibilidad a comunidades y localidades de pocos habitantes, por considerarse una inversión demasiado fuerte para tan pocos habitantes beneficiados. Comunidades fuera de la red para el cumplimiento de Objetivos de Desarrollo Sostenible

El programa de las Naciones Unidas para el desarrollo promueve el cumplimiento de 17 objetivos para el desarrollo sostenible (ODS por sus siglas en inglés) en la agenda 2030 [13], en el que destaca el ODS 7 *Energía asequible y no contaminante* (Figura 1.7). Sin embargo, la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA por sus siglas en inglés) a través la Conferencia y Exhibición Internacional de Energía Renovable Fuera de la Red (IOREC por sus siglas en inglés) estima que bajo un escenario *de bussiness-as-usual*, alrededor de 600 millones de personas no tendrán acceso a la energía eléctrica para el 2040 [41, 34].



Producción en colaboración con TROLLBACK + COMPANY | TheGlobalGoals@trollback.com | +1.212.529.1010
Para cualquier duda sobre la utilización, por favor comuníquese con: dpt@campagna@un.org

Figura 1.7. Objetivos del Desarrollo Sostenible.

Los principales objetivos del ODS 7 son:

- Garantizar el acceso universal;

- Aumentar el porcentaje de energía renovable;
- Doblar la tasa de eficiencia energética;
- Aumentar la cooperación internacional para la investigación y la inversión;
- Ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología.

La adopción de energías renovables para las comunidades fuera de la red aparece como una estrategia apropiada para contribuir al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) del programa de las Naciones Unidas para el desarrollo: el ya mencionado *ODS 7* y otros como el *ODS 13 Acción por el clima*, el *ODS 10* Reducción de desigualdades, *ODS 11 ciudades y comunidades sostenibles*, *ODS 6 agua limpia y saneamiento* [13].

Según datos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo: 1 de cada 7 personas aún no tiene acceso a la electricidad; la mayoría de ellos vive en áreas rurales del mundo en desarrollo. Además, La energía es uno de los grandes contribuyentes al cambio climático, y representa alrededor del 60% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. Más del 40% de la población mundial, 3 mil millones de personas, dependen de combustibles contaminantes e insalubres para cocinar [13].

La cobertura de este ODS implica, como se ha mencionado, la reducción de las desigualdades, específicamente las de las mujeres. Para cocinar los alimentos, generalmente son las mujeres y niñas las encargadas de la recolección de leña, esto significa arriesgar su seguridad durante el viaje, la ONU estima que, en promedio, pasan 18 horas a la semana recolectando combustible para cocinar. La recolección de combustible aumenta el riesgo de lesiones, ataques de animales y violencia física y sexual de una niña y afecta la educación y el tiempo libre de las mismas. Además, las niñas y mujeres que habitan en ciudades se benefician de una iluminación confiable, pues brinda más seguridad sobre todo por la noche.

En efecto, la energía de origen renovable fuera de la red se ha convertido en la principal solución para ampliar y asegurar el acceso a los servicios energéticos de manera oportuna y sostenible. No solo se limita a iluminación y cocción de alimentos si no que, respalda servicios públicos (por ejemplo, educación, agua y atención médica), el desarrollo y conservación de actividades productivas (por ejemplo, la agricultura) y otras necesidades comerciales e industriales [40].

1.7.Ubicación de Sac-Nicté

El Estado de Yucatán se divide en 9 regiones, las cuales se denominan de acuerdo con su ubicación geográfica de la manera siguiente:

1. Litoral Oriente

2. Oriente
3. Litoral centro
4. Centro
5. Centro Sur
6. Influencia Metropolitana
7. Litoral Poniente
8. Sur Poniente
9. Sur

La comunidad de Sac-Nicté se ubica en la región Sur Poniente, es una subcomisaria perteneciente al municipio de Umán en el estado de Yucatán [43].

Geográficamente se encuentra al noroeste del estado y al suroeste de Mérida, cabecera estatal. Sac-Nicté se encuentra a 3 km al oeste de Dzibikak y sus coordenadas geográficas son 20°53'49.50"N y 89°49'2.33"O. La siguiente figura muestra la ubicación de Sac- Nicté respecto a la localidad de acceso y de actividades económicas más cercana Dzibikak, Umán [44].

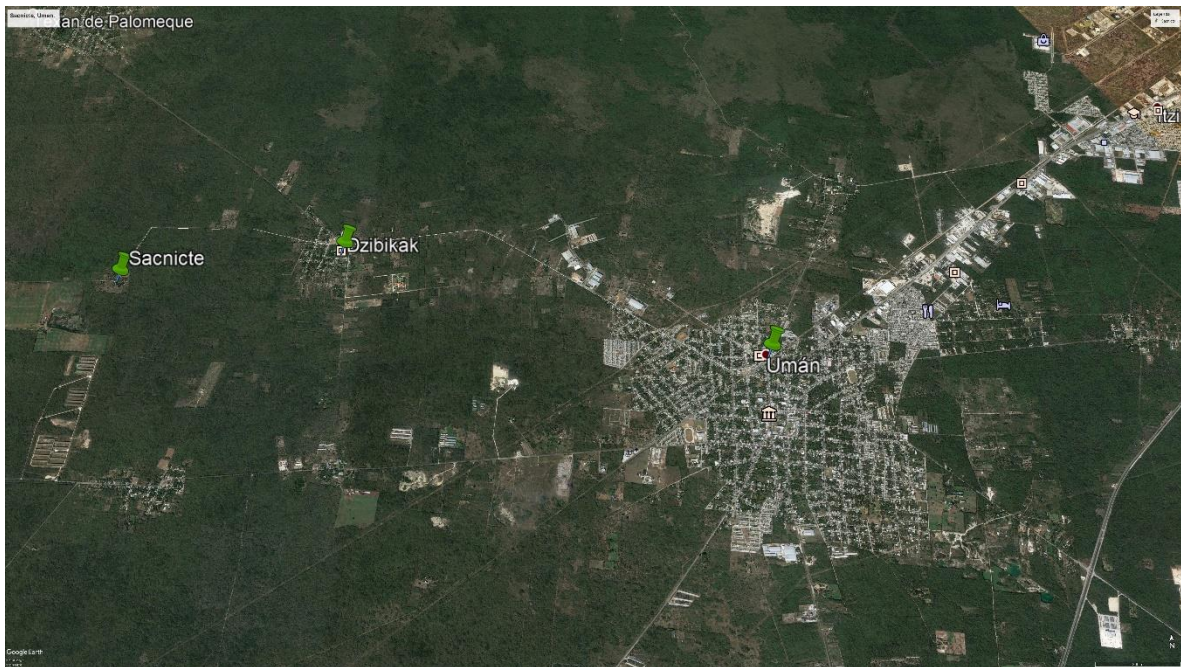


Figura 1.8. Ubicación de Sac-Nicté partiendo de Umán [44].

1.7.1. Contexto sociocultural de la comunidad

Sac-Nicté es la localidad más pequeña de Umán y la información sobre su historia data de la época del esplendor henequenero, cuando se establecieron en el estado diversas haciendas henequeneras, una de ellas en esta localidad, las fichas acreditan una hacienda propiedad de

Olegario y José Trinidad Molina Solís, quienes fueron descendientes de la histórica familia Molina, acumulando una de las fortunas más grandes del país a inicios del siglo XX.

Con el declive de la industria del henequén, la hacienda quedó en el pueblo, algunas familias de Sac-Nicté emigraron a las ciudades cercanas, pero otras permanecieron. Aún prevalecen cinco viviendas en la localidad.

Hasta hace unos años no contaban con electricidad y agua potable. En 2017 se instaló la infraestructura para la extracción y conducción del vital líquido.

Se realizó la construcción de un sistema de red de agua potable a 12 tomas domiciliarias, 1 bomba sumergible, clorímetro, tren de descarga, caseta de bomba, base de tinaco y un tinaco de 10,000 litros.



Figura 1.9. Presentación de la primera infraestructura de agua potable en Sac-Nicté, Umán en el año 2017.

Fuente: noticiero local

Las actividades productivas de los habitantes dejaron de ser históricamente agrícolas y han migrado al trabajo en la ciudad de Umán y Mérida, así como la comercialización a pequeña escala de aves de corral. Mismas que no han escalado debido a la dificultad de mantener la carne en refrigeración, problemática expuesta en el apartado 2.4.

Los habitantes más jóvenes son quienes se han involucrado en la percepción de estímulos para desarrollar la comunidad y presentan intereses para desarrollarse académicamente ya que cuentan con escolaridades de formación universitaria.

1.7.2. Vivienda, educación y salud

De acuerdo con datos recabados por la asociación civil “Bacab” así como la recabada en línea de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la descripción de la comunidad se presenta a continuación.

Sac-Nicté cuenta con 21 habitantes, de los cuales 10 son hombres y 11 mujeres, el 100% de la población es indígena, y el 66.67% de los habitantes habla la lengua maya y español. El 4.76% de la población habla maya y no español [43].

La subcomisaria tiene en total 5 viviendas habitadas, en promedio viven 4.2 personas por unidad habitacional. El 52% de la población se encuentra en un rango de edad de 15 a 64 años, por lo que se considera *económicamente activa* [45].

El grado promedio de escolaridad en la comunidad es de 5.85 años por lo que el 66% de la población (de 14 años o más) solo cuentan con estudios de primaria, el 14% de la población no cuentan con escolaridad y el 20% restante se encuentran estudiando, de este último, tres jóvenes se encuentran cursando una licenciatura [45].

De acuerdo con la información obtenida por la asociación civil Bacab en cuanto a educación extracurricular, la población informa que no ha recibido ninguna plática o taller en la comunidad proveniente de alguna institución gubernamental, ONG o grupo religioso [45].

La población masculina económicamente activa es de 6 personas y la inactiva es de 2, la población femenina económicamente activa es de 2 personas y la inactiva es de 7, quienes principalmente se desempeñan como amas de casa.

La población ocupada laboralmente es de 8 personas, de ellas 6 son hombres y 2 mujeres, asimismo 2 hombres y 7 mujeres no trabajan. El 66% de los habitantes labora en la localidad en el sector servicios, también se realizan actividades de siembra y cosecha de hortalizas o milpa para autoconsumo o venta. El 33.3% restante de la población se traslada a Mérida para laborar como obreros, y/o empleadas domésticas” [45].

La comunidad no cuenta con unidad médica de ningún tipo, la atención médica y/o la compra de medicamentos lo realizan en Umán. El 80.9% de la población son derechohabientes, 66% de

ellos cuenta con seguro popular, 34% con seguridad privada y el 6% no pertenecen a alguna institución de salud [45].

Las enfermedades más comunes en la población de Sac-Nicté son las enfermedades estomacales, diabetes y respiratorias, estas últimas se cree que son derivadas de inhalar humo generado al cocinar, pues el combustible para la cocción de alimentos es leña [45].

La localidad cuenta con una comisaría municipal, también utilizada como centro médico y centro educativo (en años anteriores). Se encuentra en la comunidad el casco de una hacienda henequenera, la cual ha sido intervenida con diversos proyectos de restauración.

Cuentan con una bomba para la extracción de agua de un pozo y que funciona con gasolina, la distribución a los hogares es a través de tubería [45].

El abastecimiento eléctrico de la comunidad es por medio de paneles fotovoltaicos que complementan con un generador portátil de gasolina, en cuanto al servicio público no se tiene un sistema de alumbrado público [45].

1.7.3. Problemática local

Sac-Nicté no cuenta con servicio de energía eléctrica suministrado por la red del estado (CFE), algunas familias con apoyo de un programa de CFE tienen sistemas de generación eléctrica con paneles fotovoltaicos sobredimensionados para los usos actuales e insuficientes para poder refrigerar alimentos, por ejemplo, una familia cuenta con un panel fotovoltaico de 310 W marca PerfectHome con su respectivo inversor y batería, pero el uso que se le da es una carga de 4 focos tipo led que deja al sistema sobrado. Cabe destacar que ninguna familia cuenta con refrigerador para conservar sus alimentos. Además, la ubicación de este panel no es la adecuada pues se encuentra cubierto la mayor parte del día por la sombra de dos árboles aledaños a la construcción por lo que la familia no tiene iluminación durante todo el día. Los pobladores no reciben instrucciones o consejos para el correcto funcionamiento de los equipos instalados tales como limpieza y orientación del sistema, cargas de soporte, instalación eléctrica adecuada en el hogar o eficiencia energética.

El trámite que realizaron los pobladores, para acceder al programa, fueron el de solicitarlo en el ayuntamiento de Umán, a través del llenado de un formato y la entrega de los documentos que acreditaran su domicilio. El trámite se realizó por unidad familiar.

1.7.4. Interconexión de Sac-Nicté a la red

De acuerdo con la información proporcionada por Comisión Federal de Electricidad Peninsular (ver anexo II), electrificar a la localidad de Sac Nicté representa un costo de 1,546,978.92 pesos

(sin IVA), que divididos entre 12 hogares considerados a electrificar (desde Dzibikak hasta Sac-Nicté), representa un costo por hogar de 128,914.91 pesos, presupuesto inviable para el gobierno de Umán considerando la cantidad de hogares beneficiados. Recordemos, como se menciona en la sección 5.1, que CFE tiende las líneas si el costo por hogar es inferior a 50 000 mxn, criterio que no se cumple en el caso de Sac Nicté.

JUSTIFICACIÓN

Con base en la importancia mundial de la energía eléctrica establecida en el SDG 7, los programas internacionales de cobertura eléctrica universal para el 2030 y las metas nacionales de electrificación. El presente proyecto se enfocó en sentar las bases que apoyen el diseño de una propuesta de política pública para las comunidades fuera de la red eléctrica nacional a través de un mapeo de comunidades y un caso de estudio donde se propuso un modelo de comunidad sostenible con estricto apego a la reducción de pobreza energética estatal.

Se estiman 1.5 millones de personas en México, que viven en 41,697 comunidades, no cuentan con servicio de energía eléctrica. Además, 95 mil localidades rurales carecen de acceso a servicios relacionados con pobreza y marginación energética: 23 millones de personas cocinan y/o calientan su hogar con fogones de leña, y 10 millones de personas no tienen acceso a agua, recurso que podría cubrirse con electricidad [46].

Si bien, han sido implementados diversos programas nacionales para la electrificación, que buscan cubrir la necesidad en el territorio mexicano, sin embargo, no se cuenta con conceptos e indicadores de pobreza y marginación energética que respondan a la particularidad de nuestro país, por lo que no existen elementos adecuados para seguir y evaluar esta problemática [46].

Por otro lado, el 51.1% de la población en Yucatán se encuentra en condiciones de pobreza energética y alto nivel de rezago social. Además, 55 localidades no tienen acceso o cuentan con cobertura parcial de energía eléctrica y el nivel de carencia de bienes y servicios energéticos (del porcentaje de población con pobreza energética en el estado), de menor a mayor son: iluminación, entretenimiento, calentamiento de agua, estufa de gas o eléctrica, refrigerador eficiente y confort térmico [6].

Los municipios que concentran población sin electricidad son Yaxcabá, Chemax, Tekax y Peto, caracterizados por ser zonas con comunidades rurales, de origen Maya y actividades productivas agrícolas [19].

