



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
PROGRAMA DE POSGRADO EN ECONOMÍA  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**MODELO DE OPTIMIZACIÓN DEL USO DE RECURSOS ENERGÉTICOS Y  
COMBATE A LA POBREZA ENERGÉTICA EN MÉXICO: UNA TESIS HACIA LA  
REFORMA ESTRUCTURAL ENERGÉTICA.**

**TESIS**  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
**DOCTOR EN ECONOMÍA**

PRESENTA:  
**NAVARRETE ÁVILA HUGO ALONSO**

TUTOR:  
DR. LIU SUN XUEDONG  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN, UNAM

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:  
DR. ANDRÉS BLANCAS NERIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS, UNAM

DR. DAVID BONILLA VARGAS  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS, UNAM

DR. SALOMÓN GUZMÁN RODRÍGUEZ  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN, UNAM

DR. DARÍO GUADALUPE IBARRA ZAVALA  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN, UNAM



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y  
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL  
(Graduación con trabajo escrito)**

De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la Institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado:

**MODELO DE OPTIMIZACIÓN DEL USO DE RECURSOS ENERGÉTICOS Y COMBATE A LA POBREZA  
ENERGÉTICA EN MÉXICO: UNA TESIS HACIA LA REFORMA ESTRUCTURAL ENERGÉTICA.**

que presenté para obtener el grado de ----Doctorado---- es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi programa de posgrado, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de graduación.

**Atentamente**

**NAVARRETE ÁVILA HUGO ALONSO  
516011141**

**(Nombre, firma y Número de cuenta de la persona alumna)**

## **Agradecimientos**

El presente trabajo de investigación ha sido posible gracias a la valiosa cooperación de numerosas personas e instituciones y, aunque sería complicado expresar detalladamente las aportaciones que cada uno de ellos me ha brindado, quiero agradecerlo por medio de las próximas líneas.

Antes que nada, quiero agradecer a la Universidad Autónoma de México (UNAM) por darme el privilegio de llevar a cabo mis estudios del Doctorado en Economía. De igual modo, expreso mi gratitud al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para solventar los gastos necesarios para llevar a cabo el posgrado.

En especial a mi tutor, el Dr. Liu Sun XueDong, por brindarme la oportunidad de trabajar bajo su dirección. Su acertada orientación, comentarios y recomendaciones fueron claves para el desarrollo de este trabajo. Sin duda alguna, la culminación de esta tesis no hubiese llegado a buen término sin su inestimable ayuda y paciencia, muchas gracias.

No menos importante agradezco a los doctores Salomón Guzmán Rodríguez, Andrés Blancas Neria, David Bonilla Vargas y Darío Ibarra Zavala, miembros del Comité Tutorial, por expresar sus valiosos análisis y sugerencias. Su aporte enriqueció y plasmó su experiencia y conocimientos sobre las imperfecciones que surgieron a través de la construcción de este trabajo de investigación.

Y por último, a mi familia que incondicionalmente siempre me han apoyado, me han brindado afecto y comprensión, son mi motor. Muchas gracias a Israel, mi hermano, que siempre me aconseja y me da motivación, a Tania y a Azul, por su cariño, compañía y aliento, y mis padres, por todo. Esta tesis doctoral va dedicada a ellos.

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN GENERAL</b> .....	1
<b>1. ANTECEDENTES Y PERSPECTIVA TEÓRICA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	7
1.1 Introducción.....	7
1.2 Pobreza y sus dimensiones.....	8
1.3 Bienestar social.....	15
1.4 Vínculo energía – pobreza.....	18
1.5 Pobreza energética.....	21
1.6 Medidas enfocadas a la reducción de la población en situación de pobreza.....	25
1.6.1 Subsidios energéticos y acciones implementadas para reducir la pobreza energética.....	27
1.6.2 Otras medidas para enfrentar la pobreza energética.....	29
1.7 Conclusiones y extensiones.....	31
<b>2. DIFERENCIACIÓN SOCIAL, NIVELES DE POBREZA Y PROGRAMAS PARA COMBATIRLOS</b> .....	34
2.1 Introducción.....	34
2.2 Suficiencia energética de México.....	35
2.3 Características sobre pobreza multidimensional en México.....	42
2.4 Índices de desigualdad energética en México (accesibilidad y asequibilidad).....	46
2.5 Programas sociales enfocados a disminuir los índices de pobreza y pobreza energética en México.....	53
2.5.1 Subsidios energéticos en México.....	55
2.6 Conclusiones y extensiones.....	57
<b>3. INTROSPECTIVA SOBRE POBREZA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO</b> ..	59
3.1 Introducción.....	59
3.2 Pobreza de la energía eléctrica en México.....	60
3.2.1 Índices de pobreza de la energía eléctrica en México (2022).....	72
3.3 Conclusiones y extensiones.....	80
<b>4. MODELO SOBRE POBREZA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO</b> .....	83
4.1 Introducción.....	83
4.2 Construcción del modelo logístico multinomial.....	84
4.2.1 Selección de variables explicativas.....	90
4.2.2 Tamaño de la muestra.....	96

4.2.3	Significación estadística del modelo.....	98
4.2.4	Bondad de ajuste del modelo.....	99
4.2.5	Calidad de ajuste del modelo.....	101
4.2.6	Estimación de los parámetros del modelo de PEe .....	101
4.3	Análisis explicativo sobre modelo de pobreza de la energía eléctrica.....	106
4.4	Conclusiones.....	113
<b>5.</b>	<b>PROSPECTIVA SOBRE POBREZA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO Y ANÁLISIS EVALUATIVO DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA ERRADICARLA.....</b>	<b>116</b>
5.1	Introducción.....	116
5.2	Escenarios sobre pobreza de la energía eléctrica y consecuencias sobre el bienestar social de los hogares mexicanos, ante la eliminación subsidiaria de la electricidad.....	117
5.3	Análisis costo-beneficio y costo-efectividad sobre políticas públicas encaminadas a erradicar la pobreza de la energía eléctrica.....	127
5.4	Integración de iniciativas con mayor impacto social asociadas a los costos de movilidad.....	140
5.5	Resolución de diversas naciones para arremeter contra los subsidios al consumo de la energía eléctrica.....	147
5.6	Una perspectiva de la elaboración de otras medidas para erradicar los niveles de pobreza de la energía eléctrica en México .....	149
5.7	Conclusiones y extensiones .....	160
	<b>CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES .....</b>	<b>164</b>
	<b>FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>172</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>174</b>
	ANEXO I. ESTIMACIÓN DE UN MODELO LÓGISTICO MULTINOMIAL.....	186
	ANEXO II. SIGNIFICACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS PARÁMETROS .....	190
	ANEXO III. BONDAD DE AJUSTE DEL MODELO .....	193
	ANEXO IV. CALIDAD DE AJUSTE .....	194
	ANEXO V. PUNTOS CLAVE A CONSIDERAR EN LA REGRESIÓN LOGÍSTICA MULTINOMIAL .....	196
	ANEXO VI. LISTA DE ÍNDICES DE ARRASTRE E ÍNDICES DE DISPERSIÓN. ....	197

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

### **Capítulo 1.**

Figura n.º 1.1. Relación entre las necesidades básicas y los satisfactores.

Figura n.º 1.2. Metodología para obtener las líneas de bienestar y pobreza extrema.

Figura n.º 1.3. Relación entre los satisfactores, el uso de energía y los bienes económicos.

### **Capítulo 3.**

Figura n.º 3.1. Diagrama de flujo metodológico de la prueba no experimental.

Figura n.º 3.2. Diagrama de flujo metodológico para determinar el índice de privación de EEeb.

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

### **Capítulo 1.**

Gráfico n.º 1.1. Integración de las dimensiones para determinar la pobreza.

Gráfico n.º 1.2. Integración de las dimensiones para determinar la pobreza extrema.

Gráfico n.º 1.3. Relación entre el consumo de electricidad y el IDH en México.

Gráfico n.º 1.4. Relación entre el consumo de electricidad por hogar - IDH mundial.

Gráfico n.º 1.4 b. Relación consumo de electricidad por hogar - IDH mundial (2021).

### **Capítulo 2.**

Gráfico n.º 2.1. Comparación entre producción y consumo nacional de energía.

Gráfico n.º 2.2. Comparación de la producción e importación de gas LP en México (2010-2021).

Gráfico n.º 2.3. Población en situación de pobreza en México (2010-2022).

Gráfico n.º 2.4. Población con ingreso inferior a la línea de bienestar (2022).

Gráfico n.º 2.5. Población con ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo (2022).

Gráfico n.º 2.6. Indicadores de carencia social en México (2022).

Gráfico n.º 2.7. Población con carencia por accesos básicos a la vivienda en México (2022).

Gráfico n.º 2.8. Curva de Lorentz para la distribución del ingreso en México (2022).

Gráfico n.º 2.9. Gasto Público en Desarrollo Social en México (2020).

Gráfico n.º 2.10. Gasto Público en Programas de Desarrollo Social, México (2022).

### **Capítulo 3.**

Gráfico n.º 3.1. Hogares con aparatos y artículos propios, necesarios para cumplir con sus satisfactores, México (2022).

Gráfico n.º 3.2. Cambio de las líneas de bienestar y pobreza al desagregar el  $Ce_{mín}$ .

Gráfico n.º 3.3. Porcentaje de hogares en situación de PEe en México (2022).

Gráfico n.º 3.4. Porcentaje de hogares en PEe relativa por entidad federativa, México (2022).

Gráfico n.º 3.5. Porcentaje de hogares en PEe por localidad y por entidad federativa, México (2022).

Gráfico n.º 3.6. Porcentaje de hogares en PEe extrema, por entidad federativa, México (2022).

Gráfico n.º 3.7. Porcentaje de hogares en PEe extrema por tamaño de localidad y entidad federativa, México (2022).

### **Capítulo 4.**

Gráfico n.º 4.1. Histograma de valores atípicos en la variable “integrantes del hogar”.

### **Capítulo 5.**

Gráfico n.º 5.1 Pérdida en la línea de bienestar al eliminar los subsidios a la electricidad por decil.

Gráfico n.º 5.2 Pérdida de bienestar por sector de los tres primeros deciles al eliminar el subsidio.

Gráfico n.º 5.3 Pobre extremo de energía eléctrica por decil (2022).

Gráfico n.º 5.4 Pobre relativo de energía eléctrica por decil (2022).

Gráfico n.º 5.5 Variación de pobreza de la energía eléctrica ante la eliminación de los subsidios a la electricidad.

Gráfico n.º 5.6 Consumo de electricidad de los hogares mexicanos por decil (2022).

Gráfico n.º 5.7 Clasificación sectorial de Rasmussen tipo B en México (2022).

## **ÍNDICE DE TABLAS**

### **Capítulo 2.**

Tabla n.º 2.1. Producción y consumo nacional de energía en México (2000-2021).

Tabla n.º 2.2. Porcentaje de pérdidas de energía eléctrica por transmisión y distribución (en Petajoules) en México.

Tabla n.º 2.3. Consumo de combustibles para la generación de electricidad en México (2010-2022).

Tabla n.º 2.4. Comparación de la importación y demanda de gas natural en México (2010-2022).

Tabla n.º 2.5. Hogares de México por zona (2022).

Tabla n.º 2.6. Distribución del ingreso (pesos) en México por decil (2022).

Tabla n.º 2.7. Coeficiente de Gini por región en México (2018-2022).

Tabla n.º 2.8. Gasto trimestral (pesos) en energía eléctrica y combustibles en México (2022).

Tabla n.º 2.9. Hogares sin servicio eléctrico en México (2022).

Tabla n.º 2.10. Hogares con servicio eléctrico no convencional en las regiones de México (2022).

Tabla n.º 2.11. Hogares que consumen gas de tanque o natural en México (2022).

Tabla n.º 2.12. Hogares que usan leña y/o carbón en México (2022).

Tabla n.º 2.13. Hogares que usan exclusivamente electricidad para cocinar en México (2022).

Tabla n.º 2.14. Subsidios a las tarifas de energía eléctrica en México (2012-2022).

Tabla n.º 2.15. Tarifas eléctricas del sector residencial en México.

Tabla n.º 2.16. Usuarios del servicio de electricidad por tarifas eléctricas en México (2022).

### **Capítulo 3.**

Tabla n.º 3.1. Equipamiento eléctrico mínimo y necesario para cumplir con los satisfactores en México (2022).

Tabla n.º 3.2. Representación de la Matriz simétrica ( $z$ ) de insumo producto de México, en Millones de pesos.

Tabla n.º 3.3. Matriz de coeficientes técnicos (Matriz  $A$ ) de insumo producto de México.

Tabla n.º 3.4. Representación de la matriz inversa de Leontief para producción de México.

Tabla n.º 3.5. Requerimientos eléctricos para los flujos intersectoriales en México (2022).

Tabla n.º 3.6. Bienes alimentarios incluidos en la canasta básica de México (urbano y rural).

Tabla n.º 3.7. Bienes no alimentarios incluidos en la canasta básica de México.

Tabla n.º 3.8. Comparación de pobreza multidimensional con PEe en México.

### **Capítulo 4.**

Tabla n.º 4.1. Variables del modelo saturado.

Tabla n.º 4.2. Variables consideradas en el modelo final.

Tabla n.º 4.3. Diagnóstico de colinealidad por coeficiente para modelo de PEe.

- Tabla n.º 4.4. Variables, códigos y categorías usadas en el modelo.
- Tabla n.º 4.5. Elementos eliminados de la muestra (outliers).
- Tabla n.º 4.6. Contraste de significación de las variables.
- Tabla n.º 4.7. Ajuste del modelo.
- Tabla n.º 4.8. Bondad de ajuste del modelo.
- Tabla n.º 4.9. Calidad de ajuste del modelo.
- Tabla n.º 4.10. Estimación de los parámetros para la condición “pobre extremo”.
- Tabla n.º 4.11. Estimación de los parámetros para la condición “pobre relativo”.
- Tabla n.º 4.12. Estimación de los parámetros para la condición “vulnerable por carencia”.
- Tabla n.º 4.13. Estimación de los parámetros para la condición “pobre por ingreso”.
- Tabla n.º 4.14. Características del hogar 100013603, tomado al azar.
- Tabla n.º 4.15. Comparación de valores observados con predichos.

## **Capítulo 5.**

- Tabla n.º 5.1 Tabla de constantes para soluciones singulares por decil, ante la eliminación de los subsidios a la energía eléctrica.
- Tabla n.º 5.2 Pérdida de bienestar por sector para cada decil al eliminar el subsidio eléctrico.
- Tabla n.º 5.3. Beneficios directos e indirectos de la subvención al consumo de electricidad en México.
- Tabla n.º 5.4. Precios sombra del subsidio al servicio de electricidad.
- Tabla n.º 5.5. Factores a tomar en cuenta en el análisis Costo - Beneficio.
- Tabla n.º 5.6. Elasticidad del precio en la demanda en los proyectos A y C.
- Tabla n.º 5.7. Carencias de equipamiento en los hogares categorizados como PEe extrema.
- Tabla n.º 5.8. Costo de Eeb y transferencia necesaria para cumplir con el requerimiento de los hogares en México (2022).
- Tabla n.º 5.9. Costo de la transferencia necesaria para satisfacer las líneas de bienestar para los hogares en PEe extrema en México (2022).
- Tabla n.º 5.10. Iniciativas de contexto energético para beneficio social.
- Tabla n.º 5.11. Proyecto Nacional de eficiencia energética en alumbrado público.
- Tabla n.º 5.12 Distribución de la Producción y Valor Agregado en México.
- Tabla n.º 5.13. Multiplicadores (simples y tipo I) de empleo e ingreso en México.

Tabla n.º 5.14. PEA con 1 salario, desempleados y asegurados en México (2020).

Tabla n.º 5.15. Principales sectores de ocupación de las entidades que presentan situación de PEE en México (2020).

## **ACRÓNIMOS**

ASMC: Acuerdo de Subvenciones y Medidas Compensatorias

CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe

CFE: Comisión Federal de Electricidad

CO<sub>2</sub>: Dióxido de Carbono

CONEVAL: Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social

CONAPO: Consejo Nacional de Población

COP: Conferencia de las Partes

CNH: Comisión Nacional de Hidrocarburos

ENIGH: Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares

FAEB: Fondo de Aportaciones a la Educación Básica

GEI: Gases de Efecto Invernadero

GDH: Gasto Público en Desarrollo Humano

GLP: Gas licuado de Petróleo

IDH: Índice de Desarrollo Humano

IEA: International Energy Agency (Agencia Internacional de Energía)

IMSS: Instituto Mexicano de Seguro Social

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía

INPC: Índice de Precios Nacionales

IEEeb: Índice de Equipamiento Energético eléctrico básico

IP: Índice de Privación

ISSSTE: Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado

MDL: Mecanismos de un Desarrollo Limpio [Clean Development Mechanism (CDM)].

MIP: Matriz Insumo - Producto

MMpcd: Millones de pies cúbicos diarios

OCDE: Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos

ODM: Objetivos Desarrollo Milenio

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

OMC: Organización Mundial del Comercio

ONU: Organización de las Naciones Unidas

PEe: Pobreza de la Energía eléctrica

PEMEX: Petróleos Mexicanos

PIB: Producto Interno Bruto

PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

PROCAMPO: Programas de Apoyos Directos al Campo

SENER: Secretaría de Energía

SIE: Sistema de Información Energética

SIFODE: Sistema de Focalización y Desarrollo

VA: Valor Agregado

## **INTRODUCCIÓN GENERAL**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La pobreza es uno de los temas que ha generado mayor inquietud y ocupación a lo largo de los tiempos en distintas disciplinas de estudio. Lo cierto es que la pobreza, a pesar de ser uno de los principales objetivos a combatir en el mundo, no sido eliminada y, en muchos casos, de manera contradictoria, el bienestar de las personas se ha sufrido un deterioro rotundo.

En este contexto, el nivel de pobreza en México, al igual que en otros países, es cada día más sobresaliente y la tarea de eliminar o disminuir la población con niveles inferiores en su bienestar se vuelve cada vez más compleja. Por consiguiente, se presenta la ardua necesidad de comprender, diseñar e implementar estrategias que puedan alterar el rumbo establecido. Como resultado, los Estados diseñan e implementan estrategias de mediación y control con el propósito de disminuir, de manera general, los niveles de pobreza a los que está expuesta su sociedad.

Sin embargo, la pobreza comprende demasiados aspectos para ser identificada, lo que obstaculiza el tratamiento para abordarla. Debemos considerar que “pobreza” puede ser interpretada como un término relativo y no absoluto, tales como “caliente” o “frío”; ya que si deseamos comprender cuán caliente (o frío) está algo, deberíamos analizarlo en función del nivel al cual lo comparamos; por ejemplo, una bebida refrigerada está más caliente que un cubo de hielo, sin embargo, ambas tienen temperaturas bajas.

De igual forma podríamos recurrir a esta lógica con el término de pobreza. La pobreza es un término absoluto (que se define como una imposibilidad de alcanzar un nivel de vida mínimo) integrado y expresado por variables relativas (puesto que se relacionan y se asocian en contextos sociales específicos y estilos de vida).

En el contexto de México, la evaluación de los programas sociales y la medición de la pobreza se lleva a cabo mediante los lineamientos y criterios establecidos

por el CONEVAL, el cual es un organismo público descentralizado de la Administración Pública Federal que tiene como objetivo generar información acerca de la situación de la política social y la ubicación de la pobreza. Para lograr tal fin, emplea índices de bienestar, tanto económicos como sociales; los cuales incluyen indicadores para determinar el nivel de privación. Es importante destacar que México es un país que enfrenta graves dificultades de pobreza, lo cual genera diversos problemas en el bienestar de sus habitantes, y, no obstante, la situación actual (año 2022) dista de ser prometedora.

Ahora bien, es importante señalar que la existencia de una situación de pobreza no significa, de manera exclusiva, que los individuos (o familias) dispongan de ingresos bajos. La pobreza también está asociada a la carencia de servicios y privación de los derechos humanos, de ahí la diferencia que existe entre medios rurales y urbanos, a la que denominamos desigualdad. La desigualdad en cuanto a la distribución y el consumo de servicios puede tener un impacto significativo en el bienestar de las personas, ya que influye de forma relevante en sus necesidades primarias y secundarias. En este sentido, es relevante destacar que los servicios de energía, agua potable, transporte, educación y salud son fundamentales para la sociedad, y su insuficiencia puede limitar y condicionar su capacidad de desarrollo mediante la insatisfacción de sus necesidades básicas.

Por ejemplo, la carencia de servicios relacionados con la energía tiene un impacto significativo en el bienestar social, ya que impide la obtención de un saneamiento adecuado, así como en la discapacidad para la conservación de alimentos, aqueja la comunicación y disminuye la competitividad de las pequeñas empresas y negocios al discriminar la eficiencia de los procesos productivos (en referencia con la obsolescencia del equipo en comparación con sus competidores). En consecuencia, un hogar que está marginado por servicios de energía podría presentar graves dificultades para alcanzar su desarrollo tanto colectivo como personal.

En virtud de lo anteriormente expuesto, es factible inferir que el desarrollo económico y social de los hogares está estrechamente relacionado con el

consumo de energía. Por lo tanto, si deseamos mejorar el bienestar de las personas y combatir la pobreza extrema, será imperativo incrementar o distribuir de manera óptima el consumo y la producción de energía. Razón por la cual, en este contexto, hemos considerado la esencialidad de los servicios de energía eléctrica para cumplir con los objetivos de desarrollo económico y social como línea central de investigación.

En México, en particular, la accesibilidad a insumos energéticos de consumo doméstico se ha caracterizado por su disparidad territorial. La calidad de vida en los hogares ha sido afectada por la ausencia, o en su defecto, deficiencia, de servicios de energía en grandes sectores de la población. Por esta razón, con el propósito de satisfacer su demanda, el gobierno federal ha otorgado recursos económicos para subsidiar las tarifas de consumo de servicios públicos, en particular el servicio de electricidad.

En relación con lo expuesto, el contexto general de la presente tesis de investigación se centra en el análisis de la pobreza multidimensional en México, en particular desde la perspectiva de la esencialidad de los servicios de energía eléctrica en el hogar.

Ante esta circunstancia, hemos considerado factible elaborar un indicador de pobreza de la energía eléctrica que sea fácil de interpretar, utilizar, que aporte información complementaria a la de otros indicadores, y que sea de gran ayuda para evaluar los proyectos sociales vinculados con el tema de estudio.

## OBJETIVOS

El **objetivo general** consiste en desarrollar un indicador económico y, en consecuencia, evaluar las políticas sociales implementadas para combatir los niveles de pobreza multidimensional en México, en particular aquellos que se encuentran vinculados con los niveles de consumo directo e indirecto de energía eléctrica, como es el esquema de subsidios, por ejemplo; de modo que permita fundamentar un desarrollo más eficiente de los programas sociales.

Para poder efectuar lo anterior, se proponen los siguientes **objetivos específicos**:

1. Analizar cuál es la calidad de vida y qué nivel de bienestar caracteriza a los hogares mexicanos, con respecto a la forma en que se brindan los servicios de consumo de energía eléctrica.
2. Proponer un indicador que permita evaluar en qué medida se verá afectado el nivel de bienestar social de los hogares al implementar o cancelar iniciativas de carácter social asociadas al servicio de energía eléctrica, como es el caso de la liberación de los precios.
3. Desarrollar un modelo econométrico que permita explicar e identificar, de una manera clara y sencilla, los niveles de pobreza multidimensional vinculados a los servicios proporcionados por el consumo de energía eléctrica en México.
4. Analizar, desde el punto de vista socioeconómico, la eficacia y la eficiencia de los proyectos de financiamiento estatal destinados a mejorar el bienestar de los hogares, mediante los procesos de distribución y consumo de energía eléctrica, con el fin de contar con elementos que permitan la formulación de soluciones competentes.

La tesis se encuentra estructurada por cinco capítulos. El primer capítulo plantea las características generales de la pobreza y sus vínculos asociados al consumo de recursos energéticos. Posteriormente, se lleva a cabo una reseña acerca de los

antecedentes históricos concernientes a la pobreza energética. Además, se precisa sobre aquellas medidas que, con frecuencia, los gobiernos adoptan con el fin de disminuir los niveles de pobreza en los hogares.

En el segundo capítulo se examinan algunas estadísticas sobre los niveles de pobreza multidimensional en México. Asimismo, se presenta una exposición detallada de los índices de desigualdad en accesibilidad energética en los hogares mexicanos. Por último, se exploran de forma descriptiva los programas sociales implementados con el objetivo de mejorar el nivel de bienestar social.

Una parte esencial de esta investigación se encuentra en el tercer capítulo y está relacionada con el desarrollo de un indicador, el cual permite evaluar la pobreza desde la perspectiva de la incapacidad de adquirir servicios asociados al consumo de energía eléctrica. La propuesta se fundamenta en la adaptación del índice de pobreza de energía eléctrica al modelo de evaluación de pobreza multidimensional propuesto por la CEPAL. En virtud de los aspectos metodológicos, presenta un epígrafe destinado a la implementación de la metodología y a la descripción de los resultados.

En el capítulo cuatro, denominado “Modelo sobre pobreza de la energía eléctrica en México”, se expone detalladamente la metodología para elaborar un modelo econométrico basado en la regresión logística de respuesta múltiple. El objetivo de este modelo es simplificar la evaluación de los niveles de pobreza de la energía eléctrica.

El capítulo cinco se compone de una serie de análisis acerca de la prospectiva y la evaluación de las políticas sociales coligadas a los niveles de Pobreza de la energía eléctrica (PEe). En consecuencia, estimamos cómo un incremento en los precios de los bienes y servicios, asociados a la regulación del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), podría tener un impacto en los niveles de pobreza en los hogares de México. Por otra, se presenta un análisis evaluativo ex post sobre los proyectos de política social que el Estado promueve a los hogares con el propósito de

mejorar su bienestar, así como la exposición de ideas sobre políticas y proyectos que podrían asistir a la lucha contra este tipo de problemática.

El capítulo final se compone de las conclusiones, futuras líneas de investigación, los anexos (aspectos teóricos y metodológicos sobre el modelo econométrico), así como de la bibliografía que contribuyó al progreso de esta tesis doctoral.

## HIPÓTESIS

- H. 1. Con la información referente a las características ocupacionales, sociodemográficas, infraestructura de la vivienda y el equipamiento del hogar, obtenida por la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH), se puede elaborar un indicador de pobreza asociado a la distribución y consumo del servicio de energía eléctrica, lo que permitirá visualizar las carencias energéticas de los hogares más vulnerables.
  
- H. 2. La regulación de los precios de la energía eléctrica en México provocará un incremento en los niveles de pobreza de la energía eléctrica, lo que afectará significativamente a los hogares con menor ingreso.
  
- H. 3. Los elevados encadenamientos productivos y sus efectos de arrastre en los costos de los insumos primarios e intermedios, demuestran la esencialidad del sector de energía eléctrica en la estructura productiva de México. Si se descuida, esto limitaría el crecimiento productivo en la economía del país, ya que distribuye sus productos como insumos para prácticamente todos los subsectores enfocados a la producción del país.

# 1. ANTECEDENTES Y PERSPECTIVA TEÓRICA DE INVESTIGACIÓN

## 1.1 Introducción

La conexión entre la pobreza y la energía no es una cuestión sencilla de demostrar. No obstante, la satisfacción de las necesidades básicas, en la actualidad, está estrechamente relacionada con el consumo de energía, especialmente de uso doméstico (electricidad y GLP). En este sentido, las necesidades básicas, como la subsistencia, la protección o el ocio, podrán satisfacerse mediante los satisfactores (alimentación, trabajo, descanso, etc.) con ayuda de los bienes económicos (electrodomésticos).

Además, los altos niveles de pobreza están obstaculizando las libertades de desarrollo individual y colectivo en nuestra sociedad. Estas circunstancias, de algún modo, están estrechamente relacionadas, por lo tanto, un individuo podría estar en situación de pobreza debido a que no posee los medios o la capacidad de adquirir los bienes de consumo para satisfacer sus necesidades.

El objetivo de este primer capítulo consiste en analizar las características de pobreza multidimensional y pobreza energética con el propósito de obtener una perspectiva sobre la relación entre ellas. Para ello, se examinan las metodologías y proyectos de investigación que tienen como objetivo conceptualizar, valorar e identificar dichas circunstancias.

En segundo lugar, se lleva a cabo un análisis sobre el bienestar económico como un determinante de la pobreza multidimensional, el cual se deriva del ingreso y su impacto en el consumo de un cierto número de productos pertenecientes a la canasta básica.

Asimismo, se presenta una descripción acerca de la relación entre la pobreza y la energía. Al comienzo, analizaremos la comparación entre los niveles de desarrollo humano y el consumo de energía eléctrica. Esta relación se complementa con el estudio de las principales acepciones del término “pobreza energética”.

En última instancia, examinaremos las medidas que han tomado los gobiernos federales para reducir los niveles de pobreza multidimensional y de pobreza energética en la población. El propósito de esta descripción es comprender algunas de las herramientas que se utilizan para redistribuir el ingreso en la sociedad, con el objeto de combatir la desigualdad y pobreza asociadas al consumo de bienes energéticos.

## **1.2 Pobreza y sus dimensiones**

La pobreza es una característica compleja de abordar. A causa de la amplia variedad de variables y características que la conforman, no existe aún una definición universalmente aceptada que detalle de manera exhaustiva y precisa su estructura.

A lo largo de los años, se han establecido diversas definiciones de pobreza, algunas de las cuales se sustentan en diferentes enfoques que se relacionan con la insatisfacción de ciertas necesidades predeterminadas. En tal sentido, Boltvinik (2006) sostiene que “Los términos pobreza y pobre están asociados a un estado de necesidad y carencia, y dicha carencia se relaciona con lo necesario para el sustento de vida”, mientras que Fields (2001), afirma que “La pobreza es la incapacidad de un individuo o una familia para disponer de los recursos suficientes para satisfacer sus necesidades básicas”. La presente afirmación sugiere la necesidad de considerar ciertas normas de consumo o una línea de bienestar con el fin de facilitar la identificación de los niveles de pobreza.

Es importante señalar que, además de los bienes financieros, existen otros recursos influyentes en la estructura y la dinámica de los grupos e individuos, tales como los conocimientos, las creencias, los valores, el arte, la moral, las leyes y las costumbres. En tal sentido, el Consejo Europeo de Lisboa (2000), señala que la limitación de los recursos materiales, culturales y sociales provoca exclusión en la forma de vida de las personas, lo que constituye un factor esencial para la determinación de pobreza.

Por otro lado, Sen, Amartya (1992) plantea una definición que se fundamenta en la lógica de las facultades y el desarrollo libre de las personas: “la pobreza es una ausencia de capacidades básicas<sup>1</sup>, las cuales le permiten a cualquier individuo expresarse con libertad”.

Lo anterior indica que la pobreza no solo está asociada con la escasez de recursos, sino que también está relacionada con la ausencia de medios; por lo tanto, este indicador no debe ser cuantificado exclusivamente por umbrales de bienestar económico. En otras palabras, la determinación de este tipo de penuria debe tener en cuenta las incapacidades de la sociedad para desenvolverse y desarrollarse, de acuerdo a su voluntad.

Esta afirmación parece confirmar la necesidad de incorporar las diversas condiciones que abarcan la categoría de pobreza. En consecuencia, CEPAL (1979) la conceptualiza desde el punto de vista de la multidimensionalidad:

*La pobreza es un síndrome situacional en el que se asocian el infra-consumo, la desnutrición, las precarias condiciones de vivienda, los bajos niveles educacionales, las malas condiciones sanitarias, una inserción inestable en el aparato reproductivo o dentro de los estratos primitivos del mismo, actitudes de desaliento y anomía, poca participación de mecanismos de integración social, y quizás la adscripción a una escala particular de valores, diferenciada en alguna medida de la del resto de la sociedad.*

La segunda singularidad a considerar para conceptualizar el término de pobreza está relacionada con el enfoque con el que se observa; por lo tanto, debemos tener en cuenta que “pobreza” puede confundirse como un término relativo, siendo este absoluto. Sin embargo, a lo largo de la historia, se ha suscitado una controversia acerca de las premisas relativas y absolutas.

El enfoque de la presente discusión se centra en las discrepancias presentadas por algunas dimensiones, tales como la temporalidad, la diversidad de naciones o el tipo de localidad en la que se encuentre el sujeto de estudio. En relación con

---

<sup>1</sup> Las capacidades básicas son las aptitudes primordiales de un individuo, tales como la capacidad de contar con una larga vida, la escritura, la lectura y la prevención de enfermedades, así como la capacidad trabajar sin sufrir discriminación y participar en la vida pública (Sen, Amartya, 1992).

este punto, Banco Mundial (2001) plantea propone que “la pobreza” debe ser percibida desde una perspectiva absoluta, mientras que el enfoque relativo corresponde a los niveles de desigualdad en la sociedad. En otras palabras, para establecer los parámetros que determinan los niveles de pobreza, sin importar el lugar o la línea temporal, es imperativo considerar la misma dimensionalidad.

La contraparte, “el enfoque relativo”, se fundamenta en la comparación del bienestar entre grupos, en efecto, el nivel de vida de los individuos se encuentra en función del nivel de vida de los demás, y este cambia a través de los tiempos. Según Townsend (1962), “La pobreza es relativa porque las necesidades sociales eliminan totalmente el concepto de necesidad absoluta, por lo tanto, hay un relativismo total en un tiempo y espacio determinados, ya que estas cambian de acuerdo a las costumbres, cultura y crecimiento económico de las sociedades, así como el medio geográfico en el que se desenvuelven”. En una perspectiva análoga, Altimir Oscar (1979), sostiene que “el concepto de pobreza es esencialmente normativo, y su contenido efectivo varía junto con la norma de necesidades básicas o bienestar en las que se apoya; las cuales son individuales y subjetivos, dado parten de valores de juicio para poder ser discriminadas”.

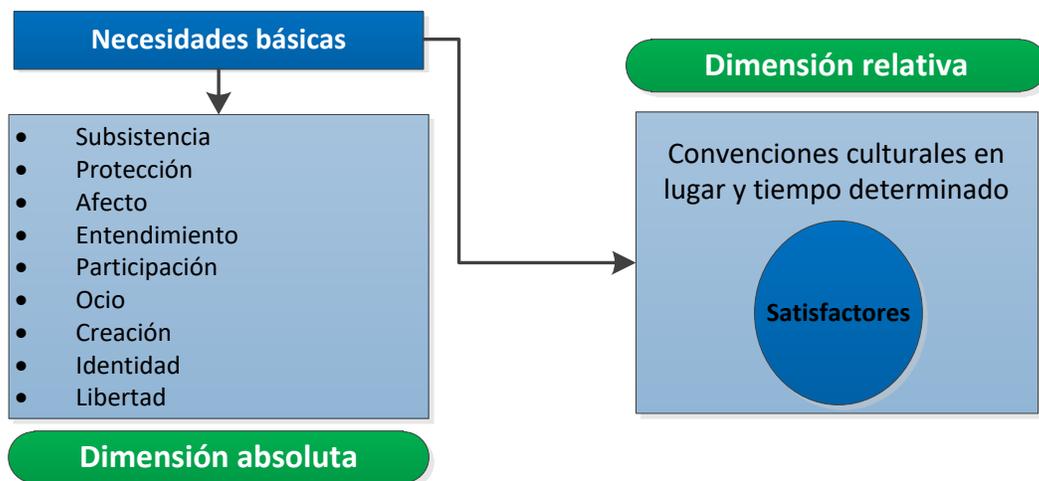
No obstante, a pesar de todos los cambios que la humanidad experimenta a través de su desarrollo, las necesidades de las personas son independientes del bienestar socioeconómico de los demás; por lo tanto, la pobreza debe analizarse desde su enfoque absoluto. Como resultado, Sen Amartya (1981), sostiene su postura sobre la perspectiva absoluta, como se muestra a continuación:

La pobreza es una noción absoluta en el espacio de las capacidades, pero con frecuencia tomará una forma relativa por las características de los bienes o carencias. En consecuencia, es posible expresar la pobreza en términos relativos, siendo este un fenómeno absoluto.

A partir del enunciado previamente expuesto, se procede a la comprensión del mismo mediante la Figura n.º 1.1. Observe que la dimensión relativa se manifiesta en los bienes económicos que sacian a los satisfactores; los cuales cambian de

acuerdo al contexto histórico, social y cultural. En cambio, la noción absoluta se refiere a las necesidades básicas.

Figura n.º 1.1. Relación entre las necesidades básicas y los satisfactores.



Elaboración propia, con base a Max-Neff Manfred (1991).

En consecuencia, se puede inferir que la pobreza es el fenómeno o situación en la que un individuo o sociedad no puede desarrollarse de manera libre y satisfactoria debido a la carencia de recursos o capacidades que afectan de alguna u otra forma su bienestar social. De igual modo, la pobreza es un término absoluto (que se define como una imposibilidad de alcanzar un nivel de vida mínimo) integrado y expresado por variables relativas (dado que se relacionan y se asocian en contextos sociales específicos y estilos de vida).

En el contexto de México, la evaluación de los programas sociales y la medición de la pobreza se llevan a cabo a través de los lineamientos y criterios establecidos por el CONEVAL<sup>2</sup>. Para lograr tal fin, emplea índices de bienestar tanto económico como social, los cuales incluyen indicadores para determinar el nivel de privación.

En este sentido, para evaluar la situación de pobreza que los hogares o personas experimentan, se ha diseñado una serie de indicadores (de carencia social) con el propósito de identificar el índice de privación social. Los indicadores de carencia

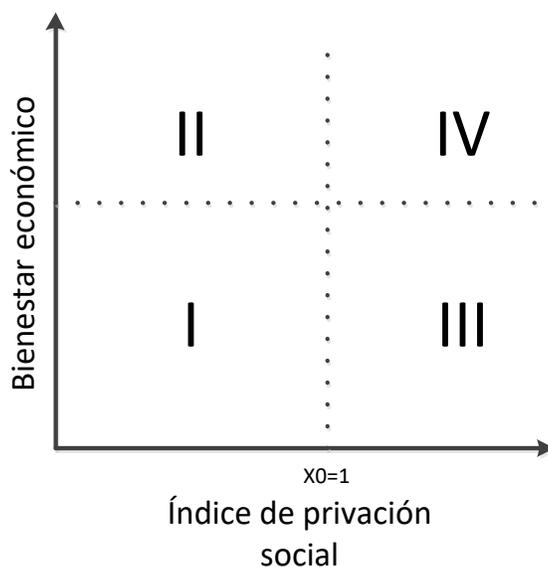
<sup>2</sup> El CONEVAL, es un organismo público descentralizado de la Administración Pública Federal que se encarga de generar información sobre la situación de la política social y la medición de la pobreza en México.

social, se encuentran asociados a la dimensión de derechos sociales y determinan el índice de privación social. Estos indicadores se clasifican en varias categorías: rezago educativo, acceso a servicios de salud, acceso a la seguridad social, calidad y espacios a la vivienda, servicios básicos a la vivienda y acceso a la alimentación.

