

SOLARIZAR MÉXICO COMO POLÍTICA SOCIAL: UNA ESTRATEGIA PARA COMBATIR LA POBREZA ENERGÉTICA

Rodrigo Flores-Elizondo / Luis Carlos Shaar Velázquez

Introducción

A raíz del cambio climático y de los Acuerdos de París de 2015 (COP 21), las naciones comienzan a tener metas claras de transición energética a fin de reducir los Gases de Efecto Invernadero (GEI) que provocan. En este tenor, Alemania apostó con fuerza por las energías renovables y pudo presumir el 1 de enero de 2018 que logró cubrir por primera vez toda su demanda de energía eléctrica con este tipo de insumos (Amelang, 2018). En días laborales, su proporción es de apenas 41 por ciento, pero sigue creciendo. Por su parte, México se propuso aumentar para 2024 a 35 por ciento la proporción de energías limpias que utiliza.¹ Si bien se trata de un objetivo loable para el medio ambiente, hay que preguntarse por sus efectos en la economía del país y la de sus hogares.

El gobierno federal entrante, a través del Proyecto 18 lanzado durante la campaña presidencial, mostró ser sensible a

¹El compromiso de México no fue en energías renovables sino en energías limpias. Según la Ley de Transición Energética, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de diciembre de 2015, se contemplan como tales todas las energías con fuentes renovables, pero también algunas con fuentes no renovables, siempre y cuando se manejen dentro de los parámetros que las regulan en sus impactos ambientales.

estos temas y plantea expresamente su objetivo de acelerar la transición energética reduciendo las fuentes fósiles y aprovechando la autogeneración con energías renovables (Proyecto de Nación 2018-2024, 2017).

En la actualidad, los hogares mexicanos se energizan mayoritariamente de fuentes con base en hidrocarburo (véase gráfica 2). Una parte importante de éstos tienen subsidios y aportaciones gubernamentales. Puede verse que poco más de una cuarta parte de las necesidades de la vivienda promedio se surten a través del fluido eléctrico. Esta proporción se duplicó en los últimos 20 años y puede preverse que la tendencia siga. ¿Cómo podría implementarse una política social energética que involucrara a los hogares en esta transición energética hacia las energías renovables, y que no implicara una sobrecarga adicional para las empresas públicas que actualmente aportan los insumos, entre ellos la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y Petróleos Mexicanos (Pemex)?

El presente texto explora la posibilidad de encontrar respuestas a través del aprovechamiento de las azoteas de las viviendas con sistemas fotovoltaicos (SFV) para generar energía eléctrica. Se discutirán las posibilidades técnicas y financieras de la instalación masiva de SFV en los hogares mexicanos dados los esquemas financieros y de interconexión derivados de la Reforma Energética de 2013. Todo esto de una manera financiera y socialmente viable.

Para comenzar con la parte social, es necesario ubicar un tema nodal de los debates hacia la proclamación del derecho humano a la energía, o al menos, a ubicar las obligaciones de los estados para con sus ciudadanos en materia de energía: este tema es el de la pobreza energética.

Pobreza energética

A lo largo del presente siglo, el debate sobre pobreza energética ha cobrado relevancia sin que por ello se hallan logrado asentar puntos fijos de los cuales establecer política pública universal

(Kimmins, 2001; Linares, 2009; Zambrano y Carrasco, 2013; García y Graizbord, 2016; Franco y Vázquez, 2017; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2018). Se entiende que se orienta a las viviendas y se consensa que es básico para la supervivencia de los habitantes de hogares que necesitan energía para calentarlos en invierno o para refrescarlos en verano.² Pero cuando las condiciones climáticas no salen excesivamente de un marco de confort térmico (entre 18 y 27 grados centígrados),³ las otras necesidades que cubren las energías complementarias a la somática no son determinantes para la supervivencia humana sino sólo potenciadoras de la calidad de vida (Kimmins, 2001).

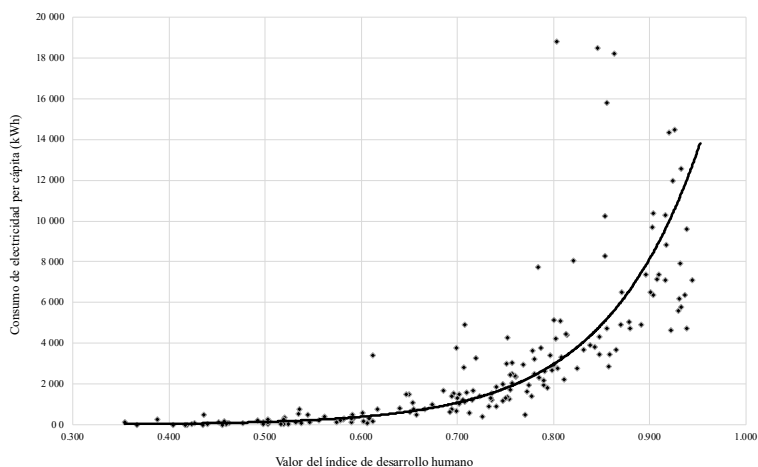
Por otro lado, tampoco hay consenso ni de la naturaleza de esas energías ni de sus mínimos básicos. Fuera del nivel de supervivencia que los climas extremos imponen, el resto de las actividades involucradas han sido cubiertas de manera tradicional y somática. La humanidad logró alimentarse y cubrir sus otras necesidades básicas sin energías complementarias, pero contar con éstas supuso un avance importante en las civilizaciones agrícolas y ganaderas. Se modificó desde la dieta hasta la estructura social. Las energías que ofrece la modernidad a los hogares (petróleo, gas, electricidad) no les aporta satisfactores nuevos, pero sí formas de satisfactores que liberan a miembros del hogar para dedicarse a otras actividades.