Las comunidades sin acceso a la Red eléctrica no están, necesariamente, lejos de una zona urbana. Basta con ser una pequeña comunidad en situación de aislamiento y que, en muchos casos, el costo por integrarla a la red resulta inviable económicamente. Tal es el caso de la comunidad de estudio.

Además, este tipo de comunidades se ven expuestas a situaciones de riesgo, donde las mujeres, niñas y niños son los más vulnerables, ya que son quienes normalmente se quedan en casa y se encargan de conseguir agua, leña o alimentos, a través del traslado en terrenos peligrosos y/o aislados.

La comunidad de Sac-Nicté se considera aislada de la red, pues no cuenta con servicio de energía eléctrica suministrado por el Sistema Eléctrico Nacional. Algunos hogares con apoyo del Fondo de Servicio Universal Eléctrico tienen sistemas fotovoltaicos aislados que, dada la potencia por sistema implementado, no alcanza a cubrir necesidades más allá de la iluminación y carga de equipos móviles. En la mayoría de los hogares, la única carga para el sistema es de 4 focos led distribuidos en una unidad habitacional.

De acuerdo con la información previamente recabada en la comunidad, los pobladores no recibieron información básica sobre el funcionamiento del sistema, tampoco sobre las prácticas domésticas que pueden contribuir a su correcto funcionamiento. También, se han encontrado módulos fotovoltaicos sombreados la mayor parte del día, carecen de atención médica, servicios confiables y eficientes de iluminación exterior y confort térmico, refrigeración de alimentos, transporte y telecomunicaciones, además de presentar condiciones de riesgo a la salud en la cocción de alimentos con leña.

La carencia de, todos o algunos, servicios energéticos modernos en las comunidades rurales del país demuestra la necesidad de brindar herramientas metodológicas necesarias para asegurar el desarrollo a la par de los hogares con acceso a la red eléctrica nacional y reducir la pobreza energética, esto a través de proyectos de abastecimiento energético aislado, que permitan considerar las necesidades definidas por la población de cada comunidad y promoviendo el desarrollo sostenible.

Con el desarrollo del presente proyecto, se generó el modelo para que una comunidad rural y aislada de la red, acceda a los servicios de energía modernos con la adopción y correcta ejecución de proyectos de origen renovable aislados y con énfasis en el trabajo comunitario para asegurar el funcionamiento de los equipos a través del tiempo. Además, el estudio se concentra considerada “electrificada” que, deja de ser candidata a la interconexión y además realiza pagos mensuales por los equipos instalados mientras que su nivel de pobreza energética está lejos de ser el de una localidad urbana.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Generar un modelo efectivo de cobertura energética para comunidades fuera de la Red Eléctrica en Yucatán, México.

Objetivos específicos

- Analizar los programas de apoyo nacional e internacional encargados de promover la electrificación universal.
- Actualizar el inventario de comunidades fuera de la red en Yucatán.
- Examinar la aplicación del programa del Fondo del Servicio Universal Eléctrico en una comunidad modelo fuera de la red de Yucatán.
- Caracterizar, a través de una localidad modelo, las necesidades energéticas integrales de comunidades fuera de la red.
- Dimensionar una propuesta de sistema de generación, implementación y almacenamiento energético para alumbrado, riego y calentamiento de agua en, Sac-Nicté, la localidad modelo.

Alcances y límites

Durante la investigación no se cuantificó la pobreza energética de Sac-Nicté, aunque sí se identificaron las características que la hacen evidente, además, la entrevista se sugiere adaptar a una semiestructurada que considere la participación individual de los habitantes para reconocer sus necesidades energéticas personales y adaptar los modelos por comunidad al caracterizar a profundidad sus usos y costumbres. Este estudio se limita a las comunidades fuera de la red eléctrica, que han recibido apoyo de electrificación rural y no han cubierto sus necesidades energéticas, aunque los diseños energéticos pueden escalarse a comunidades sin ningún tipo de electricidad.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

Como señala Ochoa en sus estudios [5], no es posible operar, medir y establecer brechas, que promuevan acciones concretas para superar la pobreza energética **si no existen datos que permitan cuantificarla**, es imperante la institucionalización del levantamiento y sistematización de datos que permitan su medición y monitoreo continuo, como actualmente lo hacen los países europeos. Además, concluye con Graizbord en 2016 sobre la importancia de aportar al debate de la discusión de política pública y a la solución de los problemas de la población [6]. Son las comunidades fuera de la red, quienes enfrentan más problemas para cerrar la brecha de pobreza energética y en quienes se centra este trabajo de investigación.

Para diseñar sistemas de abastecimiento energético en comunidades fuera de la red en Yucatán, se reunieron las experiencias y lineamientos de los programas de electrificación nacional y de América Latina, a fin de adaptar metodologías de electrificación y abastecimiento energético probadas (agua caliente, cocción de alimentos) e integrar el índice de pobreza energética que asegure el abastecimiento adecuado. Asimismo, las metodologías encontradas en la revisión bibliográfica indicaron buenos procesos teóricos de diseño, al considerar aspectos técnicos, sociales y económicos, sin embargo, las prácticas fueron distantes de la teoría, además de que no integran lineamientos para la erradicación de la pobreza energética:

- Resaltan proyectos teóricos con capacidades eléctricas instaladas bien dimensionadas, cuyos retos se inclinan a bajas capacidades de pago por parte de los pobladores, para la supervivencia de los equipos.
- Proyectos de microredes donde se generan problemas dentro de la comunidad por realizar pagos económicos iguales y tener diferentes consumos por familia.
- Proyectos de generación energética individual (por usuario) que puedan quedar sobre o sub dimensionado acorde al tipo y posibilidades de consumo por familia.

Dada la importancia de dimensionar correctamente proyectos energéticos específicos para este tipo de comunidades, en este proyecto se optó por identificar cuántas comunidades se encuentran fuera de la red eléctrica en el Estado, dónde se ubican y cuántas personas las habitan.

De igual manera, identificar los programas de electrificación y de combate a la pobreza energética del país, para después comparar sus objetivos con los resultados estimados de la implementación de un proyecto en la comunidad de estudio seleccionada, Sac-Nicté, Úman, Yucatán.

El diseño de la metodología propuesta se alinea con los objetivos de estudio de Ochoa 2014, Ochoa y Graizbord en 2016, y en la revisión de metodologías del gobierno chileno en el análisis de experiencias internacionales y aprendizajes para Chile en materia de pobreza energética en 2018.

Considerando la cobertura de las necesidades energéticas como base y apoyados en las herramientas de los “Lineamientos para el desarrollo de proyectos de energía renovable: participativos, incluyentes y transparentes” del Proyecto Comunidades y Energía Renovable (CER) [47]. Se propuso el desarrollo de un diseño participativo para la cobertura energética, es decir, diseñar tratando activamente a todas las partes involucradas a fin de ampliar de información, aprendizaje y acuerdos colectivos, se apoyó en análisis de un grupo focal como herramienta.

La metodología de este proyecto propuso la implementación de un robusto proyecto de abastecimiento energético, con previa caracterización de comunidad, que consideró actualizar el inventario de comunidades fuera de la red en el estado, también comparó los costos de electrificación solar fotovoltaica con los costos de ampliar la red eléctrica convencional.

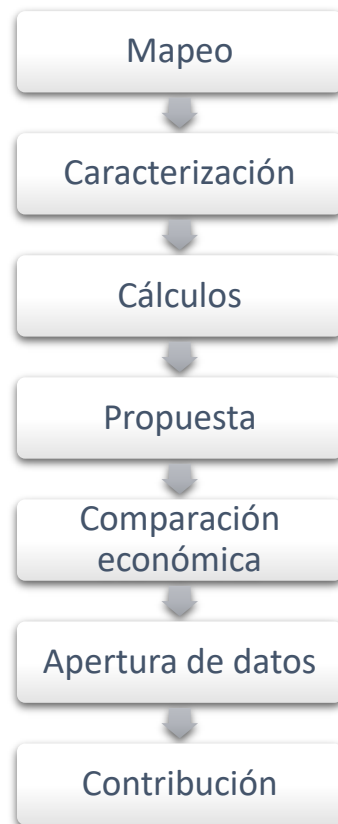


Figura 2.1. Diagrama de la metodología propuesta.

2.1.Mapeo de comunidades fuera de la red

Se realizó un mapeo, de comunidades fuera de la red en el estado, con la información obtenida de varias fuentes de información, esto para identificar su ubicación, número de habitantes, género, cantidad de viviendas, escolaridad y marginación social.

La información recabada para el mapeo se obtuvo de las siguientes bases de datos:

- “Programa para el Desarrollo de Zonas Prioritarias” de la extinta Secretaria de Desarrollo Social (ahora, Secretaría del Bienestar), donde se obtuvieron las coordenadas de las localidades, información sobre su nivel de pobreza y de rezago social, asimismo de la cantidad de habitantes y viviendas hasta el 2010.
- Comisión Federal de Electricidad (CFE), base de datos del grado de electrificación, de donde se obtuvieron aquellas localidades “sin electricidad” así como la cantidad de habitantes, cuántos han sido beneficiados (con algún programa de electrificación) y cuántos por beneficiar. Esta información puede no estar actualizada, ya que no

contabiliza, necesariamente, los programas de electrificación que gobiernos municipales hayan gestionado de manera independiente de CFE. La información utilizada en el presente proyecto fue obtenida de acuerdo con las solicitudes de información número 1816400118419 y con datos del cuarto trimestre del año 2018. Cabe destacar que la comunidad de estudio no aparece en la base de datos, es decir, se considera electrificada.

- Grado de electrificación, base de datos de CFE con datos del cuarto trimestre del año 2017, a través de una solicitud de información (No. 0001800078919) por la Plataforma Nacional de Transparencia a CFE, la información obtenida solo mostró si el estatus de la localidad es “no electrificado”. Al igual que en el punto anterior, la comunidad de estudio no aparece en estos los datos.
- Paquetes de localidades que resultaron desiertas en la primera etapa de la Convocatoria para el Concurso Público Nacional CPN/FSUE/FIDE/02/2017, la información mostró cinco usuarios de la localidad Sac-Nicté, Umán por ser beneficiados gracias a la convocatoria, dentro del Fondo de Servicio Universal Eléctrico.
- Zonas no electrificadas, de la Secretaría de Energía se obtuvo la información de las comunidades no electrificadas en Yucatán en el año 2015, con información del número de habitantes, cuántos por electrificar y el grado de electrificación en porcentaje.
- Oficio De Presupuesto De Obra, obtenido luego de un acercamiento con CFE peninsular, solicitud número 02302890/2018, área de electrificación rural donde se encontró el presupuesto de extensión de la red para llegar a los usuarios de la comunidad modelo, a fecha del 8 de noviembre del 2018.

Se procedió al procesamiento de la información para un primer mapeo, generado en el CentroGeo, ubicado en el Parque Científico y tecnológico de Yucatán, dicho mapeo, se realizó con las coordenadas geográficas de cada comunidad y su nombre. También se obtuvo información de este tipo de comunidades (fuera de la red) para cada estado de la República mexicana, hasta el cuarto trimestre del 2018.

Acorde al interés por identificar la información estatal y con base en los datos mencionados, se realizó un mapa, mostrando 55 comunidades sin electricidad, sin considerar comunidades beneficiarias de algún programa como el FSUE.

2.2.Caracterización de la comunidad

Es sumamente importante conocer la dinámica de la comunidad de estudio para asegurar el éxito de cualquier proyecto. Ejecutar proyectos donde la población sea ajena entre sí, o con conflictos

entre las familias, puede dificultar su desarrollo si no se aborda adecuadamente el tema de sensibilización y trabajo en conjunto.

En este caso, se visitó la comunidad de estudio para conocer su dinámica social, experiencias con el programa de electrificación y sus preferencias energéticas. Todo esto, desde la participación de los habitantes y desde su perspectiva, también, se consideraron los temas de interés social y posibles conflictos y afinidades, para poder seleccionar los equipos potenciales para el dimensionamiento de los sistemas energéticos.

Inicialmente se recolectó la información sobre la experiencia de la comunidad con la aplicación del Fondo del Servicio Universal Eléctrico (FSUE) y las carencias energéticas que aún presenta cada familia. Se tuvieron dos acercamientos presenciales con los beneficiarios del FSUE en la comunidad y una a través de medios digitales con la comisaria ejidal. La experiencia de los beneficiarios deja ver una necesidad de mejora en el abastecimiento eléctrico que presenta la instalación fotovoltaica de cada vivienda, por consiguiente, su confianza en el abasto eléctrico con fuentes renovables no es buena.

Se realizó una entrevista a los pobladores, a fin de recabar la información que fundamentó los diseños de abastecimiento energético.

2.2.1. Entrevista

Para dimensionar el nivel de pobreza y caracterizar la comunidad de estudio, se implementó una entrevista de grupo. En principio, se eligió este tipo de entrevista por las ventajas que presenta de adaptarse a los sujetos y a las condiciones del lugar, además, es más probable que los sujetos entrevistados expresen sus puntos de vista de manera relativamente abierta, respecto de una entrevista estandarizada o un cuestionario [48, 49, 50].

Para llevar a cabo la entrevista, se citó a los habitantes del lugar, en un horario convenido con la representante de la comunidad, en la calle principal y la asistencia fue de 12 personas, de ellas 10 mujeres y 2 hombres.

Dicha entrevista, brindó diversas ventajas, entre ellas, conocer las dinámicas sociales de los habitantes, sus aspiraciones en temas energéticos, experiencia con el programa de electrificación implementado, historia de la comunidad, además de encontrar resultados cualitativos que en principio no se habían considerado, por ejemplo; el nivel de desconfianza que externan hacia la energía solar.

Adicionalmente, se mantuvo contacto constante con un representante de la comunidad para conocer ubicación de viviendas, formas de traslado y actividades productivas. Las preguntas realizadas fueron las siguientes:

Tabla 2.1. Modelo de guía de entrevista participativa.

Fuente: elaboración propia.

Sobre la comunidad	Sobre la familia, necesidades y satisfactores energéticos	Sobre el FSUE
<p>¿Cuántos son? ¿Cuántas familias? ¿Usted nació aquí? ¿Cómo era su comunidad antes y cómo es ahora? ¿Qué es lo que más le gusta de su comunidad?</p>	<p>¿Quiénes integran su familia? ¿A qué se dedican los integrantes de su familia? En caso de que aplique, ¿recibió o recibe beca u apoyo educativo? ¿Cuáles son sus actividades diarias (por día de la semana)? ¿Cómo las realizan? ¿Condiciones de vivienda? (cuenta con: estufa de gas, estufa de leña, plancha, computadora, teléfono celular, refrigerador, televisión, lavadora, agua potable) ¿Cuál es su principal necesidad energética (¿iluminación, entretenimiento, refrigeración, estufa, confort térmico)? ¿Qué aparatos eléctricos tiene en casa? Y ¿Qué aparatos eléctricos le gustaría tener?</p>	<p>¿Qué es el FSUE? ¿Cómo solicitó el apoyo? ¿Su solicitud fue individual? ¿Cuánto paga por tener el equipo fotovoltaico en su hogar? ¿Considera “justo” el pago que realiza? ¿Por qué realiza un pago mensual? ¿Cuánto tiempo deberá pagar su cuota de sostenibilidad? ¿Cómo funciona el equipo? ¿Qué puede conectarle? ¿Qué le gusta del sistema? ¿Qué no le gusta de su instalación? ¿Y funciona? Como usuario ¿Qué mantenimiento debe darle al equipo? Si pudiera hacerlo ¿invertiría en la ampliación de su sistema de generación con paneles fotovoltaicos? ¿Por qué? Cuando ocurre un fallo en el sistema ¿A quién recurre? ¿Recibe orientación técnica para el correcto funcionamiento del sistema? ¿Qué cambios propondría para la correcta implementación del programa?</p>

2.3. Diseño estratégico participativo en materia de energía

El diseño participativo de este proyecto se basa en el análisis de un grupo focal como herramienta para obtener información de un grupo de personas, sus preferencias y opiniones sobre el tema de electrificación y necesidades energéticas. El grupo, en este tipo de análisis, no debe ser mayor a 15 personas (entre cuatro y doce) y se apoya en un moderador experto [47]. Como primer paso se realizó este análisis, para obtener la caracterización de la comunidad y proceder al diseño de los sistemas energéticos requeridos.