Aunado a esta serie de indicadores, también se toma en cuenta la capacidad económica de los individuos para adquirir los bienes y servicios demandados para satisfacer sus necesidades básicas; lo cual comprende el espacio de bienestar económico<sup>3</sup>. Es importante destacar que las dimensiones (bienestar económico e índice de bienestar social) consideradas para evaluar la pobreza que experimenta un individuo, son heterogéneas tanto en su concepto como en su metodología para su obtención, sin embargo, es posible unificarlas en diferentes planos.

El método para determinar el índice de pobreza multidimensional se puede representar mediante el siguiente gráfico:

Gráfico n.º 1.1. Integración de las dimensiones para determinar la pobreza.



Elaboración propia, a partir de CONEVAL (2019).

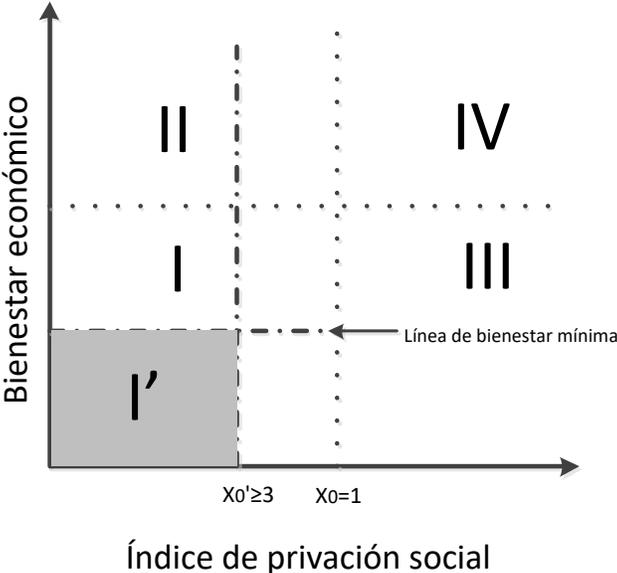
<sup>3</sup> El espacio de bienestar económico comprende las necesidades asociadas a los bienes y servicios que puede adquirir la población mediante el ingreso, CONEVAL (2010).

La propuesta se basa en la utilización del Gráfico n.º 1.1, en el cual el eje de las ordenadas señala el bienestar económico a través del ingreso de los individuos; mientras tanto, el eje de las abscisas representa el índice de privación social. Por consiguiente, se clasifica a los individuos como pertenecientes a la pobreza multidimensional cuando se encuentren dentro del recuadro I, entretanto, los que se ubiquen dentro del recuadro II serán individuos vulnerables con carencia social, más aún, si se hallan en el recuadro III serán clasificados como vulnerables por medio de su ingreso y, finalmente, estar dentro del recuadro IV se refiere a un individuo u hogar no pobre y no vulnerable. Con base a lo anterior, CONEVAL conceptualiza la pobreza de la siguiente manera:

*Una persona en situación de pobreza multidimensional es aquella que no tiene garantizado el ejercicio de al menos uno de sus derechos para el desarrollo social, y sus ingresos son insuficientes para adquirir los bienes y servicios que requiere para satisfacer sus necesidades.*

Por otro lado, en la superficie del recuadro I puede existir una variabilidad de pobreza multidimensional, por lo que el grado de pobreza multidimensional podría ser clasificado como pobreza multidimensional moderada o pobreza extrema.

Gráfico n.º 1.2. Integración de las dimensiones para determinar la pobreza extrema.



Elaboración propia, a partir de CONEVAL (2019).

Según lo anterior, para determinar el índice multidimensional de pobreza extrema, CONEVAL (2019) recomienda agregar la línea de bienestar mínimo y un índice de privación extrema; donde el primero se refiere a la población que carece de un sustento alimenticio adecuado, y el segundo, a aquellos sujetos que son privados de tres o más indicadores sobre los índices de carencia social, o sea  $x_0' \geq 3$ , tal como se puede observar en el Gráfico n.º 1.2.

De esta manera, los individuos u hogares que se sitúen en el interior del recuadro I' debido a sus limitaciones de bienestar económico, mínimo y social, serán clasificados como pobres multidimensionales en extremidad.

Hecha esta salvedad, podemos concluir que la pobreza es una cuestión de privación que desencadena problemas relacionados con hambre, desnutrición, enfermedades, mortalidad, malas condiciones de vida y bajos niveles de educación; privando las capacidades, oportunidades y aspiraciones sobre la forma en la que los individuos desean desarrollarse.

Como se ha demostrado, la pobreza no debería evaluarse exclusivamente en función del nivel de ingreso, sin embargo, este puede ser fundamental para la adquisición de bienes de consumo (electrodomésticos en el caso de bienes relacionados con el uso final de la energía eléctrica); los cuales de alguna manera fortalecen los funcionamientos individuales. Como señala Sen Amartya (1999), el desarrollo requiere la eliminación de las principales fuentes de privación de la libertad: la pobreza y la tiranía, la escasez de oportunidades económicas y las privaciones sociales sistemáticas, el abandono de los servicios públicos y la intolerancia o el exceso de intervención de los estados represivos.

Concluyendo, con palabras de Sen, Amartya (1981), la medición de la pobreza ha de considerarse como un ejercicio descriptivo, que evalúa las penurias de las personas en términos de los estándares prevalecientes de las necesidades.

### **1.3 Bienestar social**

Como se ha mencionado previamente, en México la medición de la pobreza se fundamenta en factores multidimensionales, donde el ingreso forma parte de ellos. De acuerdo con esta perspectiva, la metodología oficial de México define a una persona en situación de pobreza cuando su ingreso esté por debajo de la línea de bienestar y cuenten con al menos una carencia social.

En tal sentido, ¿Cuál es la metodología para establecer las líneas de bienestar y de pobreza extrema?

A pesar de que el ingreso no haya sido considerado como una variable exclusiva y definitiva para evaluar la pobreza, es importante tener en cuenta que en las economías mercantilizadas, el ingreso es el principal medio de cambio por el cual los hogares o individuos pueden adquirir los bienes y servicios necesarios para satisfacer sus necesidades básicas; los cuales están meramente relacionados con las carencias sociales.

Bajo este contexto, el ingreso guarda una estrecha conexión con los niveles de pobreza. Tal como menciona Sen (1992), el ingreso es un medio sumamente relevante para alcanzar los funcionamientos que las personas valoran o que, de alguna forma, tienen razones o motivos para valorar.

Como resultado, al incluir el factor ingreso para medir la calidad de vida de los individuos, se evidencia la importancia del consumo sobre el bienestar social. Con el fin de llevar a cabo esta tarea, CEPAL (2018) ha planteado la construcción de las líneas de pobreza; las cuales están relacionadas con las necesidades primarias y secundarias.

Una parte esencial para la creación de una línea de bienestar (o de pobreza, según el sentido con el que se observa) son los bienes y servicios relacionados con la nutrición, los cuales han sido catalogados como elementos normativos. Para poder evaluar la parte normativa, esta metodología propone la creación de una canasta básica con el fin de analizar qué alimentos cumplen con los

requerimientos de energía de las personas, de acuerdo con sus características y necesidades.

Para ello, es necesario considerar el consumo energético promedio de los hogares, en relación con los productos de la canasta alimenticia, los cuales han sido evaluados a partir de las encuestas de ingreso y gasto de los hogares. Como se indica en CEPAL (2018), es preciso expresar el resultado en términos de un costo por caloría o como una canasta concreta de bienes alimenticios, cuyo valor se reajusta periódicamente de acuerdo con la evolución de los precios de esos bienes; lo cual puede resumirse en un factor gasto, conocido como coeficiente de Orshanky.

Por otro lado, se lleva a cabo una evaluación similar en relación con el consumo de bienes no alimentarios, o bienes necesarios para atender los requerimientos de participación social. De esta manera, se generará el nivel de gasto mínimo para adquirir los bienes y servicios necesarios para satisfacer las necesidades básicas, lo que establece la línea de pobreza.

Es importante señalar que el umbral de las líneas de pobreza extrema solo se basará en los requerimientos nutricionales proporcionados por la canasta básica de alimentos; no obstante, el umbral para cada tipo de localidad (urbana o rural) se basará en diferentes canastas, ya que las necesidades nutricionales se ajustan de acuerdo a las características y patrones de gasto de los hogares establecidos en cada una de ellas.

En consecuencia, para la identificación y construcción del estrato poblacional de referencia, el cual se emplea para analizar el consumo energético de los hogares, se hace uso del coeficiente de adecuación energética ( $CA$ )<sup>4</sup>. Para la construcción del  $CA$ , resulta imperativo comparar el consumo energético total de cada hogar con su requerimiento.

---

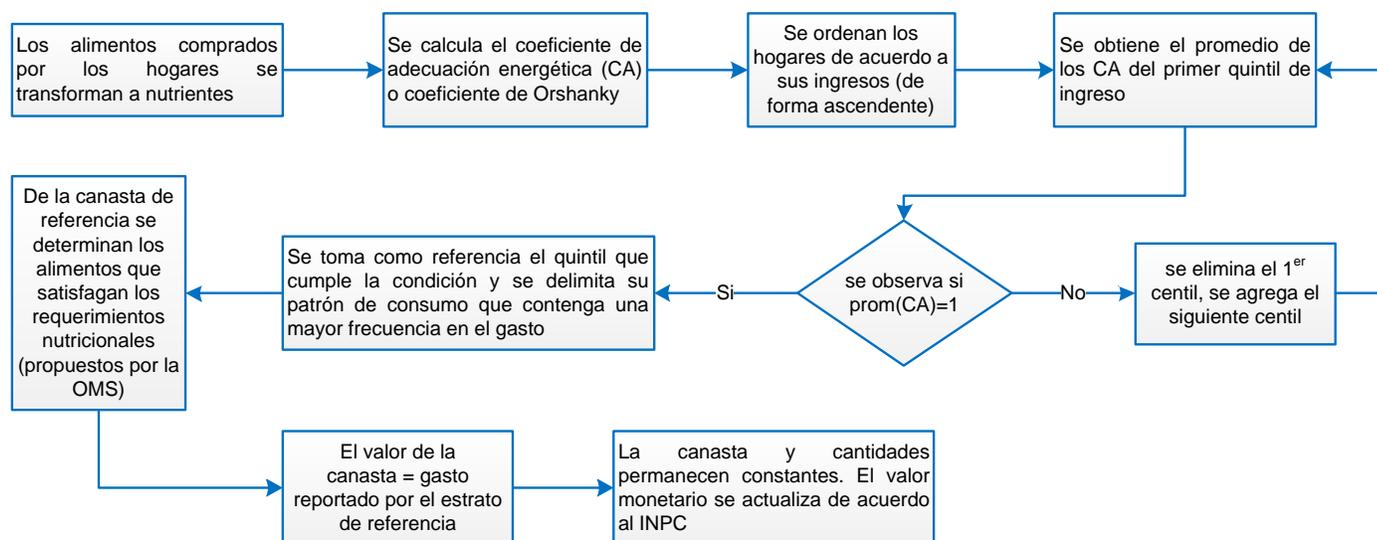
<sup>4</sup>  $CA$  o coeficiente de Orshansky, es el inverso del coeficiente de Engel, resulta de dividir el gasto total entre el gasto en alimentos. Cabe señalar que si  $CA < 1$  el consumo energético del hogar es insuficiente; si  $CA = 1$  este ajusta al requerimiento; y si  $CA > 1$  sobrepasa el requerimiento.

A continuación, es necesario ordenar ascendentemente a los hogares en función de su ingreso para así promediar los  $CA$  del primer quintil. En caso de que el promedio correspondiente no se ajuste al requerimiento [ $CA = 1$ ], se procederá a eliminar el primer centil de ingresos para, de esta forma, reevaluar y repetir hasta que la condición se cumpla. Si se ha establecido que el promedio de  $CA$  equivale a la unidad, se considerará tomar como criterio de referencia dicho quintil para examinar los bienes de consumo alimenticios que participan con mayor frecuencia.

Sin embargo, la frecuencia no es el único criterio de clasificación, además, se considerarán aquellos alimentos que cumplan con los requerimientos nutricionales establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Como resultado, el valor de la canasta será equivalente al gasto monetario reportado por la adquisición de los bienes de consumo asociados a ella, y se actualizará a partir de los precios presentados en el Índice Nacional de Precios Nacionales (INPC).

Las etapas del procedimiento expuesto, para la determinación de las líneas de bienestar y bienestar mínimo, se presentan de forma de esquemática en la Figura n.º 1.2.

Figura n.º 1.2. Metodología para obtener las líneas de bienestar y pobreza extrema.



Elaboración propia, a partir de CONEVAL (2019).

En última instancia, para cada área de territorio, tanto urbana como rural, la línea de pobreza por ingresos (o línea de bienestar) será determinada por el valor monetario correspondiente a la suma de la canasta alimentaria con la canasta no alimentaria. En cambio, la línea de pobreza extrema (o línea de bienestar mínima) se determinará a partir del valor de la canasta alimentaria.

#### **1.4 Vínculo energía – pobreza**

La necesidad actual de integrar la relación entre energía y pobreza ha surgido, ya que los recursos energéticos están estrechamente relacionados con prácticamente cualquier proceso productivo. La reducción de oportunidades, el freno al desarrollo y la escasa evolución tecnológica de una sociedad, se encuentran vinculados con las limitaciones de acceso a la energía. De igual modo, las sociedades y hogares que experimentan problemas de pobreza suelen estar caracterizadas por tener un bajo acceso a servicios de energía modernos para el calentamiento y la cocción de alimentos, tales como el Gas LP, el Gas Natural o, incluso, la electricidad.

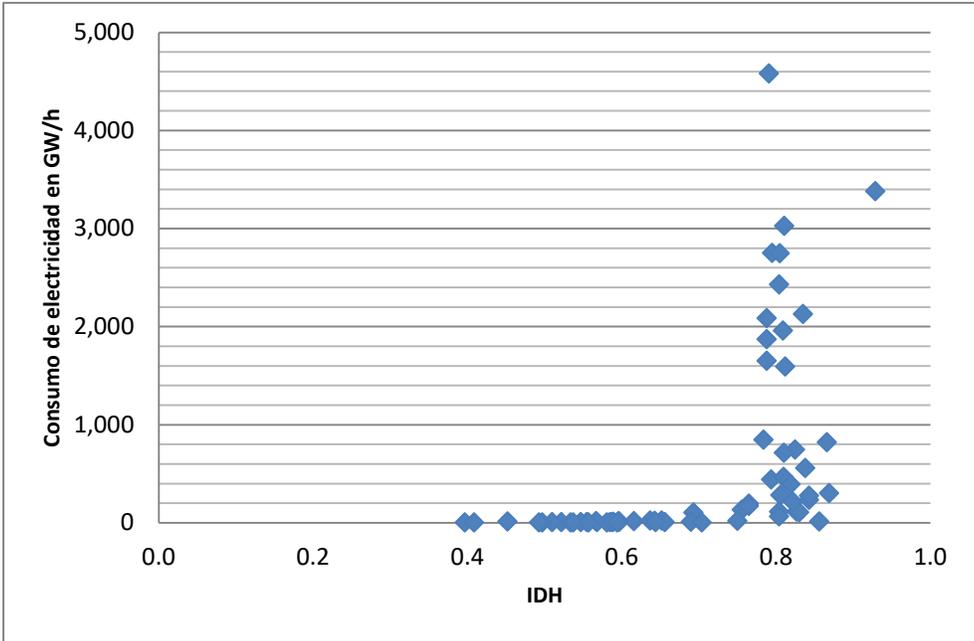
Una forma de establecer una conexión entre energía y pobreza es a través de una serie de parámetros que reflejen los niveles de urbanización y los niveles de modernización social asociados con el bienestar. En tal sentido, el programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) ha diseñado un indicador que abarca las dimensiones fundamentales del desarrollo humano, el Índice de Desarrollo Humano (IDH).

El IDH tiene como objetivo evaluar el conjunto de capacidades y libertades que poseen los individuos para seleccionar entre diversas formas de vida alternativas, las cuales le permitan llevar una vida prolongada, saludable y creativa. Para su aproximación, se consideran tres dimensiones fundamentales para el desarrollo: la posibilidad de gozar de una vida larga y saludable (salud), la capacidad de adquirir conocimientos (educación) y la oportunidad de tener recursos que permitan un nivel de vida digno (ingreso), (PNUD, 2022).

De acuerdo con lo expuesto previamente, si analizamos la comparación entre el consumo de energía con el Índice de Desarrollo Humano (IDH), podríamos

concluir empíricamente la trascendencia del uso de energía en el contexto social. Por ejemplo, al contrastar los niveles del consumo eléctrico por hogar en México durante el año 2020, junto con los valores máximos y mínimos del índice de Desarrollo Humano (IDH) de los municipios de cada estado, se puede constatar la existencia de una relación positiva entre estas variables, según el Gráfico n.º 1.3.

Gráfico n.º 1.3. Relación entre el consumo de electricidad y el IDH en México (2020).

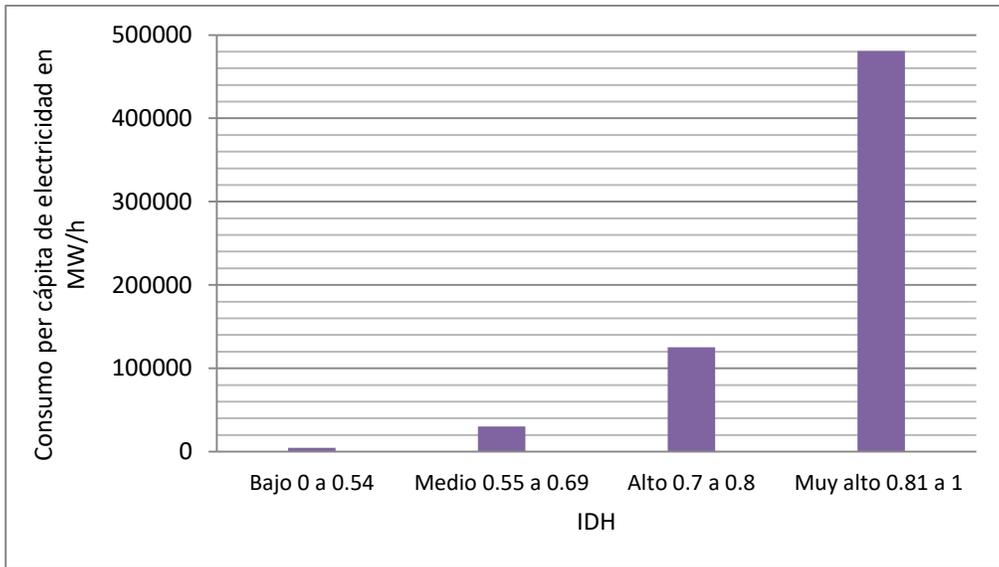


Elaboración propia, a partir de INEGI (2022) y PNUD (2022, a).

De este modo, podemos inferir que un mejoramiento en los niveles de desarrollo humano de los hogares implica que la producción y el consumo de energía deben aumentar o distribuirse de manera más equitativa.

Como se puede apreciar en los Gráficos n.º 1.4 a y 1.4 b, el argumento anterior se confirma al comparar el consumo de electricidad per cápita con el IDH de todos los países del mundo. Una vez más, las poblaciones con un mayor nivel de IDH consumen la mayor parte de la oferta de energía eléctrica.

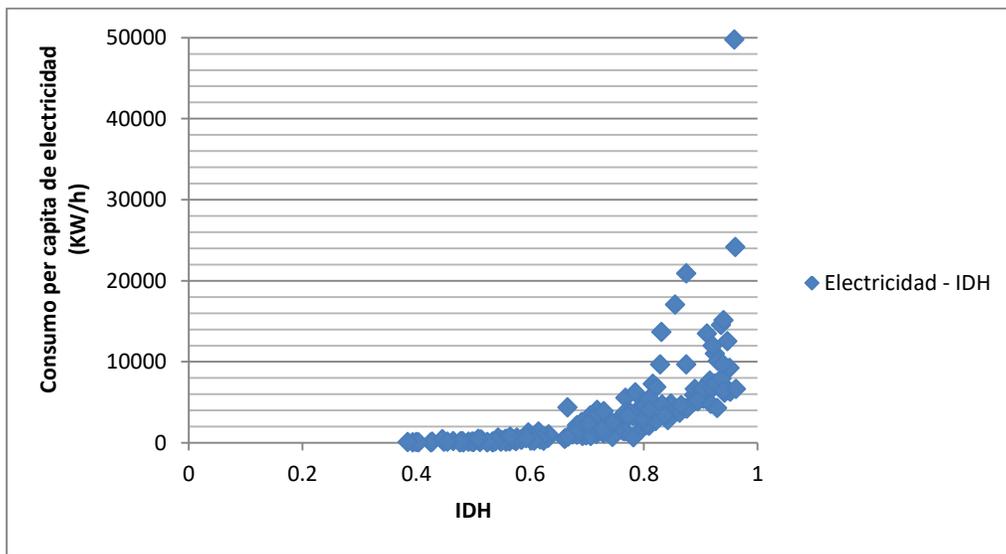
Gráfico n.º 1.4 a. Relación entre el consumo de electricidad y el IDH mundial (2021).



Elaboración propia, a partir de PNUD (2022, b) y WORLD BANK (2022).

A partir de lo anterior, podemos concluir que la relación entre pobreza y energía está presente, si se analiza, desde la perspectiva de los niveles en desarrollo humano asociados a la capacidad de producción, distribución y consumo de energía eléctrica de los países. Como sostiene ODM (2015), es imprescindible incluir la dimensión energética como una de las grandes prioridades y metas para alcanzar el desarrollo.

Gráfico n.º 1.4 b. Relación entre el consumo de electricidad per cápita y el IDH mundial (2021).



Elaboración propia, a partir de PNUD (2022, b) y WORLD BANK (2022).

En lo que respecta a la dimensión social del empleo de la energía, es fundamental tener en cuenta que cada fuente energética tiene diversos efectos positivos y negativos sobre el medio ambiente y la salud. Por ejemplo, el uso de leña o carbón para la cocción de alimentos contribuye a satisfacer la necesidad de alimentación, sin embargo, su uso deja una huella ambiental poco deseable debido a que son insumos que se caracterizan por tener capacidades térmicas poco eficientes a partir de una combustión incompleta. Esto puede liberar grandes cantidades de partículas contaminantes a la atmósfera, lo que a su vez afectará la biodiversidad, el cambio climático y la salud humana.

Por consiguiente, aquellos individuos que emplean la biomasa como combustible para satisfacer sus necesidades tienden a experimentar infecciones agudas o crónicas en las vías respiratorias. Como se menciona en OMS (2022), el uso de combustibles sólidos fue responsable de aproximadamente 3.2 millones de muertes por año en 2020, lo que representa la principal causa de muerte en niños en el mundo. Sin una acción política efectiva, se estima que 2100 millones de personas aún carecerán de acceso a tecnologías y combustibles limpios en el año 2030.

En conclusión, es imperativo considerar que en tiempos modernos, la capacidad de acceder a energía segura, asequible, constante y limpia es una característica fundamental para el desarrollo. En la actualidad, se presentan múltiples factores que relacionan la energía con los niveles de marginación y pobreza, lo que conlleva a una mayor relevancia en la inclusión de los nexos existenciales entre los recursos energéticos, la pobreza y el medio ambiente, desde una perspectiva integral.

### **1.5 Pobreza energética**

La pobreza energética es una propuesta que tiene como objetivo establecer una conexión entre los niveles de pobreza multidimensional con la falta de energía o los recursos necesarios para aprovecharla. En consecuencia, se ha convertido en

una nueva perspectiva de la pobreza, ya que se fundamenta en los problemas sociales que se derivan de la marginación energética.

En tales circunstancias, Seebohm Rowntree fue uno de los pioneros en abordar la relación entre la pobreza y la energía. Enfatizó que si un hogar no logra satisfacer una serie de factores básicos que son esenciales para mantener la eficiencia física de las personas, se encuentra en una situación de pobreza energética (Rowntree, 1991). Posteriormente, Lewis propone el término “*pobreza de combustible*”, que relaciona con la incapacidad de pago en cuanto al acceso al combustible necesario para mantener el calor o temperatura que brinde confort térmico en el hogar (Lewis, 1982).

No obstante, el término de “*pobreza energética*” surgió a comienzos de los ochenta en Reino Unido debido a la crisis del petróleo y sus derivados. Esto provocó una fluctuación en los precios de los combustibles, lo que disminuyó el bienestar de la sociedad al afectar la capacidad de compra para satisfacer sus necesidades (principalmente la necesidad de tener un confort térmico adecuado, ante climas extremos). Al respecto, Brenda Boardman afirma que los hogares que destinan más del 10 por ciento de sus ingresos a gastos energéticos, incluyendo equipos y servicios de energía, se encuentran en una situación de pobreza energética (Boardman, 1991). Es importante señalar que en 1997 el gobierno de Reino Unido adoptó oficialmente dicho término y, a partir de entonces, utiliza este umbral para la determinación y creación de cifras oficiales y programas sociales.

Por otro lado, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) ha identificado dos indicadores de energía como parte de la pobreza en el contexto de la pobreza multidimensional: la electricidad y el combustible de uso para cocinar. En este sentido, PNUD (2011) ha manifestado que los hogares que se encuentran marginados por servicios de electricidad están privados de asistencias que benefician al desarrollo humano, dato que los ubica en un estado de pobreza. Entretanto, el Banco Asiático de Desarrollo expone que la pobreza está vinculada con la privación de poseer alternativas para acceder a servicios energéticos,

adecuados, asequibles, confiables, de alta calidad, seguros y amigables con el medio ambiente, ADB (2017).

Como se ha evidenciado, una pluralidad de autores han adaptado e integrado las concepciones de pobreza en relación con la energía, de acuerdo a su contexto y enfoque de estudio. Por ejemplo, García (2016), quien propone la determinación de la pobreza energética en América Latina, expone lo siguiente:

*Un hogar se encuentra en pobreza energética cuando las personas que lo habitan no satisfacen las necesidades de energía absolutas, mismas que se encuentran relacionadas con una serie de satisfactores y bienes económicos que son esenciales, en lugar y tiempo determinado, de acuerdo a convenciones sociales y culturales.*

En concordancia con lo expuesto, los bienes económicos se rigen y se ajustan de a las diversas dimensiones que acompañan al desarrollo humano y, además, estos influyen en el nivel de bienestar de los individuos. En efecto, la pobreza, en nuestros tiempos, se encuentra determinada por la privación de energía y la dependencia de la biomasa para cocinar (IEA, 2016). En virtud de ello, González Eguino (2014) propone evaluar la pobreza energética en función de la eficiencia (con respecto al consumo de energía mínimo asociado a las necesidades básicas), la tecnología (apuntando al acceso de servicios energéticos modernos) y la capacidad de consumo de servicios de energía, de acuerdo un umbral ecuánime para satisfacer las necesidades básicas; asimismo, sostiene que la pobreza energética dificulta de múltiples formas al desarrollo y contribuye a generar un círculo vicioso o trampa de pobreza<sup>5</sup>.

De este modo, un individuo que carezca de acceso a los recursos energéticos se encontraría en desventaja para llevar a cabo una actividad ante alguien que sí mantiene dicha fuente, lo que generaría niveles de desigualdad y la imposibilidad de un desarrollo libre y justo. Pobreza provoca más pobreza.

---

<sup>5</sup> La trampa de pobreza está denominada como un mecanismo de perpetuación en el que, individuos, municipios, estados o países, están atrapados en niveles de bajo desarrollo; por lo cual, debe de ser analizada desde un punto de vista dinámico para encontrar la causación circular, Martell (2016).

Los conceptos anteriores esclarecen que la pobreza energética podría estar determinada por uno o varios de los siguientes factores: en primer lugar, el uso de la leña (biomasa) para la cocción de alimentos, el calentamiento de agua o el mantenimiento del confort térmico. En segunda estancia, el bienestar económico (ingreso) resulta ser una parte fundamental para adquirir bienes y/o servicios requeridos para saciar los satisfactores relacionados con la energía y, en consecuencia, satisfacer las necesidades. Finalmente, en la actualidad, el desarrollo de la humanidad no se concibe sin el uso de energéticos, por lo tanto, los hogares o individuos que carezcan de energía encontrarán dificultades inconvenientes para desarrollarse.

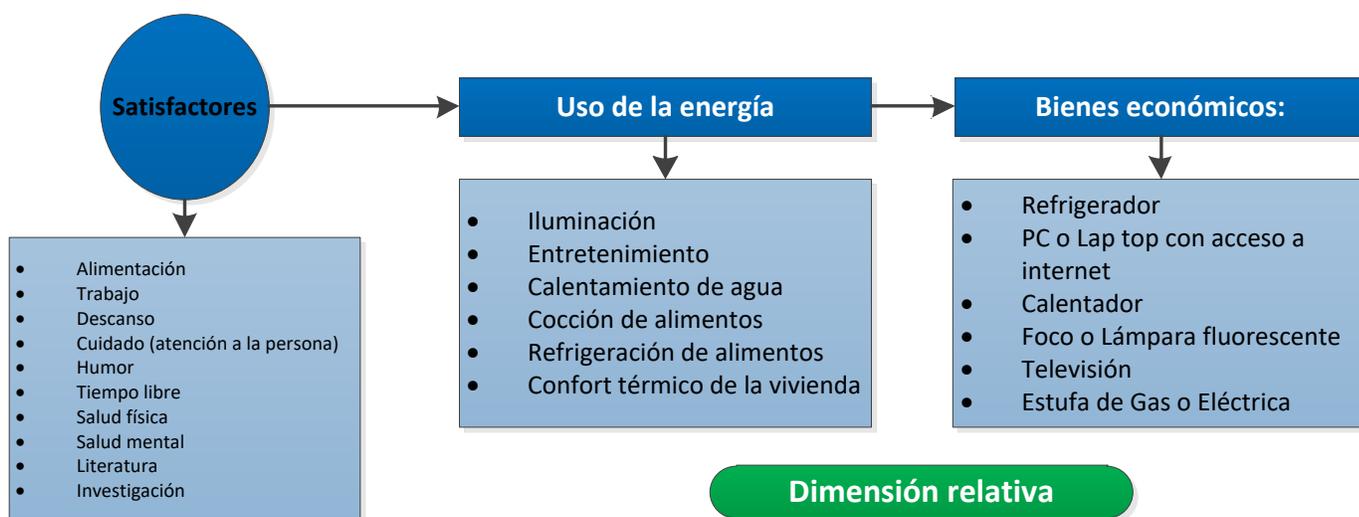
En tanto, para analizar la pobreza energética, resulta imperativo establecer la correlación entre los satisfactores<sup>6</sup> y el uso de la energía y los bienes económicos en un contexto actual. Un ejemplo de esto es el uso de focos o lámparas fluorescentes, los cuales son bienes económicos que emplean la energía eléctrica para iluminar espacios, con la finalidad de alcanzar los satisfactores, tales como el trabajo, la literatura, el tiempo libre y la investigación (ver Figura n.º 1.3).

Es importante señalar, que los satisfactores definen la modalidad dominante que una cultura imprime a sus necesidades y estos se refieren al modo en el que se expresa una necesidad. Durante la actualidad (siglo XXI), el consumo de bienes materiales es el medio dominante y, por lo tanto, son el medio por el cual los individuos potenciamos nuestros satisfactores.

---

<sup>6</sup> Los satisfactores son el modo por el cual se expresa una necesidad y cambian a través del tiempo de las culturas. Por ejemplo, la necesidad de subsistencia se potencia mediante satisfactores como la alimentación, la procreación y el trabajo, sin embargo, la elección de la cantidad, la calidad y la posibilidad de tener acceso a estos varían en función del contexto histórico y cultural.

Figura n.º 1.3. Relación entre los satisfactores, el uso de energía y los bienes económicos.



Elaboración propia, con base a García (2016).

En consecuencia, es factible constatar que los bienes económicos potencian los satisfactores característicos de nuestra actualidad, alterando el umbral de alguna de nuestras necesidades. Por ejemplo, el “trabajo” es un satisfactor, al igual que el “descanso”, y los bienes económicos como la PC, la televisión y las lámparas fluorescentes aumentarán la eficiencia de dichos satisfactores mediante su uso final; de esta manera, al cubrir ambos satisfactores, sería posible satisfacer las necesidades básicas de protección, ocio, participación, creación y subsistencia.

En términos generales, los hogares experimentarán una privación relativa al incumplir con sus satisfactores, los cuales, tal como se ha mencionado, cambian de acuerdo a la dimensión espacio-temporalidad, lo que obstaculizará la satisfacción plena de sus necesidades.

## 1.6 Medidas enfocadas a la reducción de la población en situación de pobreza

Con el propósito de aminorar o superar los niveles de pobreza, la ciencia política ha desarrollado una disciplina llamada: política social. Esta disciplina se dedica a

la investigación e intervención pública sobre los agentes sociales, con el objetivo de promover el bienestar, la igualdad y el orden. Al respecto, Trejo G (1993) argumenta que la política social es aquella que tiene como objetivo primordial apoyar o mejorar las condiciones de vida de la población, a partir de la satisfacción de las necesidades más elementales de los individuos (alimentarse, proteger la salud, educarse y habitar en condiciones apropiadas para la vida social).

Este tipo de política tiene como objetivo mantener o incrementar el gasto público social en periodos de crisis y está dividida en varias denominaciones, entre las cuales se encuentran: a) erradicación. Su objeto es eliminar la pobreza; b) reducción. Aliviará a grupos vulnerables, asistirá y apoyará de manera permanente o temporal; c) reducción de la pobreza extrema; d) superación. Su meta radica en aumentar el grado de oportunidades mediante un mayor acceso a la educación, salud e infraestructura; y e) no aumento (Verdera F., 2007).

Desde la perspectiva de Max-Neff (2011), cuando no se satisface una necesidad básica de manera adecuada, se produce una patología; sin embargo, existen diversas alternativas para combatir patologías individuales y colectivas: la más común, es la participación del gobierno federal al implementar políticas públicas.

En consecuencia, el propósito del Estado consiste en armonizar las circunstancias sociales y naturales que se encuentran en cada individuo, con el fin de que estos sean capaces de alcanzar su desarrollo. Como señala Trejo G (1993), la política social debería concebirse como la creación de capacidades indispensables para que cada individuo tenga la posibilidad de romper el círculo vicioso de la pobreza.

No obstante, debido a que la economía mundial se está convirtiendo en un sistema de mercado, las medidas implementadas por una gran parte de los países se encuentran en un proceso de transformación. Este suceso ha tenido un impacto negativo en los presupuestos gubernamentales, lo que ha llevado a ajustarlos con austeridad. En tal respecto, Trejo G (1993) plantea que el tránsito hacia una economía de mercado puede representar, en términos de costos sociales, la pérdida de las capacidades básicas con las que ya contaba la población y la falta

de las mismas en las nuevas generaciones. No obstante, es obligación del gobierno asistir a los más necesitados y, por medio de su intervención, debe mejorar las condiciones en las que se encuentran, garantizando así sus derechos humanos.

En consecuencia, la elaboración e implementación de políticas públicas destinadas a combatir la pobreza, se enfrentan una inevitable evolución; el cambio sustancial establece una perspectiva basada en un análisis sobre sus causas. Como señala Raczynski Dagmar (1995), en la actualidad existe un abandono de las políticas redistributivas tradicionales que se fundamentan en la fijación de precios y subsidios, con el objeto de introducir políticas y programas directos “focalizados” en los sectores más pobres de la población.

#### **1.6.1 Subsidios energéticos y acciones implementadas para reducir la pobreza energética**

Con el fin de brindar una asistencia a la sociedad, la administración pública concede subsidios que impactan directamente en los precios de los bienes y servicios necesarios para satisfacer las necesidades de los individuos. En relación con esto, OMC (2006) ha informado que una subvención o subsidio se produce al recibir una contribución financiera de un gobierno o cualquier organismo público en el momento en que estos proporcionen donaciones, préstamos, bonificaciones fiscales, financiación o al distribuir un bien o servicio.

Como resultado, los subsidios se utilizan para impulsar una economía, ya sea a través de la oferta o la demanda, caracterizada por encontrarse en una situación en la que se pueden desencadenar situaciones de marginación y pobreza en los individuos mayormente vulnerables. Por lo tanto, las políticas públicas aspiran a una reducción de los precios de los servicios sociales, de modo que estos sean accesibles e incrementen el ingreso real de los hogares, con el objeto de facilitar el acceso a los bienes y servicios básicos (Pearce Neil, 1996).

Dicha subvención está dividida en dos partes: directa y cruzada. En la primera instancia, el Estado otorga una remuneración inmediata al consumidor de un servicio social; la segunda, consiste en incrementar los precios de los bienes y servicios para un grupo de consumidores que son capaces de adquirirlos, con el fin de generar un excedente. Este hecho permitirá disminuir las tarifas para otros segmentos de la población carecen de mayores posibilidades de adquirirlos a un precio habitual.

Sin embargo, existen opositores a la aplicación de estas medidas debido a que fomentan la producción o consumo mediante precios artificiales, lo que genera contrariedades en otros sectores. Asimismo, es preciso tener en cuenta que los estratos sociales con mayor predisposición al consumo podrían ser beneficiados en mayor proporción, y, en general, estos suelen ser los que obtienen mayores ingresos, es decir, los no pobres. Desde el punto de vista de Gonzáles (2000), la aplicación de subsidios puede resultar irresponsable si no se dispone de los mecanismos de control adecuados, ya que estos pueden tener efectos inversos a los deseados, generando un mal proceso redistributivo. Se estima que, en este contexto, los recursos fiscales tendrían un mayor beneficio social (coste de oportunidad) al ser utilizados por otros sectores. Como lo hace notar Lipton David (2013), en muchos países los subsidios siguen obstaculizando un mayor crecimiento debido a que absorben recursos que podrían destinarse al gasto tan necesario en salud, educación e infraestructura.

En vista de lo anteriormente expuesto, es importante tener en cuenta que en México la energía eléctrica ha sido subsidiada durante décadas. Por consiguiente, consideramos relevante examinar si los recursos financieros destinados a esta medida están de manera adecuada a los grupos sociales más vulnerables, tal y como se detallará más adelante.