²La manera más eficiente de mantener un hogar en condiciones de confort térmico es el manejo de su exposición al medio ambiente (sol, humedad y viento): cerramientos, aislamientos y aprovechamiento del sol, para calentar; ventilación y sombreados, para refrescar. Más allá de este nivel, se precisan artefactos asociados a combustibles o energéticos: ventiladores, calentadores, aires acondicionados. Cuando un hogar debe invertir 10% o más de su ingreso en ellos, o necesitando no los tiene, se le considera en pobreza de combustible o pobreza energética.

³El concepto de confort térmico involucra varios parámetros además de la temperatura en la vivienda, como la humedad relativa (de entre 30 y 70%), el movimiento del aire o la actividad humana que se quiere realizar en dicho entorno (véase Blender, 10 de marzo de 2015).

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) muestra que los países con mayor índice de desarrollo humano (IDH) tienen también mayor consumo de energía per cápita (PNUD, 2011, 2015). Parecería evidente que aumentar la disponibilidad de energía para sus empresas y hogares les impulsa a mejorar su IDH, pero el poder establecer una línea mínima de subsidio no es fácil pues a medida que los hogares adquieren acceso a más energías, también se modifican sus hábitos de consumo en lo que se acaba llamando *ambition gap* (PNUD, 2018). (Véase gráfica 1).

Gráfica 1. Distribución de países según su consumo eléctrico per cápita y su IDH en 2017

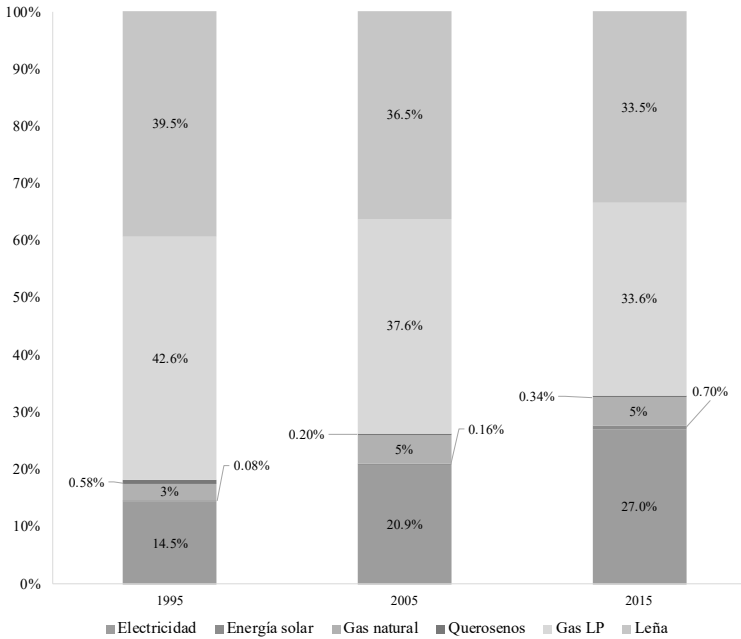


Fuente: Elaboración propia con base en información de la página del PNUD (s.f.) y la Central Intelligence Agency (CIA, s.f.).

A la preocupación por la calidad de vida en los hogares, se une el reto de que ésta sea cubierta de la forma que impacte menos al medio ambiente. Concretamente, que produzca la menor cantidad de gases de efecto de invernadero (GEI). Como parte de un estudio para la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) (2018), la Comisión Nacional para el

Uso Eficiente de la Energía (Conuee) de México establece que tradicionalmente los hogares del país han satisfecho sus necesidades con base en gas LP y leña. Aunque se tiene la tendencia a utilizar crecientemente electricidad, la predominancia de las energías fósiles prevalece (véase gráfica 2).

Gráfica 2. Energías por fuente en sector residencial en México, 1995-2015

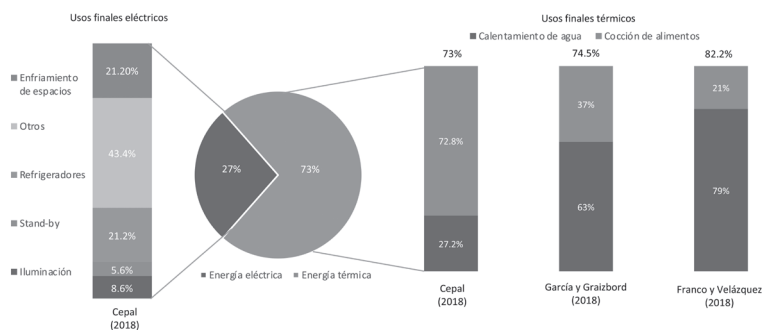


Fuente: Elaboración propia con base en la Cepal (2018).

Al desplegar la distribución del consumo de energía por uso final en el sector residencial nacional, puede apreciarse que el mayor gasto es mediante usos finales térmicos: para calentar agua y cocinar alimentos (véase gráfica 3). Ambas se han hecho tradicionalmente en fogones de leña y ahora se llevan a cabo mediante estufas y calentadores a base de gas LP. La refrigeración de alimentos y la iluminación son los siguientes rubros.

Así, de acuerdo con la gráfica 2, las energías que cubren unas tres cuartas partes de las necesidades cotidianas son leña y gas LP, y sólo una cuarta parte se hace con la electricidad como insumo. Sin embargo, como se verá más adelante, se cuenta con la tecnología para cubrir todas las necesidades del hogar mediante equipos alimentados por electricidad.