Se propuso dimensionar un sistema fotovoltaico con almacenamiento, un sistema de calentamiento de agua con energía solar, uno de alumbrado público con energía solar fotovoltaica, método para aumentar la eficiencia de la cocción de alimentos, y un sistema fotovoltaico para extracción de agua y riego (aplicable a localidades con terrenos de producción agrícola).

Cada diseño está basado en la información proporcionada por la comunidad de estudio, y ya que se externó que actualmente no se dedican al trabajo de tierras de cultivo, el diseño del sistema de riego no se podrá implementar en caso de llevar el modelo a la práctica.

2.3.1. Diseño del sistema fotovoltaico y almacenamiento eléctrico

Los principales componentes de un sistema de generación fotovoltaico y almacenamiento en condiciones de aislamiento de la red son: paneles fotovoltaicos, controlador de carga, arreglo de baterías e inversor (ver la siguiente figura).

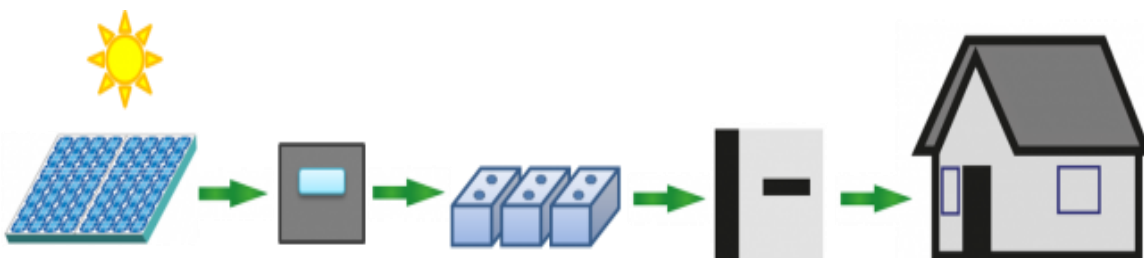


Figura 2.2. Principales componentes en la generación eléctrica aislada y de origen fotovoltaico.

De acuerdo con la información recabada en la entrevista, se propuso el diseño de un sistema fotovoltaico considerando las necesidades eléctricas de los aparatos seleccionados, de mayor a menor prioridad, en la entrevista descrita en el apartado dos de la metodología. También, se propuso asegurar mediante almacenamiento con baterías, el suministro eléctrico constante para cada vivienda.

Se calculó el consumo eléctrico diario de cada aparato eléctrico seleccionado, considerando potencias eléctricas de aparatos fáciles de encontrar o eficientes, tal es el caso de los focos led y refrigerador de bajo consumo. De forma similar, las horas de uso seleccionadas están basadas en las horas promedio de uso diario.

El consumo diario, de un aparato, se refiere a la electricidad consumida en un día y se calcula:

$$\text{Consumo diario} = \text{Cantidad} \times \text{Potencia} \times \text{horas de uso diario}$$

Donde el consumo diario se expresa en $\left(\frac{Wh}{\text{día}}\right)$, la potencia en (W) y las horas de uso diario en $\left(\frac{h}{\text{día}}\right)$.

El consumo diario máximo está relacionado con los picos máximos de consumo que tendrá que soportar el sistema de almacenamiento para suministrar la electricidad demandada, son de interés los consumos máximos de los equipos que poseen motores eléctricos.

Si el aparato eléctrico cuenta con motor eléctrico, se considera un consumo máximo de 3 veces su potencia eléctrica, entonces:

$$\text{Consumo diario máximo} = \text{Cantidad} \times \text{Potencia} \times 3$$

Donde el consumo máximo diario se expresa en (W) , la potencia en (W) .

Si el aparato no cuenta con motor eléctrico, el consumo diario máximo, se calcula multiplicando la potencia por la cantidad de aparatos:

$$\text{Consumo diario máximo de aparatos sin motor} = \text{Cantidad} \times \text{Potencia}$$

Donde el consumo máximo diario se expresa en (W) , la potencia en (W) .

Después de calcular los consumos eléctricos por aparato, se suman para obtener el consumo diario por vivienda, y sobre ese dato se calculó el sistema fotovoltaico y de almacenamiento.

Primero se calculó la potencia del sistema fotovoltaico, para esto, se considera un consumo diario con un 20% más debido al factor de corrección por pérdidas en el sistema.

Las fórmulas empleadas para el cálculo de la potencia del sistema fotovoltaico fueron las siguientes:

$$\text{Potencia del sistema fotovoltaico} = \frac{\text{consumo diario total con factor de corrección del 20\%}}{\text{horas solares mínimas de la comunidad}}$$

Donde la potencia del sistema fotovoltaico se expresa en (W), el consumo diario total con factor de corrección se expresa en $\left(\frac{Wh}{día}\right)$ y horas solares mínimas de la comunidad en (h).

Se calculó la cantidad de paneles necesarios, dividiendo la potencia del sistema fotovoltaico entre la potencia del panel seleccionado.

$$\text{Cantidad de paneles fotovoltaicos} = \frac{\text{Potencia del sistema fotovoltaico}}{\text{Potencia del panel seleccionado}}$$

Posteriormente, se realizó el cálculo del sistema de almacenamiento eléctrico, para ello, se consideró que cada vivienda requiere dos días de autonomía eléctrica en caso de que la generación eléctrica de los paneles fotovoltaicos sea considerablemente baja o nula.

Los datos técnicos que se utilizaron para calcular el banco de baterías fueron los siguientes:

- Eficiencia del inversor de 93%
- Dos días de autonomía
- Profundidad de descarga del 70%
- Capacidad de la batería: 224 ah

Se seleccionó un controlador tipo Maximun Power Point Tracker (MPPT), debido a los rangos de voltaje con los que trabaja y que lo posiciona sobre los Pulse-Width Modulation (PWM). El controlador deberá trabajar con el voltaje seleccionado y el amperaje manejado en el sistema (el amperaje se calcula dividiendo el voltaje seleccionado entre el consumo diario del sistema). De igual manera, la selección del inversor se realizó con la búsqueda de modelo que soporte el consumo calculado y acepte el voltaje máximo de entrada del arreglo fotovoltaico. Cabe señalar, que los dos productos mencionados (controlador e inversor) se encontraron en un mismo equipo, un inversor-controlador (ver anexo III).

Para el cálculo del sistema de almacenamiento por baterías, primero se calculó la cantidad de Ah que consume el sistema por día, con la siguiente operación:

$$\frac{Ah}{día} = \frac{\text{consumo diario}}{\frac{\text{eficiencia del inversor}}{\text{voltaje del sistema}}}$$

Donde, el consumo diario se mide en $\left(\frac{Wh}{día}\right)$, la eficiencia del inversor en (%) y el voltaje del sistema en (W).

Para el sistema de almacenamiento eléctrico, se optó por baterías de ciclo profundo, de uso solar. Primero se calculó, la cantidad de baterías que se deben conectar en paralelo para asegurar el consumo de Ah diarios. Se proponen dos días de autonomía del sistema de almacenamiento, una profundidad de descarga del 70%.

$$Baterías\ en\ paralelo = \frac{\frac{Ah}{día} \times días\ de\ autonomía}{\frac{profundidad\ de\ descarga}{capacidad\ de\ la\ batería}}$$

Después, se calcularon las baterías en serie con la siguiente operación:

$$Baterías\ en\ serie = \frac{Voltaje\ del\ sistema}{Voltaje\ de\ la\ batería}$$

$$Baterías\ en\ serie = \frac{48\ V}{12\ V} = 4$$

Finalmente, se calculó el total de baterías que requiere el sistema, multiplicando la cantidad resultante de baterías en serie por las resultantes en paralelo:

$$Total\ de\ baterías = Baterías\ en\ serie \times Baterías\ en\ paralelo$$

2.3.2. Diseño de un sistema de bombeo para riego agrícola

Se propuso el diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para riego agrícola. Cabe destacar que actualmente, la comunidad no tiene desarrollo de actividad agrícola, es decir no producen de manera regular hortalizas u otro cultivo.

Sin embargo, considerando que la comunidad tiene potencial de desarrollo agrícola, se eligió calcular rápidamente un sistema de bombeo para riego agrícola, en caso de considerar una futura implementación de este tipo de sistemas.

Para lograrlo, se calculó el sistema ficticio, bajo los siguientes supuestos:

- Una hectárea de riego de hortalizas;
- Con un pozo con un espejo de agua a 10 metros de profundidad;
- Solo se extraerá agua y se almacenará en un reservorio;

En este cálculo supuesto, no se consideraron los tipos de riego. La finalidad es realizar el cálculo de paneles fotovoltaicos para una bomba extractora de agua.

2.3.3. Diseño de un sistema de calentamiento de agua

El diseño de un sistema básico para calentamiento de agua se realizó acorde a las necesidades de agua caliente de la población para un individuo, 40 litros diarios, considerando que en promedio viven 4 personas por vivienda. Se seleccionó como la mejor opción de calentamiento solar, el uso de calentadores solares de plano, ya que presentan beneficios de poco mantenimiento y son relativamente más baratos que los de tubos evacuados, este abastecimiento se recomienda una vez cubiertas las necesidades eléctricas del lugar.

El calentador solar a seleccionado debe contener una estructura de apoyo, colocarse en una zona con incidencia de radiación solar todo el día, con una orientación del colector hacia el sur geográfico y un ángulo de inclinación igual a la latitud, en este caso, 18°. La norma mexicana a la cual seguir para la selección del calentador adecuado es la NOM-027-ENER/SCFI-2018, en ella se encuentran los rendimientos, ahorros y requisitos de seguridad para calentadores de agua solares de uso doméstico y comercial, tipo termosifón, que cuenten con un tanque térmico con una capacidad máxima de 500 litros [51]. A su vez, la norma mencionada respeta la NMX-ES-004-NORMEX-2010 y NMX-ES-003-NORMEX-2007.

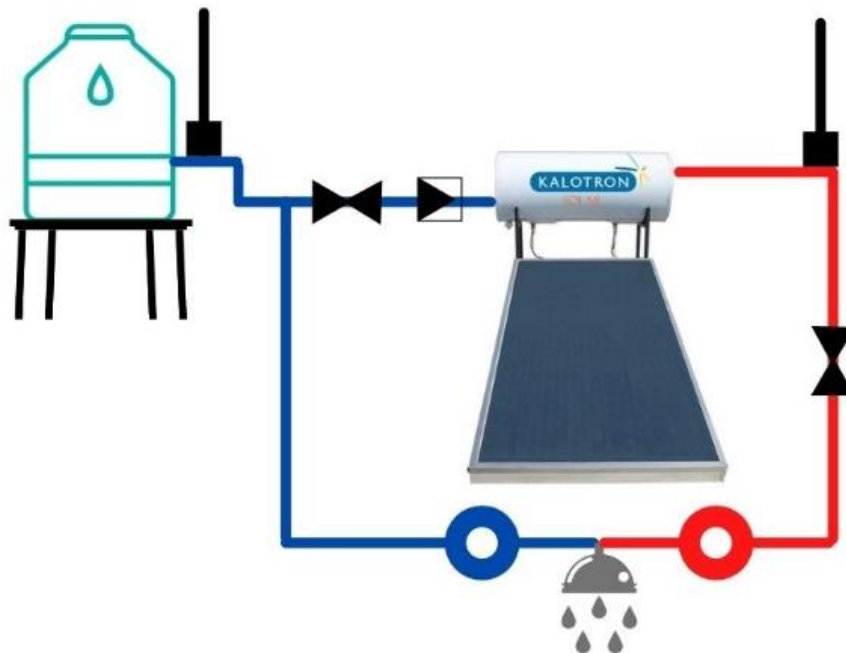


Figura 2.3. Diagrama del calentamiento de agua propuesto.

Fuente: elaboración propia.

2.3.4. Diseño de un sistema de alumbrado público

El diseño de este sistema es de vital importancia para la población, ya que sus actividades en conjunto terminan al anochecer. La convivencia y la seguridad son preocupaciones de la población.

Sac-Nicté cuenta con cinco casas, ubicadas relativamente cerca una de la otra, por lo que el sistema propuesto, abastece las dos calles principales, incluyendo un terreno de uso común frente a la comisaría, el cual puede ser un espacio de juego para niños. Se propone el uso de luminarias con paneles fotovoltaicos integrados.

Para ello, se diseñó el sistema de alumbrado público con ayuda del software DIALux evo y siguiendo la normatividad integrada internacional, donde su similar mexicana es la NMX-J-657-2-ANCE-2019 y la NMX-J-657-3-ANCE-2018, la elección de la luminaria es de tipo comercial con un módulo fotovoltaico integrado.

2.3.5. Aplicación de cocción de alimentos eficiente

Debido a que actualmente existen diversos diseños de estufas de leña eficientes, el objetivo de cocción eficiente en esta investigación se centró en la adaptabilidad de un modelo ya estudiado, de la Universidad Tecnológica De Pereira [52].

La propuesta fue: cambiar los fogones donde actualmente cocinan los alimentos las familias, por una estufa de leña mas eficiente, que remueva del humo generado durante la cocción hacia el exterior de la vivienda.

La normatividad aplicable a este tipo de instalaciones puede ser verificada en la NMX-Q-001-NORMEX-2018, la cual establece los métodos de prueba para determinar la eficiencia térmica, las características de funcionalidad, nivel de emisiones, seguridad y durabilidad de las estufas que funcionan con leña que se comercializan en los Estados Unidos Mexicanos, mientras que la segunda. Cabe señalar que la asociación civil Gira A.C. es el organismo que ha instalado la mayor cantidad de estufas de leña en México con la estufa patsari, también destaca la de ecoestufa, cuyo diseño se encuentra certificado por cumplir la normatividad.

2.4. Propuesta de un modelo de comunidad sostenible fuera de la red

La propuesta de un modelo de comunidad se basó en la definición de desarrollo sostenible según el informe Bruntland *“aquel que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las de las futuras generaciones”*, se busca el auto abastecimiento de energía eléctrica, de calor para el hogar y de alimentación.