### **1.6.2 Otras medidas para enfrentar la pobreza energética**

Como se ha mencionado con anterioridad, la pobreza energética es un asunto que se ha vuelto cada vez más relevante en el mundo, y, a pesar de que los subsidios siguen siendo uno de los principales proyectos para erradicarla, los gobiernos han implementado otras estrategias.

En tal sentido, Brenda Boardman ha llevado a cabo investigaciones y campañas con el fin de identificar las causas y los efectos de la pobreza energética, durante un período de más de 30 años. La autora sostiene que una de las alternativas posibles soluciones radica en abordar la pobreza energética desde la perspectiva del mejoramiento de la eficiencia energética de los hogares, Boardman (2010).

Es importante señalar que dicha contribución, además de colaborar de manera significativa para descarbonizar los hogares en el camino hacia un cero neto para el año 2050, pretende sumar al bienestar de los hogares vulnerables y de bajos ingresos. A partir del año 2015, en Reino Unido y otros países que forman parte de la Unión Europea, los gobiernos, además de incrementar sus esfuerzos para desarrollar herramientas que permitan detectar de manera más efectiva los hogares en situaciones de pobreza energética, han implementado diversos programas para solventar los problemas que genera este fenómeno, Department for Business, Energy & Industrial Strategy (2019); ComAct (2021).

Como resultado, algunas de las acciones con mayor repercusión se presentan a continuación:

- En Bulgaria, los hogares más vulnerables pueden solicitar subsidios en las tarifas de calefacción (anual) y electricidad (por un lapso máximo de cinco años), siempre y cuando evidencien que no cuentan con ahorros, viajes al extranjero y ventas de bienes raíces durante los últimos cinco años.
- En Hungría, los clientes discapacitados, ciegos o vulnerables por ingreso no pueden ser desconectados de los suministros de agua y electricidad.
- En Francia, para determinar si es factible proporcionar un equipo más eficiente y contar facturas de servicios gratuitos, se llevan a cabo visitas a

hogares de escasos recursos, donde se realizan auditorías sociales y técnicas.

- En Barcelona, se subsidia la energía en especie. además de asistir y asesorar a los residentes vulnerables en hábitos de consumo eficientes, el gobierno dispone de tecnologías que brindan una eficiencia energética en los hogares, con el fin de reducir sus estados de cuenta del servicio.
- Finalmente, en Irlanda y algunos países del mar Báltico (como Letonia, Lituania y Estonia), con el objetivo de mejorar la eficiencia energética del hogar, los residentes desempleados con niños, familias monoparentales o en pobreza extrema reciben financiamiento para renovar las calderas y las construcciones de su hogar.

La presente afirmación indica que cada uno de los países ha considerado la erradicación de este tipo de penuria, de conformidad con las necesidades de su sociedad. Esto evidencia que el concepto de pobreza energética no está definido de manera universal, a pesar de que cada nación ha identificado la significancia relevancia del problema.

Sin embargo, además del derecho social de contar con vivienda digna, equipada con los servicios adecuados para satisfacer las necesidades, existen otros factores de interés que pueden no ser abordados de manera adecuada, desde la perspectiva de la pobreza energética. Por ejemplo, la política industrial y los derechos a tener un salario digno, una buena alimentación o vivir en un medio ambiente saludable.

A este respecto, la carencia un salario digno plantea graves problemas que afectan el bienestar de las personas, tales como la incapacidad de adquirir bienes y servicios necesarios para sobrevivir. Es relevante destacar que el 81 por ciento de la población de los países menos desarrollados vive con menos de 2 dólares al día y el 50 por ciento con menos de 1 dólar al día (OIT, 2003). En consecuencia, una de las claves para erradicar la pobreza es la creación de puestos laborales y medios de vida sostenibles, mediante la inversión y el desarrollo empresarial.

En cuanto a la pobreza energética, el desarrollo de estrategias que requieran un uso más eficiente de la energía podría ser, una vez más, la clave para generar más empleos, ante las limitaciones presupuestales que presentan las instituciones, así como el aumento de los precios de los bienes energéticos. En particular, un cambio de los sistemas de producción y consumo hacia modelos sostenibles, otorgando responsabilidad a los propietarios, mediante la implementación, resultaría más económico que la innovación de nuevas formas de producir energía, Boardman (2010).

En resumen, la estrategia para afrontar la pobreza energética no se limita exclusivamente a la carga fiscal, sino que también la alteración de las variables de otras dimensiones como los hábitos de consumo o el formato de producción podría generar cambios favorables.

## **1.7 Conclusiones y extensiones**

Por un lado, la metodología propuesta por la CEPAL (la cual ha sido empleada por CONEVAL para evaluar la evaluación de la pobreza multidimensional en México) se ha estructurado mediante la integración de dos líneas de bienestar (bienestar y bienestar mínimo) y un índice de privación social. Las líneas de bienestar, a partir de los productos más consumidos por una sociedad y que cumplen con los requerimientos nutricionales, establecen los ingresos mínimos necesarios para adquirir las canastas básicas (alimentaria y no alimentaria). En cambio, el índice de privación social se compone de seis indicadores asociados a la dimensión de derechos sociales; entre ellos se encuentran: el rezago educativo, el acceso a servicios de salud, el acceso a la seguridad social, la calidad y los espacios a la vivienda, servicios básicos a la vivienda y el acceso a la alimentación.

El presente aspecto metodológico desempeña un papel fundamental, puesto que los umbrales multidimensionales nos permiten evaluar los niveles de pobreza con mayor fiabilidad, ya que no solo incluyen factores relacionados con la renta, sino también otros concernientes con la calidad de vida. De este modo, es posible

clasificar a los individuos en cinco categorías: pobres en extremidad, pobres, vulnerables por carencias sociales, vulnerables por ingresos y no pobres.

Por otro lado, la energía se ha transformado en un factor sinérgico del desarrollo humano. Los países con un mayor índice de desarrollo humano muestran un consumo elevado de energía eléctrica, en comparación con los de menor desarrollo.

Tras el análisis efectuado en el apartado 1.4, en relación con el IDH y el consumo de energía, se puede señalar que aquellos países con un mayor consumo de insumos energéticos ostentan un nivel superior de desarrollo humano, lo cual evidencia una correlación entre los procesos de producción y el consumo de energía con la pobreza. Según parece, la superación de la pobreza deberá estar acompañada por un incremento en el consumo de energía eléctrica per cápita. Por consiguiente, el argumento de evaluar la pobreza desde una perspectiva asociada a la capacidad de consumo de insumos de energía toma sentido.

Como resultado, la energía ha comenzado a tomar fuerza como un objetivo para combatir los índices pobreza multidimensional. Razón por la cual, con el fin de eliminar brechas de desigualdad en la sociedad, algunos autores han expresado la necesidad de observar el tema de pobreza desde otros enfoques, como es el energético. En tal aspecto, la pobreza energética se convirtió en una nueva estrategia para analizar los problemas y las causas que conforman la situación de pobreza en el mundo. No obstante, la literatura, enfocada en la descripción y análisis de la concepción de pobreza energética, presenta discrepancias por parte de los autores, ya que cada uno de los estudios examina el fenómeno desde el contexto energético al que se enfrenta.

En cualquier sentido, la pobreza energética está estrechamente relacionada con los niveles de pobreza multidimensional, a partir de la carencia de energía o de los recursos necesarios para aprovecharla. De acuerdo con lo expuesto por Reddy (2000), este tipo de condición se puede definir como una incapacidad de acceso a alternativas suficientes de servicios energéticos, adecuados, económicos, fiables,

seguros y ambientalmente sostenibles, tales que contribuyen al desarrollo económico y humano.

Finalmente, se constató que las medidas habituales enfocadas en el combate de la pobreza se estructuran en cinco etapas: erradicación, reducción, reducción de pobreza extrema, superación y no aumento. En relación con este asunto, una fracción del presupuesto gubernamental fomenta iniciativas de política social que abarcan, principalmente, las áreas de educación, salud y vivienda.

En lo que respecta a la vivienda, el gobierno federal en México otorga subsidios al consumo de energía eléctrica, los cuales tienen un impacto directo en los precios de los bienes y servicios necesarios para satisfacer las necesidades de los individuos. En otros países, como es el caso de algunos de los que se encuentran en la Unión Europea, las estrategias buscan optimizar la eficiencia energética de los hogares, con el objetivo de erradicar los niveles de pobreza energética; un tema que cada día es más relevante en la elaboración de políticas sociales.

## **2. DIFERENCIACIÓN SOCIAL, NIVELES DE POBREZA Y PROGRAMAS PARA COMBATIRLOS**

### **2.1 Introducción**

Existe un incremento exponencial de la demanda energética a nivel global, lo cual podría generar un desabastecimiento de energía en los próximos años. La energía es fundamental para desempeñar diversas tareas en los procesos productivos y las actividades cotidianas de las personas, de modo que un desabastecimiento tendría un impacto negativo en el bienestar de la sociedad. De no ser solventado con éxito este asunto, los sectores industriales podrían experimentar una crisis energética, lo cual tendría como consecuencia un aumento en el desempleo, la carencia de recursos y el aumento en los precios de los bienes de consumo.

En particular, México es un país en desarrollo que en los últimos años ha experimentado dificultades en su balanza comercial de bienes energéticos. Como se expone en la sección 2.2, a partir del año 2015, el consumo nacional de energía primaria y secundaria (petróleo, gas, carbón, nuclear y electricidad) ha superado su producción. Por consiguiente, el país ha dejado de ser capaz de sustentar el consumo social e industrial de energía para satisfacer sus necesidades.

El objetivo de este capítulo es, por tanto, ofrecer una perspectiva sobre los niveles de desigual y pobreza que caracterizan a los hogares de México, así como detallar sus características socioeconómicas relacionadas con los servicios de energía.

A fin de lograr el propósito previamente expuesto, se describen algunas de las dificultades por las que atraviesan los sistemas de producción de energía.

En segundo lugar, se propone una evaluación comparativa de los índices de desigualdad energética en relación con la accesibilidad y asequibilidad de servicios básicos de energía dentro de los hogares, así como en los niveles de pobreza multidimensional y desigualdad del ingreso en México.

Finalmente, el gasto en el desarrollo humano es fundamental para disminuir los índices de desigualdad, por lo tanto, se presentan algunos datos referentes a los programas sociales destinados a disminuir los índices de pobreza multidimensional en México. Asimismo, se anexa una descripción acerca de la forma en que se redistribuye el ingreso a los hogares a través de los subsidios a la energía eléctrica.

## **2.2 Suficiencia energética de México**

El incremento de los precios de la energía causa graves problemas a la economía mundial, lo cual tiene un impacto negativo en los hogares que se encuentran en situación de vulnerabilidad, los más pobres. De acuerdo con IEA (2022), es probable que unos 75 millones de personas que solo recientemente han logrado acceso a la electricidad pierdan la capacidad de pagarla, lo que significa que, por primera vez desde que empezamos a hacer este seguimiento, el número total de personas en todo el mundo sin acceso a la electricidad haya empezado a aumentar. Por consiguiente, aproximadamente 100 millones de individuos podrían retornar a depender de la leña para cocinar.

La crisis energética actual exhibe una evidencia de la insuficiencia e insostenibilidad del sistema de energía. Asimismo, es imperativo considerar que el calentamiento global y sus consecuencias no deben ignorarse, por lo que la generación de energía debe ser impulsada mediante medios alternativos.

En México, en particular, en los últimos diez años se ha experimentado un incremento en el consumo energético, con una tasa promedio anual del 2.38%, mientras que la producción de energía primaria ha disminuido a una tasa anual del 2.56%; lo cual es preocupante, ya que a partir del año 2005, el superávit energético comenzó a experimentar declives considerables. Estos declives no han frenado, por el contrario, han aumentado significativamente, hasta tal punto que en 2015, por primera vez en los últimos quince años, se ha producido un déficit energético.

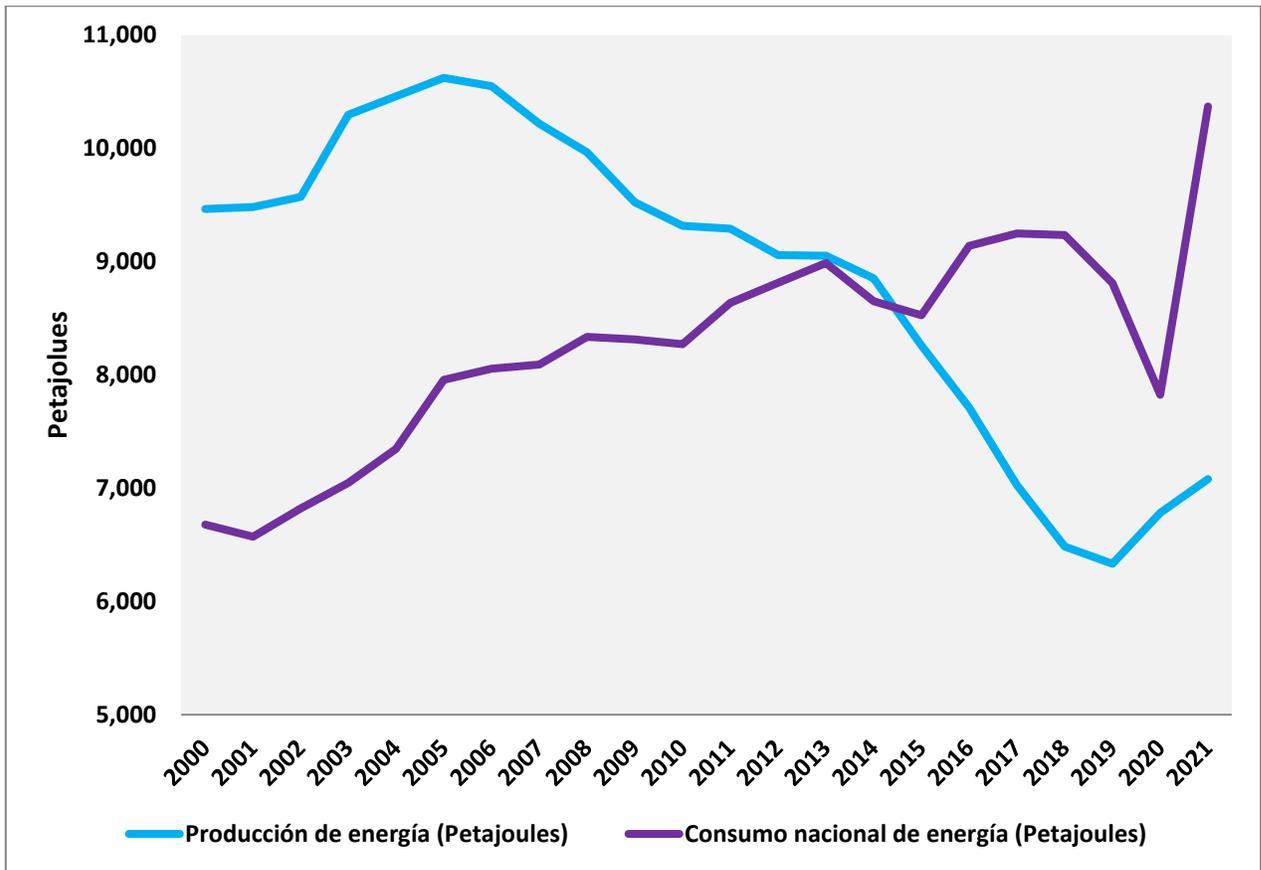
Tabla n.º 2.1. Producción y consumo nacional de energía en México (2000-2021).

<b>Año</b>	<b>Producción de energía (Petajoules)</b>	<b>Consumo nacional de energía (Petajoules)</b>	<b>Superávit o Déficit energético (Petajoules)</b>
<b>2000</b>	9,467.20	6,678.79	2,788.41
<b>2001</b>	9,482.89	6,574.03	2,908.86
<b>2002</b>	9,572.74	6,824.00	2,748.74
<b>2003</b>	10,298.34	7,047.57	3,250.77
<b>2004</b>	10,460.08	7,347.37	3,112.71
<b>2005</b>	10,624.65	7,957.44	2,667.21
<b>2006</b>	10,549.85	8,056.03	2,493.82
<b>2007</b>	10,218.83	8,092.24	2,126.59
<b>2008</b>	9,966.38	8,337.79	1,628.58
<b>2009</b>	9,524.94	8,315.16	1,209.78
<b>2010</b>	9,318.26	8,271.04	1,047.21
<b>2011</b>	9,292.63	8,638.26	654.36
<b>2012</b>	9,059.36	8,814.81	244.56
<b>2013</b>	9,052.85	8,988.43	64.42
<b>2014</b>	8,854.25	8,650.69	203.56
<b>2015</b>	8,261.03	8,528.87	-267.84
<b>2016</b>	7,714.13	9,140.10	-1,425.96
<b>2017</b>	7,027.22	9,249.75	-2,222.52
<b>2018</b>	6,484.84	9,236.86	-2,752.02
<b>2019</b>	6,332.81	8,811.06	-2,478.24
<b>2020</b>	6,784.70	7,826.61	-1,041.91
<b>2021</b>	7,081.42	10,370.26	-3,288.84

Elaboración propia, a partir de SIE (2023).

De este modo, la diferencia entre el consumo y la producción nacional de insumos y productos energéticos ha disminuido, de manera que el país presenta muestras de carencia en lo que respecta a su capacidad para asegurar el abastecimiento nacional (consultar el Gráfico n.º 2.1).

Gráfico n.º 2.1. Comparación entre producción y consumo nacional de energía.



Elaboración propia, a partir de SIE (2023).

Por otro lado, la carencia de inversión en los sistemas de distribución y comercialización de energía eléctrica no solo produce un deterioro en la calidad del servicio, sino que también es uno de los factores fundamentales en el incremento de las pérdidas de energía, tanto técnicas como no técnicas.

Es importante señalar que las pérdidas técnicas se derivan del calor que se produce cuando la electricidad pasa a través de las líneas de transmisión y de los transformadores. Por el contrario, las pérdidas no técnicas se producen cuando la energía se extrae del sistema sin que el medidor de energía registre el consumo, ya sea por robo o por manipulación de equipos y sistemas de facturación para alterar los registros de consumo.

De esta manera, las pérdidas de energía en los sistemas de distribución han adquirido un carácter relevante, especialmente para las compañías que producen

y distribuyen energía eléctrica. En México, en particular, de 2015 a 2019, se ha registrado una pérdida anual del 14.7% de la energía eléctrica generada; sin embargo, desde 2020 se mantiene una tendencia de mejora en el valor de pérdidas, según la Tabla n.º 2.2.

Tabla n.º 2.2. Porcentaje de pérdidas de energía eléctrica por transmisión y distribución (en Petajoules) en México.

Año	Oferta/demanda	Pérdidas por transmisión y distribución	Porcentaje de pérdidas
2012	1,051.76	158.580	15.08%
2013	1,049.09	153.072	14.59%
2014	1,067.23	148.757	13.94%
2015	1,093.08	146.304	13.38%
2016	1,134.70	145.363	12.81%
2017	1,164.75	183.946	15.79%
2018	1,245.01	196.621	15.79%
2019	1,235.79	195.165	15.79%
2020	1,187.05	127.585	10.75%
2021	1,184.61	50.7970	4.29%

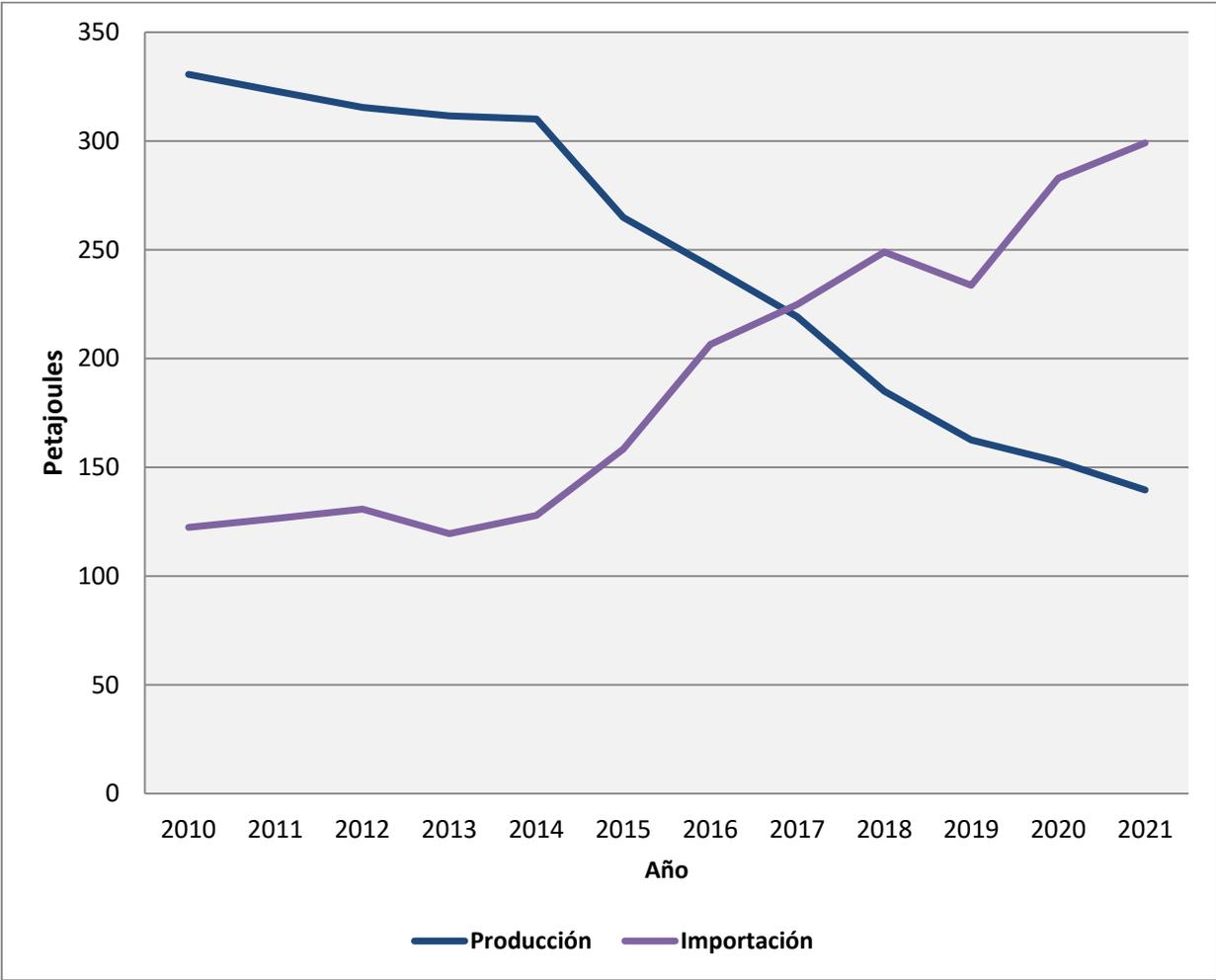
Elaboración propia, a partir de SIE (2023).

Ahora bien, en cuanto al gas licuado de petróleo (GLP), la importación de este producto ha experimentado un incremento en relación con la producción en los últimos años. En 2010, el porcentaje de importaciones en comparación con los niveles de producción de GLP fue del 37.02%; mientras tanto, en 2021 aumentó significativamente al 214.21%, según el Gráfico n.º 2.2.

Lo anterior tiene una explicación y es que, a partir del año 2010, se incrementaron los precios del GLP con el propósito de alcanzar el nivel del mercado, ya que, anteriormente, los precios solían tener un precio fijo y eran inferiores a los precios del mercado internacional. Posteriormente, en 2014, la Ley de Hidrocarburos

expresó e impulsó la liberación del mercado del GLP, la cual tuvo lugar en 2017, (CONECC, 2018).

Gráfico n.º 2.2. Comparación de la producción e importación de gas LP en México (2010-2021).



Elaboración propia, a partir de SIE (2023).

Con respecto a la comparación entre la importación y la demanda de gas natural, es posible apreciar que México se ha convertido en un país importador de dicho combustible; en este contexto, de 2010 a 2021, el promedio de importaciones en relación con la demanda es del 42.8%, tal como se muestra en la Tabla n.º 2.4. Nótese cómo, en 2016, se alcanzó un máximo histórico de 1933.87 Petajoules de importación en comparación con los, 2455.35 Petajoules demandados, lo que representa el 77.98%.

Consideramos que este aspecto es de suma importancia, ya que la dependencia hacia el exterior para obtener insumos energéticos, especialmente para la producción de energía eléctrica, podría tener un impacto significativo en los precios futuros de los servicios de electricidad, así como en la seguridad y garantía del suministro de energía intergeneracional.

Tabla n.º 2.3. Consumo de combustibles para la generación de electricidad en México (2010-2022).

Combustible	Combustóleo	Díesel	Carbón	Gas Natural
2012	23.6%	1.8%	45.8%	28.8%
2013	20.8%	1.6%	45.1%	32.5%
2014	14.1%	0.9%	50.1%	34.9%
2015	12.6%	0.9%	48.5%	38.0%
2016	13.1%	1.2%	47.9%	37.8%
2017	7.9%	54.7%	21.7%	15.7%
2018	14.0%	1.9%	44.5%	39.6%
2019	13.7%	2.6%	36.8%	46.9%
2020	12.5%	2.2%	31.0%	54.2%
2021	8.7%	1.8%	9.5%	80.1%
2022	2.6%	0.9%	4.1%	92.4%

Elaboración propia, a partir de SIE (2023).

Es importante señalar que la producción de energía eléctrica en México alberga como insumos primordiales al gas natural, el carbón y el agua. En relación con los hidrocarburos combustibles, el consumo de gas natural ha experimentado un incremento significativo, con una tendencia favorable, lo que ha llevado a convertirse en el principal componente de la producción de electricidad a partir del año 2019. Es decir, en el periodo 2019-2022, el gas natural incrementó su participación 46.9% al 94.4%, para más información consultar la Tabla n.º 2.4.

Tabla n.º 2.4. Comparación de la importación y demanda de gas natural en México (2010-2022).

Descripción	Demanda (MMpcd)	Importación(MMpcd)
2010	2765.42	535.76
2011	2767.25	790.82
2012	2730.58	1089.30
2013	2752.57	1289.68
2014	2728.55	1357.79
2015	2612.54	1415.84
2016	2455.35	1933.87
2017	2363.78	1766.05
2018	2090.34	1316.53
2019	1949.49	966.63
2020	1848.74	853.06
2021	2425.48	904.60

Elaboración propia, a partir de SIE (2023).

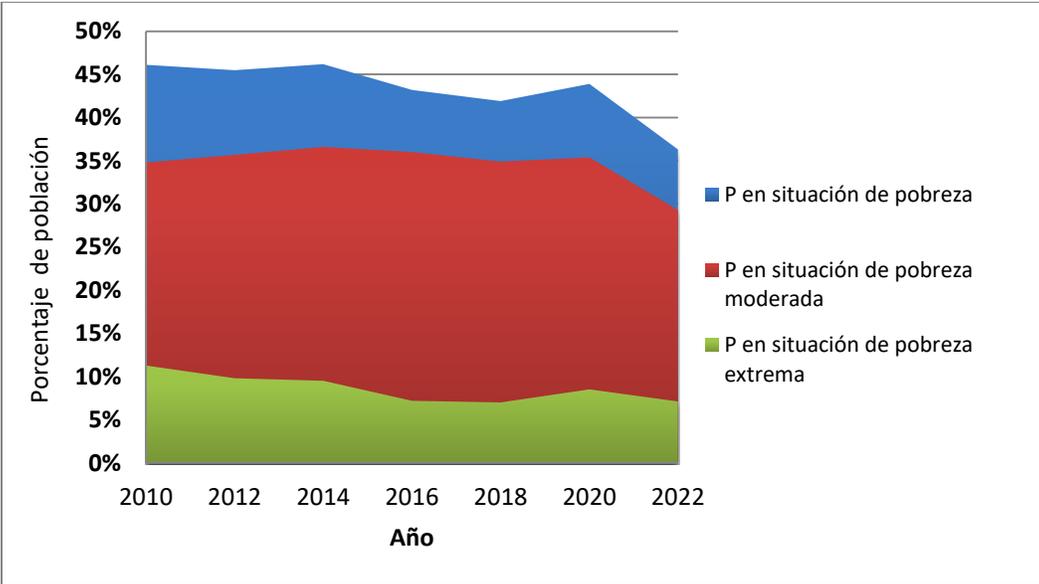
Estos resultados están relacionados con la forma en que se distribuye la producción de energía eléctrica en México; al respecto, las principales tecnologías de electricidad son la termoeléctrica, el ciclo combinado e hidroeléctricas. Las tecnologías en cuestión presentan un índice de participación del 71.06 %, 6.38 % y 11.93 % durante el período 2015-2022 (SIE, 2023).

Por último, es importante destacar que la deuda total de la Comisión Nacional de Electricidad (CFE) aumentó significativamente en un lapso de diez años, hasta tal punto que en 2020 acumuló una cantidad de \$363 mil 157.7 millones de pesos mexicanos (MXN), (CFE, 2020); lo cual plantea una llamada de atención para los procesos producción, transmisión y distribución de electricidad en el país.

### 2.3 Características sobre pobreza multidimensional en México

Particularmente, México es un país en desarrollo que experimenta una creciente coyuntura de pobreza. De acuerdo con los resultados de pobreza en México 2010-2022 obtenidos por CONEVAL (2023), en 2010 se registraron, al menos, 52.8 Millones de personas pobres en el país; mientras tanto, en 2022 la cifra disminuyó a 47.20 millones de personas (lo que equivale al 36.3% de la población). De estos últimos, 38.1 Millones se encuentran en condiciones de pobreza moderada y 9.2 millones en condiciones de pobreza extrema (consultar el Gráfico n.º 2.3).

Gráfico n.º 2.3. Población en situación de pobreza en México (2010-2022).



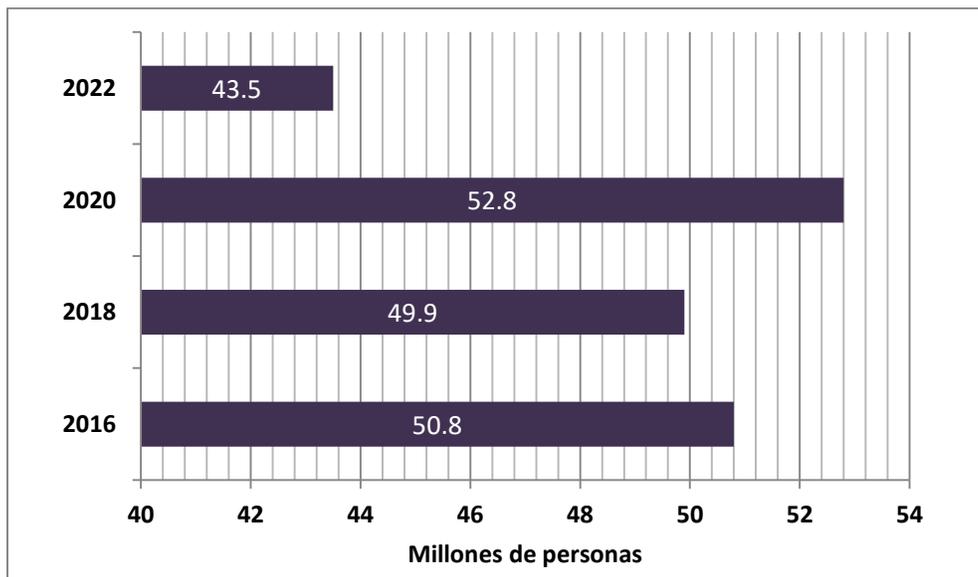
Elaboración propia, a partir de CONEVAL (2023).

Como se ha mencionado previamente, un indicador relevante para determinar los niveles de pobreza en México es el índice de privación social. Este índice se encuentra integrado por un conjunto de variables, tales como el rezago educativo, el acceso a servicios a la salud, el acceso a la seguridad social, la calidad y espacios a la vivienda, los servicios básicos a la vivienda y el acceso a la alimentación.

En relación con esto, CONEVAL (2022) sostiene que México, en el año 2022, se registraron al menos 43.5 Millones de individuos con ingresos inferiores a la línea

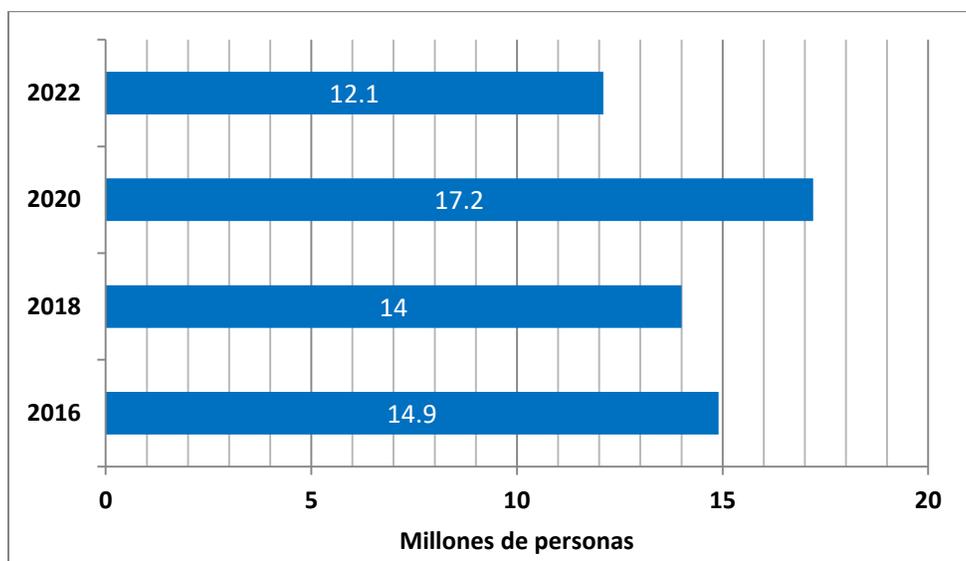
de pobreza; mientras tanto, el número de habitantes que perciben un ingreso inferior a la línea de bienestar mínima equivale a 12.1 Millones (ver los Gráficos n.º 2.4 y 2.5).

Gráfico n.º 2.4. Población con ingreso inferior a la línea de bienestar (2022).



Elaboración propia, con base a CONEVAL (2023).

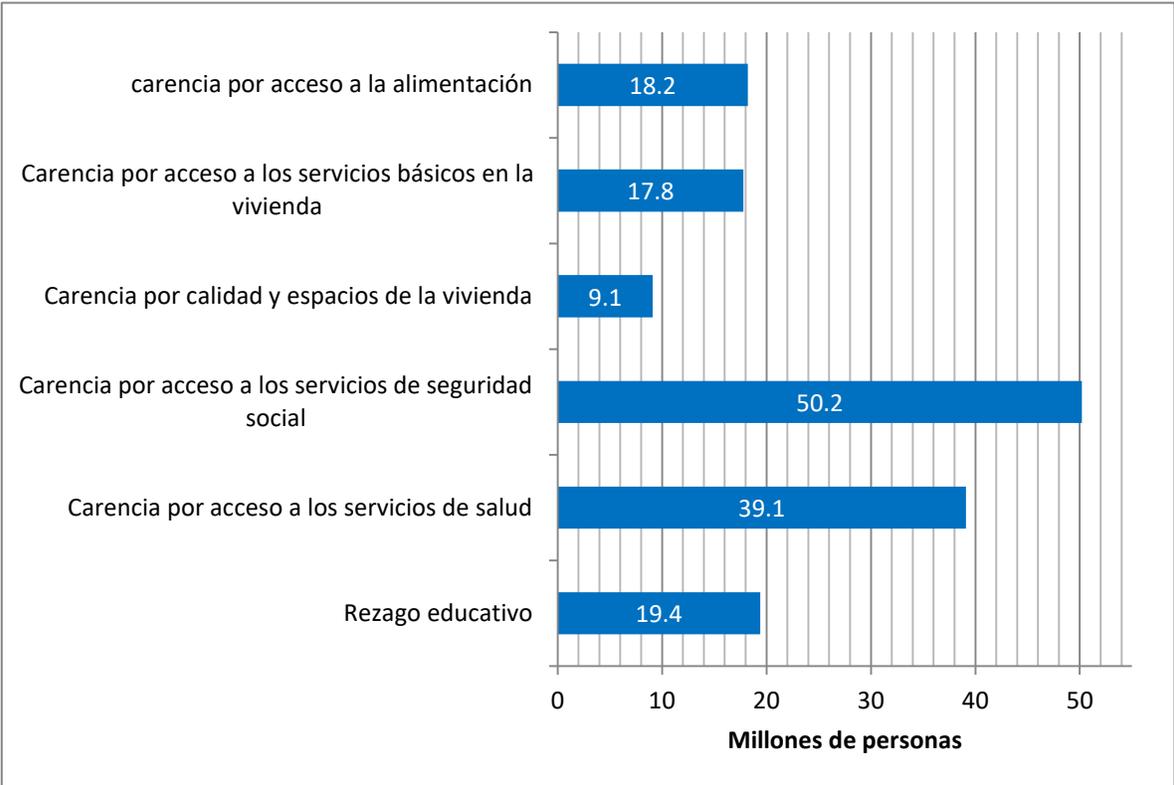
Gráfico n.º 2.5. Población con ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo (2022).



Elaboración propia, con base a CONEVAL (2023).

Asimismo, es importante señalar que 19.4 Millones de habitantes experimentan un rezago educativo; 18.2 Millones carecen de acceso a la alimentación; 17.8 Millones requieren de acceso a servicios básicos en la vivienda; mientras que 50.2 Millones no disponen de seguridad social; 39.1 Millones están en situación de carencia de acceso a la salud y 9.1 Millones de habitantes carecen de espacios en la vivienda (ver Gráfico n.º 2.6).

Gráfico n.º 2.6. Indicadores de carencia social en México (2022).