Gráfica 3. Distribución del consumo de energía por uso final en el sector residencial



Fuente: Elaboración propia con base en García y Graizbord (2016), Franco y Velázquez (2017) y la Cepal (2018).⁴

Al volver al tema de la pobreza energética en México, un abordaje interesante es aportado por García y Graizbord (2016), quienes dividen entre necesidades de protección y subsistencia, y las de entretenimiento, ocio y recreación, y trata de asociarlas a energéticos para el hogar. Argumenta en su estudio que no sólo basta el energético, sino también el aparato a través del cual se satisfaga la necesidad. Así, establece un con-

⁴La gráfica 3 muestra que la cocción de alimentos usa casi tres veces más energía que el calentamiento de agua. El dato es de la Cepal (2018), pero García y Graizbord (2016) obtienen la tendencia contraria: más energía para calentar agua que para cocinar. Es consistente en ello con Franco y Velázquez (2017). Se consigna aquí esta interesante discrepancia sin más tiempo para dilucidarla, pues la discusión de este texto se orienta al consumo eléctrico.

junto de satisfactores (energético-aparato) y plantea que, ante la falta de alguno, el hogar en cuestión puede ser señalado en pobreza energética. Contabiliza en 36.7 por ciento la proporción de hogares mexicanos en pobreza energética debido a que, según la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) 2012 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi), les falta al menos un satisfactor relacionado: por iluminación 2.2 por ciento; por entretenimiento 5.5 por ciento; calentamiento de agua 8.7 por ciento; cocción de alimentos 16.6 por ciento; refrigeración eficiente 21.1 por ciento y confort térmico 33 por ciento. La investigación de García y Graizbord es interesante, aunque deja varias interrogantes. La primera es que las necesidades domésticas que despliega no son todas de igual importancia ni son priorizadas de la misma forma por los hogares mexicanos. Cabría preguntarse las razones por las cuales estos hogares prefieren cubrir su diversión antes que su confort térmico. Así, García y Graizbord podrían estar planteando un primer indicio de la racionalidad económica en uso doméstico de la energía en México, algo necesario, pero no suficiente para dilucidar el problema de la pobreza energética y para establecer lineamientos hacia un derecho humano a la energía.

Un camino para esclarecer lo que sería la pobreza energética y las acciones conducentes de política pública, es establecer grados o niveles de urgencia. Sería lo que García y Graizbord establecían como *protección y subsistencia*, pero con más crudeza. En el cuadro 1 se pretende ubicar niveles y distinguir los de subsistencia (riesgo de muerte en caso de no satisfacerse), de los de confort básico y siguientes en una escala de calidad de vida desde las viviendas.

Cuadro 1. Niveles de pobreza energética

<i>Nivel de pobreza energética</i>	<i>Rango de temperatura en hábitat*</i>	<i>Concepto de nivel de pobreza energética</i>	<i>Actividad relacionada</i>
1	Menor a 4 °C	Supervivencia	Calentar la vivienda Calentar agua para beber
2	Mayor a 35 °C	Supervivencia	Enfriar la vivienda Cocción de alimentos
3	Entre 4 °C y 35 °C	Confort básico (protección)	Enfriamiento de alimentos Confort térmico Bombeo de agua Iluminación

*Un estudio de la NASA establece que las personas pueden vivir indefinidamente en hábitat cuyas temperaturas vayan de los 4 y los 35 °C con una humedad relativa de 50% como máximo (véase «¿Cuál es la temperatura máxima que soporta el cuerpo humano?», 2016).

Fuente: Elaboración propia con base en Kimmins (2001).

En el nivel de supervivencia mostrada en el cuadro 1, la actividad crítica es conseguir que la vivienda soporte la vida humana. En Inglaterra, un hogar está en condición de pobreza de combustible si para calentar su vivienda debe invertir más de 10 por ciento de su ingreso (García y Graizbord, 2016). Dado que se tienen poblaciones mexicanas que reportan menos de los cuatro grados centígrados como temperatura mínima promedio anual, este nivel debe considerarse. Se le agrega la necesidad de aportar calor al cuerpo mediante, al menos, bebida caliente. El segundo nivel son las viviendas cuya temperatura máxima promedio anual subirá por arriba de los 35 °C. Aquí, la actividad básica es enfriar la vivienda.

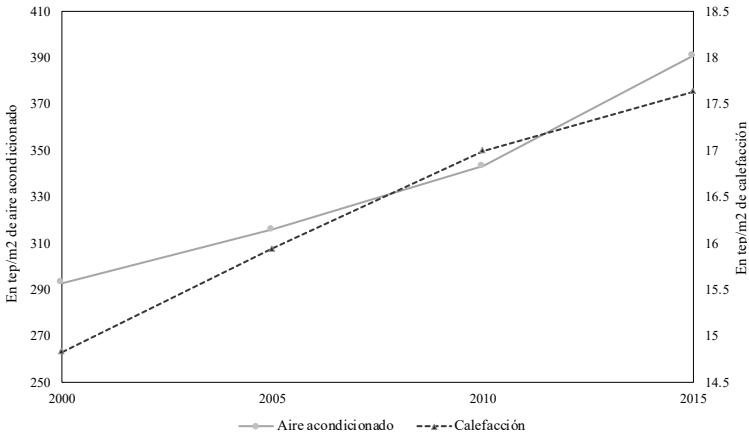
La Cepal (2018) muestra que la proporción de hogares mexicanos que cuentan con al menos un equipo de aire acondicionado ha aumentado durante los últimos años, pero no es preponderante. La cifra de 1996 fue de 7.4 por ciento con 1.3 equipos por vivienda; en 2015 fue de 14.3 por ciento con 1.5 equipos por hogar. La Conuee distingue, además, cuánta de esta energía de climatización se utilizó para enfriar y cuánta para calentar. En la gráfica

4 se muestra que la primera necesidad es mayor que la segunda en un rango de 20 a 1. El razonamiento de este organismo es que los días de frío y los hogares expuestos a estos son bastante menos que los de calor.