La propuesta consistió en integrar los resultados de los cálculos anteriores en esta metodología y aportar datos de las comunidades fuera de la red mediante el mapeo de las mismas para generar, como en esta investigación, un modelo de comunidad sostenible que:

- Identifique a las comunidades aisladas de una región;
- Conocer a la comunidad a través de la caracterización de la misma;
- Calcular los sistemas de abastecimiento energético que requieren los habitantes;
- Evaluar los costos vs la ampliación de la red;

2.5. Comparación económica del sistema fotovoltaico

Se realizó la solicitud del oficio de presupuesto de obra para la interconexión de la comunidad, a las oficinas de la división de distribución peninsular de CFE, dicho estudio está presupuestado con costos del año 2018. La solicitud de obra fue la No. 02302890.

Además, se realizó el presupuesto para el sistema fotovoltaico calculado para cada vivienda, con empresas nacionales y locales, dichos presupuestos no incluyen instalación ni mantenimiento de los equipos.

Se realizó un cálculo rápido de los costos por electrificar, con sistemas fotovoltaicos, todas las viviendas de la comunidad estudiada y se compararon con las estimaciones de la Comisión Federal de Electricidad.

2.6. Apertura de datos de comunidades fuera de la red con el uso de sistemas de información geográfica

Una vez que se identificaron las comunidades fuera de la red, se procedió a migrar la información a sistemas de información geográfica, específicamente, la plataforma abierta de CentroGeo y se generó el primer mapa de comunidades aisladas en el estado de Yucatán.

2.7. Contribución a la política pública para comunidades fuera de la red

En el Programa Sectorial de Energía, derivado del Plan Nacional De Desarrollo 2019-2024 se menciona que las energías renovables son fundamentales para dotar electricidad a las pequeñas comunidades aisladas que aún carecen de ella y que suman alrededor de dos millones de habitantes [53].

Además, el objetivo cinco del programa es:

“Asegurar el acceso universal a las energías, para que toda la sociedad mexicana disponga de las mismas para su desarrollo. con un enfoque equitativo que garantice los derechos de los pueblos indígenas y otros

grupos sociales más desprotegidos a fin de "No dejar a nadie atrás, no dejar a nadie fuera".

Con base en las necesidades expresadas por el actual gobierno de México, en el Programa Nacional Estratégico sobre Transición Energética, donde menciona que; es necesaria la conceptualización de política energética de estado e incluir la contribución de las instituciones de nivel superior, investigación, ciencia e innovación, se generó información que promueve la electrificación nacional a través de estudios, apoyados por la academia, que reflejan las verdaderas necesidades energéticas de la población a fin de reducir gradualmente la pobreza energética y estar a la vanguardia internacional para la cobertura de las necesidades energéticas modernas, y así, sentar las bases para generar datos que apoyen el diseño de política pública de apoyo a comunidades fuera de la red eléctrica en Yucatán.

Se realizó un análisis de políticas públicas aplicables a comunidades como Sac-Nicté donde se identificaron las acciones emprendidas por el estado para atender a la población y a sus intereses, destaca el tema de la electrificación total en México, y apenas el componente de pobreza energética como temática primordial. Por ello, en la investigación realizada, se integra el tema mediante la visualización espacial del problema para las comunidades fuera de la red en el estado de Yucatán.

Por ello, es importante que, para contribuir a la política pública en comunidades fuera de la red, se alineen las reglas de operación del Fondo del Servicio Universal Eléctrico con las de implementación in situ, además de atender, desde las agendas estatales, las políticas públicas para sus comunidades aisladas, pues es desde la comunidad, que se pueden establecer las mejores estrategias de abastecimiento energético.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS

3.1. Mapeo de comunidades fuera de la red

De acuerdo con la información obtenida, a finales del 2018, alrededor de 1717 personas carecían de servicio eléctrico en el estado de Yucatán, también se indica que la localidad modelo, con 21 habitantes y 8 beneficiarios, tiene un 30.8% de electrificación. Esto coincide con un programa anterior donde habían accedido a paneles solares.

La distribución de localidades, número de habitantes reportado, coordenadas geográficas y las distancias hasta sus cabeceras municipales o carretera más cercana se encuentran en la Tabla 3.1, cabe destacar que la mayoría de las localidades están aisladas de sus cabeceras municipales, otras han sido absorbidas por ellas, pero la mayoría se encuentran cercanas a una carretera, con distancias menores a los diez kilómetros.

Tabla 3.1. Relación de localidades fuera de la red en el estado de Yucatán.

Municipio	Localidad	Latitud (°)	Longitud (°)	Habitantes	Distancia entre localidad y municipio (Km)	Distancia entre la localidad y la carretera más cercana (Km)
ACANCEH	PLANTEL SIETE	20.88	-89.44	11.00	8.70	2.06
AKIL	PLAN CHAC POZO TRES	20.24	-89.32	19.00	3.90	0.30
CANTAMAYEC	TAB-EK	20.45	-89.14	15.00	7.20	0.38
CHANKOM	SAN ISIDRO	20.59	-88.50	10.00	4.10	0.93
CHANKOM	SAN JUAN XKALAKDZONOT	20.35	-88.61	27.00	46.30	30.15
CHEMAX	RANCHO BONITO	20.77	-87.88	15.00	18.06	5.83
CHEMAX	SAN JAVIER	20.65	-88.01	36.00	10.50	2.40
CHEMAX	BLANCA FLOR	20.79	-87.96	39.00	31.40	0.93
CHEMAX	SANTA CLARA	20.77	-87.88	46.00	18.12	5.11
CHICHIMILÁ	SAN VICENTE	20.63	-88.22	17.00	0.75	0.75
CHICHIMILÁ	TIXCANCAL DZONOT	20.37	-88.19	25.00	43.20	8.90
CHIKINDZONOT	CHUCTEIL	20.22	-88.54	31.00	14.20	0.20

ESPITA	DZADZ PICHÍ	21.12	-88.33	19.00	20.80	5.12
MERIDA	EL JABÍN	21.01	-89.54	17.00	9.70	0.30
OXKUTZCAB	X-KAKAL	20.19	-89.40	16.00	24.20	0.10
OXKUTZCAB	CINITUN	20.21	-89.44	18.00	14.20	4.50
OXKUTZCAB	SAN SALVADOR	20.29	-89.41	21.00	2.20	2.00
OXKUTZCAB	SAHCAHMUCUY	20.18	-89.49	34.00	18.50	4.90
OXKUTZCAB	CHUNHUAYMIL	20.11	-89.59	35.00	64.80	8.70
OXKUTZCAB	BOMBAHALTUN	20.06	-89.42	44.00	34.30	7.60
PETO	KANLOL	20.15	-88.69	8.00	29.90	2.89
PETO	SANTA ELENA	20.19	-88.69	29.00	42.44	1.24
PETO	XCABANCHÉ	20.23	-88.73	36.00	25.40	22.20
PETO	SAN BERNABÉ	20.18	-88.77	38.00	19.80	16.60
TAHDZIU	SAN PABLO	20.22	-88.92	8.00	5.38	4.50
TAHDZIU	SAN MIGUEL	20.22	-88.83	39.00	25.00	14.00
TEABO	SANTA ELENA	20.34	-89.18	21.00	16.60	1.90
TEABO	SAN REFUGIO KULCHÉ	20.37	-89.16	24.00	19.80	5.33
TEKAL DE VENEGAS	SAN FELIPE	21.02	-88.83	33.00	19.60	0.95
TEKAX	TZEKELHALTZN	20.18	-89.37	7.00	13.90	1.26
TEKAX	POCCEIL	19.78	-89.36	7.00	72.60	2.60
TEKAX	SAN LUIS HUECHIL	19.93	-89.28	12.00	63.30	5.30
TEKAX	SAN ISIDRO DOS	19.87	-89.45	18.00	62.00	5.90
TEKAX	SACPUKENHÁ	19.89	-89.15	38.00	47.80	6.40
TEKAX	YALCOBÁ NUEVO	19.89	-89.58	50.00	65.30	10.22
TEKIT	SAN GERONIMO TELAL	20.59	-89.15	13.00	23.21	21.70
TEMOZON	CHAN DZONOT	20.95	-87.82	7.00	65.10	19.45
TIZIMIN	SAN ISIDRO	21.29	-87.60	5.00	64.40	1.30
TIZIMIN	SAN ENRIQUE	21.14	-88.19	7.00	6.40	1.30
TIZIMIN	EL CENZONTLE	21.15	-88.18	9.00	5.60	0.10
TIZIMIN	SAN LUIS	21.30	-87.98	10.00	26.20	7.70
TIZIMIN	EL CERRITO	21.28	-87.99	13.00	38.20	6.40
TIZIMIN	CHAPAS DOS	21.20	-87.77	14.00	42.40	0.70
TIZIMIN	EL RAMONAL	21.13	-87.93	18.00	26.60	3.40
TIZIMIN	EL LIMONAR	21.32	-87.57	23.00	78.60	1.40
TUNKAS	COLONIA DEL SUR	20.88	-88.75	14.00	2.10	2.10
TUNKAS	CHAKÁN EBULÁ	20.79	-88.70	16.00	16.20	15.20
TUNKAS	YAXHÁ	20.78	-88.73	18.00	17.90	3.42
VALLADOLID	X-MITAN	20.70	-88.08	27.00	13.80	0.45
VALLADOLID	DZIBIL	20.53	-88.02	30.00	30.00	1.50

YAXCABÁ	SAN ARNULFO	20.35	-88.88	13.00	25.20	13.50
YAXCABÁ	KANCABCHÉN	20.33	-88.87	16.00	39.90	0.30
YAXCABÁ	SANTA MARÍA	20.40	-88.90	55.00	26.10	2.60
YAXCABÁ	X-POM	20.36	-88.87	72.00	22.90	11.20
YAXCABÁ	CISTEIL	20.32	-88.85	90.00	43.10	0.35

Se realizó un mapeo de las 55 comunidades fuera de la red consideradas por CFE para el cuarto trimestre del 2018 (ver mapa siguiente), con ayuda del CENTROGEO unidad Yucatán. Además, se recabó información del Programa para el Desarrollo de Zonas Prioritarias (PDZP) de la Secretaría de Bienestar sobre las características de la población que sugiere una relación entre las comunidades fuera de la red y las comunidades del sector agrícola que se dedican a la siembra de la milpa maya, además son localidades con alto índice de rezago social.

Se puede dar el caso de que, de las localidades enlistadas, reportadas sin electrificación, realmente ya estén electrificadas, pues no siempre los datos de CFE coinciden con las acciones de electrificación municipales, a primera vista y con el recorrido en Google Earth, de las localidades encontradas, las siguientes pueden ya, encontrarse con extensión de la red, esto debido a sus condiciones de camino, tal es el caso de: Plan Chac Pozo Tres, Tab-Ek, San Vicente, El Jabín, X-Kakal, San Salvador, Tzekelhaltzn, San Isidro Dos, San Enrique, El Cenzontle, X-Pom, Cisteil.

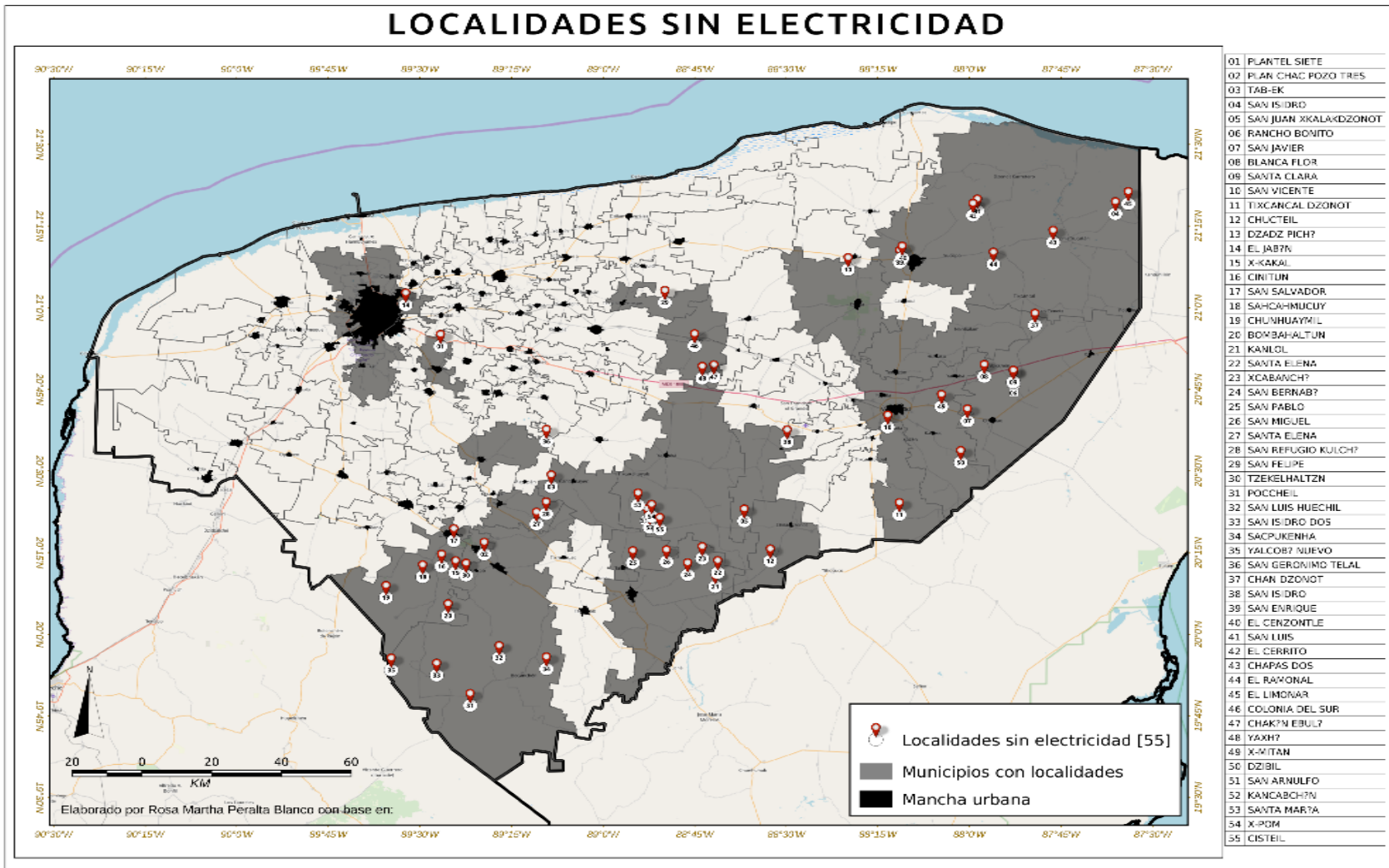


Figura 3.1. Localidades sin electricidad en Yucatán.

Fuente: Elaboración con apoyo de CENTROGEO y datos obtenidos de CFE y PDZP (2019).

La información planteada para integrar el inventario de comunidades fuera de la red de Yucatán es la siguiente: acceso a fuentes de energía renovables o no renovables, grado de electrificación, grado de marginación y rezago, viviendas, habitantes, ocupación y escolaridad.

En el mapeo realizado se destaca que las localidades fuera de la red se ubican, en su mayoría, en la zona geográfica sur y este del estado, alejadas de las manchas urbanas de las cabeceras municipales y de la capital del estado, lo que concuerda con estimaciones nacionales sobre el aislamiento por accesibilidad.

Se destaca la necesidad de corroborar cualquier información obtenida con la Comisión Federal de Electricidad —para evitar incluir localidades electrificadas por ampliación de la línea eléctrica local— con ayuda de los gobiernos municipales y asegurar la confiabilidad de la información suministrada a través del inventario.