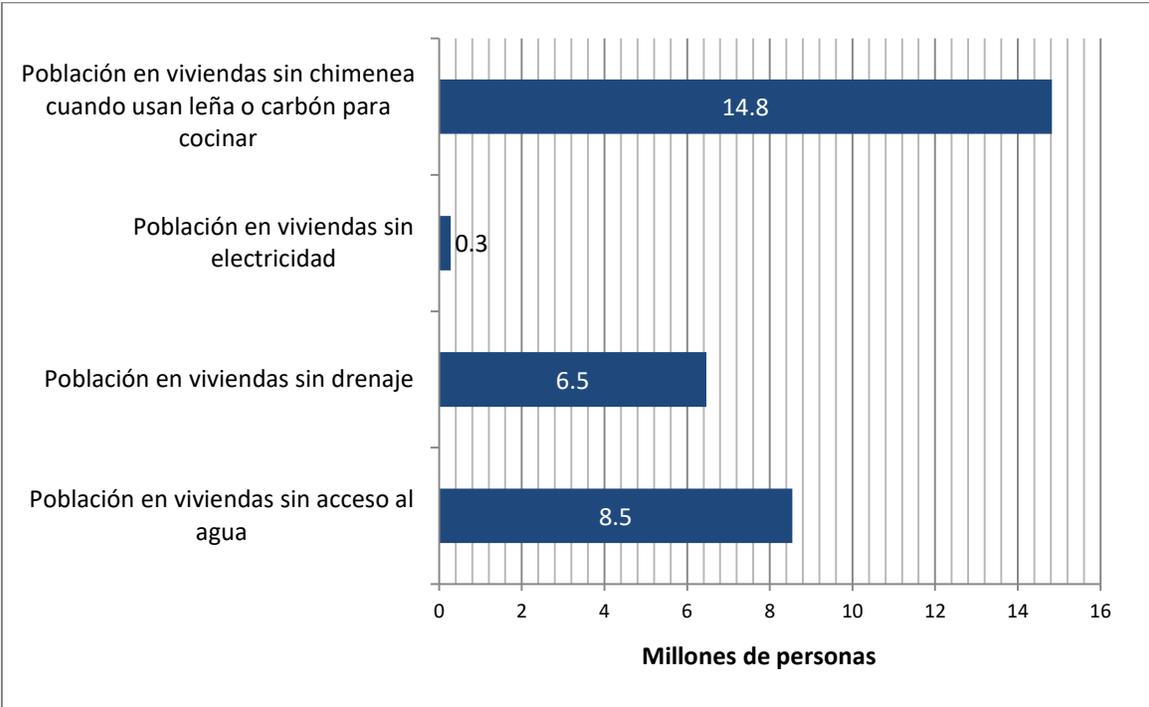
Elaboración propia, a partir de CONEVAL (2023).

Ahora bien, es importante destacar que el sector energético en México (así como en muchas otras regiones del mundo) se enfrenta a graves dificultades para continuar con su estrategia de producción, consumo y distribución de los insumos de energía. Por un lado, el cambio climático hace hincapié en la importancia de modificar las formas en las que se produce e intercambia la energía; por otro lado, la escasez de energía y los insumos asociados con ella generan altos niveles de

inquietud ante un sistema económico que depende de fuentes modernas y accesibles de energía.

El hecho anterior se puede apreciar en el Gráfico n.º 2.7, en el cual se evidencia una amplia variedad de habitantes que dependen de la quema de leña o carbón con el propósito de satisfacer su necesidad de subsistencia (mediante la alimentación). Al respecto, en el año 2022, al menos 14.8 millones de habitantes cocinan con leña o carbón sin contar con una chimenea en la vivienda.

Gráfico n.º 2.7. Población con carencia por accesos básicos a la vivienda en México (2022).



Elaboración propia, con base a ENIGH (2023).

La información previamente expuesta indica que en México la carencia de accesos básicos a la vivienda margina a un elevado número de individuos y que la accesibilidad a los servicios básicos relacionados con la energía eléctrica es desigual, lo que implica un riesgo para la satisfacción de necesidades básicas o fundamentales asociadas con el uso de energía. En virtud de esto, es factible afirmar que uno de los desafíos más arduos en cuanto al derecho de tener una vivienda digna y decorosa, se sitúa en la población que habita en viviendas sin

chimenea; especialmente cuando estos usan leña o carbón para cocinar, lo cual tiene graves consecuencias negativas en la salud.

#### **2.4. Índices de desigualdad energética en México (accesibilidad y asequibilidad)**

Para evaluar el comportamiento y las capacidades de los habitantes de México, en lo que respecta al consumo energético, es imperativo considerar las características socioeconómicas de la población. En primer lugar, es preciso tener en cuenta que cada entidad federativa posee de diversas particularidades que se vinculan, principalmente, a su cultura, economía, densidad de población, etc. No obstante, con el propósito de facilitar la ejecución del estudio, se agruparán las entidades federativas en función de su ubicación geográfica en el país.

Un elemento fundamental en cuanto al consumo de recursos energéticos es la posibilidad de evaluarlo por pequeños subgrupos de habitantes denominados hogares. De acuerdo con el censo de población, INEGI (2020), un hogar es el conjunto de individuos que residen habitualmente en una vivienda particular y se sustentan en un gasto común.

Como resultado, en 2022 México albergó 35 millones 560 mil 123 hogares, siendo la zona centro la región con la mayor densidad de población, con una participación del 33.5% respecto al total de hogares a nivel nacional (Ver Tabla n.º 2.5).

Tabla n.º 2.5. Hogares de México por zona (2022).

REGIONES GEOGRÁFICAS DE MÉXICO	HOGARES	% HOGARES
NOROESTE	4,499,661	12.0%
NORESTE	5,231,218	13.9%
CENTRO-OCCIDENTE	7,790,372	20.7%
CENTRO	12,569,259	33.5%
SUR-SURESTE	7,469,613	19.9%
NACIONAL	37,560,123	100%

Fuente: Elaboración propia, a partir de ENIGH (2023).

Por otro lado, resulta imperativo examinar el comportamiento relacionado con la variación del ingreso en la población, ya que es esencial para evaluar el bienestar de la sociedad. En cuanto a esto, México ha demostrado durante largos períodos de su historia que una gran cantidad de población ha carecido de niveles de bienestar aceptables en sus diversas dimensiones fundamentales, tales como la alimentación, la educación, la salud, la vivienda, entre otras.

La presente circunstancia presenta un grave desafío, ya que la presencia de grandes núcleos de población con una limitada accesibilidad a la satisfacción de sus necesidades básicas no constituye un resultado fortuito, Bolvinik (1989). En relación con este asunto, México se ha caracterizado por tener una elevada proporción de población con bajos ingresos y pequeños grupos sociales con ingresos desmesurados. En el año 2022, el 30% de los hogares del país, específicamente los deciles I, II, III, solo participaron en el 10.2% del ingreso total, mientras que otra décima parte, el decil x, contribuyó con el 31.5% (para obtener más información, consulte la Tabla n.º 2.6).

Tabla n.º 2.6. Distribución del ingreso (pesos) en México por decil (2022).

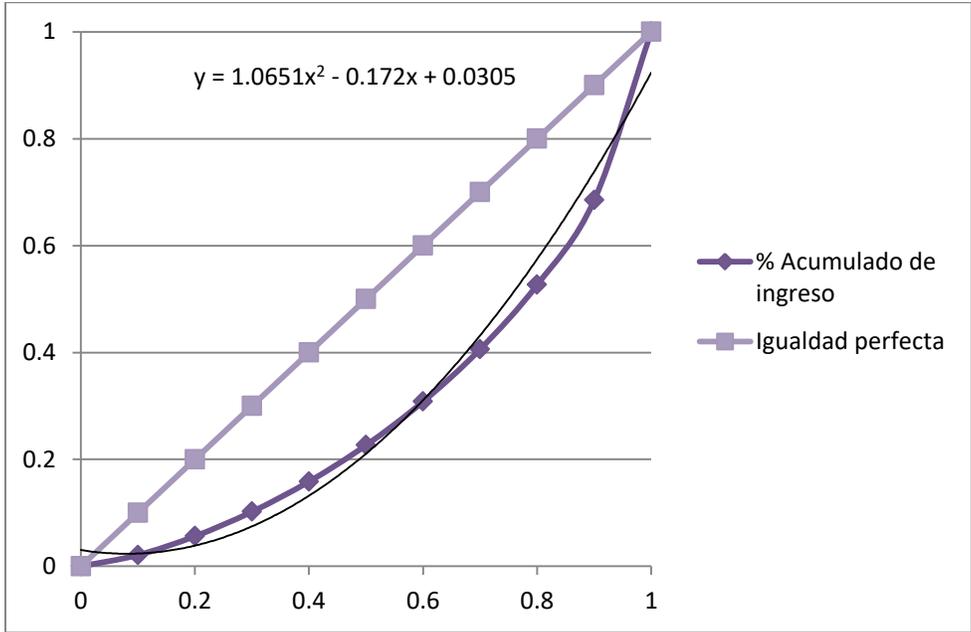
Deciles	Ingreso trimestral	% Ingreso
I	\$13,411	2.1%
II	\$22,421	3.5%
III	\$29,201	4.6%
IV	\$35,947	5.6%
V	\$43,341	6.8%
VI	\$51,924	8.2%
VII	\$62,412	9.8%
VIII	\$76,736	12.0%
IX	\$100,866	15.8%
X	\$200,696	31.5%
TOTAL	\$636,955	100%

Fuente: Elaboración propia, a partir de ENIGH (2022).

Con el fin de facilitar el análisis de la distribución del ingreso, se propone la aplicación del Gráfico n.º 2.8. El comportamiento presentado por la curva de Lorentz, diferenciado por la línea de igualdad perfecta, indica un coeficiente de Gini de 0.401 en relación con la distribución relativa del ingreso en México.

El coeficiente de Gini es una medida de la desigualdad que se utiliza para determinar cuán grande es la desigualdad del ingreso. Al respecto, si el coeficiente se sitúa cerca del valor cero, la desigualdad es pequeña; no obstante, a medida que se encuentre más cerca de la unidad, la desigualdad aumenta hasta alcanzar un máximo. Es importante destacar que, en la actualidad, un coeficiente de Gini superior al 0.30 puede representar dificultades en la desigualdad de ingresos.

Gráfico n.º 2.8. Curva de Lorentz para la distribución del ingreso en México (2022).



Fuente: Elaboración propia, a partir de ENIGH (2022).

En relación con las áreas geográficas de México, tal como se puede apreciar en la Tabla n.º 2.7, el coeficiente de Gini presenta una mejoría para todas las regiones del país durante el periodo comprendido entre 2018 y 2022. En el año 2018, algunas entidades de la región sur-sureste, tales como Chiapas (0.469), Tabasco (0.456) y Yucatán (0.465), se caracterizaron por tener una tasa de desigualdad

más elevada. No obstante, en 2022, el coeficiente de Gini para todas las regiones del país se situó en el rango de 0.358 a 0.379.

Tabla n.º 2.7. Coeficiente de Gini por región en México (2018-2022).

REGIONES GEOGRÁFICAS DE MÉXICO	COEFICIENTE DE GINI (2018)	COEFICIENTE DE GINI (2022)
NOROESTE	0.398	0.379
NORESTE	0.410	0.378
CENTRO-OCCIDENTE	0.378	0.377
CENTRO	0.393	0.381
SUR-SURESTE	0.416	0.358
NACIONAL	0.414	0.401

Fuente: Elaboración propia, a partir de ENIGH (2022).

En cuanto al de consumo de energía eléctrica y combustibles para el hogar, se ha constatado que el decil X de la población consume el 22.41% del total, a diferencia de la población del decil I que consume solo el 4.64%, para obtener más información, consulte la Tabla n.º 2.8. Este aspecto evidencia una desigualdad energética entre los diversos grupos sociales de México.

Tabla n.º 2.8. Gasto trimestral (pesos) en energía eléctrica y combustibles en México (2022).

Nivel	Consumo de energía eléctrica y combustibles	% consumo
I	\$1,690.45	4.29%
II	\$2,169.03	5.51%
III	\$2,626.96	6.67%
IV	\$3,011.22	7.65%
V	\$3,252.71	8.26%
VI	\$3,644.38	9.26%
VII	\$4,006.52	10.18%
VIII	\$4,658.59	11.83%
IX	\$5,353.71	13.60%
X	\$8,956.90	22.75%
TOTAL	\$39,370.45	100%

Fuente: Elaboración propia, a partir de ENIGH (2022).

Hecha esta salvedad, si comparamos el coeficiente de Gini de desigualdad de ingreso con el consumo de energía eléctrica y combustibles de los hogares a nivel nacional, se puede apreciar una significativa diferencia entre ambas fuentes. El coeficiente de Gini en cuanto a la distribución del ingreso es 0.401 en comparación con el 0.257 del consumo energético. En términos generales, se observa una mayor desigualdad en la distribución del ingreso que en el consumo de recursos energéticos.

En lo que respecta a los hogares de México que carecen de servicio eléctrico durante el año 2022, se encuentran en la cifra de 135 mil 613, de los cuales el 52.54% pertenecen a la zona sur-sureste del país. Es importante señalar que tales hogares conforman el 0.19% de la población total del país y no disponen de servicios eléctricos en ninguna de sus opciones (paneles solares o plantas eléctricas particulares), como se puede apreciar a continuación:

Tabla n.º 2.9. Hogares sin servicio eléctrico en México (2022).

REGIONES GEOGRÁFICAS DE MÉXICO	HOGARES SIN SERVICIO ELÉCTRICO	% SIN SERVICIO	% DEL TOTAL DE HOGARES
NOROESTE	14,880	10.97%	0.04%
NORESTE	14,455	10.66%	0.04%
CENTRO-OCCIDENTE	20,352	15.01%	0.06%
CENTRO	14,676	10.82%	0.04%
SUR-SURESTE	71,250	52.54%	0.19%
NACIONAL	135,613	100%	0.37%

Fuente: Elaboración propia, a partir de ENIGH (2022).

Con respecto a lo anterior, existen otros sectores de la población que no disponen de servicio eléctrico de tipo convencional, lo cual les ha llevado a adquirir paneles solares o, en su caso, plantas o generadores eléctricos de combustión interna. En consecuencia, la región sur-sureste se posiciona como la zona con mayor número de hogares con capacidad instalada de paneles solares, lo que contribuye al 49.1% del total de paneles solares residenciales. En cambio, el área central ostenta una cifra de 29 mil 856 hogares con plantas eléctricas, lo que la convierte en el ámbito más amplio de usuarios de esta tecnología, según la Tabla n.º 2.10.

Tabla n.º 2.10. Hogares con servicio eléctrico no convencional en las regiones de México (2022).

REGIONES GEOGRÁFICAS DE MÉXICO	HOGARES CON PANELES SOLARES	% HOGARES CON PANELES SOLARES	HOGARES CON PLANTAS ELÉCTRICAS	% HOGARES CON PLANTA ELÉCTRICA
NOROESTE	13,164	8.2%	6,205	9.3%
NORESTE	32,320	20.3%	8,340	12.5%
CENTRO-OCCIDENTE	27,732	17.4%	5,637	8.4%
CENTRO	7,980	5.0%	29,856	44.7%
SUR-SURESTE	78,405	49.1%	16,679	25.0%
NACIONAL	159,602	100%	66,717	100%

Fuente: Elaboración propia, a partir de ENIGH (2022).

Ahora bien, en cuanto al consumo de combustibles necesarios para el calentamiento del agua y la cocción de alimentos, es esencial examinar la cantidad de hogares que consumen gas de tanque o gas natural. Se puede constatar que 31 millones 288 mil 238 hogares, el 84.63%, de México emplean el gas como combustible para el aseo personal o la ingesta de alimentos. En relación con esto, las zonas del centro y del centro-occidente presentan una mayor proporción de hogares que perciben este tipo de servicio, tal como se puede apreciar en la tabla siguiente:

Tabla n.º 2.11. Hogares que consumen gas de tanque o natural en México (2022).

REGIONES GEOGRÁFICAS DE MÉXICO	HOGARES USO GAS DE TANQUE O NATURAL	% HOGARES GAS DE TANQUE O NATURAL (NACIONAL)
NOROESTE	4 227 562	11.44%
NORESTE	4 750 313	12.85%
CENTRO-OCCIDENTE	6 909 808	18.69%
CENTRO	10 820 118	29.27%
SUR-SURESTE	4 580 437	12.39%
NACIONAL	31 288 238	84.63%

Fuente: Elaboración propia, a partir de ENIGH (2022).

Cabe destacar que los hogares situados en zonas periféricas del país no consumen la misma cantidad y calidad de combustible que las zonas centrales; algunos hogares optan por utilizar leña o carbón para poder llevar a cabo sus

actividades, una cantidad que no es mínima. El 12.39% de los hogares en México utilizan este tipo de combustibles no convencionales. En este contexto, la zona sur-sureste se caracteriza por tener un total de 2 millones 620 mil 558 hogares, el cual representa el 52.52%, mientras que las zonas centro y centro-occidente participan con porcentajes del 28.01 y 10.06%, para más detalle ver la Tabla n.º 2.12.

Tabla n.º 2.12. Hogares que usan leña y/o carbón en México (2022).

REGIONES GEOGRÁFICAS DE MÉXICO	HOGARES USO DE LEÑA/CARBÓN	% USO DE LEÑA/CARBÓN (DEL NACIONAL)
NOROESTE	155,596	0.42%
NORESTE	313,924	0.85%
CENTRO-OCCIDENTE	502,140	1.36%
CENTRO	1,397,456	3.78%
SUR-SURESTE	2,620,558	7.09%
NACIONAL	4,989,674	13.50%

Fuente: Elaboración propia, a partir de ENIGH (2022).

Considerando que este tipo de combustibles tienen un impacto significativo en la salud de los individuos, a causa de enfermedades respiratorias y problemas ambientales, al emitir grandes cantidades de CO<sub>2</sub>, este último aspecto exhibe información de gran relevancia, ya que podría ser un elemento de interés para la elaboración de proyectos de interés social.

Tabla n.º 2.13. Hogares que usan exclusivamente electricidad para cocinar en México (2022).

REGIONES GEOGRÁFICAS DE MÉXICO	USO DE ELECTRICIDAD PARA COCCIÓN/CALENTAR	% USO DE ELECTRICIDAD PARA COCCIÓN/CALENTAR (DEL NACIONAL)
NOROESTE	92 049	0.25%
NORESTE	86 477	0.23%
CENTRO-OCCIDENTE	139 895	0.38%
CENTRO	177 733	0.48%
SUR-SURESTE	160 559	0.43%
NACIONAL	656 713	1.78%

Fuente: Elaboración propia, a partir de ENIGH (2023).

En última instancia, 656 mil 713 hogares pertenecen a otro sector que emplea exclusivamente la electricidad como recurso para calentar agua o cocer sus alimentos, lo cual representa el 1.78% de la población total, según la Tabla n.º 2.13.

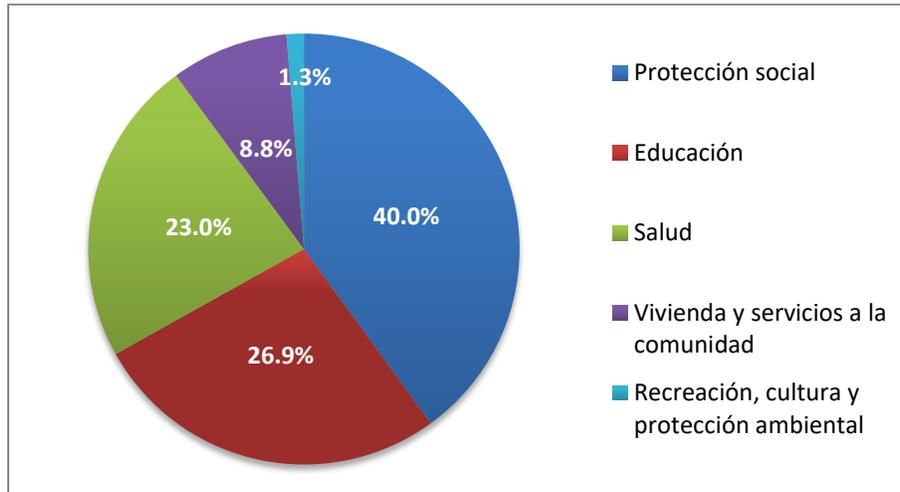
## **2.5 Programas sociales enfocados a disminuir los índices de pobreza y pobreza energética en México**

Las políticas de desarrollo social son herramientas de gestión que el gobierno en México coordina y planifica para alcanzar sus metas de desarrollo. A lo largo del tiempo, el gasto social del país se ha caracterizado por centrar su atención en los objetivos de asistencia a los pobres mediante el acceso a los servicios de educación básica y salud. Sin embargo, a partir del año 2018 el Estado incrementó los porcentajes de gasto público dirigido a los programas de protección social.

Estos programas tienen como objetivo garantizar el pleno ejercicio de los derechos de la población y la mejora de su bienestar, y se estructuran en los siguientes ámbitos: Producción para el Bienestar, Becas de Educación Básica para el Bienestar Benito Juárez, Beca Universal para estudiantes de Educación Media Superior Benito Juárez y Beca Jóvenes Escribiendo el Futuro, Programa para el Bienestar de las Personas Adultas Mayores, Programa Pensión para el Bienestar de las Personas con Discapacidad, Programa para el Bienestar de Niños y Niñas Hijos de Madres Trabajadoras y Seguro de Vida para Jefas de Familia, y Programa Jóvenes Construyendo el Futuro.

Como se puede apreciar en el Gráfico n.º 2.9, en el año 2020, el porcentaje de gasto público destinado a la protección social, que representa el 40%, superó el 23% en el gasto al sector salud y el 26.9% en el presupuesto destinado a la educación.

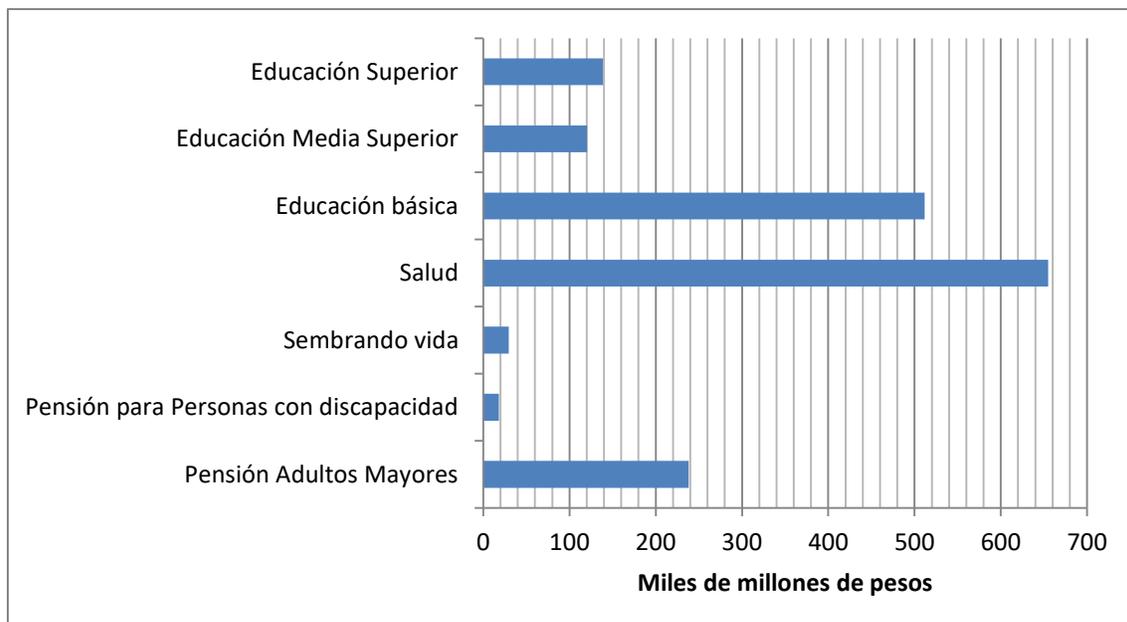
Gráfico n.º 2.9. Gasto Público en Desarrollo Social en México (2020).



Elaboración propia, a partir de SHCP (2022).

En lo que respecta al gasto público destinado a la pensión para el bienestar de las personas adultas, se encuentra en una tasa de 1.97 veces superior al de la Educación Media Superior y 1.7 veces al de la Educación Superior, lo que lo convierte en uno de los programas de bienestar más sobresalientes en México (consultar el Gráfico n.º 2.10).

Gráfico n.º 2.10. Gasto Público en Programas de Desarrollo Social, México (2022).



Elaboración propia, a partir de SHCP (2022).

## 2.5.1 Subsidios energéticos en México

El subsidio a las tarifas eléctricas se produce cuando el precio de venta del servicio es inferior al costo de producir una unidad de electricidad.

En México, la forma en la que se producen los subsidios a las tarifas de energía eléctrica se realizan de manera implícita (subsidios cruzados). Los subsidios cruzados implican la erogación de tarifas por debajo de los costos a un grupo de usuarios de bajo ingreso y tarifas por encima de los costos a otros con mayor poder adquisitivo.

De acuerdo con esto, en el año 2021, el presupuesto federal (o la CFE) dejó de percibir un total de \$70 mil 279 millones de pesos (MXN) para subsidiar las tarifas de electricidad en hogares de los tipos 1 a 1F, lo cual representa el 72.68% de un total de \$106 mil 808 millones de pesos (MXN). Para obtener más información, se requiere consultar la Tabla n.º 2.14.

Tabla n.º 2.14. Subsidios a las tarifas de energía eléctrica en México (2012-2022).

Nombre del subsidio	Millones de pesos (MXN)						
	2012	2014	2016	2018	2019	2020	2022
Subsidio a las tarifas de electricidad para los hogares, tipos 1 a 1F	\$89,821	\$81,609	\$101,220	\$81,405	\$75,186	\$70,000	\$82,186
Subsidio a las tarifas de electricidad para la agricultura	\$12,787	\$9,504	\$14,625	\$13,806	\$13,360	\$13,481	\$16,023
Subsidio a las tarifas de electricidad para la industria	\$0	\$318	\$13,053	\$10,007	\$15,387	\$13,250	\$12,524
Subsidio a las tarifas de electricidad para los servicios	\$1,699	\$2	\$890	\$1,591	\$1,889	\$1,501	\$1,528
<b>Total</b>	<b>\$104,307</b>	<b>\$91,433</b>	<b>\$129,788</b>	<b>\$106,808</b>	<b>\$105,823</b>	<b>\$98,232</b>	<b>\$112,260</b>

Elaboración propia, a partir de CONECC (2018) y SENER (2022, 2023).

Ahora bien, ¿A qué se refiere la tarifa de electricidad correspondiente al tipo 1 a 1F?

En México, el subsidio a la electricidad que realiza la CFE es distinto para cada una de las diversas tarifas y estas se ajustan de acuerdo a los niveles de consumo bimestral. En este contexto, existe una clasificación de ocho tarifas, de las cuales,

siete de ellas (tarifas 01, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E y 1F) ostentan un porcentaje de subsidio en el costo del suministro. En cambio, la tarifa residencial denominada DAC, la cual se establece para hogares con un consumo de electricidad superior a 2500 kWh, no tiene porciones subvencionadas. En términos más precisos, esta modalidad discrimina los precios en función del consumo y la tarifa DAC, conocida como tarifa doméstica de alto consumo, es una sanción que los hogares perciben por exceder un límite de consumo, de conformidad con la tabla n.º 2.15.

Tabla n.º 2.15. Tarifas eléctricas del sector residencial en México.

Consumo residencial de electricidad			
Tarifa	Temperatura o consumo	límite de consumo (kWh/mes)	subsidio
1	250	Con subsidio federal (Dependiendo de la temporada)	Consumo básico
1A	300		
1B	400		
1C	850		Consumo intermedio (En verano se divide en intermedio bajo e intermedio alto)
1D	1000		Consumo excedente (los límites se definen por tarifa)
1E	2000		
1F	2500		
DAC	>2500	Sin subsidio federal	Se aplica la misma tarifa en todo el consumo

Elaboración propia, a partir de CONECC (2018).

En última instancia, es importante destacar que a partir del año 2018, se ha propuesto un nuevo esquema tarifario para los servicios de suministro básico de electricidad, el cual se compone de los servicios para generar, transportar, distribuir y suministrar la energía. Las nuevas categorías tarifarias se clasifican en función de las características del consumo, el nivel de tensión y el tipo de medición, así como en 17 divisiones tarifarias, según la ubicación geográfica (CRE, 2018).

En tal sentido, los usuarios de las tarifas eléctricas DB1 y DB2, que equivalen a 21 millones 36 mil 620 y 21 millones 224 mil 715, constituyen los mayores porcentajes a nivel nacional, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla n.º 2.16. Usuarios del servicio de electricidad por tarifas eléctricas en México (2022).

Categoría	Descripción	Categoría Anterior	Usuarios Nacionales	% Usuarios Nacionales
DB1	Doméstico en Baja Tensión ( $C \leq 150 kWh$ )	1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F	21,036,620	44.33%
DB2	Doméstico en Baja Tensión ( $C > 150 kWh$ )	1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, DAC	21,224,715	44.72%
PDBT	Comercios bajo consumo ( $C \leq 25 kWh$ )	2, 6	4,407,690	9.29%
GDBT	Comercio Gran demanda ( $C > 25 kWh$ )	3, 6	17,725	0.04%
RABT	Riego Agrícola Baja Tensión	9, 9CU, 9N	59,884	0.13%
APBT	Alumbrado Baja Tensión	5, 5a	163,021	0.34%
APMT	Alumbrado Media Tensión	5, 5a	21,919	0.05%
GDMTO	Servicios Gran demanda ( $C \leq 25 kWh$ )	HM, HMC, 6	327,462	0.69%
GDMTH	Servicios Gran demanda ( $C > 25 kWh$ )	OM, 6	106,690	0.22%
RAMT	Riego Agrícola Media Tensión	9M, 9CU, 9N	91,474	0.19%
DIST	Industrial en Sub-transmisión	HS, HSL	881	0.0019%
DIT	Industrial en Transmisión	HT, HTL	129	0.0003%

Elaboración propia, a partir de CRE (2022).

## 2.6 Conclusiones y extensiones

El propósito general de este capítulo consistió en proporcionar una perspectiva sobre los niveles de desigual y pobreza que caracterizan a los hogares de México, en función de sus características socioeconómicas relacionadas con los servicios de energía.

La evidencia presentada muestra que los niveles de pobreza multidimensional y desigualdad energética persisten en las diversas entidades que conforman el país. Los resultados de la medición de pobreza multidimensional llevada a cabo por CONEVAL (2022), muestran que en el año 2020, 55.39 millones de individuos se

encontraban en situación de pobreza, de los cuales 10.7 millones se encontraban en situación de pobreza extrema. De igual modo, al evaluar las líneas de ingreso en la medición de la pobreza económica en México, el 53.08 y el 17.37% de la población tuvo un ingreso inferior a la línea de bienestar y bienestar mínimo.

En lo que respecta a los índices de desigualdad energética, entre los factores más relevantes se encuentran los elevados porcentajes de individuos que dependen de la quema de biomasa y carbón para ingerir sus alimentos. La ausencia de energía limpia de fácil acceso tiene un impacto negativo en el bienestar de los hogares, por lo tanto, es imperativo que este aspecto sea considerado como una prioridad a erradicar.

Asimismo, fue posible constatar que los hogares que pertenecen al nivel de ingreso más alto se encuentran consumiendo más del 22% de energía eléctrica y gas, mientras que los tres niveles de menor ingreso, de manera agregada, solamente están consumiendo el 16.47% de total. No obstante, los niveles de desigualdad energética están por debajo de los niveles de desigualdad de ingreso. Los coeficientes estimados para estos niveles de desigualdad, utilizando el índice de Gini, indican que la brecha del ingreso, de 0.401, es mayor a la energética, de 0.257.

Esto demuestra de manera evidente cómo un reducido porcentaje de la población tiene condiciones de vida mucho mejor que la mayoría. En consecuencia, el gobierno federal ejecuta programas sociales para modificar dicha condición de desigualdad social. En este sentido, se ha constatado que el gasto público en desarrollo social se encuentra distribuido su gran mayoría en los ámbitos de Protección social (40%), Educación (26.9) y Salud (23%).

En última instancia, es necesario considerar que los niveles de pobreza y desigualdad actuales podrían ser agravados por un desabastecimiento de energía, lo que implica que los déficits evidenciados en la balanza comercial energética son un aspecto en el que debe tomar medidas.

### **3. INTROSPECTIVA SOBRE POBREZA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO**

#### **3.1 Introducción**

Este capítulo establece, por un lado, el marco metodológico de la investigación, en consecuencia, se describirá el proceso para determinar los índices de pobreza de la energía eléctrica en el país; por otro lado, se realizará la primera prueba empírica con el objetivo de generar un “grupo de control” o “grupo testigo” a partir de una investigación descriptiva.

De este modo, el objetivo planteado en este tercer capítulo consiste en elaborar un indicador de pobreza multidimensional que se relacione con la capacidad de consumir los bienes y servicios asociados a la electricidad, y, en consecuencia, evaluar los niveles de pobreza de la energía eléctrica en el contexto de México.

Para ello, en primer lugar, mediante un análisis de frecuencia acumulada se establece un grupo de equipamiento energético eléctrico mínimo, lo cual nos permite determinar el paquete de componentes eléctricos que, en su mayoría, satisfacen las necesidades básicas de los hogares. Es importante señalar que este punto se fundamenta en el método de satisfacción de las necesidades absolutas de energía.

En segunda lugar, se plantean nuevas líneas de bienestar y bienestar mínimo. Para ello, se expone cómo el gasto monetario en electricidad (como insumo para la elaboración de productos) afecta el umbral de pobreza a partir de los impactos indirectos de la energía eléctrica sobre los productos de la canasta alimentaria y no alimentaria.

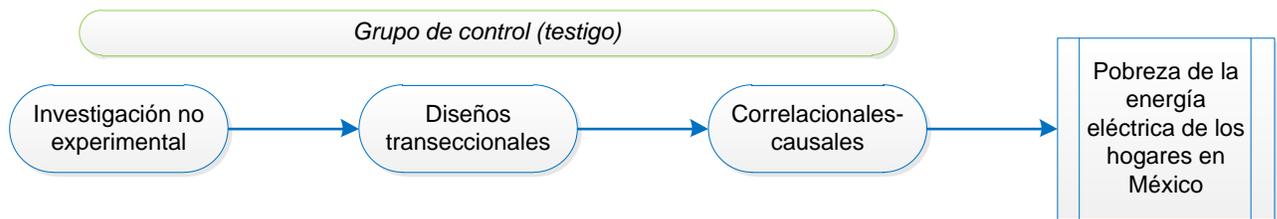
Finalmente, se plantea un diagnóstico sobre la pobreza de la energía eléctrica en México. Este estudio se lleva a cabo por entidad federativa y tipo de localidad (urbana o rural), con el propósito de localizar a los hogares que requieren asistencia, debido a la vulnerabilidad que los caracteriza en relación con la capacidad de consumir energía eléctrica.

### 3.2 Pobreza de la energía eléctrica en México

Una componente fundamental de la presente investigación radica en la determinación de la pobreza de la energía eléctrica de los hogares de México, lo cual será considerado como un grupo de control o grupo testigo. Este grupo de control, basado en la propuesta de un modelo explicativo, servirá como referencia para llevar a cabo la investigación experimental.

En particular, esta sección se distingue por recorrer un camino transversal, lo cual implica la recolección de datos en un momento o situación dado en México, con el propósito de describir variables y analizar su impacto e interrelación en el contexto de la pobreza de la energía eléctrica (PEe). Lo anterior, puede explicarse con mayor precisión a partir de la Figura n.º 3.1.

Figura n.º 3.1. Diagrama de flujo metodológico de la prueba no experimental.



Elaboración propia.

Para determinar la situación de pobreza de la energía eléctrica, resulta imperativo considerar los siguientes aspectos:

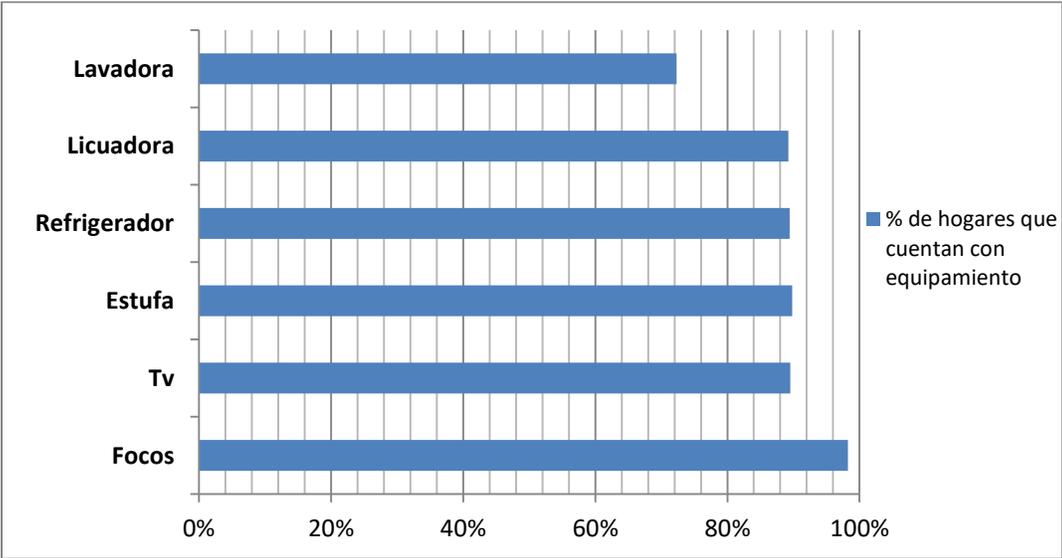
1. Se debe establecer un índice de privación social que se fundamenta en bienes económicos relacionados con la energía eléctrica.
2. Identificar qué individuos u hogares son vulnerables a la privación de bienes económicos relacionados con la energía eléctrica.
3. Identificar las características de los individuos u hogares que presentan una vulnerabilidad ante la privación del ingreso, en caso de que este sea afectado por el consumo total<sup>7</sup> de electricidad.
4. Realizar un análisis discriminativo con el objetivo de determinar a qué condiciones de pobreza pertenece cada individuo u hogar.

<sup>7</sup> Consumo total involucra el consumo directo e indirecto de electricidad.

Como se ha mencionado con anterioridad, primero debemos identificar cuáles son los bienes económicos que caracterizan al grupo o universo de estudio. Con el propósito de establecer un conjunto de equipamiento energético eléctrico mínimo, es factible llevar a cabo un análisis de componentes principales (ACP)<sup>8</sup> o un análisis de frecuencia acumulada. Estos estudios se fundamentan en la clasificación de los componentes que presentan una mayor demanda.

Lamentablemente, estos procedimientos se clasifican de acuerdo a factores socioeconómicos, ya que están fundamentados en los niveles de demanda social, por lo que no mostrarán el nivel de necesidad por cada componente. No obstante, para presente estudio es suficiente dado, que nos otorga la oportunidad de comprender los componentes instrumentales para exponer el uso de energía en la ejecución de todos los satisfactores.

Gráfico n.º 3.1. Hogares con equipos y artículos propios, necesarios para cumplir con sus satisfactores en México (2022).



Elaboración propia, a partir de ENIGH (2022).