El tercer nivel de pobreza energética, según la propuesta mostrada en el cuadro 1, ya no es de supervivencia y reconoce una diversidad de actividades que dan un confort básico a la vivienda. El confort térmico se busca acercar la temperatura ambiente interior a los estándares antes mencionados (18 °C a 27 °C), cocinar y refrigerar alimentos, contar con agua potable (lo que generalmente requiere bombeo) e iluminación. Este nivel no considera el entretenimiento.

Establecida ya la necesidad sobre la que se quiere incidir –pobreza energética de subsistencia y de confort básico– es posible pasar a explorar la cuestión de si la instalación de SFV en las azoteas domésticas es viable como política social.

Gráfica 4. Consumo de energía para enfriamiento y para calefacción de espacios por metro cuadrado en las viviendas habitadas de México, 2000-2015



Fuente: Elaboración propia con base en la Cepal (2018).

La solarización de las azoteas domésticas como política social

Retomando la preocupación ambiental por cubrir las necesidades de los hogares, se tiene que las tecnologías con base en leña y gas LP son las que más emisiones de GEI producen. Así, una política social que atienda este rubro no tendría que orientarse a aumentar el acceso a estos energéticos sino a substituirlos por otros de menor impacto ambiental. El caso de calentar agua mediante calentadores solares es una respuesta que ha probado su eficiencia y que es ampliamente aceptada pero poco difundida: pasó de estar en 0.7 por ciento de las viviendas habitadas en el año 2000, a abarcar 3.7 por ciento en 2015 (Cepal, 2018). Según las cifras de García y Graizbord (2016), 8.7 por ciento de los hogares carecía de medios para calentar el agua de la vivienda. Se deduce que 87.6 por ciento restante de hogares usan gas LP o leña. Así, la instalación de calentadores solares como política social podría mejorar la calidad de vida de los hogares carentes, y mejorar el desempeño ambiental de los que usan medios térmicos. Sin embargo, hay que señalar que esta tecnología tiene varias décadas de estar disponible en el mercado nacional y sólo 3.7 por ciento de los hogares la ha incorporado a pesar de que tiene un retorno de inversión relativamente corto (del rango de un lustro). Por tanto, puede inferirse que no se ubica como un satisfactor primario para la calidad de vida doméstica.⁵ Dada la ubicación climática de los hogares mexicanos, pareciera que es una necesidad manejable. Así, los autores de este texto no consideran que calentar agua que no se beberá, atienda ni a la pobreza energética de subsistencia ni a la de confort básico.

Por otro lado, la opción de utilizar artefactos eléctricos en el hogar en lugar de otros a base de gas LP o leña entra en el debate de cómo se genera dicha energía eléctrica. Si se produce en plantas

⁵Con el fin de abatir los GEI y el uso de combustibles fósiles, eventualmente será una política conveniente. Pero por lo pronto, no puede asimilarse como política social para aliviar la pobreza energética.

generadoras de energía a base de carbón, combustóleo o gas, de todas formas, se emiten GEI. La contabilidad para ubicar un balance aproximado de cuántas toneladas equivalentes de carbono se produce para ofrecer electricidad al sistema eléctrico nacional, es calculada por la Comisión Reguladora de Energía (CRE) de México. El cómputo toma en cuenta la proporción de energía generada mediante las diversas tecnologías que conviven en el sistema y que crecientemente buscan avanzar hacia las energías limpias. La cifra para 2017 es de 0.458 toneladas por kilowatt hora (kWh) generado. Dado que la proporción de energéticos fósiles en la producción de energía del sistema sigue rondando 80 por ciento, el balance no es claramente positivo. Sin embargo, a medida que se introducen tecnologías limpias en el esquema, este balance es ambientalmente mejor. En el caso de generación de energía por un SFV doméstico, las emisiones GEI son prácticamente nulas.⁶

Por el lado social hay que mencionar dos situaciones. La primera es que existe 1.3 por ciento de viviendas habitadas que no disponen de servicio eléctrico (Inegi, 2015). La mayoría de ellas se encuentran lejos de la red eléctrica. La segunda es que, aún entre los que están conectados, la cantidad de energía que pueden demandar al sistema se limita si quieren seguir disfrutando de la tarifa doméstica que cuenta con aportación gubernamental⁷ (tarifa 1: 98.9% de los usuarios domésticos están en esta condición).

La llamada tarifa 1 de la CFE⁸ es bimestral y contempla tres escalones de consumo: básico para los primeros 150 kWh,

⁶La operación de los SFV no genera emisiones GEI. Sólo hay que contabilizar las asociadas a la producción de los equipos y a su desecho. Tomar en cuenta que las garantías de los paneles fotovoltaicos rondan los 25 años, pero su operación se puede extender por 40.

⁷Hay un debate entre expertos si se trata de un subsidio. Los puristas en el tema aseguran que no y que por eso la CFE lo nombra aportación gubernamental en los recibos de sus usuarios en tarifa 1 y similares.

⁸La tarifa 1 tiene variantes desde la 1A a la 1F para reconocer las diferentes situaciones climáticas nacionales. Por ejemplo, para Hermosillo corresponde la tarifa 1F, la cual tiene cuatro escalones de consumo para el verano, con topes más altos a precios más bajos (véase CFE, 2017).

intermedio para los siguientes 130 kWh y alta para el resto. Este esquema prevé un uso que no debe llegar a 500 kWh por bimestre como promedio de los tres últimos períodos. Si un hogar alcanza ese promedio por tres bimestres, es pasado a la tarifa de alto consumo (DAC) que implica sobrecosto. Los recibos de la CFE incluyen una leyenda que contabiliza el aporte gubernamental (o subsidio). Para un hogar cuyo consumo se acerca al límite máximo, el subsidio tiende a 40 por ciento, y aumenta a medida que el consumo es menor.⁹ La CFE registra unos 36 millones de hogares en tarifa 1 pero sólo 400 000 en tarifa DAC.