3.2. Caracterización de la comunidad

La información fue recabada mediante: una visita a la comunidad el 14 de abril del 2019, contacto en línea durante el periodo de marzo del 2020 a junio de 2020 (derivado de la pandemia COVID-19), así como una visita previa en diciembre del 2018. Además, se presenta el mapa de comunidades sin electricidad en Yucatán, generado con información recabada de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y del Plan Nacional de Desarrollo de Zonas Prioritarias (PNDZP) de la Secretaría del Bienestar antes, Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL).

3.2.1. Entrevista en Sac-Nicté

La entrevista realizada en la comunidad, de tipo grupal, obtuvo datos con una importante participación de las mujeres, quienes encabezan las actividades domésticas de los hogares, también participaron estudiantes y trabajadoras que se desplazan diariamente hacia la ciudad de Mérida. Se tuvo una participación de 12 personas, de ellas 10 mujeres y 2 hombres.

Los resultados de la entrevista:

La comunidad está integrada por 21 habitantes y cinco familias, aunque cuatro de ellas viven permanentemente en la localidad y una solo en ocasiones, pues sus principales actividades son en la ciudad, lugar donde viven la mayor parte del tiempo, todos los habitantes son de Yucatán, sobre su comunidad, expresaron que antes residían en más familias, que trabajaban para la hacienda henequenera, que, tras su cierre, la población se redujo gradualmente. La actual comisaría del lugar fue el centro de estudios en el que se educaban los niños que ahora cursan sus estudios universitarios, mientras que los niños que actualmente viven en Sac-Nicté, asisten a la escuela en la ciudad vecina de Dzibikak, las razones por las que más les gusta su comunidad

es la naturaleza, tranquilidad, seguridad y libertad. Las actividades de la población son de estudios, de trabajo doméstico en Mérida, en la construcción y en la crianza de pollos para venta de carne. Hasta el año 2018, las estudiantes universitarias no recibían algún tipo de beca estudiantil, además su traslado educativo era hasta la ciudad de Mérida, y el traslado de cualquier habitante hasta la capital del estado, implica caminar hasta Dzibikak, ahí tomar transporte público a Umán y después a Mérida, ocasionalmente pueden pedir bicitaxi desde Dzibikak hasta Sac-Nicté.

Los resultados sobre sus condiciones de vivienda fueron las carencias de refrigerador, estufa de gas, plancha, televisión, licuadora, lavadora y demás electrodomésticos imaginables a un hogar similar con acceso a la red. Ya que actualmente cuentan con generación de electricidad con un panel solar, las familias cuentan con iluminación en el hogar, computadora, teléfono celular y linternas portátiles para el exterior. Además, para cocción de agua y alimentos cuentan con fogón de leña.

Las principales necesidades de equipos eléctricos que externaron los pobladores, por orden de mayor a menor prioridad, fueron: refrigerador, plancha, lavadora, licuadora y televisión.

Sobre su conocimiento del Fondo del Servicio Universal Eléctrico (FSUE), saben que fueron beneficiarios de tal programa, el apoyo lo solicitaron de manera individual en el palacio municipal de Umán y cubren una cuota mensual, de \$85 pesos mexicanos, por la energía generada por su sistema fotovoltaico, la mayoría de la comunidad no considera justo el pago que realizan, por concepto de mantenimiento de los paneles y baterías durante 5 años, según su contrato.

Sobre el funcionamiento del sistema, tienen experiencia previa en generación con paneles fotovoltaicos, por un programa al que habían accedido anteriormente, y que ya no cuentan con los equipos. Las ventajas que externan sobre el sistema es la iluminación de las viviendas, pues antes se iluminaban con velas y ahora pueden acceder a teléfonos celulares y poder cargarlos celulares. La principal desventaja de su sistema fue que no es posible conectar más aparatos como en casas que tienen electricidad de la termoeléctrica (de la red), entienden que el funcionamiento de sus equipos se limita a cosas básicas y no de necesidades como refrigerar sus alimentos.

No saben qué mantenimiento se le debe dar a los equipos, pues nunca recibieron algún tipo de asesoría al respecto, y cuando ocurre algún problema, llaman a un técnico de la empresa instaladora cuando ocurre alguna falla. Bajo el supuesto de que, si pudieran invertir en la

ampliación de su sistema de generación con paneles fotovoltaicos, los resultados indican que no lo harían.

Los cambios que harían en el programa de electrificación son: quitar sus paneles e interconectarse a la red. Solicitud que desde hace años se promueve por el comisariado de la comunidad, sin obtener respuesta favorable al respecto.

3.2.2. FSUE en la comunidad de Sac-Nicté

Las condiciones de vida de la comunidad de Sac-Nicté, previamente descritas, la ubican entre las localidades prioritarias para el FSUE, en 2018, cuatro familias de cinco existentes en la comunidad fueron beneficiadas por el fondo y cuentan con Sistemas Fotovoltaicos Aislados (SFVA) que incluyen generación eléctrica fotovoltaica y sistema de almacenamiento [39].

Cada familia realizó la solicitud de manera individual a través del ayuntamiento municipal de Umán y una vez que recibieron la aceptación esperaron, tres meses, para que la empresa "PerfectHome" instalara los equipos. El equipo fue instalado sobre techos de losa e incluyeron un panel solar fotovoltaico de 300 W, estructura de montaje, un inversor de 800 W, 2 baterías de 12 V y 115 Ah cada una, un controlador de carga, 4 focos tipo LED, instalación eléctrica para las luminarias, 2 contactos dobles, dos lámparas portátiles recargables y protectores de corriente (ver Figura 3.2).

La comunidad previamente había sido beneficiada por programa similar, no especificado, donde contaron con un sistema similar, pero el panel fotovoltaico era de 86 W. A pesar de que el nuevo equipo instalado es de una potencia mayor, reconocen que no brinda mayores beneficios eléctricos en la práctica ya que solamente cubre sus necesidades de iluminación en el hogar y para cargar equipos móviles como celulares y laptops. Planchar o licuar no es una actividad que puedan realizar actualmente pero que si lograban hacerlas con el sistema anterior.



Figura 3.2 Sistema fotovoltaico instalado en Sac-Nicté.

En caso de alguna falla del sistema llegue a presentarse, cuentan con un número telefónico que los comunica directamente con la empresa instaladora, misma que debe solucionarlo, ya que, ante una falla sencilla, no hay personal capacitado en la localidad para atenderlo. A pesar de que en los lineamientos marca la capacitación de una persona, en la localidad no se recibió, tampoco se dio una explicación básica del funcionamiento del equipo. Un ejemplo es el desconocimiento del sistema de enfriamiento del inversor, ya que confundían el sonido del ventilador con una alarma o señal de mal funcionamiento y optaban por interrumpir el flujo eléctrico hacia el sistema de almacenamiento.

En Sac-Nicté es notoria la desconfianza hacia las fuentes de energía renovable ya que cubre solamente las de iluminación y carga de equipos móviles, dejando fuera las importantes necesidades de refrigerar alimentos, que se supone, considera el FSUE como prioridad.

Sobre la cuota de sostenibilidad, que se establece en las estrategias del FSUE (establecidas en el Diario Oficial de la Federación [DOF]) los beneficiarios pagan una cuota mensual de ochenta y cinco pesos en tesorería de Umán por el concepto “cuota de sostenibilidad en la localidad de Sac-Nicté” en proyectos de electrificación [37].

A continuación, se presenta una tabla comparativa entre los lineamientos teóricos del FSUE y las aplicaciones llevadas a cabo en Sac-Nicté.

Tabla 3.2. Lineamientos del FSUE aplicados en Sac-Nicté. Fuente: elaboración propia.

Descripción de actividad	Teoría	Aplicación en la comunidad
Cubre iluminación	Si	Si
Cubre comunicación	Si	Si
Cubre conservación de alimentos	Si	No
Caracterización de la comunidad	Si	No
Socialización del proyecto	Si	No
Capacitación técnica a la comunidad	Si	No
Cuota de sostenibilidad	Si	Si
Visión de representación única del FSUE	Si	Si
Cobertura eléctrica necesaria	Si	No
Componentes básicos de cobertura	Si	No

Nótese que de diez actividades requeridas en los lineamientos solo se dio cumplimiento parcial a 4 de ellas.

Es necesaria la correcta aplicación del FSUE, una comunidad no refleja una mala aplicación del programa a nivel estatal, por ello, se añadirán encontrada de 2 comunidades más, de los comentarios de ejecutores calificados y la propuesta tenderá hacia la cobertura de los servicios energéticos modernos por completo y no solo al acceso universal a la iluminación.

3.3. Diseño estratégico participativo en materia de energía

3.3.1. Diseño de un sistema de generación (solar) y almacenamiento eléctrico

El consumo diario proyectado por vivienda es de 5,704 Wh/día, es decir, 5.704 kW diarios. A continuación, se procedió a elegir el voltaje del sistema, 48 V bajo el siguiente criterio:

- Si el consumo diario se encuentra en un rango de 1-2000 Wh, el sistema será a 12 V;
- De 2001-4000 Wh, será de 24 V;

- De 4001 en adelante, será de 48 V.

Elegir un voltaje bajo, como 12 V, implica que el inversor tendrá que soportar una corriente mayor lo que podría bloquearlo, esto como consecuencia del amperaje que implicarían las interconexiones en paralelo de las baterías para poder almacenar y distribuir 5.704 kWh diarios. Un voltaje mayor, como el elegido, implican menos baterías en paralelo.

La siguiente tabla muestra los consumos diarios y máximos de cada aparato eléctrico seleccionado.

Tabla 3.3. Equipos eléctricos proyectados para cada vivienda

APARATO (S)	CANTIDAD	CONSUMO (W)	HORAS DE USO DIARIO h/día	CONSUMO DIARIO (Wh/día)	Consumo diario máximo (W)
FOCO LED	9.0	9.0	4.0	324.0	81.0
LICUADORA	1.0	350.0	0.2	58.3	1050.0
REFRIGERADOR	1.0	290.0	8.0	2320.0	870.0
TV (LED 32")	1.0	75.0	5.0	375.0	75.0
Plancha (ropa)	1.0	1000.0	0.8	800.0	1000.0
Lavadora automática	1.0	400.0	1.1	426.7	1200.0
VENTILADOR DE TORRE	1.0	70.0	8.0	560.0	210.0
CARGADOR DE TELEFONO	3.0	5.0	2.0	30.0	15.0
Lap top	1.0	270.0	3.0	810.0	270.0
TOTAL				5,704.00	4,771.00

Considerando que las horas solares mínimas de la comunidad son 5.39 y la potencia del panel fotovoltaico seleccionado es de 330 W, se realizó el cálculo para determinar el número de paneles solares adecuados para cada vivienda. Con la siguiente ecuación se obtiene la potencia fotovoltaica requerida:

$$Potencia\ del\ sistema\ fotovoltaico = \frac{consumo\ diario\ con\ factor\ de\ corrección\ del\ 20\%}{horas\ solares\ mínimas\ de\ la\ comunidad}$$

$$Potencia\ del\ sistema\ fotovoltaico = \frac{5775.60\ Wh/día}{5.39\ h/día}$$

$$\text{Potencia del sistema fotovoltaico} = 1269.91 \text{ W}$$

$$\text{Potencia del sistema fotovoltaico} = 1270 \text{ W}$$

Para calcular el número de paneles solares, se divide la potencia del sistema entre la potencia del panel seleccionado.

$$\text{Cantidad de paneles fotovoltaicos} = \frac{\text{Potencia del sistema fotovoltaico}}{\text{Potencia del panel seleccionado}}$$

$$\text{Cantidad de paneles fotovoltaicos} = \frac{1269.91 \text{ W}}{330 \text{ W}} = 3.85$$

$$\text{Cantidad de paneles fotovoltaicos} = 4 \text{ paneles}$$

Para la elección del controlador, se optó por el controlador SRNE MPPT 60A, cuyo voltaje máximo de entrada es de 150 V y ya que no soporta la entrada de 4 paneles en serie, pues el voltaje en circuito abierto del panel (VOC) es de 45.9 V, que subiría hasta 183.6 V, se optó por la conexión de 2 paneles en serie que se conecten en paralelo con otros 2 paneles en serie, como se muestra en la siguiente figura y cuyas especificaciones se muestran en la Figura 3.3.

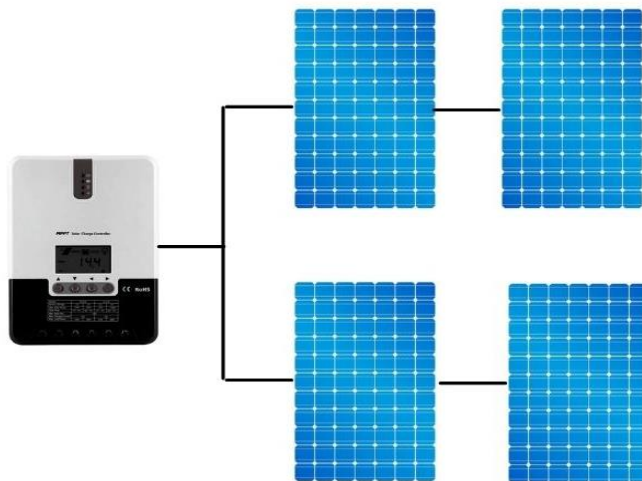


Figura 3.3. Arreglo propuesto (elaboración propia).

En la Tabla 3.4 se muestran las características del arreglo propuesto.

Tabla 3.4. Características del arreglo propuesto.

VOC PANEL	45.9	V
VOC DEL SISTEMA	91.8	V
V MÁXIMO DE ENTRADA DEL CONTROLADOR	150	V
ISC AMPERAJE PANEL	9.12	A
CONEXIÓN	2	MÓDULOS EN SERIE
	2	SERIES EN PARALELO
AMPERAJE DEL SISTEMA	18.24	A

En un sistema de generación fotovoltaico aislado, lo que determina el tamaño del inversor requerido es la carga de los aparatos que serán conectados, es decir, de la demanda diaria máxima calculada (4771 kW). Se seleccionó el inversor-controlador Growatt 4200MTL-US, equipo de fácil instalación y buen comportamiento en sistemas aislados, es una marca comercializada en México, además, en un solo equipo se obtiene el inversor y el controlador que permite la conexión del arreglo propuesto: de dos paneles en serie y dos en paralelo (ver sección de anexos, para los datos técnicos).

Para el diseño del sistema de almacenamiento, se consideró lo siguiente

$$\frac{Ah}{día} = \frac{6844.8 \frac{Wh}{día}}{48 V} = 153.33 \frac{Ah}{día}$$

$$Baterías \text{ en paralelo} = \frac{153.33 \frac{Ah}{día} \times 1 \text{ día}}{0.7} = \frac{153.33}{0.7} = 219.04$$

$$Baterías \text{ en paralelo} = 1.83 = 2 \text{ baterías}$$

$$Baterías \text{ en serie} = \frac{48 V}{12 V} = 4 \text{ baterías}$$

$$Total \text{ de baterías} = 2 \times 4 = 8 \text{ baterías}$$

Es decir, se requieren dos arreglos en paralelo, de cuatro baterías en serie, como se muestra en la Figura 3.4.