De este modo, con el objetivo de comprender cuáles son los equipos eléctricos más indispensables para los hogares mexicanos en el año 2022, decidimos llevar

<sup>8</sup> ACP es una técnica utilizada para describir un conjunto de datos en términos de nuevas variables ("componentes") no correlacionadas. Los componentes se ordenan por la cantidad de varianza original que describen, por lo que la técnica es útil para reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos.

a cabo un análisis de frecuencia acumulada, basándose en ENIGH (2022). Una vez realizado este análisis, se logró determinar los bienes económicos que más demandan para cumplir con sus satisfactores. En consecuencia, si un hogar carece de alguno de estos elementos, fue clasificado como un hogar “vulnerable” debido a la carencia de equipamiento energético eléctrico básico.

Como se muestra en el Gráfico n.º 3.1, el paquete de componentes electrónicos que brindan mayor asistencia a las viviendas se compone de “Focos”, “TV”, “Estufa”, “Refrigerador”, “Licuadora” y “Lavadora”.

Tabla n.º 3.1. Equipamiento eléctrico mínimo y necesario para cumplir con los satisfactores en México (2022).

<b>Equipamiento energético eléctrico básico (EEeb)</b>	<b>Uso energético</b>	<b>Satisfactores</b>	<b>Necesidades básicas</b>
<b>1. Focos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo</li> <li>• Literatura</li> <li>• Investigación</li> <li>• Educación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación</li> </ul>
<b>2. TV</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entretenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descanso</li> <li>• Humor</li> <li>• Tiempo libre</li> <li>• Salud mental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ocio</li> </ul>
<b>3. Estufa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cocción de alimentos</li> <li>• Calentamiento de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alimentación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Subsistencia</li> </ul>
<b>4. Refrigerador</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Refrigeración de alimentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alimentación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Subsistencia</li> </ul>
<b>5. Licuadora</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparación de alimentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alimentación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Subsistencia</li> </ul>
<b>6. Lavadora</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Higiene y desinfección de ropa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuidado (atención a la persona)</li> <li>• Salud física</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identidad</li> </ul>

Elaboración propia, a partir de ENIGH (2022) y Max-Neef Manfred (1991).

Esto puede justificarse si lo observamos desde el punto de vista de las necesidades y satisfactores a las que estos tipos de equipamiento básico ayudan a cumplir, como se muestran en la Tabla n.º 3.1. Por ejemplo, un hogar que carezca de focos no podrá prosperar de manera adecuada, debido a su necesidad

de participación a través del trabajo, la literatura, la investigación y la educación, por mencionar algunos. En otras palabras, los individuos que habitan en un hogar carente de iluminación artificial estarán limitados de recursos para desarrollarse en función de su participación social.

En consecuencia, este requerimiento básico está relacionado con la ausencia de los bienes económicos eléctricos esenciales en los hogares. En este contexto, con el fin de establecer una agrupación de hogares vulnerables, es necesario llevar a cabo un análisis discriminativo mediante el método de satisfacción de las necesidades absolutas de la energía<sup>9</sup>. Para determinar el Índice de Equipamiento Energético eléctrico básico (IEEeb), se propone la siguiente ecuación:

$$IEEeb = \sum_{i=1}^n Xi/n$$

Dicho de otra manera, el equipamiento energético eléctrico que satisface las necesidades humanas de subsistencia, protección, participación, ocio e identidad, se puede expresar de la siguiente manera:

$$f(x_i) = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6}{6}$$

Donde:

- $x_1 =$  *Focos (incandescentes o ahorradores).*
- $x_2 =$  *Estufa (eléctrica o de gas).*
- $x_3 =$  *Refrigerador.*
- $x_4 =$  *Televisión.*
- $x_5 =$  *Licuada.*
- $x_6 =$  *Plancha eléctrica.*
- $x_i = 1$ , *si cuenta con el bien y 0 en otro caso.*

Como resultado, los hogares que se encuentran en condiciones de vulnerabilidad ante las carencias de EEeb se definen por la siguiente condición:

---

<sup>9</sup> Ver, García (2011). Pobreza energética y cambio climático: una propuesta metodológica para el análisis de la relación entre energía, pobreza y medio ambiente. Colegio de México, Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales. México, 2011.

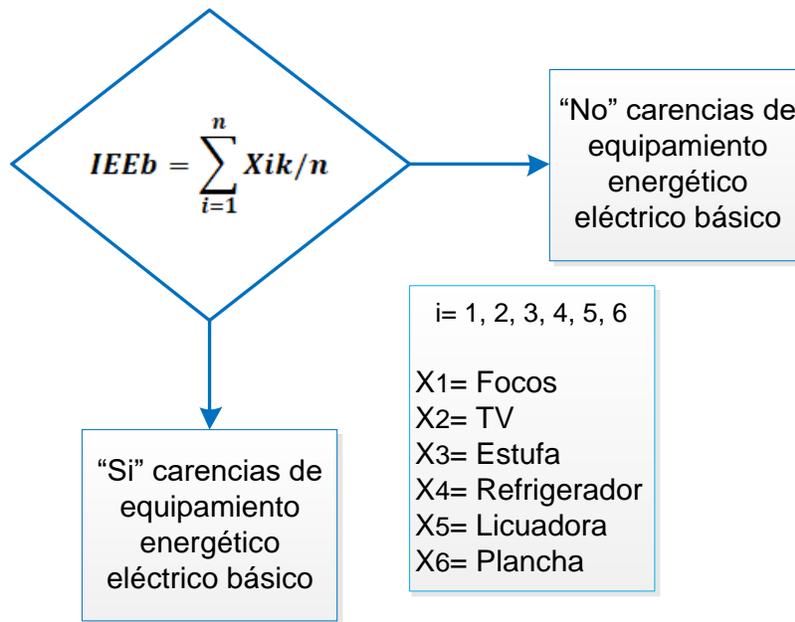
$$IP = IEEeb < 1$$

En términos generales, cuando un hogar carezca de al menos uno de los dispositivos de energía eléctrica básicos, se encuentra en un estado de vulnerabilidad ante un índice de privación (IP). Asimismo, se debería señalar que cuando un hogar carezca de tres o más EEEb permanecerá en una fase de fragilidad ante un índice de privación extrema ( $IP_{extrema}$ ), tal como se muestra a continuación:

$$IP_{extrema} = \sum EEEb \leq 3$$

Es factible simplificar lo expuesto hasta el momento, a través del diagrama de flujo mostrado en la Figura n.º 3.2.

Figura n.º 3.2. Diagrama de flujo metodológico para determinar el índice de privación de EEEb.



Elaboración propia.

Por otro lado, para establecer el valor monetario de la canasta básica, consideraremos la cantidad mínima requerida al día de cada uno de los productos contenidos en la canasta básica y el precio actualizado por cada kilogramo o litro de los mismos.

Al multiplicar la cantidad del bien requerido de cada producto por el precio reportado por el Índice de Precios Nacionales (INPC), se obtiene el costo requerido por cada producto para satisfacer la necesidad del individuo; este, que al ser agregado a los demás costos del total de los productos de la canasta, reflejará el precio de la canasta básica ( $P_{cb}$ ), como se indica en la ecuación (1). Es importante señalar que las cantidades mínimas requeridas de cada producto contenido en la canasta varían en función del tamaño de la localidad (tanto rural como urbana).

$$P_{cb} = P_{cb1}(x_{pcb1}) + P_{cb2}(x_{pcb2}) + \dots + P_{cbn}(x_{pcbn}) \quad (1)$$

La ecuación anterior puede resumirse de la siguiente manera:

$$P_{cb} = \sum_{k=1}^n P_{cbk}(x_{pcb k}) \quad (2)$$

Ahora bien, para obtener el costo eléctrico mínimo ( $C_{e_{min}}$ ) se propone la variable Requerimiento eléctrico para cada producto de la canasta básica ( $Re_{pcb}$ ). Para obtener este requerimiento, es posible utilizar las matrices de insumo producto; lo cual permite determinar el impacto directo e indirecto del insumo eléctrico en la producción de cada uno de los bienes y servicios pertenecientes a la canasta básica, mediante el flujo intersectorial de los mismos.

Con el fin de llevar a cabo este análisis, se emplea una matriz  $z$  de transacciones intersectoriales, que limita exclusivamente a los sectores productivos, en la cual cada uno de los elementos  $z_{ij}$  representa el flujo monetario del sector  $i$  al sector  $j$  para llevar a cabo su producción. Además, se hace uso de un vector  $x$  que representa al Valor Bruto de la Producción (VBP) de cada sector. Con el fin de ilustrar de forma clara, se presentan solo dos sectores productivos en la economía total de México, según la tabla n. ° 3.2.

Tabla n.º 3.2. Representación de la Matriz simétrica ( $z$ ) de insumo producto de México, en Millones de pesos.

Concepto	Sector 221	Sector 325	...	Total
<b>Sector 221</b>	1386	8447	...	362773
<b>Sector 325</b>	23552	76739	...	867920
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
<b>Total</b>	153985	395568	...	8091685

Elaboración propia, a partir de INEGI (2022).

Al dividir los elementos de la matriz de insumo-producto con el valor de VBP correspondiente, se puede obtener la matriz de coeficientes técnicos (Matriz A), tal como se muestra a continuación:

Tabla n.º 3.3. Matriz de coeficientes técnicos (Matriz A) de insumo producto de México.

Concepto	Sector 221	Sector 325	...
<b>Sector 221</b>	0.003820	0.009732	⋮
<b>Sector 325</b>	0.064921	0.088416	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮

Elaboración propia, a partir de INEGI (2022).

Cada uno de los elementos de las columnas se refiere a los recursos necesarios para la producción de una unidad monetaria correspondiente al sector en cuestión. Finalmente, al resolver  $x$ , mediante la matriz inversa de la diferencia de la matriz identidad con la matriz A, se obtiene producción total generada por la demanda final:

$$x = (I - A)^{-1}y$$

Tabla n.º 3.4. Representación de la matriz inversa de Leontief para producción de México.

Concepto	Sector 221	Sector 325	...
<b>Sector 221</b>	1.008173	0.014957	⋮
<b>Sector 325</b>	0.090308	1.107682	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮

Elaboración propia, a partir de INEGI (2022).

Con el fin de evaluar los efectos indirectos, se construye un vector fila; el cual representa el requerimiento indirecto del costo por unidad de demanda final (producto por producto) para los bienes de la canasta básica, los cuales, de algún modo, están vinculados con la producción y distribución de la energía eléctrica. Donde  $(I - A)^{-1}$  es la matriz inversa de Leontief<sup>10</sup>.

En consecuencia, para estimar los efectos directos e indirectos en un incremento de precio en la energía eléctrica sobre el grupo de ingreso ( $q$ ), se plantean las siguientes dos ecuaciones:

$$c_{k,q}^{indirecto} = e_k * (I - A)^{-1}y_q$$

$$c_{k,q}^{directo} = p_k * y_{k,p}$$

Como se muestra en la Tabla n.º 3.5, a partir de la matriz inversa de Leontief, se han logrado obtener los requerimientos intersectoriales de electricidad para producir los productos de un determinado número de rubros.

<sup>10</sup> La matriz inversa de Leontief, muestra la producción total de cada sector requerido para satisfacer la demanda final de la economía

Tabla n.º 3.5. Requerimientos eléctricos para los flujos intersectoriales en México (2022).

Concepto	Requerimiento eléctrico ( $R_e$ )
111 - Agricultura	0.000181
112 - Cría y explotación de animales	0.000195
113 - Aprovechamiento forestal	0.000539
114 - Pesca, caza y captura	0.000003
115 - Servicios relacionados con las actividades agropecuarias y forestales	0.000025
211 - Extracción de petróleo y gas	0.111406
221 - Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica	1.008173
222 - Suministro de agua y suministro de gas por ductos al consumidor final	0.001207
311 - Industria alimentaria	0.000481
312 - Industria de las bebidas y del tabaco	0.000075
313 - Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles	0.000162
315 - Fabricación de prendas de vestir	0.000345
316 - Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y m	0.000102
322 - Industria del papel	0.001368
324 - Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	0.241121
325 - Industria química	0.090308
326 - Industria del plástico y del hule	0.002179
327 - Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	0.002456
335 - Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía e	0.008716
336 - Fabricación de equipo de transporte	0.002553
431 - Comercio al por mayor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco	0.061810
461 - Comercio al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco	0.009031
481 - Transporte aéreo	0.000806
482 - Transporte por ferrocarril	0.000663
483 - Transporte por agua	0.000344
484 - Autotransporte de carga	0.013901
485 - Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril	0.001719
486 - Transporte por ductos	0.002210
487 - Transporte turístico	0.000000
488 - Servicios relacionados con el transporte	0.001127
517 - Telecomunicaciones	0.003956
518 - Procesamiento electrónico de información, hospedaje y otros servicios relacionados	0.000075
611 - Servicios educativos	0.000019
622 - Hospitales	0.000011
623 - Residencias de asistencia social y para el cuidado de la salud	0.000000
713 - Servicios de entretenimiento en instalaciones recreativas y otros servicios	0.000033
721 - Servicios de alojamiento temporal	0.000000
722 - Servicios de preparación de alimentos y bebidas	0.001011
814 - Hogares con empleados domésticos	0.000000
712 - Museos, sitios históricos, zoológicos y similares	0.000000

Elaboración propia, a partir de INEGI (2022).

En consecuencia, para obtener el Requerimiento eléctrico de cada uno de los productos de la canasta básica ( $Re_{pcb}$ ), es necesario incorporar cada uno de los requerimientos correspondientes. Por ejemplo, el requerimiento eléctrico para la producción de pan de dulce podría ser expresado de la siguiente forma:

$$(Re_{pan\ de\ dulce}) = Re(115) + Re(311) + Re(325) + Re(431) + Re(484) = 0.16652498$$

Es importante destacar que el pan de dulce es un producto que se integra a la canasta básica de alimentos en México, la cual propone que se consuman al menos 27.5 gramos/día o 825 gramos/mes. Si tomamos en cuenta que el precio del pan de dulce es de \$0.074599/gramo<sup>11</sup>, podemos obtener el costo eléctrico para el producto pan de dulce de la siguiente manera:

$$C_{e_{pan\ de\ dulce}} = P_{pan\ de\ dulce}(x_{pan\ de\ dulce})(Re_{pan\ de\ dulce})$$

$$C_{e_{pan\ de\ dulce}} = \left(\frac{\$0.074599}{gramo}\right)\left(\frac{825\ gramo}{mes}\right)(0.16652498) = \frac{\$10.2486}{mes}$$

Esto significa que, de los \$61.544 pesos que un individuo paga por comprar pan de dulce al mes, \$10.2486 pesos pertenecen al costo indirecto de energía eléctrica. Como resultado, si llevamos a cabo el procedimiento previamente establecido para cada uno de los productos de la canasta y, además, los sumamos, podremos obtener el costo eléctrico mínimo ( $C_{e_{mín}}$ ), tal como se muestra a continuación:

$$C_{e_{mín}} = P_{cb1}(x_{pcb1})(Re_{pcb1}) + P_{cb2}(x_{pcb2})(Re_{pcb2}) + \dots + P_{cbn}(x_{pcb n})(Re_{pcb n})$$

O bien de manera generalizada:

$$C_{e_{mín}} = \sum_{k=1}^n P_{cbk}(x_{pcb k})(Re_{pcb k}) \quad (3)$$

En tal sentido, el gasto eléctrico de cada individuo ( $Ge_{por\ persona}$ ) se podrá establecer al añadir los impactos directos e indirectos de la electricidad. Es

<sup>11</sup> Precio de acuerdo al Índice Nacional de Precios al Consumidor en diciembre, 2022.

importante destacar que el costo directo de energía eléctrica ( $G_{se}$ ) se refleja en el estado de cuenta por el servicio de electricidad, dividido por el número de integrantes en la vivienda, como se muestra enseguida:

$$Ge_{por\ persona} = \left[ \underbrace{Ce_{mín}}_{Impacto\ directo} + \underbrace{G_{se}/n}_{Impacto\ indirecto} \right]$$

Por consiguiente, el gasto eléctrico del hogar ( $GeH$ ) se determinaría de la siguiente forma:

$$GeH = [Ce_{mín}(n) + G_{se}] \quad (4)$$

Por otra parte, si al Ingreso se le descuenta el gasto eléctrico en el hogar ( $GeH$ ), podremos obtener un nuevo ingreso ( $I_{-costo\ eléctrico}$ ), afectado por el impacto total de la energía eléctrica. De tal suerte, que los hogares que consuman en mayor proporción aquellos productos en los que tiene un mayor peso específico el insumo eléctrico, su ingreso ( $I_{-costo\ eléctrico}$ ) tendrá mayor impacto, es decir:

$$(I_{-costo\ eléctrico}) = I - GeH \quad (5)$$

Se debe tener en cuenta que los productos alimentarios que se incluyen en la canasta básica de México varían en función del tamaño de la localidad (rural o urbana), para más detalle ver Tabla n.º 3.6. En tanto, para los distintos tipos de localidad, los bienes no alimentarios se componen de los mismos apartados y estos se pueden apreciar en la Tabla n.º 3.7.

Como se ha mencionado previamente, la propuesta del presente indicador incorpora un índice de privación social con un par de líneas de bienestar, asociadas a la capacidad de consumo de energía eléctrica. Esta característica de multidimensionalidad permite identificar la relevancia de los servicios de energía eléctrica para alcanzar los objetivos de desarrollo económico y social, que caracterizan nuestro mundo contemporáneo. La energía eléctrica tiene una influencia directa e indirecta en casi todos los bienes y servicios que el ser humano consume; además, para poder ser aprovechada de primera mano, es

necesario poseer de tecnología adecuada para su procedimiento; por lo tanto, analizarla desde una sola dimensión fragmentaría su estudio.

Tabla n.º 3.6. Bienes alimentarios incluidos en la canasta básica de México (urbano y rural).

Línea de Pobreza Extrema por Ingresos rural a precios de: (Canasta Alimentaria-Rural)			Línea de Pobreza Extrema por Ingresos urbano a precios de: (Canasta Alimentaria-Urbano)		
Grupo	Nombre	Consumo (grxdía)	Grupo	Nombre	Consumo (grxdía)
Maíz	Maíz en grano	50.8	Maíz	Tortilla de maíz	139.9
	Tortilla de maíz	220.8			
Trigo	Pasta para sopa	8.2	Trigo	Pasta para sopa	5.9
	Galletas dulces	4.7		Galletas dulces	4.1
	Pan blanco	12.3		Pan blanco	26.3
	Pan de dulce	27.5		Pan de dulce	34.5
	Pan para sándwich, hamburguesas,			Pan para sándwich, hamburguesas,	6.8
Arroz	Arroz en grano	14.8	Arroz	Arroz en grano	11.2
			Otros cereales	Cereal de maíz, de trigo, de arroz, de avena	4.3
Carne de res y ternera	Bistec de res	18.8	Carne de res y ternera	Bistec de res	21.3
	Molida	13.8		Molida de res	14.1
Carne de cerdo	Bistec de puerco	3.2	Carne de cerdo	Bistec de puerco	2.8
	Costilla y chuleta	2.8		Costilla y chuleta	20.5
Carnes procesadas	Chicharrón	2.0	Carnes procesadas	Chorizo y longaniza	4.2
	Salchichas y salchichón	3.5		Jamón	3.5
Carne de pollo	Pierna, muslo y pechuga con hueso	28.3	Carne de pollo	Pierna, muslo y pechuga con hueso	20.2
	Pierna, muslo y pechuga sin hueso	2.8		Pierna, muslo y pechuga sin hueso	8.1
	Pollo entero o en piezas	32.9		Pollo entero o en piezas	13.2
Carnes procesadas de aves	Chorizo y jamón de pollo	3.2	Pescados frescos	Pescado entero	2.6
			Pescados procesados	Filete de pescado	2.6
Pescados frescos	Pescado entero	6.5	Pescados procesados	Atún enlatado	3.0
Leche	De vaca, pasteurizada, entera, light	120.6	Leche	De vaca, pasteurizada, entera, light	206.3
Quesos	Oaxaca o asadero	2.0	Quesos	Oaxaca o asadero	3.1
	Otros derivados de la leche	fermentados		4.7	Otros derivados de la leche
Huevos	De gallina	43.0	Huevos	De gallina	37.2
Aceites	Aceite vegetal	18.3	Aceites	Aceite vegetal	10.9
Tubérculos crudos o frescos	Papa	33.1	Tubérculos crudos o frescos	Papa	45.2
Verduras y legumbres frescas	Cebolla	40	Verduras y legumbres frescas	Cebolla	42.8
	Chile*	13.5		Chile*	11.7
	Jitomate	64.6		Jitomate	63.7
Leguminosas	Frijol	64.6	Leguminosas	Frijol	51.2
	Limón	22.7		Limón	26.3
Frutas frescas	Manzana y perón	26.2	Frutas frescas	Manzana y perón	30.2
	Naranja	25.2		Naranja	29.0
	Plátano tabasco	32.9		Plátano tabasco	35.1
	Azúcar y mieles	Azúcar		20.2	Azúcar y mieles
Alimentos preparados para consumir en casa	Pollo rostizado	6	Alimentos preparados para consumir en casa	Pollo rostizado	8.6
Bebidas no alcohólicas	Agua embotellada	399.5	Bebidas no alcohólicas	Agua embotellada	527.1
	Refrescos de cola y de sabores	123.5		Jugos y néctares envasados	56.7
				Refrescos de cola y de sabores	159.0

Elaboración propia, a partir de ENIGH (2022 líneas de pobreza por ingresos).

Tabla n.º 3.7. Bienes no alimentarios incluidos en la canasta básica de México.

<b>Línea de Pobreza por Ingresos (Canasta alimentaria más no alimentaria)</b>
<b>Grupo</b>
<b>Línea de Pobreza Extrema por Ingresos (Canasta alimentaria)</b>
<b>Canasta no alimentaria</b>
Transporte público Limpieza y cuidados de la casa Cuidados personales Educación, cultura y recreación Comunicaciones y servicios para vehículos Vivienda y servicios de conservación Prendas de vestir, calzado y accesorios Cristalería, blancos y utensilios domésticos Cuidados de la salud Enseres domésticos y mantenimiento de la vivienda Artículos de esparcimiento Otros gastos

Elaboración propia, a partir de ENIGH (2022 concentrado).

En conclusión, y en función de las metodologías expuestas aquí, proponemos la definición de PEe de la siguiente manera:

“La pobreza de la energía eléctrica es la ausencia de la oportunidad de acceder tanto a equipamiento como a servicios de energía eléctrica progresistas, sin necesidad de afectar significativamente la renta del hogar, de acuerdo al contexto histórico y social que lo caracteriza”.

Por consiguiente, los hogares pobres de energía eléctrica son aquellos que carecen de recursos materiales asociados a este tipo de energía, con el fin de satisfacer sus necesidades, y están por debajo de las líneas de bienestar al designar un porcentaje de su ingreso en el consumo de los bienes y servicios asociados a ellos.

### **3.2.1 Índices de pobreza de la energía eléctrica en México (2022)**

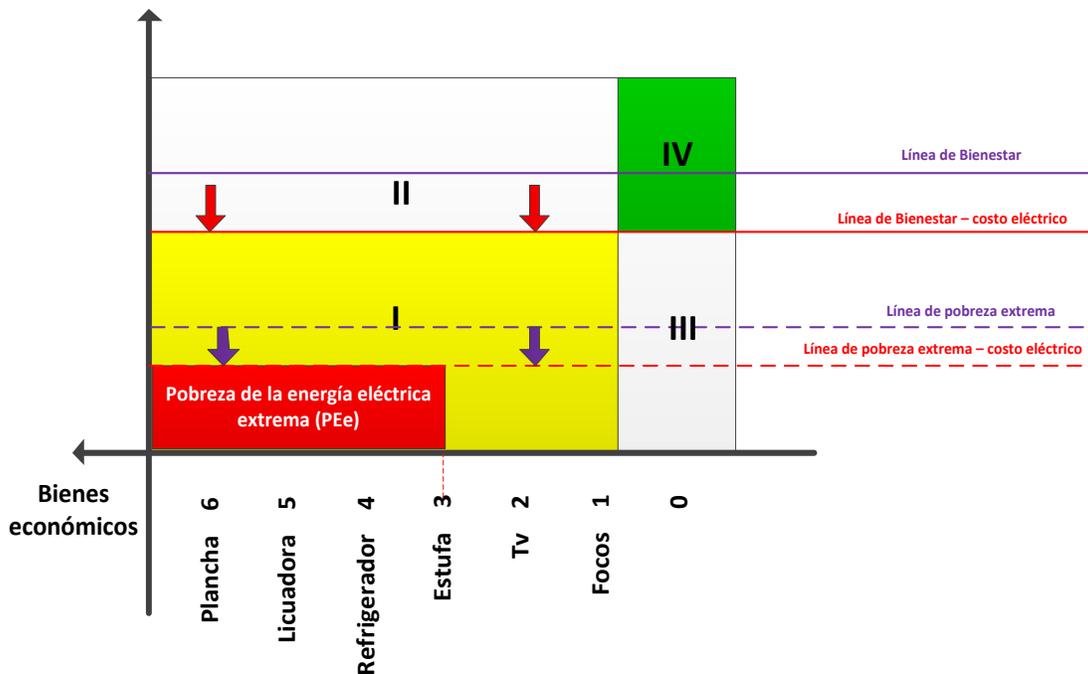
En la sección anterior, se establecieron los aspectos fundamentales para adaptar la metodología empleada para diagnosticar la pobreza multidimensional al

contexto de la pobreza de la energía eléctrica. En consecuencia, ahora nos corresponde llevar a cabo un análisis discriminativo; el cual nos permitirá identificar qué hogares o qué individuos se encuentran en pobreza de la energía eléctrica. Para ello, utilizamos lo siguiente:

1. Muestra de 90 mil 102 hogares, representando el comportamiento de los 37 millones 560 mil 123 hogares en México, tomada de ENIGH (2022).
2. Índice de equipamiento energético eléctrico básico (IEEeb).
3. Gasto eléctrico del Hogar (GeH).

En consecuencia, se procederá a identificar antes qué hogares presentan al menos una carencia de equipamiento energético básico, así como a cuáles carecen de tres o más elementos. En segundo lugar, desagregaremos a las líneas de bienestar y bienestar mínimo originales el costo eléctrico mínimo ( $Ce_{mín}$ ), con el objeto de establecer un nuevo límite que nos permita ubicar la vulnerabilidad en el ingreso, según el Gráfico n.º 3.2.

Gráfico n.º 3.2. Cambio de las líneas de bienestar y pobreza al desagregar el  $Ce_{mín}$ .



Elaboración propia, a partir de ENIGH (2022 concentrado).

Asimismo, al ingreso de cada hogar se descontará el costo eléctrico mínimo para obtener un nuevo ingreso afectado por el consumo eléctrico ( $I_{\text{costo eléctrico}}$ ). En tercer lugar, identificaremos qué hogares mantienen un  $I_{\text{costo eléctrico}}$  por debajo de las nuevas líneas de bienestar.

Como resultado de la metodología propuesta, se ha determinado que 9 millones 179 mil 307 hogares en México se encuentran en estado de pobreza de la energía eléctrica (PEe) relativa; lo cual representa el 24.44% de los hogares del país, según el Gráfico n.º 3.3. En relación con los hogares en situación de pobreza de la energía eléctrica extrema, se han localizado un total de 955 mil 031 hogares, lo que representa el 2.54% de la población total del país. Es importante destacar que los hogares en PEe “extrema” en su mayoría se encuentran en localidades rurales (1.89%).

Por otro lado, la vulnerabilidad por ingresos representa un porcentaje considerable de población (37.30%), ya que más de 14 millones 8 mil 656 hogares del país se encuentran dentro este umbral. Mientras tanto, un 10.44% del total de hogares experimenta una vulnerabilidad por equipamiento energético eléctrico básico. En última instancia, el 25.28% de los hogares, equivalentes a 9 millones 494 mil 455, no experimentan situaciones de pobreza o vulnerabilidad.

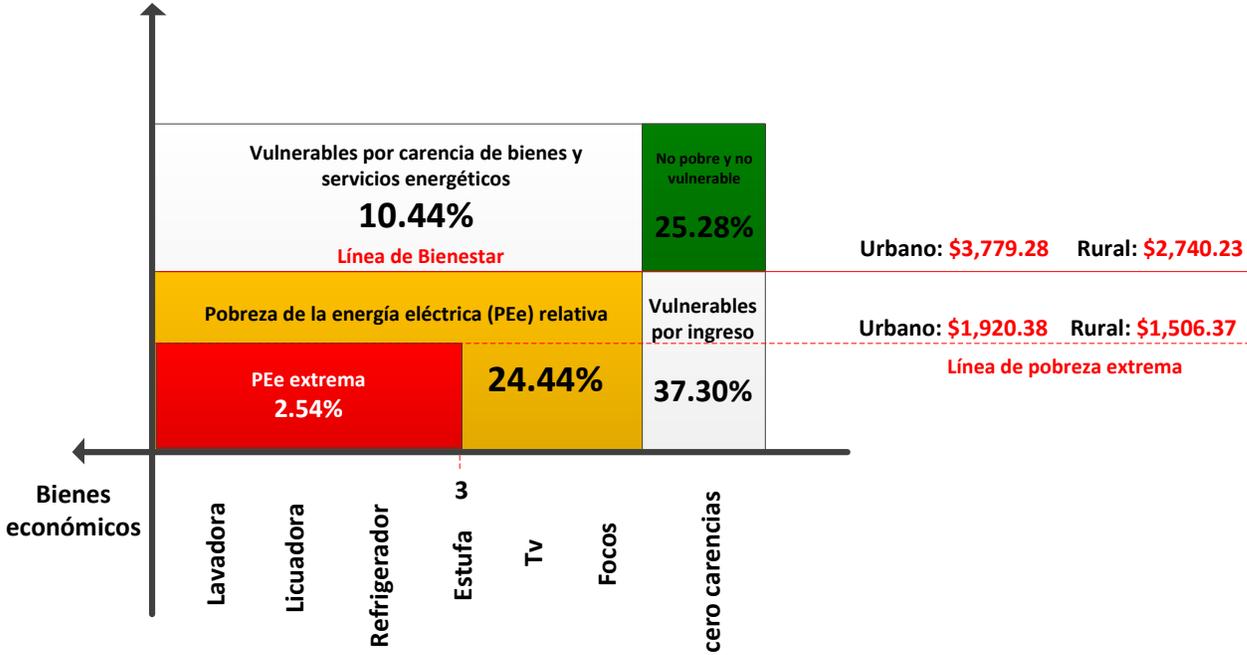
Será interesante señalar que existe una diferencia parcial entre los resultados de la medición de la pobreza multidimensional (llevado a cabo por CONEVAL, 2022) y el propuesto aquí para la pobreza de la energía eléctrica. Como se muestra en la Tabla n.º 3.8, existe un gradiente alto al comparar los índices de vulnerabilidad por ingreso. La presente situación se encuentra íntimamente vinculada con el exceso de consumo de bienes y servicios de lujo; los cuales son fuertemente afectados en su precio por el costo eléctrico ( $C_e$ ).

Los productos de primera necesidad son artículos enfocados en satisfacer las necesidades primordiales, tales como la salud y la alimentación, por lo que su consumo no disminuye significativamente en situaciones de dificultades económicas. Por el contrario, los artículos de lujo son aquellos que no son

necesarios para la supervivencia, son alternativas y su demanda se incrementa a medida que se incrementa el ingreso, como joyas, automóviles, último modelo, viajes, entre otros.

No obstante, existen artículos de primera necesidad, como la ropa o el calzado, cuyo consumo eléctrico también es elevado. Como resultado, los hogares que ostenten una elevada carga de consumo en estos productos, podrían ser considerados como vulnerables en su ingreso ante una alta dependencia del insumo eléctrico.

Gráfico n.º 3.3. Porcentaje de hogares en situación de PEe en México (2022).



Elaboración propia, a partir de ENIGH (2022 concentrado).

De esta manera, este enfoque nos brinda la oportunidad de localizar los hogares que se encuentran realmente vulnerables ante una dimensión determinada. En efecto, resulta imperativo reconocer los problemas que apremian a los hogares más vulnerables, con el fin de identificar estrategias que permitan lidiar con su estado de pobreza.

Debemos tener en cuenta que en la elaboración de políticas sociales es esencial disponer de información más detallada sobre los hogares. Según se muestra en la Tabla n.º 3.8, los niveles de pobreza de la energía eléctrica en México (2022) son significativamente inferiores a los de pobreza multidimensional (2018). En este contexto, los niveles de pobreza multidimensional extrema son del 7.1%, mientras que los niveles de PEe son del 2.54%; en comparación con los no pobres, ambos indicadores manejan niveles similares. No obstante, los hogares vulnerables por ingreso superan significativamente la PEe en comparación con la pobreza multidimensional. Asimismo, es posible apreciar que, al comparar los niveles de PEe de los periodos 2018 a 2022, se experimentó una reducción en sus niveles relativos y extremos.

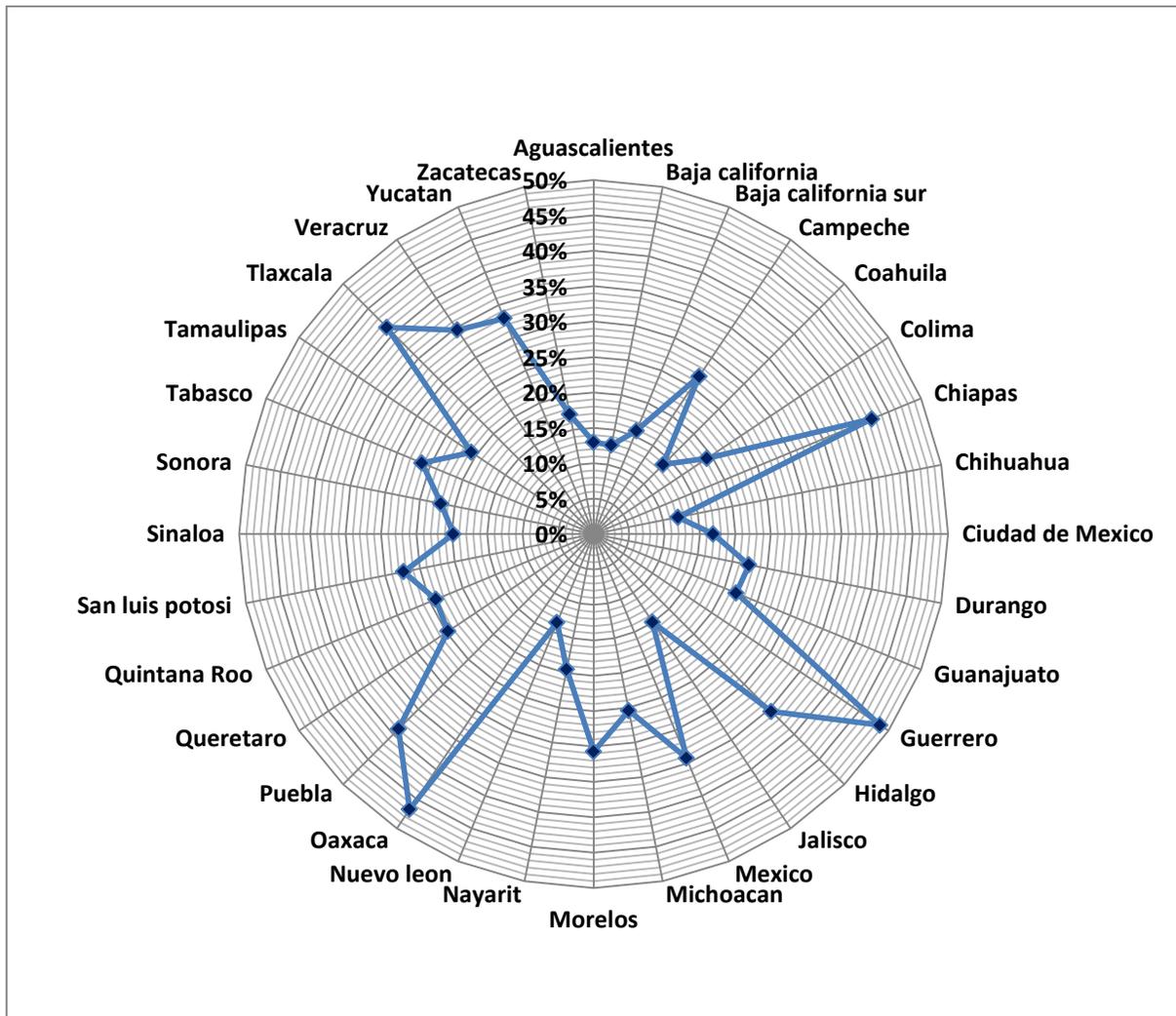
Tabla n.º 3.8. Comparación de pobreza multidimensional con PEe en México.

Pobreza multidimensional por CONEVAL (2022)		PEe (2018)		PEe (2022)	
<b>Pobreza relativa</b>	29.30%	<b>PEe relativa</b>	26.81%	<b>PEe relativa</b>	24.44%
<b>Vulnerable por carencias sociales</b>	29.40%	<b>Vulnerable por carencia de equipo</b>	11.11%	<b>Vulnerable por carencia de equipo</b>	10.44%
<b>Vulnerable por ingreso</b>	7.20%	<b>Vulnerable por ingreso-costos</b>	35.72%	<b>Vulnerable por ingreso-costos</b>	37.29%
<b>No pobre</b>	27.00%	<b>No pobre de Ee</b>	23.22%	<b>No pobre de Ee</b>	25.28%
<b>Pobreza extrema</b>	7.10%	<b>PEe extrema</b>	3.14%	<b>PEe extrema</b>	2.54%

Elaboración propia, a partir de CONEVAL (2022), ENIGH (2018) y ENIGH (2022).

Es relevante destacar que los pobres relativos del país se distribuyen de manera uniforme en función del tamaño de la localidad (48.7% rural y 51.3% urbana). Asimismo, existen entidades que presentan porcentajes superiores de rezago, tales como: Chiapas (42.47%), Guerrero (48.58%), Oaxaca (46.76%), Puebla (38.94%) y Tlaxcala (41.27%), para más información, consulte el Gráfico n.º 3.4.

Gráfico n.º 3.4. Porcentaje de hogares en PEe relativa por entidad federativa, México (2022).