Así, la cocción de alimentos en estufas eléctricas ya existe en el mercado, pero su inclusión en la matriz de consumos podría empujar a un hogar fuera de la tarifa 1 (véase cuadro 2). Un estimado conservador de consumos muestra en el cuadro 2 que un hogar típico nacional demanda unos 230 kWh/mes, si no se incluyen consumos como parrilla eléctrica o aire acondicionado.

La solución técnica tanto al problema de las emisiones GEI a través del sistema eléctrico nacional, como al límite de demanda bimestral por hogar, es la instalación de un SFV doméstico. Si ya se está en tarifa DAC, el ahorro al utilizar energía solar generada en la propia azotea tiene retornos de inversión menores a un lustro. En el caso de la tarifa 1, debido al aporte gubernamental, el retorno puede rondar la década (véase cuadro 3). Dado que la vida útil de los paneles es de al menos 25 años, la rentabilidad es positiva, en cualquier caso. La CFE permite la interconexión con SFV, pero debe autorizar la instalación y reformular con el usuario en cuestión un contrato adecuado (hay, como se verá más adelante, tres posibilidades). Así, el problema no es la conveniencia social o ambiental de los SFV —que es evidente— sino cómo conseguir la inversión inicial para su instalación.

⁹Al calcular el aporte gubernamental que el recibo de la CFE anuncia, sale un costo de 2.99 pesos por kWh. Así, un consumo de 500 kWh implicaría un aporte gubernamental de 42%, pero uno de 150 kWh da uno de 73%.

Cuadro 2. Consumos estimados de un hogar típico en México en 2018.

<i>Equipo</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Demanda por equipo (W)</i>	<i>Demanda total (W)</i>	<i>Hrs. de uso día</i>	<i>Consumo día (kWh)</i>	<i>Consumo - mes (kWh)</i>
Bomba de agua de ½ HP	1	372.85	372.85	1	0.37285	11.34
Refrigerador de 7 ft	1	248.57	248.57	11	2.73427	83.18
Iluminación con focos ahorradores	6	15	90	5	0.45	13.69
Ventiladores	2	200	400	10	4	121.68
Subtotal						229.89
Parrilla eléctrica	1	850	850	1	0.85	25.85
Aire acondicionado	1	700	700	10	7	212.94
					<i>Total:</i>	<i>468.68</i>

Fuente: Elaboración propia con base en Shaar-Velázquez (2015, p. 18).

La instalación de un SFV que pueda generar unos 220 kWh/mes,¹⁰ podría costar entre tres mil y cuatro mil dólares.¹¹ Dado que en moneda nacional son varias decenas de miles de pesos, el problema financiero es el gran reto para la solarización de las azoteas.

En el mercado actual, los costos involucrados pueden manejarse en tres tipos de contratos de interconexión: *net metering*, *net billing* y venta; y en tres tipos de esquemas de inversión:

¹⁰Se podría optar por un sistema que cubra los 230 kWh/mes de la subtabla 2 pero, como se verá más adelante, en algunos esquemas de interconexión no es conveniente generar más de lo que se consume.

¹¹El dimensionamiento del SFV depende del consumo estimado que tendrá el usuario. Para este ejercicio, se toma una cotización de un sistema de 1500 W para un cliente real y sale a unos dos dólares y medio más impuestos (a mayor potencia, menor sale el precio por unidad de potencia).

adquisición, renta del equipo o renta de la propia azotea para que otro instale su equipo. A continuación, se exponen brevemente con ventajas y desventajas pensándolos como propuestas de política social.

*Propuesta: instalación de SFV
en azoteas domésticas como política social*

A fin de plantear la instalación de SFV en azoteas domésticas como política social, hay que tener al menos tres tipos de consideraciones: las técnicas –qué equipamiento involucra estos SFV según la situación de política social que se quiere atender–, las de contrato de interconexión y las financieras.

Las consideraciones técnicas tienen que ver, sobre todo, con la situación de los hogares a tomar en cuenta respecto a la red actualmente existente del sistema eléctrico nacional. Esta red ya da el servicio a 98.7 por ciento de las viviendas del país. Si lo que se busca es atender con energía eléctrica al asentamiento restante, lo recomendable es evaluar si la red lo abarcará próximamente en su dinámica de expansión. De ser así, y debido a su eficiencia, vale la pena alentar esa vía. De otra manera, lo que hay que implementar son sistemas isla: generación solar autónoma de una o varias viviendas que almacenan la energía en sistemas de baterías, que implican un costo extra y un impacto ambiental adicional al terminar su vida útil. Implica cálculos minuciosos de los consumos eléctricos presentes y futuros a mediano plazo. Dada la autonomía de este tipo de sistemas, no es necesario un contrato de interconexión con la CFE. Para el resto de las modalidades, la batería es conveniente pero no necesaria, bastan los paneles solares, los inversores y la interconexión al sistema de la CFE. No se detallan más las cuestiones técnicas en este escrito para no desviar la discusión (para más detalles véase Shaar [2015] y Shaar y Flores [2018]).