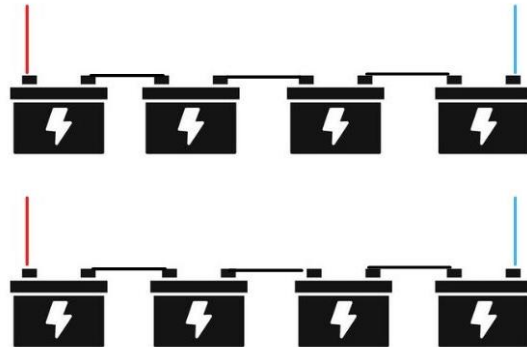


Figura 3.4. Arreglo de baterías para el sistema de almacenamiento (elaboración propia).

Se realizó el modelo en 3D de diferentes secciones de la comunidad, en el software de diseño SketchUp. Una de las viviendas a las que se tuvo acceso se presenta en la siguiente figura, al modelo original se le añadió el sistema fotovoltaico propuesto (tres paneles), se encuentra orientado hacia el sur y tiene una inclinación de 18° (lo recomendado acorde a la latitud geográfica del lugar).



Figura 3.5. Ejemplo del arreglo del sistema fotovoltaico en una vivienda.

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Diseño de un sistema de bombeo para riego agrícola

El dimensionamiento de este tipo de sistemas es un proceso que implica tomar en cuenta una serie de parámetros y condiciones locales, como son la irradiación solar, la profundidad del acuífero, las hectáreas a regar, así como el déficit y requerimiento hídrico de las especies a sembrar. Para la comunidad de Sac-Nicté, no se tiene contemplada actividad agrícola a corto plazo, los habitantes no manifestaron esa intención. Por lo cual, muchas de las variables son actualmente indefinidas.

En todo caso, el correcto dimensionamiento de instalaciones de riego basadas en energía solar es el objeto de otro trabajo de tesis de maestría, actualmente en curso, y cuyas conclusiones se podrán aprovechar junto con la propuesta de este documento, de forma complementaria y no redundante.

3.3.3. Diseño de un sistema de calentamiento de agua

Se calculó que es necesario un calentador solar plano con capacidad de 180 litros de agua para una vivienda, en promedio, de 5 personas. Los usos de este recurso no solo se limitan a ducharse, también aplican en la limpieza del hogar.

Para el calentamiento de agua, se propuso un sistema conformado por un calentador solar de tipo plano cuya instalación se hará en el cuarto de baño de cada vivienda, que ya tienen instalación hidráulica y tinaco para almacenamiento. Por lo que solo se requiere instalar el calentador seleccionado y elevar el tinaco a una altura mínima de 1 metro y máximo 2.5 metros respecto al equipo solar térmico. A continuación, se presenta el diagrama de interconexión en la vivienda.

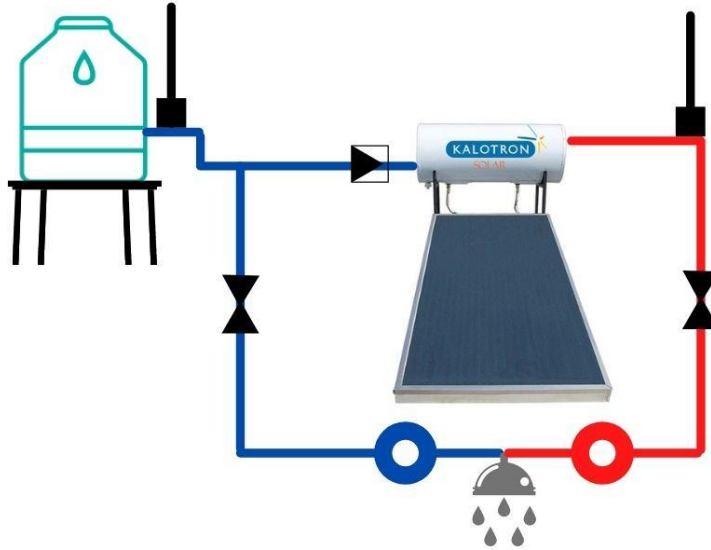


Figura 3.6. Diagrama del sistema de calentamiento de agua propuesto.

3.3.4. Diseño de un sistema de alumbrado público

El alumbrado público, brinda seguridad y puede mejorar la calidad de vida de una comunidad. Para la elección de las luminarias se consideró el factor de deslumbramiento, sensación visual causada por un brillo excesivo e incontrolado, que reduce la capacidad de ver y apreciar el exterior.

Para la elección de la luminaria, se seleccionó de tipo led, ya que, en el mercado actual, las lámparas LED más eficaces producen hasta 130 lúmenes por watt, esto es más del doble del rendimiento energético comparada con una lámpara fluorescente compacta y diez veces más eficiente que una lámpara incandescente.

Se eligió la luminaria solar phillips VGP703 T25 1 xLED13-4S/730 DM10, con una separación óptima recomendada entre marciales de 15 metros, de acuerdo a las distancias calculadas en la comunidad, la cantidad de luminarias necesarias es de 23.

La iluminación, por luminaria es la siguiente:

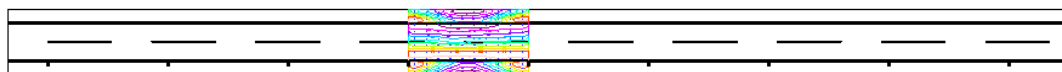


Figura 3.7. Luminaria elegida en la vía pública.

Fuente: elaboración propia en DIALUX.

La cobertura de iluminación es de 350 metros, distribuida entre las 2 calles principales de la comunidad y abarcando todos los hogares de la misma.

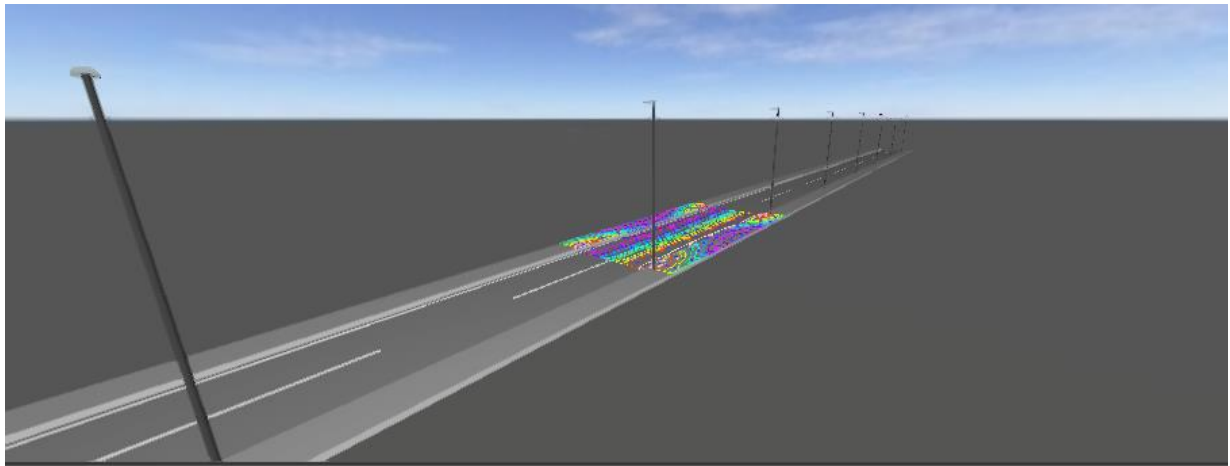


Figura 3.8. Vista de luminarias en la vía pública.

Fuente: elaboración propia en DIALUX.

3.3.5. Diseño de cocción de alimentos eficiente

Los materiales recomendados para la nueva estufa recomendados fueron los siguientes:

- Chimenea metálica de 4 pulgadas de diámetro y de 1.8 m de alto.
- Recamara de combustión hecha con ladrillos y barro.
- Plancha de metal reforzada de 1/8 de grosor con 24 pulgadas de largo por 16 de ancho.

El modelo propuesto es el siguiente:

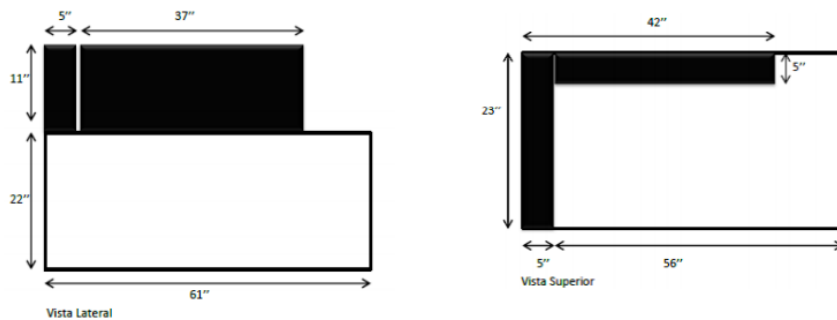


Figura 3.9. Paredes de la estufa.

Fuente: Trees Water and People [54].

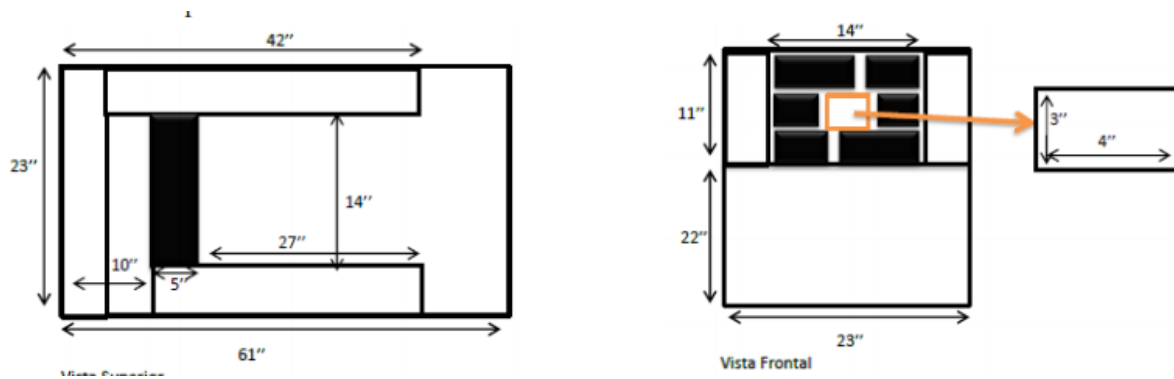


Figura 3.10. Parte interna.

Fuente: Trees Water and People [54].



Figura 3.11. Ejemplo de estufa propuesto.

Fuente: Trees Water and People [54].

Que principalmente incluye la necesidad de extraer, a través de la chimenea, el humo que se genera durante el tiempo de cocción de alimentos en los hogares.

3.4. Propuesta de seguimiento del Fondo de Servicio Universal Eléctrico

Alcanzar el cien por ciento de electrificación en México es necesario y posible, las estrategias establecidas en el diario oficial de la Federación para la aplicación del Fondo de Servicio Universal Eléctrico (FSUE) son alcanzables y se encuentran bien descritas: los ideales de socialización de proyectos, cobertura de necesidades básicas como salud, educación y vivienda digna, representan los derechos a los que todo mexicano debe acceder, las comunidades rurales, muchas veces alejadas de las grandes ciudades representan usos y costumbres de nuestros antepasados, asegurar la permanencia en sus tierras mediante la aplicación programas como el FSUE es de gran importancia. Sin embargo, la correcta aplicación de programas sociales (como el mencionado) requieren varios cambios en la implementación:

- La decisión y los procesos deben centrarse en las comunidades, con su participación inicial, consentimiento y protagonismo en la implementación y elección de opciones. ¿Qué requieren en prioridad? ¿Qué actividades económicas se trata de potenciar?
1. Se requieren más actores: observadores objetivos, bien intencionados y preparados en materia de energía “que velen por la cobertura correcta de cada vivienda aislada del país y de Yucatán” por ello, este proyecto de investigación propone que sea la academia, apoyada en investigadores y estudiantes de posgrado, un apoyo local para la implementación de los programas de electrificación nacional, que busquen la correcta implementación de los lineamientos descritos en dichos programas.

3.5. Comparación económica del sistema fotovoltaico

Los costos aproximados, sin IVA, para llevar electricidad de la red a la comunidad modelo ascienden a \$1,546,978.92 pesos mexicanos, la Tabla 3.5 muestra un pequeño desglose por obras y en anexos se encuentra el desglose de cada obra (Tabla A2.1).

Tabla 3.5. Costos de obra de ampliación de la red a la localidad de Sac-Nicté.

Fuente: CFE, Distribución Peninsular área de electrificación rural.

Numero OBRA	Descripción	Cantidad	Costo	Precio
1	POSTES RGD	47	\$29,932.20	\$1,406,813.22
2	Transformadores Aéreos RGD	2	\$45753.45	\$91,506.90
3	Murete para Recepción de Acometida	12	\$4054.9	\$48,658.80
			TOTAL	\$1,546,978.92

Por otro lado, los costos del sistema fotovoltaico calculados para cada vivienda, ascienden a \$338,734.34

Tabla 3.6. Costos de obra de la instalación fotovoltaica calculada para a la localidad de Sac-Nicté.

Fuente: elaboración propia con datos de FESAT SOLAR y Mayorista Solar.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
PANEL SOLAR JA 330 W	PZA	4	\$2,660.00	\$10,640.00
INVERSOR/ CONTROLADOR GROWATT 4200TL-US	PZA	1	\$16,952.00	\$16,952.00
BATERIA LTH 12V 115Ah CICLO PROFUNDO	PZA	8	\$3,914.79	\$31,318.32
APROX 15% EXTRA POR IMPLEMENTOS (CABLEADO, CAJAS, INTERRUPTORES, GABINETE, TUBERÍA ETC)	NA			\$8,836.55
			TOTAL POR VIVIENDA	\$58,910.32
			TOTAL POR COMUNIDAD	\$338,734.34

Los resultados muestran, que en materia de electrificación en el hogar, el costo de los sistemas fotovoltaicos, en total, son 4.5 veces menos que los costos por ampliar la red hasta la comunidad.

3.6. Apertura de datos de comunidades fuera de la red con el uso de sistemas de información geográfica

Los datos que se recabaron en la presente investigación, con hallazgos importantes como la identificación y ubicación de las comunidades fuera de la red, fueron entregados a CentroGeo, que, a través de sus sistemas de información geográfica, formularon el mapa que se encuentra en la sección “mapeo de comunidades fuera de la red”

3.7. Contribución a la política pública para comunidades fuera de la red

Si bien, muchos retos para comunidades fuera de la red fueron identificados por García Ochoa (2014) y García Ochoa y Graizbord (2016), la principal contribución hacia la política pública que se destaca de este trabajo es: generación de datos de comunidades sin electrificación o electrificación ineficiente, plantear el problema de pobreza energética en comunidades que están

siendo electrificadas con sistemas fotovoltaicos, cuya electrificación dista de ser justa. Proponer un primer sondeo, a través de herramientas como la entrevista, para generar datos aplicables a los modelos que miden el índice de pobreza energética y comparar los costos de electrificación renovable con la ampliación de la red convencional.

3.8. Propuesta de un modelo de comunidad sostenible fuera de la red

De acuerdo con los pasos realizados en esta investigación, los lineamientos marcados por autores en materia de energía, pobreza energética e implementación de proyectos energéticos justos, se propone un modelo de implementación, que incluye la cobertura de necesidades energéticas en comunidades fuera de la red, a través de la participación social [4, 5, 6, 47]. La implementación de este modelo busca desarrollar una comunidad sostenible, aislada de la red.