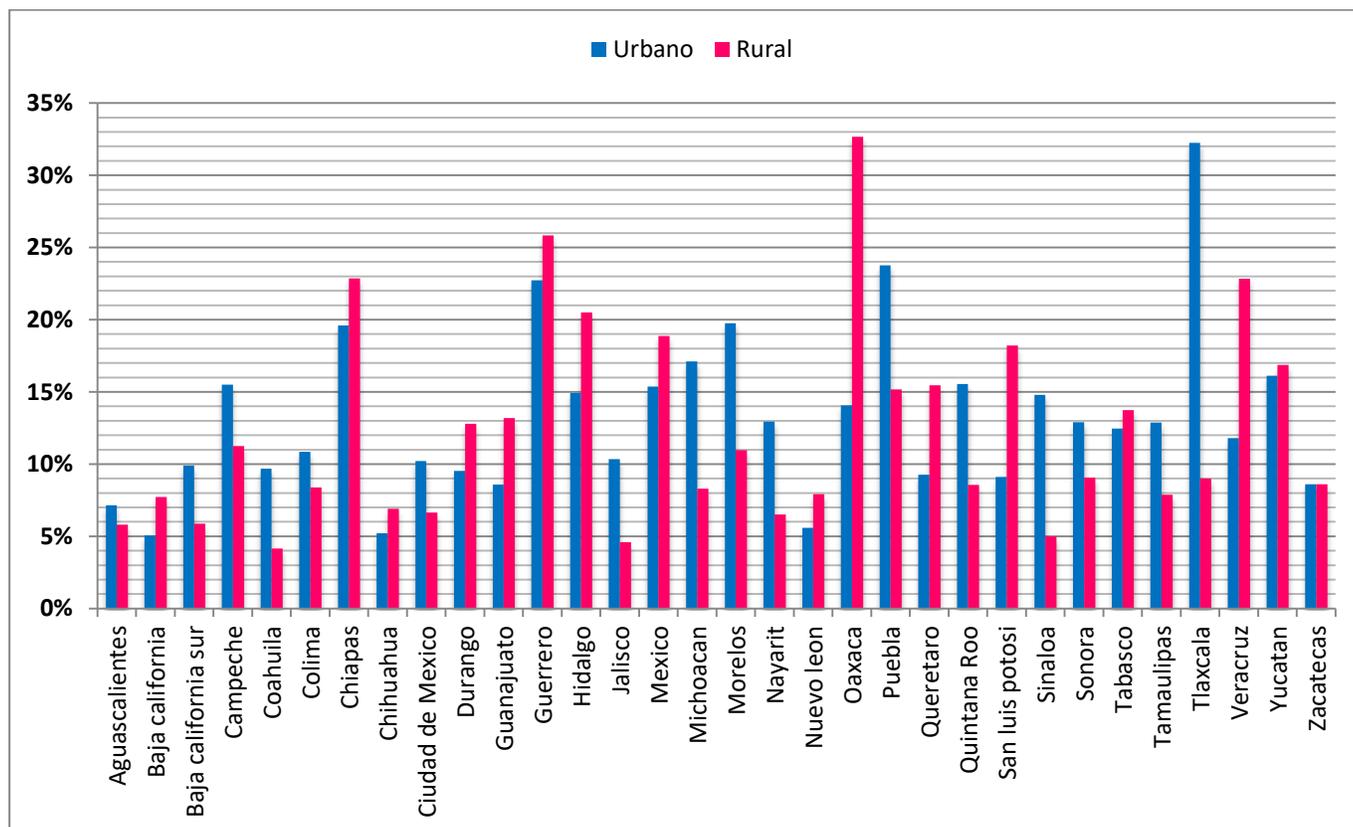


Elaboración propia, a partir de ENIGH (2022 concentrado).

En relación con los hogares en situación de PEe relativa situados en localidades rurales, se ha logrado identificar a Chiapas (22.87%), Guerrero (25.85%), Oaxaca (32.67%), Hidalgo (20.52%), San Luis Potosí (18.21%) y Veracruz (22.8%), como las entidades con mayores porcentajes de hogares en dicha situación.

Por otro lado, Chiapas (19.60%), Guerrero (22.73%), Puebla (23.8%) y Tlaxcala (32.25%), son entidades que se distinguen por tener los índices más elevados de PEe relativa en localidades urbanas. La presente información puede ser visualizada con mayor precisión mediante el Gráfico n.º 3.5.

Gráfico n.º 3.5. Porcentaje de hogares en PEE relativa por localidad y por entidad federativa, México (2022).



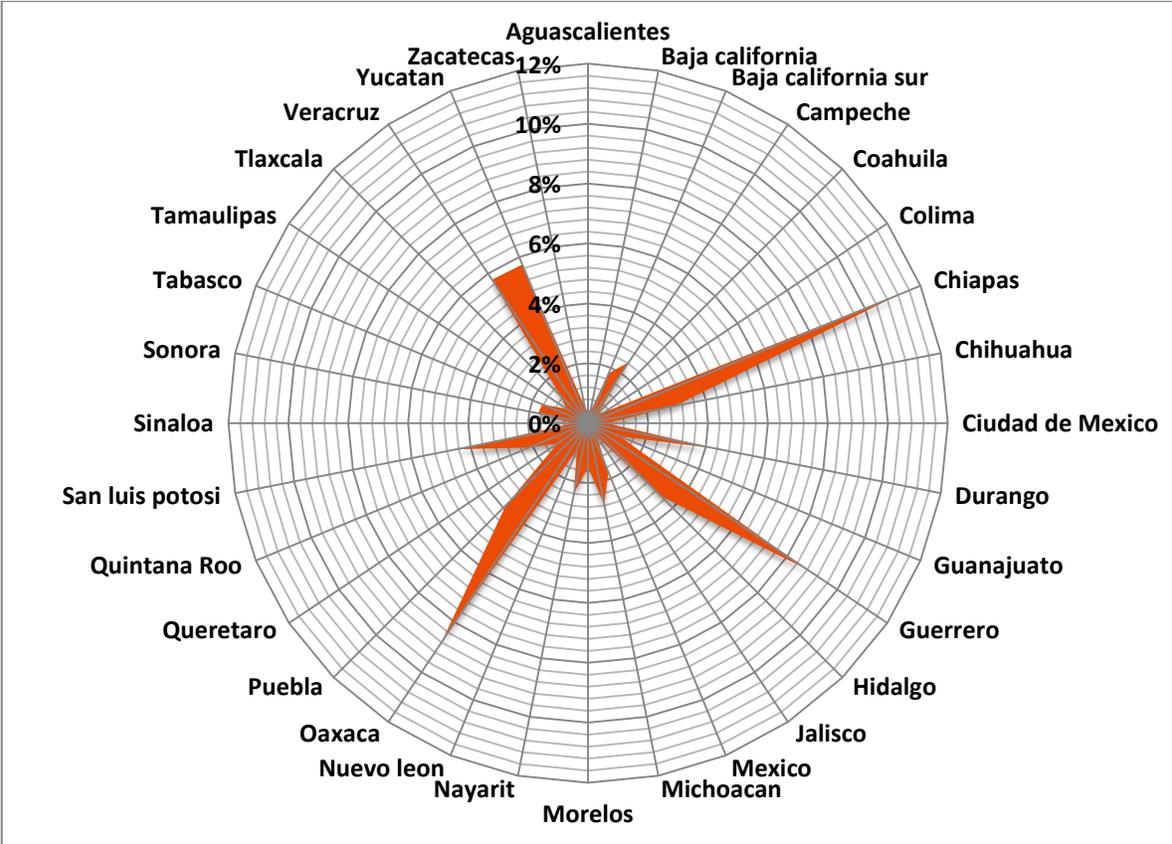
Elaboración propia, a partir de ENIGH (2022 concentrado).

En cuanto a los índices de PEE extrema, se encuentran en mayor proporción en entidades como Chiapas (11.32%), Guerrero (8.75%), Oaxaca (8.78%), Puebla (3.86%) y Yucatán (5.73%). Es importante recalcar que estos hogares se encuentran en mayores proporciones en áreas rurales, lo cual demuestra un elevado abandono estatal, según el Gráfico n.º 3.6. En este contexto, se ha constatado que los índices de hogares en PEE extrema, situados en localidades rurales, se orientan significativamente hacia entidades como Chiapas (9.61%), Guerrero (6.42%), Oaxaca (7.63%), Puebla (2.57%) y Yucatán (4.04%). Para obtener más información, se requiere la consulta del Gráfico n.º 3.7.

De acuerdo con lo anteriormente mencionado, se puede apreciar que existe un conjunto de entidades con mayores necesidades, al destacar de manera repetida

en las categorías correspondientes a los niveles de marginación; tal como se ha apreciado en cada uno de los análisis previos. En este aspecto, con el fin de erradicar los problemas asociados a la pobreza de la energía eléctrica, los datos observados permiten identificar las localidades que deben ser consideradas para el desarrollo de políticas y la implementación de programas sociales.

Gráfico n.º 3.6. Porcentaje de hogares en PEe extrema, por entidad federativa, México (2022).

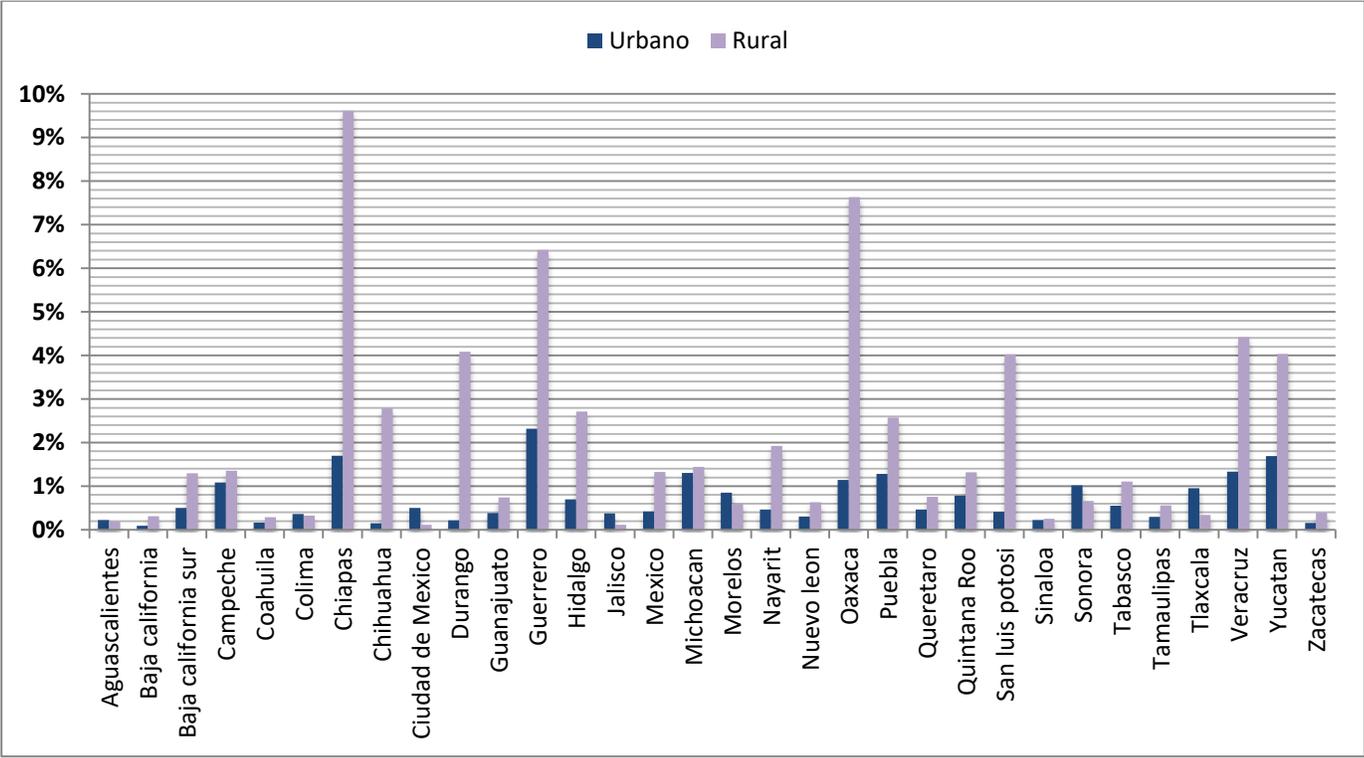


Elaboración propia, a partir de ENIGH (2022 concentrado).

En resumen, la estimación de la PEe en las entidades federativas de México permitirá incrementar la planificación de la política de desarrollo social, incluso a nivel estatal o municipal, de acuerdo a la focalización de los segmentos más vulnerables de la población. Los proyectos que tiene como objetivo proporcionar luz a viviendas de zonas marginadas, la modernización del equipo eléctrico para optimizar el uso de la energía eléctrica y el incremento de los índices de desarrollo

humano mediante el acceso a la electricidad, son algunos de los ejemplos que podrían ser empleados en la presente propuesta.

Gráfico n.º 3.7. Porcentaje de hogares en PEE extrema por tamaño de localidad y entidad federativa, México (2022).



Elaboración propia, a partir de ENIGH (2022 concentrado).

### 3.3 Conclusiones y extensiones

La propuesta de este capítulo se centra en fortalecer el conocimiento desarrollado para comprender y combatir la pobreza desde una perspectiva multidimensional, particularmente desde la dimensión energética. Los servicios de energía eléctrica se caracterizan por tener una gran influencia en el bienestar social, por lo tanto, se ha elaborado una metodología que permite evaluar la cantidad de hogares que se encuentran en condiciones de vulnerabilidad ante el consumo directo e indirecto de esta fuente de energía.

La metodología se basa en las líneas de bienestar económico, que se encuentran afectadas por el efecto total (efectos directos e indirectos) de la energía eléctrica hacia la producción, y de un índice de equipamiento eléctrico mínimo (necesario para cumplir con los satisfactores). Lo cual nos permitió establecer los niveles de PEe.

Como resultado, destacamos lo siguiente:

- La metodología propuesta por la CEPAL para medir la pobreza multidimensional puede adaptarse para medir la pobreza desde otro enfoque; como es el caso de la pobreza energética.
- Más del 25% de los hogares mexicanos se encuentran en situación de PEe; de los cuales el 24.44% enfrentan PEe relativa y el 2.54% PEe extrema.
- Las condiciones de pobreza multidimensional no necesariamente tienen que coincidir con las de pobreza de la energía eléctrica.
- La pobreza de la energía eléctrica puede verse afectada de manera significativa por hábitos de sobreconsumo, especialmente de artículos de lujo.
- Si examinamos los hábitos de consumo en los hogares y consideramos a aquellos que se encuentran en vulnerabilidad, ya sea por carencias y/o ingresos, podemos focalizar a los hogares con graves problemas de pobreza de la energía eléctrica, siempre y cuando estos no mantengan ingresos altos con consumos excesivos.

Hay que mencionar, además, que con respecto a la PEe y las brechas sociales se determinó lo siguiente:

- El porcentaje de población en áreas rurales supera a las localidades urbanas en función de la PEe extrema, mientras que existe una distribución uniforme de hogares en la PEe relativa entre las localidades urbana y rural.
- En relación con la PEe extrema, las entidades de Chiapas, Guerrero, Oaxaca y Puebla son aquellas que presentan índices superiores de tal precariedad.

En resumen, los niveles de pobreza pueden ser explicados mediante la insuficiencia de los servicios de energía eléctrica y la manera en que los hogares son capaces de consumirlos, lo cual, de alguna forma, afecta sus niveles de desarrollo y las libertades para llevar a cabo dicha tarea. Asimismo, la elaboración de un indicador de pobreza de la energía eléctrica permite observar y, en consecuencia, planificar de alternativas para enfrentar la pobreza multidimensional de una manera focalizada.

Los resultados evidencian la urgente necesidad de atender a los grupos vulnerables; de manera que estos mejoren su calidad de vida, al beneficiarse de las oportunidades que ofrece la tecnología enfocada en los servicios de energía eléctrica. En este aspecto, el uso de las energías renovables, impulsadas por el cuidado al medio ambiente, toman gran significancia, ya que, debido a sus características fisicoquímicas que las caracteriza, es posible adaptarlas en localidades situadas en la periferia, sin necesidad de invertir en plantas de gran escala. De tal modo, los creadores de programas sociales, enfocados en el combate a la pobreza multidimensional, podrían emplear técnicas como la planteada aquí.

## **4. MODELO SOBRE POBREZA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO**

### **4.1 Introducción**

Esta sección presenta la construcción de una base teórica y práctica acerca de la regresión logística multinomial, como una expansión multivariante del modelo de regresión logística clásico (binario).

Para ello, se presenta primero un modelo de correlación bivariada (ODDS), con el fin de establecer la función logística para un modelo de respuesta dicotómica. En este sentido, dicho análisis ofrecerá un mayor entendimiento para la construcción de la regresión logística con respuesta politómica.

Asimismo, se expresa la formulación matemática para la obtención de los parámetros estadísticos mediante el método de máxima verosimilitud.

Más adelante, se prueba la metodología presente en relación con el contexto de la pobreza de la energía eléctrica. Para lograr tal fin, se hará énfasis en la resolución de sistemas de ecuaciones no lineales, mediante la aplicación de la programación no lineal.

En Particular, el desarrollo del modelo se compone de nueve variables explicativas, las cuales fueron ejecutadas con base en una muestra de 90 mil 102 hogares; la cual, debido a dificultades de ajuste en la variable “total de integrantes”, fue reducida en un 0.136% de su totalidad, lo que dio un resultado de 89 mil 979. El procedimiento de ejecución se llevó a cabo de manera manual, basado en el método de pasos sucesivos hacia adelante y regresión hacia atrás. De igual modo, se presentan los contrastes de autocorrelación, significancia, ajuste, bondad y calidad de ajuste, así como los estimadores que los caracterizan.

Por último, se añaden datos sobre la capacidad predictiva del modelo, así como la exposición y el análisis entre la relación de las variables explicativas con las categorías de respuesta (variable dependiente).

## 4.2 Construcción del modelo logístico multinomial

Con el propósito de explicar la pobreza de la energía eléctrica en México, hemos tomado en cuenta el análisis de regresión logística multinomial; el cual se define como un conjunto de técnicas estadísticas que examinan a un grupo de variables (independientes o predictoras). Las variables asignadas tienen la finalidad de explicar o hacer inferencias sobre sus propiedades, así como analizar cómo estas modifican la variable dependiente, al experimentar algún cambio. En términos generales, este análisis permite explicar y predecir el comportamiento de una variable nominal politómica (con más de dos categorías), a partir de otras variables cuantitativas o cualitativas, que actúan como variables explicativas.

Es importante señalar, que el análisis de regresión logística multinomial es una adaptación al método de regresión logística binaria clásica, con la diferencia que este se encuentra orientado a la obtención de una variable con respuesta de tres o más resultados discretos. Este tipo de análisis resulta de gran utilidad cuando deseamos determinar si una o varias variables tienen la capacidad de explicar a una variable dependiente que tienen un carácter cualitativo. Se trata de un modelo, en el que se codifican los valores de la variable dependiente, categórica o nominal como 0 y 1, con el objeto de obtener la simetría de casos que ocurren en una de sus dos o más categorías; todo esto en función de la probabilidad de que un suceso ocurra en una de sus categorías.

En este sentido, mediante la regresión logística multinomial, se busca identificar la probabilidad de que ocurra un evento en función de una serie de variables, las cuales se consideran relevantes o influyentes ante la variable dependiente; todo esto por medio de una función logística, la cual permite clasificar a los grupos o individuos en alguna de las categorías establecidas. Para ser más específicos, la función logística<sup>12</sup>, con base en una serie de variables independientes ( $x_i$ ), determinará la probabilidad ( $\pi$ ) de que se presente el efecto estudiado, lo cual se deriva de una transformación logarítmica (logit). Tal respecto consiste en

---

<sup>12</sup> De acuerdo con Pérez (2004), una función logística nos permite estudiar si una variable dependiente binomial discreta depende, o no, de otra u otras variables.

convertir la probabilidad en una razón de momios (ventaja de ODDS o en inglés, ODDS ratio [OR]).

Para lograr lo anterior, se ajusta el valor de la variable de respuesta (variable dependiente) de tal modo que sea asignada al nivel de referencia 1 en función del valor que los predictores adquieran, mediante el uso de la de razón de probabilidades (ventaja de momios u ODDS ratio). En dicho aspecto, tal como menciona Agresti A. (2007), el ODDS ratio se define como la razón entre la probabilidad de un evento verdadero y la probabilidad de un evento falso<sup>13</sup>.

Lo anterior puede expresarse de la siguiente manera:

$$ODDS = \frac{\pi}{(1 - \pi)}$$

Mientras que la probabilidad de éxito se encuentra en función de las probabilidades<sup>14</sup> mediante el siguiente despeje:

$$\pi = \frac{ODDS}{(ODDS + 1)}$$

Ahora bien, si estudiamos una variable de respuesta binomial<sup>15</sup> ( $y = 0; y = 1$ ), que toma dos posibles resultados, tales como 1 “éxito” y 0 “fracaso”, podemos expresar la probabilidad de que exista éxito, de la siguiente forma:

$$P(Y = 1) = \pi$$

Mientras que si se conoce la probabilidad de pertenecer a una categoría ( $\pi$ ), es posible notar la probabilidad de corresponder hacia otra, es decir:

$$P(Y = 0) = 1 - P(Y = 1) = 1 - \pi$$

---

<sup>13</sup> Por ejemplo, si  $\pi = 0.75$ , entonces las probabilidades de éxito equivalen a  $0.75/0.25 = 3$ . De manera semejante, si la probabilidad de éxito es 0.8, la probabilidad de falla es 0.2 entonces las probabilidades equivalen a 4.0, o sea que un éxito es cuatro veces más probable que un fracaso, Agresti A. (2007).

<sup>14</sup> Por ejemplo, cuando ODDS es igual a 4, la probabilidad de éxito equivale a  $\pi = 4/(4 + 1) = 0.8$ , Agresti A. (2007).

<sup>15</sup> Desarrollo basado en Agresti A. (2007).

Hay que mencionar, además, que  $\pi$  puede interpretarse como una función de regresión lineal<sup>16</sup> al ser remplazado por  $\pi(x)$ ; dado que la probabilidad de éxito cambia linealmente en  $x$ . Lo anterior está definido como:

$$\pi(x) = \alpha + \beta(x)$$

Sin embargo, el modelo de regresión lineal podría caer en un problema por falta de restricción, dado que no se encuentra acotado por un intervalo cerrado. El motivo de esto radica en que el ODDS ratio (OR) no tiene dimensiones y tiene un rango de 0 a  $\infty$ . En este sentido, una probabilidad estimada podría quedar fuera del rango de 0 a 1 al predecir valores menores a cero [ $\pi(x) < 0$ ] o mayores que uno [ $\pi(x) > 1$ ], cuando se manejen valores extremadamente grandes o pequeños en relación con las variables explicativas (variables independientes), teniendo en cuenta que la transformación de probabilidades a ODDS es monótona<sup>17</sup>; lo cual refutaría el hecho de que las probabilidades se encuentran entre el rango  $[0,1]$ , dando origen tanto varianzas negativas como a probabilidades imposibles. Razón por la cual, es necesario recurrir a la transformación logit.

La función logit es una componente fundamental para generación de una regresión logística, y consiste en aplicar el logaritmo natural a los ODDS, lo cual permite eliminar la contrariedad de que la probabilidad estimada pueda exceder su posibilidad máxima o mínima, al ampliar el rango de probabilidad de  $[0, +\infty]$  a  $[-\infty, +\infty]$  para valores de  $\pi$  entre 0 y 1.

En efecto, lo anterior nos permitirá elaborar el modelo de regresión logística clásico (binario), al suponer que tenemos una variable explicativa  $x$  para una variable de respuesta binaria  $Y$ , mientras que  $\pi(x)$  se refiere a la probabilidad de

---

<sup>16</sup> La regresión lineal es un modelo matemático utilizado para aproximar la relación de dependencia entre una variable de respuesta con las variables explicativas, además, agrega parámetros ( $\beta$ ) para medir la influencia de dichas variables sobre la respuesta.

<sup>17</sup> En matemáticas, el término monotonía se refiere a que una función entre ordenados que conserva el orden dado. Por ejemplo, si la probabilidad aumenta también lo hacen los ODDS.

éxito en  $x$ . Por consiguiente, la estructura lineal para el logit de esta probabilidad puede ser expresada de la siguiente forma:

$$\text{logit}[\pi(x)] = \ln \left[ \frac{\pi(x)}{1 - \pi(x)} \right] = \alpha + \beta x$$

De modo que, para determinar el aumento o la disminución de probabilidad de éxito  $\pi(x)$  en función de una probabilidad condicional, será necesario realizar un despeje y aplicar las propiedades de la función exponencial; tal como se muestra a continuación:

Aplicamos la constante de Euler ( $e$ ) a ambos términos

$$e^{\ln \left[ \frac{\pi(x)}{1 - \pi(x)} \right]} = e^{\alpha + \beta x}$$

Se realiza el producto cruzado

$$\left[ \frac{\pi(x)}{1 - \pi(x)} \right] = e^{\alpha + \beta x}$$

Se resuelve para  $\pi(x)$  mediante producto y factorización

$$\pi(x) = [1 - \pi(x)] \cdot e^{\alpha + \beta x} = e^{\alpha + \beta x} - \pi(x) \cdot e^{\alpha + \beta x}$$

$$\pi(x) + \pi(x) \cdot e^{\alpha + \beta x} = e^{\alpha + \beta x}$$

$$\pi(x)[1 + e^{\alpha + \beta x}] = e^{\alpha + \beta x}$$

Como resultado, obtenemos la función logística expresada en términos de una función condicional; la cual, como se ha mencionado con anterioridad, es capaz de medir la probabilidad de que  $Y$  adquiriera el valor de 1 ( $\pi$ ), al ser explicado a partir de las covariables  $x$ :

$$\pi(x) = \frac{e^{(\alpha + \beta x)}}{1 + e^{(\alpha + \beta x)}} = \frac{e^z}{1 + e^z}$$

Esto confirma que una función logística puede interpretarse en términos de probabilidad, ya que cumple la condicional  $0 < f(z) < 1$ , y se puede verificar a partir de lo siguiente:

$$\lim_{z \rightarrow -\infty} \frac{e^z}{1 + e^z} = 0$$

$$\lim_{z \rightarrow +\infty} \frac{e^z}{1 + e^z} = 1$$

$$\lim_{z \rightarrow 0} \frac{e^z}{1 + e^z} = \frac{1}{2}$$

Llegados a este punto, hemos demostrado la obtención de una función logística para una variable independiente categórica binaria. Sin embargo, nuestro análisis se encuentra orientado a un modelo logístico multinomial, y, tal como se ha mencionado previamente, este último se genera a partir del modelo clásico (binario), como veremos a continuación.

Si la variable dependiente presenta una respuesta politómica, será necesario elaborar un modelo que haga un uso simultáneo de múltiples logit, en función del número de categorías que maneje dicha respuesta.

En relación con este último punto, se considera a  $Y$  como la variable dependiente categórica con  $J$  posibles resultados  $\{\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_J\}$ , la cual es posible explicar mediante  $n$  covariables observadas  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ . De donde se infiere, que el resultado de la suma de las probabilidades corresponde a la unidad  $\pi_1 + \pi_2 + \dots + \pi_J = \sum_{j=1}^J \pi_j = 1$ , para cualquier valor de  $j = 1, 2, \dots, J$  e  $i = 1, 2, \dots, n$ . Para ello, será necesario, en primer lugar, obtener funciones logísticas binarias de manera individual para cada una de las posibles probabilidades. Cabe mencionar que, para llevar a cabo el análisis logit de respuesta multivariada, se requiere de  $J - 1$  ecuaciones, tales como:

$$P(Y = 1) = \pi_1(x_i) = \text{logit}[\pi_1(x)] = \ln \left[ \frac{\pi_1(x)}{1 - \pi_1(x)} \right] = \frac{e^{(\alpha_{10} + \beta_{11}x_1 + \beta_{12}x_2 + \dots + \beta_{1n}x_n)}}{1 + e^{(\alpha_{10} + \beta_{11}x_1 + \beta_{12}x_2 + \dots + \beta_{1n}x_n)}}$$

$$= \frac{e^{z_{1i}}}{1 + e^{z_{1i}}}$$

$$P(Y = 2) = \pi_2(x_i) = \text{logit}[\pi_2(x)] = \ln \left[ \frac{\pi_2(x)}{1 - \pi_2(x)} \right] = \frac{e^{(\alpha_{20} + \beta_{21}x_1 + \beta_{22}x_2 + \dots + \beta_{2n}x_n)}}{1 + e^{(\alpha_{20} + \beta_{21}x_1 + \beta_{22}x_2 + \dots + \beta_{2n}x_n)}}$$

$$= \frac{e^{z_{2i}}}{1 + e^{z_{2i}}}$$

⋮

$$P(Y = J - 1) = \pi_{J-1}(x_i) = \text{logit}[\pi_{J-1}(x)] = \ln \left[ \frac{\pi_{J-1}(x)}{1 - \pi_{J-1}(x)} \right] = \frac{e^{(\alpha_{(J-1)0} + \beta_{(J-1)1}x_1 + \beta_{(J-1)2}x_2 + \dots + \beta_{(J-1)n}x_n)}}{1 + e^{(\alpha_{(J-1)0} + \beta_{(J-1)1}x_1 + \beta_{(J-1)2}x_2 + \dots + \beta_{(J-1)n}x_n)}}$$

$$= \frac{e^{z^{(J-1)i}}}{1 + e^{z^{(J-1)i}}}$$

A partir de lo anterior, podemos expresar la función logística generalizada para cualquier valor de  $j = 1, 2, \dots, J - 1$  del siguiente modo:

$$P(Y = j) = \pi_j(x) = \text{logit}[\pi_j(x)] = \ln \left[ \frac{\pi_j(x)}{1 - \pi_j(x)} \right] = \frac{e^{(\alpha_{j0} + \beta_{j1}x_1 + \beta_{j2}x_2 + \dots + \beta_{jn}x_n)}}{1 + e^{(\alpha_{j0} + \beta_{j1}x_1 + \beta_{j2}x_2 + \dots + \beta_{jn}x_n)}}$$

$$= \frac{e^{(\alpha_{j0} + \beta_{ji}x_i)}}{1 + e^{(\alpha_{j0} + \beta_{ji}x_i)}} = \frac{e^{z_{ji}}}{1 + e^{z_{ji}}}$$

En consecuencia, es posible expresar la sumatoria de las probabilidades mediante:

$$\sum_{j=1}^{J-1} \pi_j(x) = \frac{e^{\sum_{i=0}^n (\alpha_{j0} + \beta_{ji}x_i)}}{1 + e^{\sum_{i=0}^n (\alpha_{j0} + \beta_{ji}x_i)}} = \frac{e^{\sum_{i=0}^n z_{ji}}}{1 + e^{\sum_{i=0}^n z_{ji}}}, \quad \forall j = 1, 2, \dots, J; i = 1, 2, \dots, n$$

De donde resulta que, las probabilidades condicionales  $\pi_j = \pi_1, \pi_2, \dots, \pi_{J-1}$  corresponden a la razón de momios entre la probabilidad deseada y la sumatoria de las probabilidades totales, exceptuando la probabilidad de referencia; lo cual permitirá llevar a cabo el análisis multivariado, de manera que:

$$\pi_1(x_i) = \frac{e^{z_{1i}}}{1 + e^{\sum_{j=0}^n z_{ji}}}$$

$$\pi_2(x_i) = \frac{e^{z_{2i}}}{1 + e^{\sum_{j=0}^n z_{ji}}}$$

⋮

$$\pi_{J-1}(x_i) = \frac{e^{z_{(J-1)i}}}{1 + e^{\sum_{j=0}^n z_{ji}}}$$

Ahora bien, hemos obtenido las probabilidades de que ocurran  $J - 1$  eventos, sin embargo, debemos tener en cuenta que la sumatoria del total de probabilidades equivale a la unidad. Por ello, es preciso obtener la probabilidad del evento de referencia  $J$  mediante una diferencia, lo cual puede definirse como:

$$\pi_J(x_i) = \left[ 1 - \sum_{j=1}^{J-1} \pi_j(x_i) \right]$$

$$\pi_J(x_i) = \left[ 1 - \frac{e^{\sum_{i=0}^n z_{ji}}}{1 + e^{\sum_{i=0}^n z_{ji}}} \right] = \frac{1 + e^{\sum_{i=0}^n z_{ji}} - e^{\sum_{i=0}^n z_{ji}}}{1 + e^{\sum_{i=0}^n z_{ji}}} = \frac{1}{1 + e^{\sum_{i=0}^n z_{ji}}}$$

Por consiguiente:

$$\sum_{j=1}^J \pi_j(x_i) = \pi_1(x_i) + \pi_2(x_i) + \dots + \pi_J(x_i) = 1$$

De este modo, se puede establecer la probabilidad de que ocurran los  $J$  eventos correspondientes a cada una de las categorías designadas, en el contexto del estudio requerido.

#### 4.2.1 Selección de variables explicativas

Para elaborar un modelo que evalúe de manera eficiente la condición de pobreza de la energía eléctrica en México, resulta imperativo seleccionar cuidadosamente

el grupo de variables que quizás explique al fenómeno analizado. Para ello, hemos seleccionado el método de pasos sucesivos hacia adelante; el cual, como se menciona en IBM (2013), inicia sin términos por pasos en el modelo y en cada paso se añade al modelo el término más significativo, hasta que ninguno de los términos por pasos que quede fuera del modelo tenga una contribución estadísticamente significativa, sí se añade al modelo. A partir de ahí, se alterna entre la eliminación hacia atrás de los términos por pasos del modelo, la entrada hacia delante de los términos fuera del modelo, y la eliminación hacia atrás de los términos por pasos del modelo. Se continúa de esta manera hasta que no se encuentren términos que cumplan con los criterios de entrada o eliminación.

En virtud de la implementación del análisis de regresión logística múltiple, hemos requerido del paquete estadístico SPSS (2020). Dicho brevemente, después de configurar, en la sección “vista de variable”, las variables explicativas de acuerdo a su nombre, valor, medida y rol, e ingresar la muestra en el apartado “vista de datos”, se ha ejecutado el análisis correspondiente.

Para llevar a cabo el proceso, se estableció que la estimación de los parámetros fluyera mediante un intervalo de confianza del 95% y un contraste de eliminación sobre la razón de verosimilitud. Asimismo, se consideró a la última categoría (no pobre, no vulnerable) como referencia, con el objetivo de llevar a cabo el contraste de significación de los coeficientes.

Considerando que ENIGH (2022) ofrece información relevante sobre las características de los hogares en México, se decidió analizar un grupo de 31 “variables explicativas” para llevar a cabo el método de pasos sucesivos hacia adelante. En la Tabla n.º 4.1 se presentan las variables adaptadas al modelo saturado no ajustado.

Tabla n.º 4.1. Variables del modelo saturado.

Variables ( $x_i$ )			
1 % Ahorro	9 Edad de jefe del hogar	17 Licuadora	25 Sexo de jefe del hogar
2 % Gasto eléctrico	10 Educación de jefe del hog	18 Localidad	26 Tamaño de localidad
3 Auto	11 Entidad	19 Microondas	27 Teléfono celular
4 Becas	12 Estrato socioeconómico	20 n.º carencias	28 Total de integrantes
5 Beneficio de gobierno	13 Estéreo	21 No pobre	29 TV
6 Computadora	14 Estufa	22 Ocupados	30 Ventilador
7 Decil de ingreso	15 Focos (inc+ahor)	23 Plancha	31 Videojuegos
8 Disponibilidad de elect	16 Lavadora	24 Refrigerador	32 Energía

Elaboración propia.

Ahora bien, en vista de que algunas de las variables no son tan significativas como otras y que es prudente seguir el principio de parsimonia , el número de variables fue decreciendo conforme fuimos siguiendo las sugerencias teóricas respecto a las regresiones logísticas multinomiales (en referencia a la significancia estadística entre las variables explicativas y la de respuesta, ver ANEXO II).

De acuerdo con lo anterior, el modelo final incluye nueve variables explicativas de las treinta y dos consideradas, con el fin de evaluar la variable dependiente Y “condición de pobreza de la energía eléctrica”, según la Tabla n.º 4.2.

Tabla n.º 4.2. Variables consideradas en el modelo final.

Variables ( $x_i$ )		
1 % Ahorro	4 Lavadora	7 Tamaño de localidad
2 Decil de ingreso	5 Licuadora	8 Total de integrantes
3 Estufa	6 Refrigerador	9 TV

Elaboración propia.

Es preciso señalar que un criterio significativo ante este tipo de análisis, es la independencia de las variables explicativas a tomar en cuenta. Razón por la cual es necesario observar que no exista multicolinealidad entre dichas variables.

El problema de multicolinealidad es de transcendencia para este tipo de análisis, dado que la matriz Hessiana para la estimación de los parámetros no sería

singular<sup>18</sup>; por lo cual, dicha razón complicaría la precisión de los estimadores y de la respuesta en la variable de respuesta.

En consecuencia, con el objeto de constatar la incorrelación de los residuos en las variables propuestas, se procederá a examinar los factores de inflación de la varianza (*VIF*) y tolerancia (*T*), los cuales se definen como:

$$VIF = \frac{1}{1 - R_i^2}$$

$$T = \frac{1}{VIF} = 1 - R_i^2$$

Donde *VIF* es la razón entre la varianza observada y la que habría sido en caso de que  $x_j$  estuviera incolerracionada con el resto de variables explicativas en el modelo, mientras que *T* es la inversa de *VIF*.

Tabla n.º 4.3. Diagnóstico de colinealidad por coeficiente para modelo de PEe.

		Coeficientes <sup>a</sup>					Estadísticas de colinealidad	
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados				
		B	Desv. Error	Beta	t	Sig.	Tolerancia	VIF
1	(Constante)	.995	.009		110.363	.000		
	tam_loc	-.090	.004	-.037	-20.748	.000	.889	1.125
	tot_integ	-.148	.001	-.224	-125.309	.000	.878	1.139
	decil_ing	.126	.001	.299	149.235	.000	.698	1.432
	tv	.605	.007	.157	84.961	.000	.820	1.219
	licuadora	.539	.007	.142	75.011	.000	.786	1.272
	refrigerador	.179	.008	.047	22.978	.000	.677	1.478
	estufa	.351	.008	.090	45.045	.000	.700	1.429
	Lavadora	1.388	.005	.527	273.534	.000	.755	1.325
	porcentajedeahorro	.116	.003	.065	37.473	.000	.925	1.081

a. Variable dependiente: Condición de PEe

Elaboración propia con datos de ENIGH (2022) y producto de SPSS 25.

<sup>18</sup> Una matriz cuadrada no invertible se dice que es singular o degenerada. Una matriz es singular si y solo si su determinante es nulo.

Desde el punto de vista de Kleinbaum, Kupper, Muller and Nizam (1988), un fuerte problema de multicolinealidad se presenta cuando el factor de inflación de la varianza (VIF) en los coeficientes es mayor a 10 ( $R_i^2 = 0.9$ ), o en su caso cuando la tolerancia (T) es menor que 0.10.