La de *net metering* es la modalidad de interconexión más extendida actualmente. El usuario genera energía durante el día,

en condiciones propicias, y consume la del sistema el resto del tiempo. El sistema hace un balance de energía y cobra la diferencia cuando es a su favor. Cuando es en su contra, se hace una *bolsa energética*. Es por esto que, en este tipo de esquema, no es conveniente instalar un SFV de mayor capacidad si el usuario doméstico ya está en DAC, este sistema puede redituárle un ahorro tal que le permita pagar la inversión inicial en el rango de un lustro. Si está en tarifa 1, pero con consumos de tercer escalón, el retorno de inversión ronda la década según el consumo que el usuario se esté ahorrando. En el cuadro 3 se calcula el ahorro por metro cuadrado de paneles en un SFV doméstico de tarifa 1 con consumo de 220 kWh/mes y otro en DAC de 600 kWh/mes a precios de julio de 2018. Se utilizaron para el ejercicio paneles comerciales de 280 W, dos metros cuadrados por panel y una producción promedio de 42 kWh/mes por panel.

Cuadro 3. Ejemplo de potencial de ahorro con un SFV doméstico

<i>Tarifa</i>	<i>Consumo mensual (kWh)</i>	<i>Tamaño SFV (paneles)</i>	<i>Ahorro por mes</i>	<i>Ahorro por m²/mes</i>	<i>Retorno de inversión (años)</i>
1	220	5	\$ 589.12	\$ 47.13	8.1
DAC	600	15	\$ 2 862.34	\$ 76.33	4

Fuente: Elaboración propia con base en Shaar y Flores (2018).

En la interconexión tipo *net billing*, la diferencia es cómo se calcula y compensa al usuario la energía que éste ingrese al sistema. Se trata aquí de que la CFE pague al usuario la energía a los precios del lugar y el momento en que se entrega.¹² Dado

¹²El precio de venta en el mercado eléctrico mayorista varía según la hora a la que el mercado del nodo específico demanda electricidad. Se cuentan ya con aplicaciones para teléfonos inteligentes que hacen el cálculo al día y por hora. Por ejemplo, los nodos de la Zona Valle de México Centro promediaban \$1.46 / kWh el día 22 de septiembre de 2018, pero alcanzaron los \$2.16 / kWh hacia las 10 a.m.

que el precio de venta repercutirá en el retorno de la inversión, de no ser conveniente hará que los usuarios opten por la interconexión en *net metering*. Pero si el precio de venta es mayor que la inversión marginal para generar la energía más allá del consumo implicaría una rentabilidad que podría ser atractiva para que inversionistas instalaran un SFV de una capacidad mayor a su consumo en su vivienda, o en las de sus vecinos.

Un esquema aún más ambicioso, manteniéndose en baja tensión, es el de venta directa: se interconecta un SFV al sistema eléctrico nacional sin necesidad de alimentar directamente una vivienda. Toda la electricidad generada es vendida.

En este punto, ya es posible reunir las cuestiones relevantes que permitan plantear una política social que lleve a instalar SFV en azoteas domésticas. De entrada, se reconoce que la generación por fuentes renovables es la versión con mejor respuesta ambiental entre las disponibles actualmente. Adicionalmente, se tiene que los hogares pueden satisfacer sus necesidades a través de la energía generada por un SFV. Se tiene, finalmente, que ya sea en tarifa con aporte gubernamental o en la de alto consumo, los SFV observan retornos de inversión dentro del primer cuarto de su vida útil y, por tanto, es económicamente razonable para el usuario instalar un SFV en la azotea de su vivienda. Así, la parte a resolver acaba siendo el financiamiento del equipo. Como política social, la clave es que el gobierno federal detone un mercado minorista de instalación de SFV. Este tiene las siguientes pautas virtuosas:

- 1) Gobierno federal licita la compra centralizada de paneles e inversores en China a precios preferenciales y de calidad *tier 1*.¹³
- 2) Se capacita a técnicos mexicanos para la instalación de los sistemas, con ayuda de instituciones educativas, como

¹³Prácticamente toda la producción mundial de paneles e inversores para SFV se hace en China. Dentro de esa producción hay que ubicar los de mejor calidad o *tier 1*.

Asociación de Normalización y Certificación, A. C. (Ance) y el Fideicomiso para el Ahorro de Energía (Fide), o equivalentes.

- 3) Se capacitan a profesionistas como verificadores e inspectores de la calidad de la instalación.
- 4) Se realizan convenios de trabajo con pequeñas empresas mexicanas regionales para la instalación de los sistemas y su mantenimiento.
- 5) Los equipos se venden a costo más un sobrecosto solidario para financiar los sistemas isla de los hogares que aún no tienen servicio eléctrico (1.3% de las viviendas, de acuerdo con el Inegi [2015]).
- 6) Las pequeñas empresas se benefician económicamente con el costo de instalación.
- 7) El gobierno vía CFE recupera el costo de los equipos en tres años.
- 8) Se establece un organismo para desarrollar e implementar estrategias de reutilización o reciclado de los paneles.

Independientemente de la escala en que el gobierno federal pueda detonar el mercado, las condiciones ya están dadas en los casos en que es posible costearlo desde los usuarios mismos. Dado el costo del panel, la mejor opción es pagarlo sin generar crédito. Como muy pocos hogares pueden hacerlo así, otra opción es utilizar crédito bancario, el de Infonavit o el de Fonacot. Si el usuario se muda, puede llevarse los equipos a su nuevo hogar como ya muchos hacen con los focos LED. Una opción final por explorar se abre a partir del esquema de *net billing* (liberado apenas en julio de 2018): conociendo los precios de nodo por hora, se puede calcular la rentabilidad de SFV instalados por barrios saturando los techos de las viviendas a fin de vender a la CFE los excedentes de producción para ir amortizando los equipos, mientras se asegura a todos los habitantes involucrados el nivel de confort básico en sus viviendas. Habrá que estudiar con detalle cada caso pues el consumo de los habitantes suele variar al disponer de más energía (el *ambition gap* [PNUD, 2018]). Así, se tendría que establecer

una interesante gestión social de la energía comunitaria. Serán experiencias sociales estimulantes que ayudarán a evolucionar la política social energética de este país.