El modelo propuesto para la implementación de proyectos, con enfoque participativo y reducción de la pobreza energética en comunidades fuera de la red se presenta en la Figura 3.12. Los pasos para seguir para cumplir con el modelo se describen a continuación [47]:

- Identificación de personas clave: una vez seleccionada la localidad de estudio, se deben identificar a las personas, vitales, para el desarrollo del proyecto. La construcción de los grupos de trabajo debe tener en cuenta las afinidades y roles entre los habitantes del lugar;
- Definición de conceptos clave: definir como objetivos, las necesidades energéticas primordiales;
- Generación de cuestionario: generar un cuestionario, que será atendido en la entrevista, dicho cuestionario debe favorecer el dialogo entre los participantes;
- Organización de logística y materiales: esto incluye el material audiovisual indicado, a una persona, que no sea el entrevistados, dedicada a tomar apuntes, que sea imparcial y objetivo ante las necesidades externadas;
- Invitación al grupo; de una manera culturalmente abierta, con todos los participantes;
- Aplicación del cuestionario: de manera objetiva y con interés.
- Sistematización de la información obtenida: procesar la información recabada;
- Identificación de necesidades energéticas; procesar e identificar las necesidades objetivo;

- Diseño de los sistemas energéticos: aplicar las fórmulas necesarias para el cálculo de los sistemas energéticos identificados como faltantes o con poca cobertura;
- Análisis comparativo de electrificación convencional: realizar un análisis económico entre los sistemas propuestos y la electrificación convencional, con líneas de transmisión eléctrica.
- Apertura de información: informar a las autoridades locales la implementación del proyecto, para cambiar el estatus de la localidad, de no electrificada a electrificada.



Figura 3.12. Diagrama de flujo del modelo efectivo de suministro energético.

DISCUSIÓN

Los resultados encontrados, sobre la comparación de los costos de electrificación, arrojan que resulta más viable electrificar en su totalidad a las viviendas de una localidad aislada, como la del estudio, que integrarla a la red eléctrica local. Este es un dato conocido, pero en esta investigación se encontró que, para la comunidad de Sac-Nicté, un sistema fotovoltaico, que cubre todas las necesidades energéticas, en materia de electrificación, es 4.5 veces menos costoso que añadir a dicha comunidad a la red.

De hecho, las ventajas de los sistemas propuestos incluyen una autonomía, en caso de nula o baja generación de dos días en los sistemas fotovoltaicos.

La entrevista no estructurada destaca la interacción entrevistador- entrevistado el cual está vinculado por una relación de persona a persona cuyo deseo es el de entender más que explicar. Por lo que se recomienda formular preguntas abiertas, enunciarlas con claridad, únicas, simples y que impliquen una idea principal que refleje el tema central de la investigación. Proponer como la mejor forma de entrevistar a futuro.

Ya que no se ha corroborado la información proporcionada de CFE con los gobiernos municipales, existe la posibilidad de que algunas comunidades en el listado cuenten con electricidad, pero por algún proceso administrativo aún estén consideradas en esta clasificación, por lo tanto, este paso de control es vital para la actualización del inventario. Además, es necesario integrar al inventario las características de las comunidades fuera de la red que cuenten con electricidad.

CONCLUSIONES

El ODS 7 es tan importante, que diversos organismos internacionales lo toman como el eje central de los otros objetivos, disminuir la pobreza energética a través de soluciones limpias nos conducirá a la electrificación universal adecuada.

En Yucatán, la cobertura eléctrica es alta y una parte de las comunidades sin electricidad, como se puede ver en el mapa de localidades sin electricidad en el estado, se encuentran cercanas a carreteras con líneas de transmisión bien definidas, lo que invita a considerar la opción de generación distribuida o de mini red, con fuentes de energía renovable dadas las perspectivas internacionales de energía limpia y no contaminante.

Sac-Nicté se considera una comunidad electrificada, pero las carencias eléctricas invitan a reflexionar sobre ¿cuántas comunidades están consideradas como electrificadas y solo tienen iluminación? y ¿debemos tener sujetas a una cobertura eléctrica tan limitada a las comunidades aisladas? Si las experiencias internacionales de electrificación se adecuan a las necesidades eléctricas de las comunidades en Yucatán, además se corrigen algunos tropiezos, se puede lograr que las comunidades fuera de la red en México se conviertan en referentes de generación eléctrica aislada, de origen renovable que preserven a las comunidades rurales y fuera de la red eléctrica.

De acuerdo con las necesidades y satisfactores registrados a través de la encuesta realizada en la subcomisaria de Sac-Nicté, se obtiene parcialmente que la mayor carencia de bienes económicos identificados por la localidad modelo coincide con la mayor carencia de bienes económicos para Yucatán según el estudio de pobreza energética donde se determinó el porcentaje de población careciente de: “Estufa de gas o eléctrica con 38%” “Confort térmico con 30.9%” “Calentamiento de agua con 26.3%” y “Refrigerador eficiente con 22%”.

PERSPECTIVAS

En este trabajo de investigación se llegó a la conclusión de que la implementación de programas para electrificar comunidades fuera de la red, con energía renovable, pueden llevar a considerar como “electrificadas” localidades que distan de cubrir sus necesidades eléctricas, principalmente. También, genera condiciones para mantener invisibilizada la pobreza energética de estas.

Para futuras investigaciones se propone adaptar el modelo cuantitativo de Ochoa o incluso el del banco mundial y otorgar el nivel específico de pobreza energética en este tipo de comunidades, aunque se puede suponer que es alta, considerando las premisas que se estudian por los autores. Además, la alineación de los modelos con las estrategias de Proyecto Comunidades y Energía Renovable, pueden ser de utilidad para las intervenciones en comunidades fuera de la red, que permitan generar la información pertinente y necesaria para su cobertura energética.

También se sugiere que para futuras investigaciones, se corrobore la información proporcionada, por las bases de datos electrónicas, con los gobiernos municipales para no considerar “sin electricidad” a comunidades que ya han sido electrificadas con apoyos municipales.

Y como estrategias para la implementación de los lineamientos en programas nacionales de electrificación; se sugiere enfatizar recursos al correcto dimensionamiento de los sistemas, que sean acorde a las necesidades proyectadas por las localidades, así como la consideración de erradicar la pobreza energética del sector rural.

Asimismo, se invita a considerar la implementación de sistemas agrovoltáicos en este tipo de comunidades.

REFERENCIAS

- [1] Tornel, C., Rojas, D., Zapata J. L., Martínez A. M., and Aurelio J. Á. (2019) Alternativas para limitar el calentamiento global en 1.5°C Más allá de la economía verde, Primera. Ciudad de México: Creative Commons.
- [2] Panel Intergubernamental de Cambio Climático- IPCC (2019) Calentamiento global de 1.5°C - Resumen técnico para responsables de políticas
- [3] World Economic Forum (2020) Fostering Effective Energy Transition, Reporte de información, Ginebra, Suiza.
- www.weforum.org Consultado: 20 de marzo de 2021.
- [4] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2018) Pobreza energética: análisis de experiencias internacionales y aprendizajes para Chile. Santiago de Chile.
- [5] García, R. O. (2014) Pobreza energética en América Latina, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile.
- [6] García, R. O., Graizbord, B. (2016) Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional, Vol. XVI, núm 51, mayo-agosto de 2016, Ciudad de México.
- [7] Wyman, O. (2019) About The World Energy Trilemma Index, Consejo Mundial de Energía, Reino Unido.
- www.worldenergy.org Consultado: 15 de agosto de 2020.
- [8] ONU- Organización de las Naciones Unidas (2017) El mundo está lejos de alcanzar la meta de energía limpia y asequible para todos, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2017/11/11653/> Consultado: 20 de Junio de 2019.
- [9] USND- División de Estadística de las Naciones Unidas (2014) Open Working Group on Sustainable Development Goals (OWG) Statistical note for the issue brief on: Energy.
- [10] Shonali, P., Narasimha, D. R., Yu, N., Keywan, R., (2012) Access to Modern Energy Assessment and Outlook for Developing and Emerging Regions, Laxenburg, Austria.
- [11] International Bank for Reconstruction and Development/ THE WORLD BANK (2017) STATE OF ELECTRICITY ACCESS REPORT, Washington DC.

- [12] U.S. Energy Information Administration- eia (2017) Global access to electricity has increased over the past two decades - Today in Energy - U.S. Energy Information Administration (EIA).
<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=31552>. Consultado: 12 de Junio de 2019.
- [13] ONU, (2016) Objetivos de Desarrollo Sostenible | PNUD, <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
Consultado: 11 de enero de 2019.
- [14] ESMAP (2019) Tracking SDG7 | Progress Towards Sustainable Energy, *RESULTS WORLDWIDE*. <https://trackingsdg7.esmap.org/> Consultado: 21 de Junio de 2019.
- [15] Eia, ONU, ESMAP, IRENA, WORLD BANK GROUP, and THE WORLD HEALTH ORGANIZATION (2019) TRACKING SDG7 THE ENERGY PROGRESS REPORT CAPITULO I: ACCESS TO ELECTRICITY
- [16] Fondo de Servicio Universal Eléctrico- FSUE, Secretaría de Energía- SENER (2016) Fondo de Servicio Universal Eléctrico, Julio de 2016, presentación de trabajo.
- [17] CFE- Comisión Federal de Electricidad (2019) Datos Abiertos de México - ELECTRIFICACIÓN POR ENTIDAD FEDERATIVA, <https://datos.gob.mx/busca/dataset/electrificacion-por-entidad-federativa>. Consultado: 19 de Mayo de 2019.
- [18] CentroGeo, INEGI (2015) Localidades rurales y urbanas de Yucatán, Plataforma Geoweb IDEGeo.
http://idegeo.centrogeo.org.mx/layers/geonode%3A_31I/layer_info_metadata. Consultado: 11 de enero de 2019.
- [19] CFE- Comisión Federal de Electricidad (2019) Poblaciones Nacionales No Electrificadas al 4 trimestre del 2018, Mérida, Yucatán, solicitud: 1816400118419.
- [20] Secretaría de Desarrollo Social (2019) Programa para el Desarrollo de Zonas Prioritarias, lineamientos del programa, México.
- [21] ESMAP (2019) | ESMAP
[https:// Energy Access www.esmap.org/energy_access](https://www.esmap.org/energy_access). Consultado: 11 de Mayo de 2019.
- [22] SEforALL (2019) Enfriamiento para todos

<https://www.seforall.org/interventions/cooling-for-all> Consultado: 17 de Mayo de 2019.

[23] SEforALL (2019) Electricity for All in Africa *SUSTAINABLE ENERGY FOR ALL*
<https://www.seforall.org/interventions/electricity-for-all-in-africa> Consultado: 20 de Mayo de 2019

[24] World Bank (2019) Projects : Regional Off-Grid Electrification Project | The World Bank
<http://projects.worldbank.org/P160708?lang=en> Consultado: 20 de Mayo de 2019.

[25] Iluméxico (2019) Programas sociales, Ciudad de México.

<https://ilumexico.mx/inicio/impacto/> Consultado: 15 de abril de 2019.

[26] Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, (2019) Programa De Fomento A La Agricultura 2019 Componente Mejoramiento Productivo De Suelo Y Agua Componente Energías Renovables.

[27] Acciones Prácticas (2018) Poor people's energy outlook 2018, Technology Challenging Poverty, Lograr un acceso inclusivo a la energía a gran escala, Practical Action Publishing, Rugby.

<http://dx.doi.org/10.3362/9781780447544>

[28] INAFED- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (2017) La distribución espacial de población es un reto nacional.
<https://www.gob.mx/inafed/articulos/la-distribucion-espacial-de-poblacion-es-un-reto-nacional>. Consultado: 11 de enero de 2019.

[29] CONAPO (2016) La condición de ubicación geográfica de las localidades menores a 2 500 habitantes en México Capítulo III: Los resultados nacionales, Ciudad de México.

[30] CentroGeo (2021) Plataforma de información geoespacial.
<https://idegeo.centrogeo.org.mx/interactive/layers#> Consultado: 24 de Marzo de 2021.

[31] CONAPO- Consejo Nacional de Población (2010) México: La condición de ubicación geográfica de las localidades menores a 2 500 habitantes en México, *Mapa*, p. 2010.

[32] CONEVAL- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2014) La medición multidimensional de la pobreza en México, Ciudad de México.

[33] Consejo Nacional de Población (CONAPO) (2016) Capítulo 1. Concepto y dimensiones de la marginación, Índice Marginación Por Entidad Federativa Y Municipio no. 2016, pp. 11–

16.

[34] Secretaría de Energía- SENER (2016) Reglas de operación del Fondo de Servicio Universal Eléctrico, Ley de la Industria Eléctrica, México.

https://base.energia.gob.mx/dgaic/DA/P/SubsecretariaElectricidad/FondoServicioUniversalElectrico/SENER_07_ReglasOperacionFSUE.pdf Consultado: 10 de enero de 2019.

[35] C. De Diputados, D. H. Congreso De, L. A. Unión, and N. Ley, Ley De La Industria Eléctrica.

[36] Gobierno de México (2013) Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, Ciudad de México.

[37] Secretaría de Gobernación (2017) POLÍTICAS Y Estrategias Para La Electrificación De Comunidades Rurales Y Zonas Urbanas Marginadas.

[38] CPN, FSUE, FIDE (2018) Bases Del Concurso Nacional Para Ejecutores Calificados, p. 43.

[39] FSUE-Fondo de Servicio Universal Electrico, FIDE-Fideicomiso par el Ahorro de Energía Eléctrica, and SENER Secretaria de Energía (2014) Anexo 1, Especificaciones Técnicas-Sostenibilidad, Ciudad de México.

[40] IRENA (2018) Off-Grid Renewable Energy Solutions. Global and regional status and trends, Int. Renew. Energy Agency, no. 2015, pp. 1–20.

[41] IRENA (2017) Accelerating Off-grid Renewable Energy. IOREC 2016 Key Findings and Recommendations, *IOREC Third Int. Off-grid Renew. Energy Conf.*, pp. 1–24.

[42] ARE (2018) Cooperación ARE-SEforALL | La Alianza para la Electrificación Rural (ARE), *Alliance for Rural Electrification*.

<https://www.ruralelec.org/are-seforall-cooperation> Consultado: 11 de enero de 2019.

[43] SENER (2015) Comunidades sin electricidad en México, Ciudad de México, inafed_bd_1547191102.

[44] Google Earth Pro (2019) Sacnigte, Uman, Yucatán, México, p. 1. Consultado: 11 de enero de 2019.

[45] Bacab (2018) Sacnigte, Úman. Características generales de la población. https://www.facebook.com/pg/BACAB-AC-1508262482801973/about/?ref=page_internal. Consultado: 14 de enero de 2019.