Hecha esta salvedad, los factores de VIF y T obtenidos por el software estadístico SPSS 25, para las variables y la muestra propuesta, muestran que la multicolinealidad no parece afectar de manera significativa al paquete de variables, como se muestra en la Tabla n.º 4.3.

Una vez que se ha descartado la multicolinealidad en las variables explicativas, será conveniente especificar cada una de ellas. A continuación, se detallan las variables explicativas que mejor predicen la pobreza de la energía eléctrica en México, en función del modelo de regresión logística:

Tabla n.º 4.4. Variables, códigos y categorías usadas en el modelo.

Variable explicativa	Código usado en SPSS	Tipo	Categorías
Condición de pobreza de la energía eléctrica	Condición de PEE	cualitativa	1. Pobre extremo 2. Pobre relativo 3. Vulnerable por carencia 4. Vulnerable por ingreso 5. No pobre, no vulnerable
Total de integrantes del hogar	tot_integ	Continua	Valor real
Porcentaje de ingreso ahorrado	porcentajedeahorro	Continua	Valor real
Tamaño de la localidad	tam_loc	cualitativa	1. Urbana 2. Rural
Decil de ingreso	decil_ing	cualitativa	1. Decil I    2. Decil II 3. Decil III    4. Decil IV 5. Decil V    6. Decil VI 7. Decil VII    8. Decil VIII 9. Decil IX    10. Decil X
Disponibilidad de Tv	tv	cualitativa	1. Si 2. No
Disponibilidad de licuadora	licuadora	cualitativa	1. Si 2. No
Disponibilidad de refrigerador	refrigerador	cualitativa	1. Si 2. No
Disponibilidad de estufa	estufa	cualitativa	1. Si 2. No
Disponibilidad de plancha	Lavadora	cualitativa	1. Si 2. No

Elaboración propia.

**Total de integrantes del hogar.** Se refiere al número de individuos que pertenecen a cada uno de los hogares considerados en la encuesta nacional, sin incluir tanto a los trabajadores domésticos como a los huéspedes.

**Porcentaje de ingreso ahorrado.** Es la razón entre el ingreso corriente<sup>19</sup> y gasto corriente<sup>20</sup>.

**Tamaño de la localidad.** El tamaño de la localidad está definido por el número de habitantes, y ENIGH (2022) maneja cuatro niveles; no obstante, para fines de simplicidad se propone una variable Dummy que toma las denominaciones “rural” para las localidades con menos de 2,500 habitantes y “urbano” para aquellas con más de 2,500 habitantes.

**Decil de ingreso.** Se utiliza para definir los sectores socioeconómicos, de acuerdo a la cuantía de ingresos. En consecuencia, se estableció una variable con diez categorías y se clasificó a los hogares en función de su nivel de ingreso.

**TV.** La disponibilidad de uno o más televisores (analógicos o digitales) representa uno de los equipamientos eléctricos con mayor demanda dentro de los hogares en México, ya que más de 89.5% cuenta con al menos uno.

**Licuada.** Bien económico que brinda servicio para la preparación de alimentos por medio de la trituración. Este tipo de equipamiento no está considerado como indispensable, pero sí como necesario.

**Refrigerador.** Se trata de un bien esencial para la conservación, a baja temperatura, de alimentos perecederos en los hogares.

**Estufa.** Es un bien indispensable en los hogares, ya que un hogar que carezca de su servicio, tendría que invertir mayor tiempo para satisfacer su necesidad

---

<sup>19</sup> Es la suma de los ingresos por trabajo, los provenientes de rentas, de transferencias, estimaciones del alquiler y de otros ingresos

<sup>20</sup> Es la suma de los gastos regulares que directamente hacen los hogares en bienes y servicios para su consumo.

alimentaria. Debemos tomar en cuenta, además, que la quema de combustibles fósiles provoca fuertes daños sobre la salud humana y el medio ambiente.

**Lavadora.** Se clasifica entre los bienes que son de ayuda para llevar a cabo la limpieza personal y cuidados del hogar; forma parte de los seis equipos eléctricos mayormente demandados por los hogares en México.

#### 4.2.2 Tamaño de la muestra

Como se ha mencionado en el capítulo anterior, la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) del año 2022 presenta la estructura, la distribución del ingreso de los hogares y el destino de los gastos del hogar en bienes de consumo duraderos y no duraderos, además de generar un panorama estadístico de los mismos. En particular, este sondeo proporciona información acerca de 90 mil 102 hogares, lo que representa a los más de 37.56 millones existentes.

En relación con las variables consideradas para la construcción del modelo, siete de ellas se encuentran de manera directa en la sección “concentrado hogar”. En cambio, el porcentaje de ingreso ahorrado y el decil de ingreso son factores derivados del ingreso y del gasto en bienes y servicios.

Tabla n.º 4.5. Elementos eliminados de la muestra (outliers).

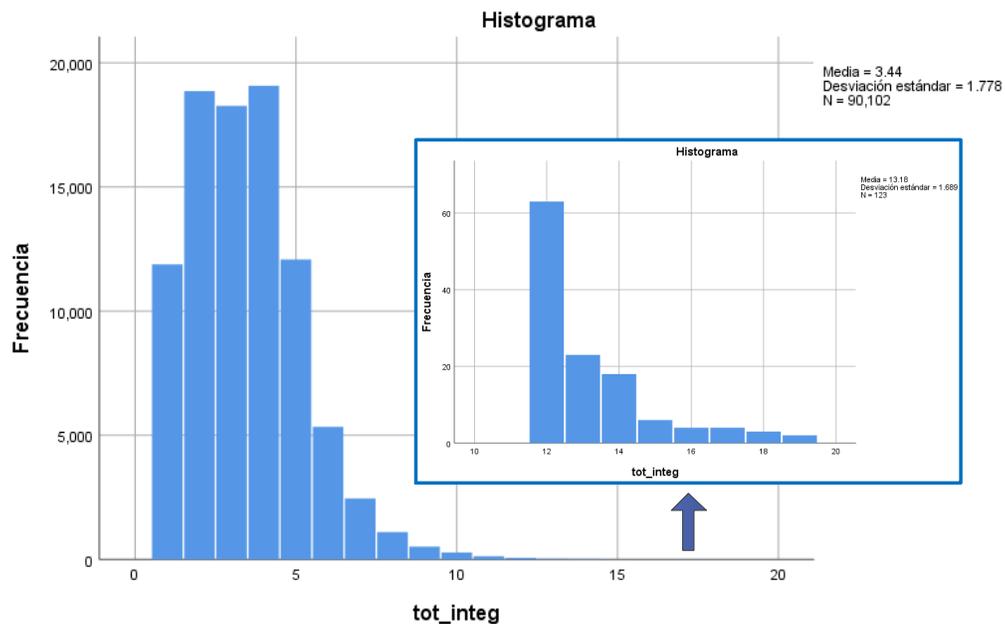
		tot_integ			
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	12	63	.1	.1	99.9
	13	23	.0	.0	100.0
	14	18	.0	.0	100.0
	15	6	.0	.0	100.0
	16	4	.0	.0	100.0
	17	4	.0	.0	100.0
	18	3	.0	.0	100.0
	19	2	.0	.0	100.0
	Total	90102	100.0	100.0	

Elaboración propia con datos de ENIGH (2022) y producto de SPSS 25.

Ahora bien, al llevar a cabo los análisis preliminares sobre la muestra original de 90 mil 102 hogares, se detectó un problema correspondiente al ajuste del modelo. Por consiguiente, se optó por realizar la prueba de datos atípicos (outliers). En este sentido, al observar el diagnóstico de datos atípicos e histogramas de las variables explicativas, se ha logrado determinar que la variable que representa al total de integrantes en los hogares, generaba un sesgo ante esta situación, ver Gráfico n.º 4.1.

En consecuencia, la muestra a fin de efectuar el análisis logístico multinomial se recortó de 90 mil 102 a 89 mil 979 hogares (99.863 %). Cabe señalar que los 123 (0.136%) elementos eliminados de la muestra tienen un rango de 12 a 19 integrantes, con una frecuencia máxima de 63 y mínima de 2, como se muestra en la Tabla n.º 4.5.

Gráfico n.º 4.1. Histograma de valores atípicos en la variable “integrantes del hogar”.



Elaboración propia con datos de ENIGH (2022) y producto de SPSS 25.

### 4.2.3 Significación estadística del modelo

Teniendo en cuenta lo anterior, al ser ejecutado el análisis mediante la licencia SPSS 25 se arrojan las pruebas de razón de verosimilitud (Tabla 4.6). Es necesario mencionar que esta prueba nos permite advertir qué variables deben de ser introducidas, o en su caso, cuáles deberían rechazarse, dentro del conjunto de aquellas que formarán parte del modelo.

En tal aspecto, y como se puede observar más a detalle en el ANEXO III, las pruebas de significación de un modelo son de gran utilidad, dado que auxilian al conocimiento sobre las variables que explican de mejor manera al contexto del estudio. Para ello, es necesario comprobar qué ocurriría en un modelo econométrico en caso de involucrar, o no, cada una de las variables analizadas.

Tabla n.º 4.6. Contraste de significación de las variables.

Efecto	Pruebas de la razón de verosimilitud			
	Criterios de ajuste de modelo Logaritmo de la verosimilitud -2 de modelo reducido	Pruebas de la razón de verosimilitud Chi-cuadrado	gl	Sig.
Intersección	33010.520 <sup>a</sup>	.000	0	.
tot_integ	72491.959 <sup>b</sup>	39481.439	4	.000
porcentaje de ahorro	63757.205 <sup>b</sup>	30746.685	4	.000
tam_loc	36905.665 <sup>b</sup>	3895.145	4	.000
decil_ing	74134.800 <sup>b</sup>	41124.279	36	.000
tv	53745.463 <sup>b</sup>	20734.942	4	.000
licuadora	52426.879 <sup>c</sup>	19416.358	4	.000
refrigerador	44285.035 <sup>b</sup>	11274.515	4	.000
estufa	45497.050 <sup>b</sup>	12486.530	4	.000
Lavadora	92637.535 <sup>b</sup>	59627.015	4	.000

El estadístico de chi-cuadrado es la diferencia de la log-verosimilitud -2 entre el modelo final y el modelo reducido. El modelo reducido se forma omitiendo un efecto del modelo final. La hipótesis nula es que todos los parámetros de dicho efecto son 0.

- a. Este modelo reducido es equivalente al modelo final porque omitir el efecto no aumenta los grados de libertad.
- b. Se han encontrado singularidades inesperadas en la matriz hessiana. Esto indica que o bien se deben excluir algunas variables de predictor, o bien se deben fusionar algunas categorías.
- c. Posiblemente hay una separación casi completa en los datos. O bien las estimaciones de máxima verosimilitud no existen o bien algunas estimaciones de parámetro son infinitas.

Elaboración propia con datos de ENIGH (2022) y producto de SPSS 25.

Para llevar a cabo el contraste de significación de las variables, mediante el test de razón de verosimilitud, debemos tener presente que la hipótesis nula es aquella en la que el valor de todos los parámetros ( $\beta_i$ ) equivale a cero [ $H_0: \beta_0 = \beta_1 = \beta_n = 0$ ]. Habría que decir también, que cuanto mayor es  $-2\log L(\hat{\beta})$  más en contra de la hipótesis nula ( $H_0$ ) se encuentran los parámetros del modelo.

Hecha esta salvedad, es posible corroborar el contraste de significación estadística con ayuda del valor de significancia expuesto por el software. La Tabla n.º 4.6 muestra que es posible mantener el paquete de variables propuestas; dado que para todas ellas, se estima una significancia de 0.000, siendo menores al 5% (0.05). Razón por la cual, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

#### **4.2.4 Bondad de ajuste del modelo**

En vista de que hemos confirmado la posibilidad de utilizar el paquete de variables propuestas, es imperativo verificar que el modelo se ajusta de manera efectiva a los datos utilizados, con el fin de llevar a cabo la estimación de los parámetros.

Las herramientas que ofrece el paquete estadístico SPSS 25, permiten realizar los análisis de ajuste y bondad de ajuste. Para ello, emplearemos las pruebas de razón de verosimilitud, desviación y de Pearson. Este tipo de pruebas, se especifican con más detalle en el ANEXO III.

En primer lugar, para confirmar que el modelo se ajusta de manera adecuada, es necesario emplear la razón de verosimilitudes. En tal situación, cuanto más pequeño sea el valor, mejor será el ajuste; en dicho aspecto, podemos afirmar que el modelo propuesto se ajusta correctamente, al mostrar una significancia equivalente a 0.000 (Tabla 4.7).

Tabla n.º 4.7. Ajuste del modelo.

**Información de ajuste de los modelos**

Modelo	Criterios de ajuste de modelo Logaritmo de la verosimilitud -2	Pruebas de la razón de verosimilitud		
		Chi-cuadrado	gl	Sig.
Sólo intersección	249946.583			
Final	33010.520	216936.063	68	.000

Elaboración propia con datos de ENIGH (2022) y producto de SPSS 25.

En segunda instancia, las pruebas de bondad de ajuste nos permitirán ratificar lo anterior; por lo tanto, contrastaremos las pruebas de desviación y de Pearson. En consecuencia, la Tabla n.º 4.8 presenta los estadísticos proyectados por SPSS 25 para confirmar las pruebas de bondad de ajuste; cabe recordar, que en ambas pruebas se rechaza la  $H_0$ , con un nivel de significancia  $\alpha$ , cuando el  $p\text{ valor} \leq \alpha$ .

Es decir, en nuestro caso, si el valor de la significancia fuese menor que 5% (0.05) el modelo no ajustaría de manera adecuada a los datos propuestos.

De tal suerte que, mediante un ajustamiento del modelo apropiado, resulta imposible rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ), ya que en ambos estadísticos, la significancia del modelo propuesto es igual a la unidad. A partir de esto, podemos inferir que los parámetros de las variables explicativas se comportan de manera adecuada, al evaluar las probabilidades en la variable de respuesta.

Tabla n.º 4.8. Bondad de ajuste del modelo.

**Bondad de ajuste**

	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Pearson	357971.429	359756	1.000
Desviación	33007.512	359756	1.000

Elaboración propia con datos de ENIGH (2022) y producto de SPSS 25.

#### 4.2.5 Calidad de ajuste del modelo

Los coeficientes de determinación  $R^2$  son empleados para evaluar la calidad de ajuste de los modelos de regresión lineal. De tal modo, los factores de Cox-Snell, Nagelkerke y Mc-Fadden contrastarán la hipótesis nula ( $H_0$ ) de que exista calidad de ajuste, dado que estos resumen la proporción de varianza en la variable de respuesta, asociada con las variables explicativas (para más detalles, véase el ANEXO IV). Es posible verificar esto en la Tabla n.º 4.9.

Tabla n.º 4.9. Calidad de ajuste del modelo.

Pseudo R cuadrado	
Cox y Snell	.910
Nagelkerke	.971
McFadden	.868

Elaboración propia con datos de ENIGH (2022) y producto de SPSS 25.

En nuestro caso, los indicadores Pseudo  $R^2$  se encuentran cercanos a 1, lo que implica una buena relación entre la variable “condición de pobreza de la energía eléctrica” y las variables explicativas. En otras palabras, existe una buena calidad en cuanto al ajuste del modelo.

#### 4.2.6 Estimación de los parámetros del modelo de PEE

Con el fin de diagnosticar los estimadores muestrales de los parámetros ( $\beta_{ji}$ ), ejecutamos la función “análisis logístico multinomial” en SPSS 25. Para llevar a cabo el proceso, el software emplea los métodos de máxima verosimilitud y Newton-Raphson con el propósito de maximizar la probabilidad de obtener la categoría de respuesta mediante aproximaciones numéricas (los procedimientos matemáticos, se expresan a detalle en el ANEXO I).

Como resultado, la estimación de los parámetros puede ser analizada mediante la utilización de las tablas n.º 4.10, 4.11, 4.12 y 4.13. Dichos escenarios proporcionan las estimaciones de los parámetros ( $\beta$ ) en la columna inicial de la

tabla y, tal como se puede apreciar, cada una de ellas explica los diferentes tipos de categorías propuestas para clasificar la condición de PEE. Cabe mencionar que el análisis se realizó en función de la categoría de referencia “no pobre, no vulnerable”, por lo tanto, se evidencian  $J - 1$  categorías (una por cada tabla).

Tabla n.º 4.10. Estimación de los parámetros para la condición “pobre extremo”.

### Estimaciones de parámetro

Condición <sup>a</sup>	B	Desv. Error	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	95% de intervalo de confianza para Exp(B)	
							Límite inferior	Límite superior
Pobre extremo	Intersección	-57.009	294.266	0.038	1	0.846		
	tot_integ	3.100	19.517	0.025	1	0.874	22.202	5.419E-16 9.10E+17
	porcentaje de ahorro	-13.765	34.486	0.159	1	0.690	1.051E-06	4.649E-36 2.38E+23
	[tam_loc=0]	-1.985	71.283	0.001	1	0.978	0.137	2.892E-62 6.52E+59
	[tam_loc=1]	0 <sup>b</sup>			0			
	[decil_ing=1]	31.142	307.304	0.010	1	0.919	3.35E+13	8.855E-249 1.27E+275
	[decil_ing=2]	28.138	307.214	0.008	1	0.927	1.66E+12	5.243E-250 5.26E+273
	[decil_ing=3]	26.670	305.231	0.008	1	0.930	3.82E+11	5.875E-249 2.49E+271
	[decil_ing=4]	24.247	304.673	0.006	1	0.937	3.39E+10	1.557E-249 7.39E+269
	[decil_ing=5]	23.581	304.101	0.006	1	0.938	1.74E+10	2.454E-249 1.24E+269
	[decil_ing=6]	21.647	304.502	0.005	1	0.943	2.52E+09	1.619E-250 3.92E+268
	[decil_ing=7]	18.971	303.635	0.004	1	0.950	1.73E+08	6.086E-251 4.94E+266
	[decil_ing=8]	15.061	304.593	0.002	1	0.961	3.47E+06	1.866E-253 6.47E+265
	[decil_ing=9]	9.889	302.608	0.001	1	0.974	19716.631	5.180E-254 7.50E+261
	[decil_ing=10]	0 <sup>b</sup>			0			
	[tv=0]	38.967	235.928	0.027	1	0.869	8.38E+16	1.261E-184 5.57E+217
	[tv=1]	0 <sup>b</sup>			0			
	[licuadora=0]	39.097	263.926	0.022	1	0.882	9.54E+16	2.115E-208 4.30E+241
	[licuadora=1]	0 <sup>b</sup>			0			
	[refrigerador=0]	41.346	0.135	93957.811	1	0.000	9.04E+17	6.94E+17 1.18E+18
[refrigerador=1]	0 <sup>b</sup>			0				
[estufa=0]	40.423	727.524	0.003	1	0.956	3.59E+17	0.000	. <sup>c</sup>
[estufa=1]	0 <sup>b</sup>			0				
[Lavadora=0]	40.593	195.643	0.043	1	0.836	4.26E+17	1.251E-149 1.45E+184	
[Lavadora=1]	0 <sup>b</sup>			0				

a. La categoría de referencia es: No pobre, no vulnerable.

b. Este parámetro está establecido en cero porque es redundante.

c. Se ha producido un desbordamiento de punto flotante al calcular este estadístico. Por lo tanto, su valor se define como perdido del sistema.

Elaboración propia con datos de ENIGH (2022) y producto de SPSS 25.

Tabla n.º 4.11. Estimación de los parámetros para la condición “pobre relativo”.

**Estimaciones de parámetro**

Condición <sup>a</sup>	B	Desv. Error	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	95% de intervalo de confianza para Exp(B)	
							Límite inferior	Límite superior
Pobre relativo	Intersección	-34.648	188.223	0.034	1	0.854		
	tot_integ	2.634	19.517	0.018	1	0.893	13.933	3.400E-16 5.71E+17
	porcentaje de ahorro	-13.514	34.486	0.154	1	0.695	1.352E-06	5.978E-36 3.06E+23
	[tam_loc=0]	-2.016	71.283	0.001	1	0.977	0.133	2.806E-62 6.33E+59
	[tam_loc=1]	0 <sup>b</sup>			0			
	[decil_ing=1]	22.071	208.018	0.011	1	0.916	3.85E+09	3.314E-168 4.47E+186
	[decil_ing=2]	19.940	207.884	0.009	1	0.924	4.57E+08	5.113E-169 4.09E+185
	[decil_ing=3]	18.889	204.943	0.008	1	0.927	1.60E+08	5.689E-167 4.48E+182
	[decil_ing=4]	17.565	204.111	0.007	1	0.931	4.25E+07	7.743E-167 2.33E+181
	[decil_ing=5]	16.364	203.256	0.006	1	0.936	1.28E+07	1.245E-166 1.31E+180
	[decil_ing=6]	14.964	203.855	0.005	1	0.941	3.15E+06	9.492E-168 1.05E+180
	[decil_ing=7]	13.254	202.558	0.004	1	0.948	5.70E+05	2.179E-167 1.49E+178
	[decil_ing=8]	10.787	203.990	0.003	1	0.958	4.84E+04	1.116E-169 2.10E+178
	[decil_ing=9]	5.888	201.012	0.001	1	0.977	360.682	2.852E-169 4.56E+173
	[decil_ing=10]	0 <sup>b</sup>			0			
	[tv=0]	36.267	235.928	0.024	1	0.878	5.63E+15	8.472E-186 3.74E+216
	[tv=1]	0 <sup>b</sup>			0			
	[licuadora=0]	36.169	263.926	0.019	1	0.891	5.11E+15	1.132E-209 2.30E+240
	[licuadora=1]	0 <sup>b</sup>			0			
	[refrigerador=0]	37.855	0.064	3.47E+05	1	0.000	2.75E+16	2.43E+16 3.12E+16
	[refrigerador=1]	0 <sup>b</sup>			0			
	[estufa=0]	37.576	727.524	0.003	1	0.959	2.09E+16	0.000 . <sup>c</sup>
	[estufa=1]	0 <sup>b</sup>			0			
[Lavadora=0]	37.266	195.643	0.036	1	0.849	1.53E+16	4.491E-151 5.20E+182	
[Lavadora=1]	0 <sup>b</sup>			0				

a. La categoría de referencia es: No pobre, no vulnerable.

b. Este parámetro está establecido en cero porque es redundante.

c. Se ha producido un desbordamiento de punto flotante al calcular este estadístico. Por lo tanto, su valor se define como perdido del sistema.

Elaboración propia con datos de ENIGH (2022) y producto de SPSS 25.

Tabla n.º 4.12. Estimación de los parámetros para la condición “vulnerable por carencia”.

**Estimaciones de parámetro**

Condición <sup>a</sup>	B	Desv. Error	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	95% de intervalo de confianza para Exp(B)	
							Límite inferior	Límite superior
Vulnerable por carencia	Intersección	-15.852	188.221	0.007	1	0.933		
	tot_integ	-0.177	19.517	0.000	1	0.993	0.838	2.045E-17 3.43E+16
	porcentaje de ahorro	-3.769	34.486	0.012	1	0.913	0.023	1.020E-31 5.23E+27
	[tam_loc=0]	-0.132	71.283	0.000	1	0.999	0.877	1.846E-61 4.16E+60
	[tam_loc=1]	0 <sup>b</sup>			0			
	[decil_ing=1]	-0.875	208.015	0.000	1	0.997	0.417	3.607E-178 4.82E+176
	[decil_ing=2]	-0.213	207.882	0.000	1	0.999	0.808	9.082E-178 7.19E+176
	[decil_ing=3]	-0.250	204.941	0.000	1	0.999	0.779	2.787E-175 2.18E+174
	[decil_ing=4]	-0.217	204.108	0.000	1	0.999	0.805	1.473E-174 4.40E+173
	[decil_ing=5]	-0.258	203.253	0.000	1	0.999	0.772	7.557E-174 7.90E+172
	[decil_ing=6]	-0.128	203.852	0.000	1	0.999	0.879	2.660E-174 2.91E+173
	[decil_ing=7]	0.040	202.556	0.000	1	1.000	1.040	3.995E-173 2.71E+172
	[decil_ing=8]	-0.042	203.988	0.000	1	1.000	0.959	2.224E-174 4.14E+173
	[decil_ing=9]	-0.144	201.010	0.000	1	0.999	0.866	6.881E-172 1.09E+171
	[decil_ing=10]	0 <sup>b</sup>			0			
	[tv=0]	36.575	235.928	0.024	1	0.877	7.66E+15	1.153E-185 5.09E+216
	[tv=1]	0 <sup>b</sup>			0			
	[licuadora=0]	36.552	263.926	0.019	1	0.890	7.49E+15	1.661E-209 3.38E+240
	[licuadora=1]	0 <sup>b</sup>			0			
	[refrigerador=0]	38.139	0.000		1		3.66E+16	3.66E+16 3.66E+16
[refrigerador=1]	0 <sup>b</sup>			0				
[estufa=0]	37.618	727.524	0.003	1	0.959	2.17E+16	0.000 . <sup>c</sup>	
[estufa=1]	0 <sup>b</sup>			0				
[Lavadora=0]	37.454	195.643	0.037	1	0.848	1.85E+16	5.423E-151 6.28E+182	
[Lavadora=1]	0 <sup>b</sup>			0				

a. La categoría de referencia es: No pobre, no vulnerable.

b. Este parámetro está establecido en cero porque es redundante.

c. Se ha producido un desbordamiento de punto flotante al calcular este estadístico. Por lo tanto, su valor se define como perdido del sistema.

Elaboración propia con datos de ENIGH (2022) y producto de SPSS 25.

Tabla n.º 4.13. Estimación de los parámetros para la condición “pobre por ingreso”.

**Estimaciones de parámetro**

Condición <sup>a</sup>	B	Desv. Error	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	95% de intervalo de confianza para Exp(B)	
							Límite inferior	Límite superior
Vulnerable por ingreso	Intersección	-13.007	0.267	2364.517	1	0.000		
	tot_integ	2.490	0.029	7249.132	1	0.000	12.060	11.388 12.771
	porcentajeahorro	-13.670	0.164	6965.777	1	0.000	1.156E-06	8.388E-07 1.594E-06
	[tam_loc=0]	-2.277	0.048	2211.842	1	0.000	0.103	0.093 0.113
	[tam_loc=1]	0 <sup>b</sup>			0			
	[decil_ing=1]	18.787	0.307	3741.117	1	0.000	1.44E+08	7.90E+07 2.63E+08
	[decil_ing=2]	16.706	0.289	3342.374	1	0.000	1.80E+07	1.02E+07 3.17E+07
	[decil_ing=3]	15.699	0.281	3121.567	1	0.000	6.58E+06	3.79E+06 1.14E+07
	[decil_ing=4]	14.438	0.272	2822.962	1	0.000	1.86E+06	1.09E+06 3.18E+06
	[decil_ing=5]	13.344	0.263	2564.760	1	0.000	6.24E+05	3.73E+05 1.05E+06
	[decil_ing=6]	12.087	0.256	2234.636	1	0.000	1.78E+05	1.08E+05 2.93E+05
	[decil_ing=7]	10.502	0.247	1804.852	1	0.000	3.64E+04	2.24E+04 5.91E+04
	[decil_ing=8]	8.375	0.238	1239.236	1	0.000	4.34E+03	2.72E+03 6.92E+03
	[decil_ing=9]	4.838	0.228	449.834	1	0.000	126.202	80.706 197.346
	[decil_ing=10]	0 <sup>b</sup>			0			
	[tv=0]	0.231	316.973	0.000	1	0.999	1.260	1.961E-270 8.10E+269
	[tv=1]	0 <sup>b</sup>			0			
	[licuadora=0]	0.152	346.403	0.000	1	1.000	1.164	1.611E-295 8.41E+294
	[licuadora=1]	0 <sup>b</sup>			0			
	[refrigerador=0]	-0.166	826.738	0.000	1	1.000	0.847	0.000 . <sup>c</sup>
[refrigerador=1]	0 <sup>b</sup>			0				
[estufa=0]	-0.607	1088.208	0.000	1	1.000	0.545	0.000 . <sup>c</sup>	
[estufa=1]	0 <sup>b</sup>			0				
[Lavadora=0]	-0.497	293.617	0.000	1	0.999	0.609	7.203E-251 5.14E+249	
[Lavadora=1]	0 <sup>b</sup>			0				

a. La categoría de referencia es: No pobre, no vulnerable.

b. Este parámetro está establecido en cero porque es redundante.

c. Se ha producido un desbordamiento de punto flotante al calcular este estadístico. Por lo tanto, su valor se define como perdido del sistema.

Elaboración propia con datos de ENIGH (2022) y producto de SPSS 25.

### 4.3 Análisis explicativo sobre modelo de pobreza de la energía eléctrica

En las regresiones logísticas de variables múltiples, es posible analizar los estimadores, en función de su signo o de la propiedad que tiene de ser positiva o negativa. En Particular, un estimador que sea mayor a cero indica que el odds ratio se incrementa o, al contrario, si es menor a cero, este decrece, mientras tanto, si es igual a cero no varía, dado que el factor es igual a la unidad.

En relación con este último aspecto, podemos verificar (a través de las Tablas n.º 4.11, 4.12, 4.13 y 4.14) que para las cuatro categorías (pobre extremo, pobre relativo, vulnerable a carencia y vulnerable a ingreso) los estimadores  $\beta_2$  y  $\beta_3$  (los cuales representan a las variables “porcentaje de ahorro” y “tamaño de la localidad”) son menores a cero [ $\beta_n < 0$ ]; razón por la cual, dichos factores son aquellos que disminuyen la probabilidad de pertenecer a las cuatro condiciones de precariedad establecidas.

Por otra parte, los estimadores restantes [ $\beta_1, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8$  y  $\beta_9$ ] son mayores a cero [ $\beta_n > 0$ ]; lo cual indica, que al incrementar las unidades de dichos componentes, aumenta la probabilidad de mantener la condición o incluso recaer en una de menor nivel. En el caso de las variables dicotómicas, un incremento se refiere a mantener o aumentar la incapacidad de tener uno de los equipamientos de electricidad básicos (Eeb).

De igual manera, es factible observar un escalamiento en los estimadores que pertenecen a cada una de las categorías. Por ejemplo, el estimador  $\beta_1$  (“total de integrantes en el hogar”) decrece e incrementa de la siguiente manera: 3.100 (Pobre extremo), 2.634 (pobre relativo) y 2.490 (vulnerable por ingreso). Por ende, es factible reflexionar sobre la repercusión en los niveles de PEE al mantener un hogar con mayor número de integrantes.

Lo anterior hace énfasis en que los hogares pobres en extremidad son más vulnerables al incrementar una unidad de sus integrantes que cualquiera de las otras categorías.

Como resultado, un escalamiento mayúsculo entre los estimadores, para cada una de las categorías, señala el nivel de impacto que cada una de las variables explicativas tiene sobre la variable dependiente. Este aspecto resulta de interés, ya que puede ofrecer, entre otros aspectos, información de auxilio para determinar los “costos de movilidad” de los hogares con niveles de marginación. Precisamente, las variables involucradas con el equipamiento eléctrico básico (Eeb), aunado al porcentaje de ahorro, afectan fuertemente a los hogares de los dos primeros niveles de pobreza de Ee.

Por otra parte, con el fin de interpretar detalladamente la estimación de los parámetros del modelo desde otra perspectiva, hemos dividido el siguiente análisis en cuatro partes, siendo cada una de ellas las  $J - 1$  categorías. Hay que mencionar, además, que el siguiente análisis se basa en la razón de probabilidades u ODDS ratio. Estos pueden compararse entre sí, con el propósito de determinar qué variable tiene más influencia o cuál está asociada de manera más fuerte; siempre y cuando exista la conjetura de que todas las demás variables permanecen constantes.

El ODDS ratio tiene una salida directa en el análisis de regresión logística, el cual es generado por el paquete estadístico SPSS y se muestra en la fila que describe a EXP (B). Con base en lo anterior, deducimos lo siguiente:

Que en la categoría de pobreza de energía eléctrica extremo, el ODDS ratio indica que, en caso de incrementar una unidad del número de integrantes en el hogar, es 22.20 veces más probable que este pertenezca a la condición de pobreza de Ee extrema.

Que en la categoría “pobre relativo de Ee”, por cada aumento de un miembro del hogar, es 13.933 veces más probable que un hogar se encuentre limitado como pobre relativo, con respecto a que sea no pobre y no vulnerable.

En las localidades rurales existe una mayor propensión a la situación de la pobreza de Ee extrema.

La variable “integrantes del hogar” influye fuertemente en las categorías de respuesta.

Un hogar que carece de “Lavadora” y “Refrigerador” es más probable que sea pobre extremo, con respecto a uno que sí la posea.

Como ya se ha mencionado, con base en los parámetros que ofrece la resolución de la regresión logística multinomial, es posible estimar las probabilidades de que ocurra, o no, un evento; de esta forma, al ser estos sustituidos en las  $J - 1$  funciones logísticas, se obtiene:

$$z_1(x) = \ln\left(\frac{\pi_{i1}}{\pi_{i5}}\right) = -57.009 + 3.100 \cdot \mathbf{tot\ ing} - 13.765 \cdot \% \mathbf{ahorro} - 1.985 \cdot \mathbf{tam\ loc} + 31.142$$

$$\cdot \mathbf{decil\ ing(1)} + 28.138 \cdot \mathbf{decil\ ing(2)} + 26.670 \cdot \mathbf{decil\ ing(3)} + 24.247$$

$$\cdot \mathbf{decil\ ing(4)} + 23.581 \cdot \mathbf{decil\ ing(5)} + 21.647 \cdot \mathbf{decil\ ing(6)} + 18.971$$

$$\cdot \mathbf{decil\ ing(7)} + 15.061 \cdot \mathbf{decil\ ing(8)} + 9.889 \cdot \mathbf{decil\ ing(9)} + 38.967 \cdot \mathbf{tv}$$

$$+ 39.097 \cdot \mathbf{licuadora} + 41.346 \cdot \mathbf{refrigerador} + 40.423 \cdot \mathbf{estufa} + 40.593$$

$$\cdot \mathbf{lavadora}$$

$$z_2(x) = \ln\left(\frac{\pi_{i2}}{\pi_{i5}}\right) = -34.648 + 2.634 \cdot \mathbf{tot\ ing} - 13.514 \cdot \% \mathbf{ahorro} - 2.016 \cdot \mathbf{tam\ loc} + 22.071$$

$$\cdot \mathbf{decil\ ing(1)} + 19.940 \cdot \mathbf{decil\ ing(2)} + 18.889 \cdot \mathbf{decil\ ing(3)} + 17.565$$

$$\cdot \mathbf{decil\ ing(4)} + 16.364 \cdot \mathbf{decil\ ing(5)} + 14.964 \cdot \mathbf{decil\ ing(6)} + 13.254$$

$$\cdot \mathbf{decil\ ing(7)} + 10.787 \cdot \mathbf{decil\ ing(8)} + 5.888 \cdot \mathbf{decil\ ing(9)} + 36.267 \cdot \mathbf{tv}$$

$$+ 36.169 \cdot \mathbf{licuadora} + 37.855 \cdot \mathbf{refrigerador} + 37.576 \cdot \mathbf{estufa} + 37.266$$

$$\cdot \mathbf{lavadora}$$

$$z_3(x) = \ln\left(\frac{\pi_{i3}}{\pi_{i5}}\right) = -15.852 - 0.177 \cdot \mathbf{tot\ intg} - 3.769 \cdot \mathbf{\%ahorro} - 0.132 \cdot \mathbf{tam\ loc} - 0.875$$

$$\cdot \mathbf{decil\ ing(1)} - 0.213 \cdot \mathbf{decil\ ing(2)} - 0.250 \cdot \mathbf{decil\ ing(3)} - 0.217 \cdot \mathbf{decil\ ing(4)}$$

$$- 0.258 \cdot \mathbf{decil\ ing(5)} - 0.128 \cdot \mathbf{decil\ ing(6)} + 0.040 \cdot \mathbf{decil\ ing(7)} - 0.042$$

$$\cdot \mathbf{decil\ ing(8)} - 0.144 \cdot \mathbf{decil\ ing(9)} + 36.575 \cdot \mathbf{tv} + 36.552 \cdot \mathbf{licuadora} + 38.139$$

$$\cdot \mathbf{refrigerador} + 37.618 \cdot \mathbf{estufa} + 37.454 \cdot \mathbf{lavadora}$$

$$z_4(x) = \ln\left(\frac{\pi_{i4}}{\pi_{i5}}\right) = -13.007 + 2.490 \cdot \mathbf{tot\ intg} - 13.670 \cdot \mathbf{\%ahorro} - 2.277 \cdot \mathbf{tam\ loc} + 18.787$$

$$\cdot \mathbf{decil\ ing(1)} + 16.706 \cdot \mathbf{decil\ ing(2)} + 15.699 \cdot \mathbf{decil\ ing(3)} + 14.438$$

$$\cdot \mathbf{decil\ ing(4)} + 13.344 \cdot \mathbf{decil\ ing(5)} + 12.087 \cdot \mathbf{decil\ ing(6)} + 10.502$$

$$\cdot \mathbf{decil\ ing(7)} + 8.375 \cdot \mathbf{decil\ ing(8)} + 4.838 \cdot \mathbf{decil\ ing(9)} + 0.231 \cdot \mathbf{tv} + 0.152$$

$$\cdot \mathbf{licuadora} - 0.166 \cdot \mathbf{refrigerador} - 0.607 \cdot \mathbf{estufa} - 0.497 \cdot \mathbf{lavadora}$$

En tanto, si sustituimos las funciones logísticas en las funciones condicionales de probabilidad en cada una de las categorías de referencia, podremos establecer las probabilidades de que un hogar pertenezca a cada una de ellas. A continuación se detallan las funciones de probabilidad para las cinco categorías de pobreza de la energía eléctrica (PEe):

$$\hat{\pi}_{i1} = \hat{\pi}_{\text{Pobreza extrema}} = \frac{e^{z_1(x)}}{1 + e^{z_1(x)} + e^{z_2(x)} + e^{z_3(x)} + e^{z_4(x)}}$$

$$\hat{\pi}_{i2} = \hat{\pi}_{\text{Pobreza relativa}} = \frac{e^{z_2(x)}}{1 + e^{z_1(x)} + e^{z_2(x)} + e^{z_3(x)} + e^{z_4(x)}}$$

$$\hat{\pi}_{i3} = \hat{\pi}_{\text{Vulnerable por carencia}} = \frac{e^{z_3(x)}}{1 + e^{z_1(x)} + e^{z_2(x)} + e^{z_3(x)} + e^{z_4(x)}}$$

$$\hat{\pi}_{i4} = \hat{\pi}_{\text{Vulnerable por ingreso}} = \frac{e^{z_4(x)}}{1 + e^{z_1(x)} + e^{z_2(x)} + e^{z_3(x)} + e^{z_4(x)}}$$

$$\hat{\pi}_{i5} = \hat{\pi}_{\text{No pobre, no vulnerable}} = \frac{1}{1 + e^{z_1(x)} + e^{z_2(x)} + e^{z_3(x)} + e^{z_4(x)}}$$

Con el propósito de ofrecer una mayor comprensión del proceso, ilustramos el procedimiento, con base en la información concentrada en ENIGH (2022), a través del siguiente ejemplo:

El Folio 100013603, representa a un hogar perteneciente a la entidad de Aguascalientes, el cual ha sido diagnosticado como un hogar “no pobre y no vulnerable de energía eléctrica”<sup>21</sup>. En consecuencia, para demostrar el comportamiento del modelo descrito, será necesario corroborar la condición de dicho hogar por medio del modelo planteado en el presente apartado.