Conclusiones

Después de esta breve exploración que busca causas para comunicar la política social con la política energética a base de energías renovables, pueden concluirse que existen caminos tradicionales y caminos nuevos. El más tradicional consiste en instalar calentadores solares para calentar agua en las comunidades donde el frío extremo es un problema, aunque los autores de este texto no consideran que sea la solución ideal para la pobreza energética, ni las cifras revisadas llevan a pensar que sea una necesidad básica para la población. Sin embargo, dada la cantidad de energía térmica que involucra en los hogares en general, esta acción en sí tiene un apreciable valor como política ambiental.

Los caminos nuevos que abren tanto la tecnología como la reforma energética consisten en instalar SFV en las comunidades en general. Se tiene que dichos sistemas son convenientes ambiental, social y económicamente para cualquier vivienda, según su consumo: todas las que ya tienen tarifa DAC, así como las que tienen tarifa I y consumen hasta el tercer escalón. La cuestión es cómo costear los equipos, su instalación y mantenimiento.¹⁴ Existen varias opciones de crédito en el mercado, pero quizá la más interesante sea la instalación de un SFV barrial que sature las azoteas del vecindario, o destine zonas para generación colectiva de energía, a fin de vender sus excedentes a la CFE para amortizar los equipos. La gestión social de la energía que inevitablemente involucra este esquema detonará interesantes experiencias comunitarias.

¹⁴Un buen proveedor debe montarlos, hacer la interconexión eléctrica, hacer los arreglos para el nuevo contrato con la CFE y dar garantías claras para cada parte del equipo. Así, el mantenimiento básicamente consiste en mantener limpias de polvo y otras sombras las superficies de los paneles, y monitorear su buen funcionamiento.

En cuanto a los hogares que se ubiquen en pobreza energética (como se definen en el cuadro 1) deberán ser localizados y cuantificados en los usos que pueden orientar hacia consumos eléctricos. Su distancia a la red del sistema eléctrico nacional definirá si se opta por un sistema isla o por una de las modalidades de interconexión. El financiamiento de sus equipos vuelve a ser la parte compleja. Para los de pobreza energética en nivel de supervivencia se tendría que contemplar la gratuidad al usuario, al menos para cubrir las necesidades expuestas en el cuadro 1. Como se expresa hacia el final de la propuesta, la clave es que el Gobierno Federal de México actúe como dinamizador del mercado de SFV para la generación distribuida.

Finalmente, el cambio climático urge a prever con tiempo las transiciones a modelos de gestión energética que den respuestas. Es previsible que, con el aumento de la temperatura, muchas viviendas comiencen a requerir aire acondicionado o calefacción adicional.¹⁵ El esquema actual de tarifa 1, como se muestra en el cuadro 3, no podrá darles soporte. Una adecuada transición a generación mediante paneles solares permitirá gestionar esos cambios de maneras social y ambientalmente aceptables.

Anexo

Costos estimados para la propuesta de instalación de SFV rurales

Según la Encuesta Intercensal 2015 (Inegi, 2015), había alrededor de 415 000 hogares sin suministro eléctrico. En su mayoría, rurales. A continuación, se hará un ejercicio sobre 500 000 hogares para facilitar la visualización de costos de la propuesta de política social energética presentada en el texto. Se calcula con sistemas fotovoltaicos (SFV) autónomos también llamados

¹⁵Con el cambio climático, lo que se espera es una mayor variación de las temperaturas, por lo que los inviernos podrían ser de frío más intenso que el registrado históricamente.

tipo isla. Esto incluye los paneles generadores (cinco, según el ejemplo del cuadro 3 del texto), un inversor que transforme la corriente directa en alterna, un sistema de baterías para almacenar la energía, circuitos en corriente alterna, circuitos en corriente directa y accesorios, como un controlador de carga y las protecciones eléctricas necesarias.

Se estiman los costos con base en la experiencia de mercado de la Empresa Maen y en los costos reales de transacciones a la fecha de elaboración de este texto. Se toman en cuenta equipos de SFV con calidad *Tier 1* importados de China. Prácticamente todos los SFV se fabrican en dicho país. *Tier 1* se refiere a los equipos con mejor calidad en el mercado. No se recomienda de calidad inferior (véase cuadro 1).

Cuadro 1. Costos estimados para la propuesta de instalación de SFV rurales

Universo de beneficiados: 500 000 viviendas
Consumo promedio mensual por vivienda objetivo (según ejemplo del texto): 220 kWh-mes.
Número de paneles por hogar: 5 unidades de 320 watts de capacidad cada una.
Costo por panel importado y puesto en el puerto de Manzanillo, Colima. México: 0.28 USD/watt.
Costo del total de paneles importados y puestos en Manzanillo: $500\,000 \times 5 \times 320 \times 0.28 = \224 millones USD.
Potencia del inversor: 1500 watts.
Costo del inversor importado y puesto en el puerto de Manzanillo, Colima. México: 0.25 USD/watt.
Costo del total de inversores importados y puestos en Manzanillo: $500\,000 \times 1 \times 1500 \times 0.25 = \187.5 millones USD
Número y capacidad del sistema de baterías: 3 unidades de 250 AMP-h.
Costo de las 3 baterías importadas y puestas en el puerto de Manzanillo, Colima. México: \$525 USD.
Costo del total de baterías importadas y puestas en Manzanillo: $500\,000 \times 525 = \$262.5$ millones USD.
Costo total de partes importadas del SFV (paneles, inversor y baterías): \$674 millones USD.