- [46] FIDE (2020) Revista del fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica, Pobreza energética, vol. 26, Ciudad de México, pp. 7–48, Apr-2020.
- [47] Comunidades y Energía Renovable (2020) Lineamientos para el desarrollo de proyectos de energía renovable: participativos, incluyentes y transparentes, Ciudad de México.
- [48] Laura, C., Díaz P., Díaz, L., Torruco, G. M., Martínez, H., Varela, R.M., (2013) La entrevista, recurso flexible y dinámico, Investig. en Educ. Media, vol. 2, no. 7, pp. 162–167, May 2013.
- [49] Lupicino, I. (2008) Métodos Cualitativos De Investigación En Ciencias Sociales, Entrevista Grupal, Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades Universidad de Guadalajara.
- [50] CEPAL (2007) Guía metodológica para la evaluación participativa de políticas y programas, en el marco de la Estrategia Regional sobre el Envejecimiento..
- [51] DOF - Diario Oficial de la Federación (2018) NORMA Oficial Mexicana NOM-027-ENER/SCFI-2018.
- [52] Salazar, E. A. M. (2016) Diseño Y Construcción De Una Estufa Ecoeficiente Para La Fundacion Kyrios Gustavo, in Universidad Tecnológica De Pereira, p. 72.
- [53] Secretaría de Energía- SENER, Diario Oficial de la Federación- DOF (2020) Programa Sectorial Derivado Del Plan Nacional De Desarrollo 2019-2024, México.
- [54] Osorto, A. B. (2013) Manual Práctico: Construyendo la Eco-Estufa Justa 16 x 24, Tegucigalpa, Honduras.

ANEXO I

A continuación, se presenta la crónica de la visita a Sac-Nicté llevada a cabo el día 14 de abril del 2019, a las 17:19.

Llegué junto con Luis David Patiño, mi director de tesis, a Sac-Nicté la tarde del domingo 14 de abril del 2019 a las 17:19, justo antes de ocultarse el sol. La comisaria “Sofía” fue quien nos recibió, al ver que las personas aún no se acercaban al lugar de la reunión la acompañamos a hacer un segundo llamado a dos de las cinco casas del lugar. La primera familia no mostró mucho interés al vernos y volvieron a preguntar — ¿a qué vienen? —, Sofia les recordó el motivo de la visita. Desde la calle se pueden observar los pavos de crianza que tienen en el terreno, así como una gran cantidad de árboles que brindaron sombra durante una parte del recorrido (Figura A1.1). Nos platicaba que los habitantes de una casa viven en otro pueblo, donde si hay electricidad, y que van a Sac-Nicté una o dos veces por semana, ellos cuentan con sistema FV en funcionamiento.



Figura A1.1. Calle frente a la comisaría de Sac-Nicté.

Caminamos hasta la comisaría y pudimos observar que justo enfrente hay un terreno de uso común que podría aprovecharse en algún proyecto de generación eléctrica centralizada para la comunidad (ver imagen derecha de la Figura A1.2). También vimos lo que queda del sistema

fotovoltaico (FV): un controlador, un inversor averiado, un panel fotovoltaico de 80 W, un breaker y cableado. Nos comentaron que cuando el sistema FV funcionaba, alimentaba un foco para la iluminación de la habitación y uno para el exterior. Años atrás, la comisaría fue escuela para algunos alumnos del lugar (Figura A1.2).



Figura A1.2. Comisaría de Sac-Nicté e inversor encontrado en el lugar.

Después, nos reunimos con la familia de Sofia quienes ya esperaban —en la banqueta bajo un árbol— para la plática, estaban: su papá, sus dos hermanas y el novio de una de ellas. Platicamos sobre el clima y el calor que se experimenta en ciudades y en comunidades como Sac-Nicté, bromearon sobre mi resistencia al calor de Yucatán y entre otras cosas, recordó uno de los habitantes (el excomisario) que yo había estado en la comunidad meses atrás respondiendo algunas dudas sobre el uso de energía fotovoltaica. Después, llegó otra familia, eran tres mujeres una de edad avanzada y dos más jóvenes, la que vivía en una de las casas que previamente habíamos avisado de la reunión.

El Dr. Patiño nos presentó, platicó sobre el tema de tesis que estoy trabajando y el papel de Sac-Nicté en la investigación. El excomisario y padre de Sofia. Un hombre mayor, agradeció la visita y la propuesta de investigación, nos platicó rápidamente la historia del pueblo —aquí hubo una hacienda henequenera que brindó trabajo a pobladores yucatecos y algunos otros traídos de Sonora, sacaron adelante la industria del henequén durante su auge que, luego del abandono del ese sector, el pueblo se fue quedando cada vez con menos habitantes— dijo él. Algunos regresaron a sus lugares de origen, otros buscaron mejores oportunidades en la capital o pueblo

cercano y pocos se quedaron, a pesar de las comodidades que se pierden por la falta o baja calidad de energía eléctrica en Sac-Nicté.



Figura A1.3. Camino a la casa de la comisaría.



Figura A1.4. Terreno de uso común frente a la comisaría.

Les pedimos que nos dieran su opinión sobre la energía solar, particularmente sobre los sistemas que han sido instalados en sus viviendas. Con diversas voces y palabras dispersas comentaron que no les ha ayudado para sentirse mejor o cubrir sus necesidades como esperaban, Sofia mencionó que ella escucha en la universidad que hay personas con paneles en sus casas, que aunque no estén conectados a la red eléctrica local, pueden cubrir todas sus necesidades usando paneles solares, pero que en Sac-Nicté no ha ocurrido, antes podían encender una licuadora y por las noches una televisión pero ahora solo pueden contar con encender focos y cargar sus teléfonos celulares o computadoras. El excomisario nos comentó que han sido beneficiados con paneles solares en dos ocasiones, el primer sistema que les instalaron funcionó muy bien durante mucho tiempo, tuvieron contacto con la empresa instaladora, sabían que podían conectar diferentes aparatos eléctricos aprovechando la energía acumulada en las baterías. Encendían televisión o licuadora o plancha y por las noches tenían luz pero que, el sistema instalado recientemente no les permite hacerlo (a pesar de que es más grande), además, hace un ruido extraño, la pantalla muestra una carga de baterías al 25% que nunca sube, no pueden conectar plancha o televisión, solo les permite cargar celulares o laptops. Me llamó la atención que mencionan en varias ocasiones la falta de ver televisión o planchar antes que la falta de refrigeración de alimentos, pero ¡Cómo mencionarlos si nunca han tenido refrigerador!



Figura A1.5. Casa familiar de la representante comunitaria.

Una de las señoras de la segunda familia nos mencionó que ella ¡no quiere saber nada sobre energía solar!, que ya se dio cuenta que no les ha ayudado a cubrir sus necesidades durante 15 años, además, asusta a su mamá cuando el sistema FV hace un sonido raro, por lo que recurren a apagar su equipo (bajan el breaker).

Comentamos con los presentes, que anteriormente yo había ido al lugar y que sabía que el primer sistema instalado fue de 80 W, el segundo de 300 W y que técnicamente debían tener más beneficios energéticos por tener una potencia instalada mayor. Pedimos permiso para revisar sus sistemas, pero la segunda familia no accedió, mencionaron que ellos quieren “energía de la termoeléctrica”.

Se unieron dos señoras más, de dos viviendas distintas, una de ellas llegó preguntando ¿de qué empresa veníamos?, nos presentamos nuevamente y estuvo atenta a la información. La otra señora habló muy poco, algunas palabras en maya y otras en español, entre ellas dijo ¡yo por eso no tengo, con mis velas tengo lo mismo que los demás! cuando otros mencionaban que este nuevo sistema solo les da para cargar su celular y encender focos.

Mencionaron que tienen: estufa de leña, focos, teléfonos celulares y laptops, los que requieren de electricidad, aprovechan la generada por su actual sistema. También, que lo que más desean tener es refrigerador en primer lugar, luego: plancha, lavadora, licuadora y televisión. Actualmente

se apoyan en hielo que compran en Dzibikak para mantener algunos alimentos perecederos, otros los compran día a día.

No fueron censados por el Censo del Bienestar, los jóvenes no cuentan con beca de estudios, hay tres jóvenes universitarias.

La solicitud de apoyo al fondo del servicio universal eléctrico lo realizan de manera individual con ayuda de la comisaria y del gobierno municipal de Umán, los beneficiarios pagan una cuota mensual por ochenta y cinco pesos en tesorería de Umán por el concepto de “cuota de sostenibilidad en la localidad de Sac-Nicté” en proyectos de electrificación.

Dimos por terminada la reunión agradeciendo a los habitantes por presentarse y escuchar nuestra propuesta, una de las señoras accedió a que viéramos el equipo FV de su vivienda y las condiciones de uso, nos dirigimos hacia allá. Al llegar nos encontramos con una instalación fotovoltaica reciente y una antigua en funcionamiento, la más reciente fue instalada el año pasado y alimenta solamente 4 focos led y un par de cargadores de teléfono móvil. Su segundo sistema, correspondiente al apoyo gubernamental más antiguo cuenta aún con panel FV, baterías e inversor, sin embargo, las conexiones eléctricas se observaron deterioradas y solo le conectan luminarias led tipo campamento para su área de cocina.

Después acudimos a la casa de la Sofia y su familia que, de igual manera, iluminan cuatro focos led, cargan celulares, laptops y un par de lámparas portátiles, nos externaron que para refrigerar algún alimento deben comprar hielo en la comunidad aledaña Dzibikak. También, pedimos que conectaran sus celulares y computadoras portátiles esperando escuchar el sonido que les preocupaba, luego de un par de minutos lo oímos, era un ventilador, entonces, les explicamos que el ruido proveniente del inversor es un ventilador que enfría el equipo para evitar sobrecalentamiento, dejándolos más tranquilos respecto a ese problema.



Figura A1.6. Módulo fotovoltaico de 80 W (en funcionamiento).



Figura A1.7. Luminarias led improvisadas para iluminar una cocina.

Finalmente nos despedimos de la familia, dimos las gracias por la visita y nos retiramos.

ANEXO II

A continuación, se presenta el desglose de costos, por obra, para la interconexión a la red de la localidad de estudio.

Tabla A2.1. Desglose de costos de interconectar la comunidad de estudios a la red eléctrica.

Fuente: CFE, 2019.

Numero OBRA	Descripción	Cantidad	Costo	Precio	
1	POSTES RGD	47		\$1,406,813.22	
			29,932.20		
Clave	Tipo	Descripción	UM	Cantidad	Importe
UPI61-04	Inst	BAJANTE DE TIERRA	PZ	19	27585.34
UPI70-10	Inst	ESTRUCTURA RD3N 13 KV	PZ	2	8 643.35
UPI70-16	Inst	ESTRUCTURA VS3N 13 KV	PZ	27	110 990.25
UPI70-16	Inst	1 POSTE DE CONCRETO PCR-12-750	PZ	47	491 151.96
UPI70-48	Inst	7 ESTRUCTURA VR30 13 KV	PZ	5	24 739.00
UPI70-49	Inst	0 ESTRUCTURA VD30 13 KV	PZ	2	12 256.34
UPI70-49	Inst	3 ESTRUCTURA VA30 13 KV	PZ	7	53 723.91
UPI70-60	Inst	ESTRUCTURA REMATE CONCRETO B.T 2F-3H	PZ	12	17 148.05
UPI70-62	Inst	ESTRUCTURA B.T PASO 2F-3H CONCRETO	PZ	3	4 518.87
UPI70-66	Inst	ESTRUCTURA VS30 13 KV	PZ	2	7 442.58
UPI70-79	Inst	ESTRUCTURA RD30 13 KV	PZ	1	4 495.66
UPI73-22	Inst	RETENIDA SENCILLA DE ANCLA 13 Y 23 KV	PZ	4	11 965.05
UPI73-29	Inst	RETENIDA DE BANQUETA Y ANCLA 13 Y 23 KV	PZ	2	7 552.12
UPI73-33	Inst	RETENIDA VOLADA A ESTACA Y ANCLA 13 Y 23 KV	PZ	16	114 486.12
UPI74-06	Inst	CABLE ACSR 1/0 (1F - KM)	HK	1.99	35 011.70
UPI75-04	Inst	CABLE SA-AAC (3/0) XLP 15 KV (1F-KM)	HK	6.53	428981.16

UPI77-04	Inst	CABLE MULTIPLE AL-ACSR (2+1)3/0-01/0C (0.3 KM)	PZ	1.28	37 673.90
UPI96-01	Inst	ACOMETIDA AEREA BT HASTA 5 KW AL (1+1)6C CON CONECTOR A COMPRESION	PZ	12	8,447.86
Numero OBRA	Descripción		Cantidad	Costo	Precio
2	Transformadores Aereos RGD		2	45753.45	\$91,506.90
Tipo	Clave	Descripción	UM	Cantidad	Importe
UPI63-13	Inst	CORTACIRCUITOS PARA 1T-2F-13 KV	PZ	2	24 607.72
UPI78-23	Inst	TRANSF-1F-10 13200-120/240 V	KVA- PZ	1	22 831.28
UPI78-25	Inst	TRANSF-1F-25 13200-120/240 V	KVA- PZ	1	44 067.90
Numero OBRA	Descripción		Cantidad	Costo	Precio
3	Murete para Recepcion de Acometida		12	4054.9	\$48,658.80
Tipo	Clave	Descripción	UM	Cantidad	Importe
UPI61-01	Inst	MURETE PARA RECEPCION DE ACOMETIDA DOMICILIARIA EN BAJA TENSION	PZ	12	48658.80
				TOTAL	\$1,546,978.92

Tabla A2.2. Desglose de costos "obra 2"

Descripción	Cantidad	Costo	Precio TOTAL
Transformadores Aéreos RGD	2	45753.45	91 506.90
Descripción	UM	Cantidad	Importe
CORTACIRCUITOS PARA 1T-2F-13 KV	PZ	2	24 607.72

TRANSF-1F-10 KVA-13200-120/240 V	PZ	1	22 831.28
TRANSF-1F-25 KVA-13200-120/240 V	PZ	1	44 067.90

Tabla A2.3. Desglose de costos "obra 3"

Descripción	Cantidad	Costo	Precio
Murete para Recepción de Acometida	12	4054.9	48658.8

Descripción	UM	Cantidad	Importe
MURETE PARA RECEPCION DE ACOMETIDA DOMICILIARIA EN BAJA TENSION	PZ	12	48658.8

ANEXO III

Datos del inversor-controlador seleccionado en el diseño del sistema fotovoltaico:

Tabla A3.1. Especificaciones técnicas del inversor.

Máxima potencia FV recomendada	5250 W
Máxima potencia CD de entrada para cada MPPT	4200 W
Máximo voltaje CD	600 V
Voltaje de arranque	150 V
Voltaje nominal CD	360 V
Rango de voltaje FV	100 V – 600 V
Rango de voltaje MPPT nominal	120 V- 550V
Número de seguidores MPP independientes / cadenas por seguidor MPP	2 / 2
Max. corriente de entrada utilizable / por rastreador MPP	27 A / 15 A
Max. corriente de cortocircuito de entrada para cada MPPT	27 A

Tabla A3.2. Ordenamiento del sistema

1 ARREGLO 3 PANELES EN SERIE			
DATOS DEL CONTROLADOR			
VOC PANEL	45.9	V	
VOC DEL SISTEMA	137.7	V/ SISTEMA	
V MÁXIMO DE ENTRADA DEL CONTROLADOR	150	V	
ISC AMPERAJE PANEL	9.12	A	
CONEXIÓN	3	MÓDULOS EN SERIE	
AMPERAJE DEL SISTEMA	9.12	A	