(continúa)

(continuación)

Costo total de partes importadas del SFV por vivienda: \$1 348 USD.

Costos nacionales:

Accesorios: \$168 375 000 USD; \$337 USD por vivienda.

Circuitos eléctricos para la instalación: \$175 millones USD; \$350 USD por vivienda.

Costos de traslado e instalación: \$600 millones USD; \$1 200 USD por vivienda.

Capacitación:

Técnicos instaladores. Se proponen 50 000; 10 viviendas en promedio cada uno. Se estima en \$4 000 pesos MN la capacitación de cada uno.

Costo total de técnicos instaladores: \$200 millones de pesos MN; \$ 10 millones USD; \$20 USD por vivienda.

Verificadores de campo (revisan que la instalación es correcta antes de autorizar su operación). Se proponen 5 000; 100 viviendas en promedio cada uno. Se estima en \$5 000 pesos MN la capacitación de cada uno.

Costo total de verificadores de campo: \$25 millones de pesos MN; \$ 1.25 millones USD; \$2.5 USD por vivienda.

Costo total de la propuesta: \$1 628.25 millones USD; \$3 256.5 USD por vivienda; \$2.04 USD/watt.

Fuente: Elaboración propia mediante una consulta con la Empresa MAEN (2019).

Este estimado puede tener importantes reducciones desde los descuentos que el gobierno de México pueda negociar en China dados los volúmenes a adquirir en equipo. Otra fuente de ahorro son los impuestos de importación nacionales que este estimado incluye y que el gobierno puede obviar a fin de hacer más eficiente este proyecto.

Referencias

Amelang, S. (5 de julio de 2018). Renewables cover about 100% of German power use for first time ever. *Clean Energy Wire. Journalism for the energy transition*. Recuperado de <https://www.cleanenergywire.org/news/renewables-cover-about-100-german-power-use-first-time-ever>

- Blender, M. (10 de marzo de 2015). El confort térmico. En *Arquitectura & Energía*. Recuperado de <http://www.arquitecturayenergia.cl/home/el-confort-termico/>
- Central Intelligence Agency (CIA). (s.f.). *The world fact book*. Estados Unidos: Autor. Recuperado de <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/253.html#XX>.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal). (2018). *Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de México, 2018*. Ciudad de México: Cepal/ Conuee/ADEME/GIZ.
- Comisión Federal de Electricidad (CFE). (2017). Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 33 grados centígrados. México: Autor. Recuperado de https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_casa.asp?Tarifa=DACTAR1F2003&Temporada5=Verano&Anio=2017&imprime=&Período=2&mes2=&mes=4
- Comisión Federal de Electricidad (CFE). (2019). Nuevo esquema tarifario (Diciembre 2017-2019). México: Autor. Recuperado de <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRECasa/Casa.aspx>
- ¿Cuál es la temperatura máxima que soporta el cuerpo humano? (20 de mayo de 2016). *La Tercera*. Recuperado de <http://www2.latercera.com/noticia/cual-es-la-temperatura-maxima-que-soporta-el-cuerpo-humano/>
- Franco, A. y Vázquez M. (2017). Una aproximación sociodemográfica al consumo de energía en los hogares mexicanos, 2014. En Consejo Nacional de Población (Conapo) (coord.), *La situación demográfica de México 2016* (pp. 159-181). México: Conapo. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/253187/SDM2016_web.pdf
- García, R. y Graizbord, B. (2016). Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional. *Economía, Sociedad y Territorio*, 16(51), 289-337.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). (2015). *Encuesta Intercensal 2015*. México: Autor.

- Kimmins, P. (2001). *The ethics of energy: a framework for action*. París, Francia: UNESCO.
- Ley de transición energética. *Diario Oficial de la Federación*, México, 24 de diciembre de 2015. Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5421295&fecha=24/12/2015
- Linares, P. (26 de febrero de 2009). Aspectos éticos en el uso de las distintas energías [ponencia]. En *Implicaciones éticas en algunos debates científicos*. Madrid: Instituto de España. Recuperado de https://www.iit.comillas.edu/pedrol/documents/etica_y_energia.pdf
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (s.f.). Human Development Index and its components. Human Development Reports. Estados Unidos: Autor. Recuperado de <http://hdr.undp.org/en/composite/HDI>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2011). *Informe sobre el Desarrollo Humano*. Nueva York: Autor.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2015). *Informe sobre el Desarrollo Humano*. Nueva York: Autor.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2018). *Pobreza energética: análisis de experiencias internacionales y aprendizajes para Chile*. Santiago de Chile: Autor.
- Proyecto de Nación 2018-2024*. (20 de noviembre de 2017). México: Morena. Recuperado de <http://morenabc.org/wp-content/uploads/2017/11/Plan-de-Nacion-de-Morena.pdf>
- Shaar-Velázquez, L. C. (2015). *Prácticas de consumo más sostenibles de la energía eléctrica* (tesis de maestría). Universidad Jesuita de Guadalajara, Guadalajara, México.
- Shaar-Velázquez, L. C. y Flores-Elizondo, R. (2018). Las azoteas como espacios generadores de energía. Una oportunidad para aprovechar la reforma energética [ponencia]. En *Segundo Congreso de los Hábitat*. Guadalajara, México: ITESO.
- Zambrano, L. y Carrasco, R. (2013). Sustentabilidad y territorio: Energías renovables ¿Sobre la necesidad o la demanda? *Asuntos*, 25, 305-316.