Para ello, emplearemos la Tabla n.º 4.14, la cual detalla las especificaciones requeridas por el modelo, según los datos presentados en las Encuestas de Ingreso y Gastos en los Hogares.

Tabla n.º 4.14. Características del hogar con el Folio 100013603, tomado al azar.

Condición de PEE	tot_integ	porcentaje de ahorro	[tam_loc] 1=Urbana 0=Rural
<b>5</b>	<b>3</b>	<b>9.1714%</b>	<b>1</b>
	[decil_ing]	[Cuenta con tv] 1=Si 0=No	[Cuenta con licuadora] 1=Si 0=No
	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
	[Cuenta con refrigerador] 1=Si 0=No	[Cuenta con estufa] 1=Si 0=No	[Cuenta con lavadora] 1=Si 0=No
	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Elaboración propia con datos de ENIGH (2022).

De acuerdo con base dicha información, es posible evaluar las  $j - 1$  funciones logísticas; de esta manera, al sustituir los datos requeridos resulta lo siguiente:

<sup>21</sup> Para más detalle, analice el procedimiento descrito en el capítulo 3.

$$\begin{aligned}
z_1(x) &= \ln\left(\frac{\pi_{i1}}{\pi_{i5}}\right) = -57.009 + 3.100 \cdot (3) - 13.765 \cdot (0.091714) - 1.985 \cdot (1) + 31.142 \cdot (0) + 28.138 \cdot (0) \\
&\quad + 26.670 \cdot (0) + 24.247 \cdot (0) + 23.581 \cdot (0) + 21.647 \cdot (0) + 18.971 \cdot (0) + 15.061 \cdot (0) + 9.889 \\
&\quad \cdot (1) + 38.967 \cdot (1) + 39.097 \cdot (1) + 41.346 \cdot (1) + 40.423 \cdot (1) + 40.593 \cdot (1) \\
&= \mathbf{-39.08152753}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
z_2(x) &= \ln\left(\frac{\pi_{i2}}{\pi_{i5}}\right) = -34.648 + 2.634 \cdot (3) - 13.514 \cdot (0.091714) - 2.016 \cdot (1) + 22.071 \cdot (0) + 19.940 \cdot (0) \\
&\quad + 18.889 \cdot (0) + 17.565 \cdot (0) + 16.364 \cdot (0) + 14.964 \cdot (0) + 13.254 \cdot (0) + 10.787 \cdot (0) + 5.888 \\
&\quad \cdot (0) + 36.267 \cdot (1) + 36.169 \cdot (1) + 37.855 \cdot (1) + 37.576 \cdot (1) + 37.266 \cdot (1) \\
&= \mathbf{-22.09663418}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
z_3(x) &= \ln\left(\frac{\pi_{i3}}{\pi_{i5}}\right) = -15.852 - 0.177 \cdot (3) - 3.769 \cdot (0.091714) - 0.132 \cdot (1) - 0.875 \cdot (0) - 0.213 \cdot (0) - 0.250 \\
&\quad \cdot (0) - 0.217 \cdot (0) - 0.258 \cdot (0) - 0.128 \cdot (0) + 0.040 \cdot (0) - 0.042 \cdot (0) - 0.144 \cdot (1) + 36.575 \\
&\quad \cdot (1) + 36.552 \cdot (1) + 38.139 \cdot (1) + 37.618 \cdot (1) + 37.454 \cdot (1) = \mathbf{-16.87166232}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
z_4(x) &= \ln\left(\frac{\pi_{i4}}{\pi_{i5}}\right) = -13.007 + 2.490 \cdot (3) - 13.670 \cdot (0.091714) - 2.277 \cdot (1) + 18.787 \cdot (0) + 16.706 \cdot (0) \\
&\quad + 15.699 \cdot (0) + 14.438 \cdot (0) + 13.344 \cdot (0) + 12.087 \cdot (0) + 10.502 \cdot (0) + 8.375 \cdot (0) + 4.838 \\
&\quad \cdot (1) + 0.231 \cdot (1) + 0.152 \cdot (1) - 0.166 \cdot (1) - 0.607 \cdot (1) - 0.497 \cdot (1) = \mathbf{-1.953732439}
\end{aligned}$$

Entonces, las funciones de probabilidad pueden expresarse así:

$$\hat{\pi}_{Pobreza\ extrema} = \frac{e^{-39.08152753}}{1 + e^{-39.08152753} + e^{-22.09663418} + e^{-16.87166232} + e^{-1.953732439}} = 9.32265E^{-18} \approx \mathbf{0\%}$$

$$\hat{\pi}_{Pobreza\ relativa} = \frac{e^{-22.09663418}}{1 + e^{-39.08152753} + e^{-22.09663418} + e^{-16.87166232} + e^{-1.953732439}} = 2.21812E^{-10} \approx \mathbf{0\%}$$

$$\hat{\pi}_{Vulnerable\ por\ carencia} = \frac{e^{-17.51985383}}{1 + e^{-39.08152753} + e^{-22.09663418} + e^{-16.87166232} + e^{-1.953732439}} = 4.12251E^{-08} \approx \mathbf{0\%}$$

$$\hat{\pi}_{Vulnerable\ por\ ingreso} = \frac{e^{-7.436027204}}{1 + e^{-39.08152753} + e^{-22.09663418} + e^{-16.87166232} + e^{-1.953732439}} = 0.1241469 \approx \mathbf{12.41\%}$$

$$\hat{\pi}_{No\ pobre,\ no\ vulnerable} = \frac{1}{1 + e^{-39.08152753} + e^{-22.09663418} + e^{-16.87166232} + e^{-1.953732439}} = 0.87585302 \approx \mathbf{87.59\%}$$

En tal sentido, los valores establecidos pronostican que existe el 87.59% de probabilidad de que el hogar seleccionado (hogar con el Folioviv 100013603) pertenezca a la condición “no pobre, no vulnerable”; lo cual corrobora que el modelo es capaz de pronosticar de manera efectiva la categoría a la que pertenece tal hogar mexicano, respecto a la condición de PEE.

En virtud de lo anteriormente expuesto, podemos apreciar que el modelo predice de forma eficaz los niveles de PEE en México. Precisamente, al comparar los datos observados con los pronosticados, el modelo tiene un porcentaje global de acierto del 92.7%. Al respecto, este ofrece un mayor poder de predicción en las categorías “pobre relativo” (94.5%) y “vulnerable por ingreso” (94.6%).

Por otro lado, la categoría “pobre extremo” presenta menor poder de pronóstico (77.2%); sin embargo, no deja de ser aceptable, para más detalle ver la Tabla n.º 4.15.

Tabla n.º 4.15. Comparación de valores observados con predichos.

Observado	Pronosticado					Porcentaje correcto
	Pobre extremo	Pobre relativo	Vulnerable por carencia	Vulnerable por ingreso	No pobre, no vulnerable	
Pobre extremo	1759	498	21	0	0	77.2%
Pobre relativo	273	20755	938	0	0	94.5%
Vulnerable por carencia	95	1022	8290	0	0	88.1%
Vulnerable por ingreso	0	0	0	31758	1800	94.6%
No pobre, no vulnerable	0	0	0	1899	20869	91.7%
Porcentaje global	2.4%	24.8%	10.3%	37.4%	25.2%	92.7%

Elaboración propia con datos de ENIGH (2022) y producto de SPSS 25.

#### 4.4 Conclusiones

La regresión logística multinomial es un conjunto de técnicas estadísticas que permiten explicar y predecir el comportamiento de una variable nominal politómica a partir de otras variables cuantitativas o cualitativas, que actúan como variables explicativas. La base de esta metodología se fundamenta del método de regresión logística binaria clásica.

Una función logística puede ser interpretada en términos de probabilidad, dado que, cuando los estimadores de esta tienden hacia  $-\infty$  su valor, va disminuyendo hasta llegar a cero. En cambio, si tienden hacia  $+\infty$  su valor, se incrementa hasta llegar a uno.

Asimismo, con las contribuciones del área estadística (a través del método de máxima verosimilitud) y del campo matemático denominado “programación lineal” (donde se formulan soluciones a problemas mediante la maximización o minimización), es posible estimar los parámetros de un modelo que involucre una variable de respuesta con tres o más categorías.

Para lograr una aplicación adecuada de la Regresión Logística Multivariante en la construcción de un modelo explicativo, es imperativo considerar lo siguiente:

Los estimadores deben ser evaluados en función de su significación estadística, con el fin de verificar qué tan ajustado se encuentra el modelo. En tal sentido, el Test de la Razón de Verosimilitud es efectivo para medir la significación estadística en un paquete de variables, no así el estadístico de Wald.

Para determinar qué tan bueno o efectivo es un modelo para explicar la variable dependiente, es necesario utilizar las pruebas de Desvianza y chi cuadrado de Pearson; las cuales, evalúan la bondad de ajuste.

Con el fin de verificar la fiabilidad de los estimadores, se emplean los coeficientes Pseudo- $R^2$  de Cox-Snell, Nagelkerke y Mc-Fadden. Donde un valor cercano a la unidad, para cualquiera de estos, indica una buena calidad de

ajuste; por el contrario, un valor que se aproxima al cero indicará una pobre calidad.

Por último, es necesario constatar la no autocorrelación entre las variables independientes, mientras que, al existir variables continuas en el paquete, se debe verificar que estas mantengan una regresión lineal con el logit.

Por otra parte, el análisis acerca de la implementación de un modelo econométrico puede dividirse en dos partes. La primera etapa se encuentra vinculada con la búsqueda de las relaciones matemáticas que permitan explicar el comportamiento de una variable dependiente, a partir de la observación temporal de variables independientes. La otra etapa se centra en la predicción de la variable dependiente, lo cual puede ser empleado para determinar el comportamiento de un individuo al coincidir con un determinado valor de las variables dependientes.

En concreto, se llevaron a cabo las pruebas de autocorrelación en el modelo y, de manera satisfactoria, no se detectaron problemas teóricos en relación con la dependencia entre las variables predictoras. Asimismo, los contrastes de ajuste, calidad y bondad de ajuste se ejecutaron de modo eficaz.

En particular, el modelo se caracteriza por tener un alto poder predictivo, con un porcentaje global de acierto del 92.7%. Hay que mencionar, además, que los estimadores correspondientes a las variables, porcentaje de ahorro y tamaño de la localidad son menores a cero, por lo que aumentar sus unidades, representa un incremento en la probabilidad de escalar a la siguiente categoría, de manera favorable. Entretanto, aumentar el número de integrantes en el hogar tendrá un efecto muy desfavorable en la condición del hogar, especialmente para los que pertenecen a los primeros deciles de ingreso.

Además, en relación con el ODDS ratio, se puede destacar lo siguiente:

Dentro de la categoría “pobre de energía eléctrica extremo”, por cada aumento de una unidad del número de integrantes en el hogar, es 22.20 veces más probable que este pertenezca a la condición de pobreza de Ee extrema.

La cantidad de integrantes influye fuertemente en las categorías de respuesta.

La probabilidad de que un hogar se encuentre en una situación de pobreza de la Ee extrema y relativa aumenta cuando se encuentra en localidades rurales.

En la categoría “pobre relativo de Ee” por cada aumento de un integrante del hogar, es 13.93 veces más probable que un hogar se encuentre limitado como pobre relativo con respecto a que sea no pobre y no vulnerable.

A modo de resumen, y de acuerdo con el modelo planteado, los factores más relevantes para determinar la pobreza de la energía eléctrica son: la cantidad de individuos en el hogar, el tamaño de la localidad, el porcentaje de ahorro y la disponibilidad de los equipamientos eléctricos, tales como “Lavadora” y “Refrigerador”. Es importante señalar que el poder explicativo de dichas variables podría ser de ayuda para la creación de proyectos sociales dirigidos a combatir este tipo de condición de marginalidad en los hogares de México, ya que facilita la determinación de los niveles de pobreza de la energía eléctrica; tal como lo hemos propuesto en el objetivo número tres del presente trabajo de investigación.

## **5. PROSPECTIVA SOBRE POBREZA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO Y ANÁLISIS EVALUATIVO DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA ERRADICARLA**

### **5.1 Introducción**

En primer lugar, este capítulo aborda el desafío que podrían enfrentar los hogares de México, en caso de eliminarse los subsidios en la economía del sistema eléctrico. Al respecto, resulta de nuestro interés conocer cómo un incremento en los precios de los bienes y servicios, asociados a la regulación del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), podría tener un impacto en los niveles de pobreza en los hogares de México. Asimismo, se lleva a cabo una evaluación social del proyecto de subvención, con el propósito de analizar la conveniencia de su ejecución, en función del costo - oportunidad, entre otras opciones.

En consecuencia, se propone una solución general para obtener la incidencia del ingreso de los hogares, mediante la eliminación de la subvención a los precios de las tarifas eléctricas, por medio de una ecuación diferencial ordinaria.

En segundo lugar, se analizan los escenarios de pobreza de la energía eléctrica ante dicha eliminación del subsidio, de manera tajante o gradual. En tal sentido, consideramos que la confirmación de un incremento en los niveles de pobreza sería de suma importancia para la ejecución y difusión de iniciativas de carácter social, ya que auxiliaría en la focalización de los grupos con mayores necesidades de insumos de energía.

Por consiguiente, se presenta un análisis evaluativo ex post sobre el proyecto de política social (subsidiario) que el Estado ofrece a la sociedad (con el objeto de brindar acceso al servicio de energía eléctrica), del carácter costo-beneficio y costo-efectividad. Asimismo, se añaden escenarios sobre la eficiencia de los beneficios sociales, en el caso de que la contribución se reduzca en el monto monetario o en la población a la que va dirigida, con el fin de establecer un marco asequible y con mayor repercusión social.

Por otro lado, examinamos qué programas (relacionados con las políticas públicas) podrían influir en algunas cuestiones de nuestro interés, tales como: reducir la pobreza de energía eléctrica u otras dimensiones de la pobreza multidimensional asociadas al ámbito ambiental; de manera que estos sean más efectivos que los programas subsidiarios. La evaluación de una gran variedad de proyectos nos permitirá comprender cuál es el alcance del presupuesto federal, ahora dirigido a los subsidios del consumo eléctrico, en caso de ser reorientado a los grupos sociales con mayores necesidades. Además, con el objetivo de determinar qué tan recomendable resulta regular los precios del servicio de electricidad, añadimos algunos de los antecedentes históricos de aquellos países que han implementado tal iniciativa.

Por último, señalamos cuáles son los sectores productivos clave y cuáles son aquellos que reaccionarían con mayor eficiencia ante un aumento en la demanda final. Por lo tanto, realizamos un análisis detallado de los encadenamientos productivos (hacia adelante y hacia atrás), así como de los multiplicadores (totales y tipo I) de ingreso y empleo en ámbito nacional. Estos datos serán de gran ayuda para la elaboración de políticas que persiguen la lucha contra los niveles de pobreza.

## **5.2 Escenarios sobre pobreza de la energía eléctrica y consecuencias sobre el bienestar social de los hogares mexicanos, ante la eliminación subsidiaria de la electricidad**

La Reforma Energética de 2013 ha requerido que los precios de los energéticos en México sean liberados, con el fin de nivelar los precios con sus costos de producción. No obstante, a pesar de la enorme deuda y el deterioro tecnológico de los sistemas que la complementan, en 2022 el sector de energía eléctrica residencial no ha llevado a cabo tal medida.

Asimismo, se ha mencionado previamente que en México se encuentran ocho categorías de tarifas residenciales destinadas a determinar el costo de la energía

eléctrica en el hogar, de las cuales siete están subsidiadas. En el caso de la tarifa de alto consumo (DAC), se aplica a los servicios de electricidad en los hogares que exceden un límite establecido para su localidad.

La presente afirmación implica la necesidad de examinar el comportamiento aproximado de la renta disponible de los hogares al eliminar dicha “asistencia”, la cual, afectará, de manera directa, el costo a pagar por el servicio eléctrico y, de forma indirecta, por el aumento en los precios de los productos y servicios que cada uno de los hogares adquiere.

El estudio del consumo de electricidad medida en kilowatts-hora (kWh) y los subsidios en México carece de información relevante, por lo tanto, resulta imperativo abordarlo mediante datos agregados. Por consiguiente, hemos tomado la decisión de examinar la cantidad consumida de electricidad mediante el gasto expresado en ENIGH, a través de un análisis de ingeniería inversa.

Mediante el gasto en energía eléctrica residencial y la ubicación de los hogares, se puede obtener un precio medio por kWh y, de esta forma, la parte subsidiada de su tarifa en cada uno de los deciles de ingreso. De este modo, hemos obtenido los datos necesarios para llevar a cabo el análisis de los siguientes apartados.

Ahora bien, con el fin de determinar el impacto que puede tener en el ingreso la eliminación de los subsidios a las tarifas de energía eléctrica, se propone una solución que se fundamenta en una ecuación diferencial que contiene con diversas soluciones, una por cada decil de ingreso. Esto requiere evaluar cuánto disminuirá el ingreso familiar al extraer la parte subsidiaria de electricidad, que actualmente está remunerando el estado a través del gasto público, antes de que los hogares ajusten sus hábitos de consumo.

Por consiguiente, proponemos la siguiente ecuación diferencial ordinaria:

$$\frac{dI_{-se}}{dP_{-se}} = kI_{-se}$$

Donde:

$I_{-se}$  = Ingreso afectado por el subsidio de energía eléctrica.

$P_{-se}$  = Porcentaje de subsidio de energía eléctrica.

$k$  = Constante de afectación.

La ecuación anterior es posible solucionarla mediante el método de separación de variables, aplicando la integración en ambos miembros, tal como se muestra a continuación:

$$\int \frac{dI_{-se}}{I_{-se}} = k \int dP_{-se}$$

$$\ln I_{-se} = kP_{-se} + C$$

Se aplica la constante de Euler (e) en ambos términos y las leyes de los exponentes

$$e^{\ln I} = e^{k(P_{-se})+c}$$

$$I_{-se} = e^{kP_{-se}} \cdot e^c$$

Es decir:

$$I_{-se} = C \cdot k e^{k(P_{-se})}$$

Como resultado, la solución general para determinar el ingreso afectado por la eliminación de los subsidios a la electricidad ( $I_{-se}$ ) se especifica por el producto del ingreso inicial ( $C = I_0$ ) con el exponencial de la multiplicación de la constante de eliminación ( $k$ ). Se debe destacar que este procedimiento puede aplicarse para cada decil y por porcentajes fraccionados de eliminación del subsidio ( $P_{-se}$ ), o sea:

$$I_{-se} = I_0 \cdot e^{k(P_{-se})}$$

Es posible ejemplificar esta situación para el decil de ingreso IX, mediante una aproximación de los ingresos  $I_0$  y  $I_{-se}$  para los 10 mil 143 hogares pertenecientes a dicho decil, según la información proporcionada en ENIGH (2022). De tal modo, se infiere que:

$$\$103,283 = \$106,637e^{k(\% \text{ de eliminación de subsidio eléctrico})}$$

Ahora bien, con el fin de determinar el valor de la constante (k) en el decil IX, se procede a realizar un despeje:

$$\frac{\$131,189}{\$133,340} = e^{k(1)}$$

En otros términos:

$$0.9838683 = e^{k(1)}$$

Al emplear el logaritmo neperiano en ambos extremos de la ecuación, se presentan:

$$\ln(0.9685475) = \ln(e^{k(1)})$$

$$-0.01626777 = k$$

En consecuencia, la solución particular para determinar la afectación en el ingreso de un hogar perteneciente al decil IX, al ser eliminados los subsidios a la energía eléctrica, es:

$$I_{-se} = I_{dec IX}e^{-0.01626777(\% \text{ de eliminación de subsidio eléctrico})}$$

De acuerdo con lo anterior, si deseamos obtener una aproximación de la modificación del ingreso disponible de un hogar (decil IX), el cual tiene una renta de \$100 mil pesos (MXN) trimestrales, por ejemplo, ante la eliminación del 50 y 100% de los subsidios a la electricidad, las soluciones singulares serían las siguientes:

$$I_{-0.5} = \$100,000e^{-0.01626777(0.5)} = \$98,004.883$$

$$I_{-1} = \$100,000e^{-0.01626777(1)} = \$96,049.572$$

Finalmente, es factible emplear la solución general para cada uno de los diversos deciles mediante la utilización de las constantes ( $k_n$ ) señaladas en la siguiente tabla:

Tabla n.º 5.1 Tabla de constantes para soluciones singulares por decil, ante la eliminación de los subsidios a la energía eléctrica.

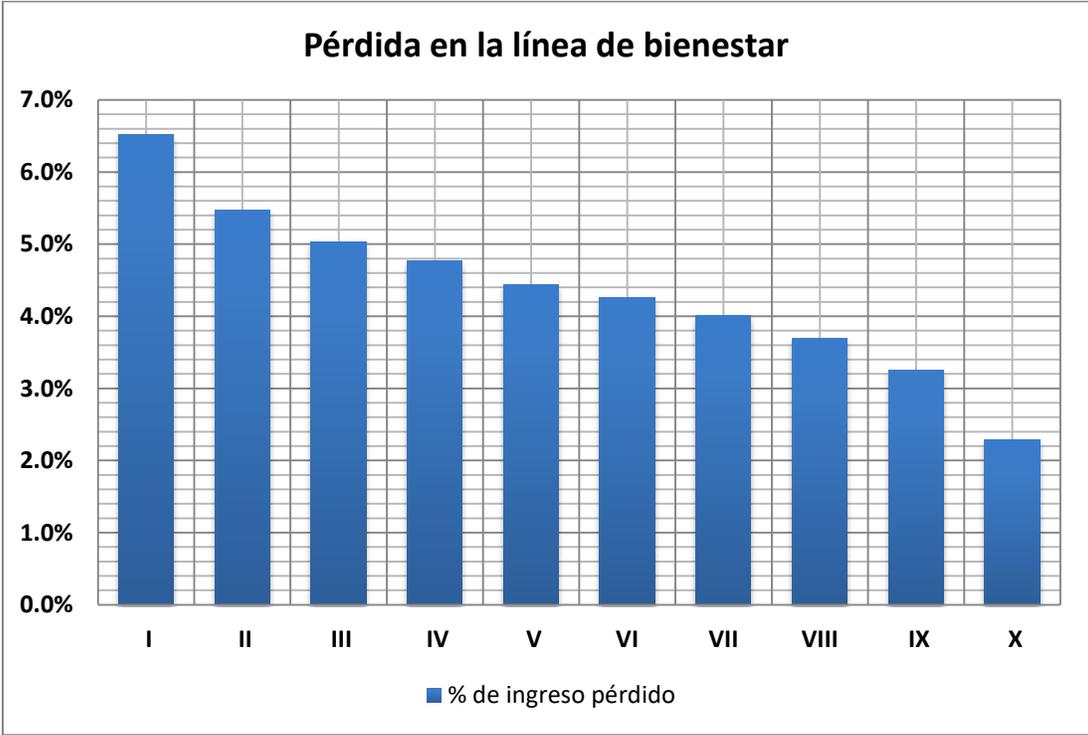
Decil	k = valor
Decil I	$k_1 = -0.09165936$
Decil II	$k_2 = -0.06336224$
Decil III	$k_3 = -0.05278532$
Decil IV	$k_4 = -0.04540250$
Decil V	$k_5 = -0.03902134$
Decil VI	$k_6 = -0.03374825$
Decil VII	$k_7 = -0.02874538$
Decil VIII	$k_8 = -0.02358640$
Decil IX	$k_9 = -0.01626777$
Decil X	$k_{10} = -0.00673850$

Elaboración propia con datos de ENIGH (2022).

De acuerdo con lo anteriormente mencionado, y con el objeto de identificar qué hogares se encuentran más vulnerables ante un aumento de los precios de la energía eléctrica, provocado por la eliminación de los subsidios energéticos, hemos utilizado las posibles soluciones singulares. En otras palabras, se ha llevado a cabo una simulación de los incrementos en el precio del insumo eléctrico. Asimismo, hemos empleado como medida de referencia a la categoría de “pobreza de la energía eléctrica”, la cual se comparará antes y después de la eliminación subsidiaria.

Ahora bien, mediante el método del promedio ponderado<sup>22</sup>, hemos estimado los porcentajes de pérdida en el bienestar de los hogares debido a un incremento en los precios de la electricidad. En este contexto, se ha estimado un incremento de \$0.933/kWh (en tarifa básica), \$1.139/kWh (en intermedia) y \$3.326/kWh (en excedente) a tarifa DAC (incluyendo IVA); esta última se refiere a la tarifa excedente, la cual no recibe subvención gubernamental, por lo tanto, el aumento en los costos del servicio eléctrico para cada uno de los hogares será evaluado a partir de dicha tarifa.

Gráfico n.º 5.1 Pérdida en la línea de bienestar al eliminar los subsidios eléctricos por decil.



Elaboración propia con datos de ENIGH (2022).

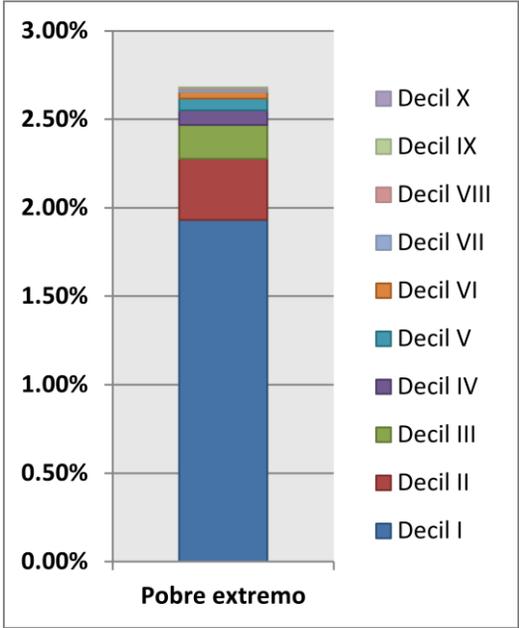
Como resultado, es posible apreciar que los efectos distributivos totales (efecto directo + efecto indirecto) de los aumentos del precio de la electricidad en la canasta de consumo de bienes y servicios de los hogares, tienden a ser

<sup>22</sup> El método “promedio ponderado” o “precio promedio ponderado” se utiliza para hacer una valuación de inventario, tomando valores promedio tanto para las mercaderías en stock como para los costos de las mercaderías vendidas.

regresivos. En otras palabras, se evidencian porcentajes de pérdida en la línea de bienestar menor a medida que el decil de ingreso aumenta. El Gráfico n.º 5.1 indica que el ingreso de los hogares de los tres primeros deciles se vería afectado en las proporciones 6.52, 5.48 y un 5.04%, mientras que al decil X le costaría el 2.29%, respectivamente.

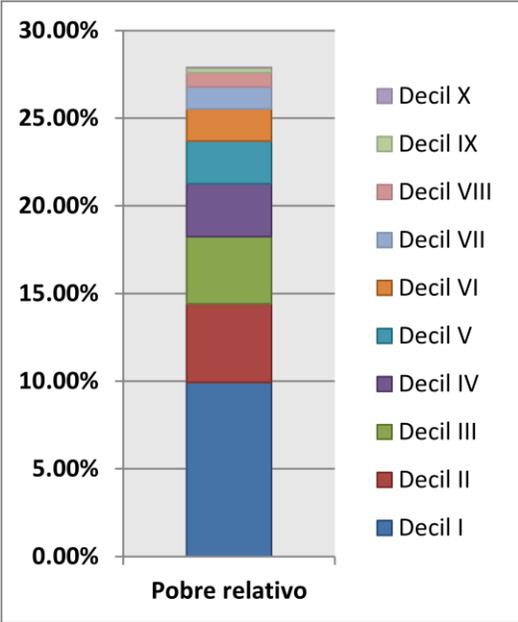
La presente afirmación es de suma importancia, ya que los gobiernos podrían tener un escaso éxito al tratar de cumplir con la “necesidad” de eliminar los subsidios a la energía eléctrica, en caso de no ser identificado de manera precisa los grupos de hogares que se verían afectados de manera elocuente.

Gráfico n.º 5.2 Pobre extremo de energía eléctrica por decil (2022).



Elaboración propia con datos de ENIGH (2022).

Gráfico n.º 5.3 Pobre relativo de energía eléctrica por decil (2022).



Elaboración propia con datos de ENIGH (2022).

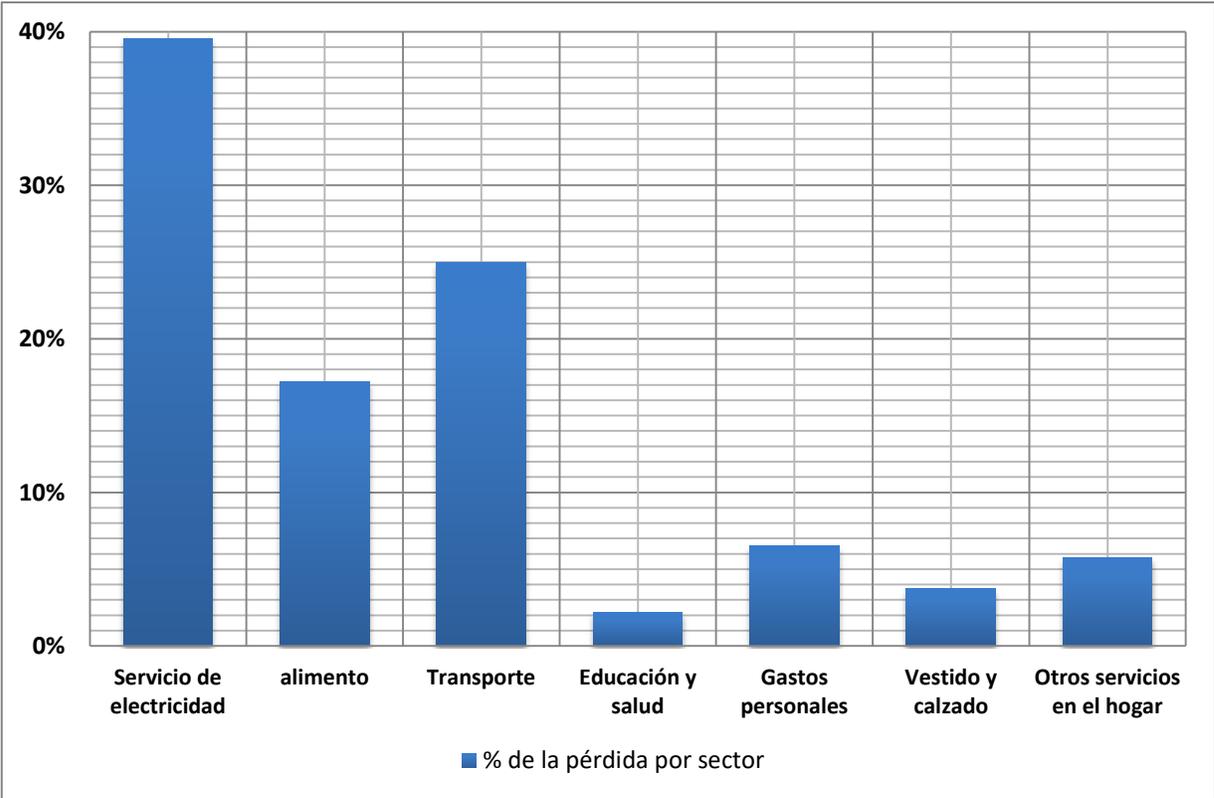
Por consiguiente, primero debemos establecer los estratos económicos con mayor proporcionalidad de hogares en situación de PEE. Si se reducen las filtraciones que terminan beneficiando a aquellos que no son los más necesitados, podremos adquirir un mayor impacto redistributivo del ingreso.

Se puede constatar esto en los Gráficos n.º 5.2 y n.º 5.3, los cuales proporcionan un desglose de la porción de hogares con mayores dificultades debido a la

vulnerabilidad que presentan en sus indicadores de equipamiento eléctrico básico y en las líneas de bienestar (pobreza de la energía eléctrica), y al perder el beneficio obtenido por la subvención gubernamental.

Como se ha mencionado en el capítulo 3, los hogares están sujetos de forma diferenciada a los impactos de los precios de la electricidad, dependiendo de la canasta de consumo de bienes y servicios que mantienen. En consecuencia, un hogar que acostumbre consumir, en gran proporción, artículos de lujo o de tercera necesidad, se verá afectado de manera significativa ante una reforma energética, en este caso para la energía eléctrica. Esto se debe a que los incrementos en los precios de la electricidad incrementan indirectamente los precios de otros bienes y servicios en una economía, especialmente en mayor proporción para los artículos de tercera necesidad, lo que afecta el gasto de dicho hogar.

Gráfico n.º 5.4 Pérdida de bienestar por sector de los tres primeros deciles al eliminar el subsidio.



Elaboración propia con datos de ENIGH (2022).

De hecho, al impactar de manera indirecta en las canastas de bienes alimentarios y no alimentarios, los paquetes de bienes y servicios que más contribuyen a la pérdida de bienestar en los hogares de los tres primeros deciles de ingreso son los servicios de electricidad y transporte, seguidos por la canasta de bienes alimenticios.

Como se puede observar en el Gráfico n.º 5.4, el impacto directo (referido al incremento del servicio de electricidad reflejado en el talón de pago) es el canal que evidencia una mayor pérdida en el ingreso de los hogares, ya que representa el 39.58% de dicho detrimento. Entretanto, el transporte y los alimentos, de forma agregada, representan el 42.22%.

La Tabla n.º 5.2 muestra cómo los efectos directos sobre la electricidad tienen una influencia en el impacto total, para los primeros cinco deciles de ingreso; sin embargo, mientras la percepción salarial aumenta, el impacto total se recarga significativamente hacia el incremento de los precios del sector transporte. Considerando la situación, el impacto directo afecta mayormente a los hogares con menor decil, mientras que el indirecto a los de mayor.

Tabla n.º 5.2 Pérdida de bienestar por sector para cada decil al eliminar el subsidio eléctrico.

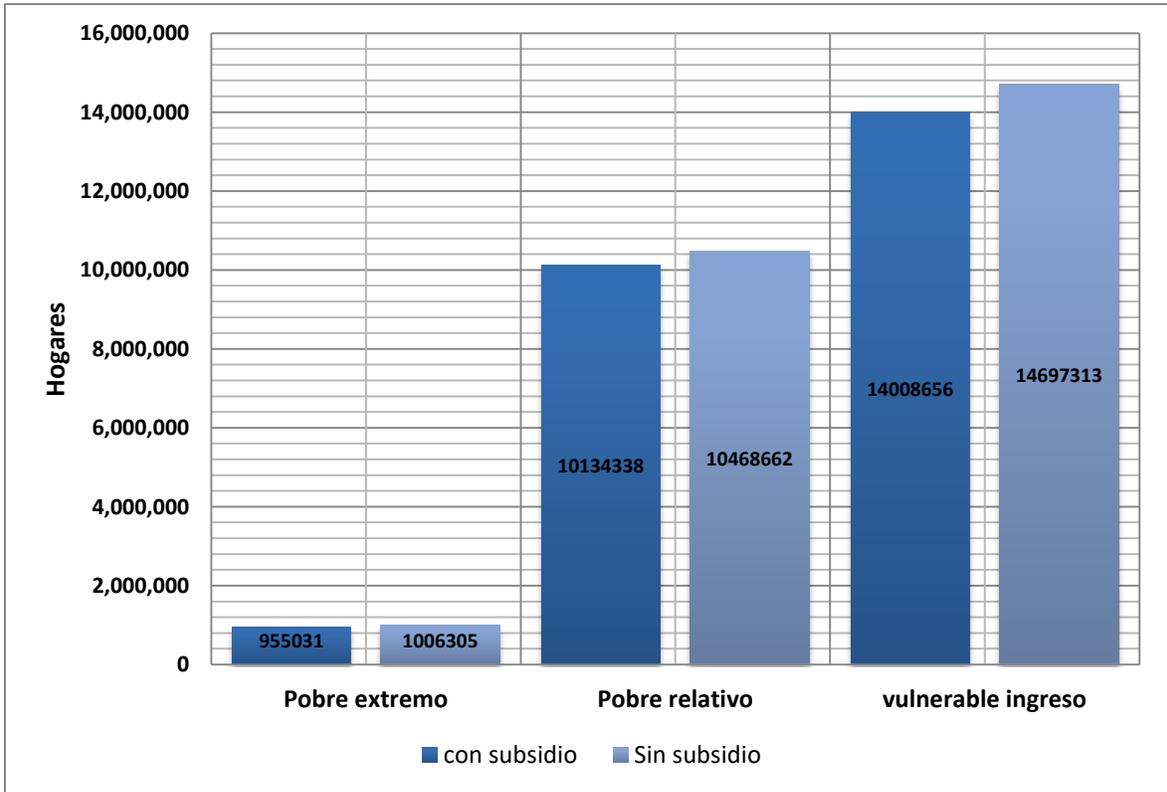
Sector	Decil									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Servicio de electricidad	\$411.7	\$540.6	\$597.9	\$645.9	\$680.9	\$722.6	\$761.9	\$799.8	\$852.8	\$905.2
alimento	\$163.3	\$238.7	\$282.2	\$327.3	\$370.3	\$419.5	\$468.2	\$547.3	\$701.0	\$1,273.5
Transporte	\$239.1	\$371.6	\$377.1	\$473.0	\$567.2	\$791.7	\$968.4	\$1,219.9	\$1,846.6	\$3,493.1
Educación y salud	\$20.6	\$32.1	\$33.3	\$39.4	\$43.2	\$45.0	\$59.3	\$71.4	\$106.7	\$279.2
Gastos personales	\$54.1	\$80.4	\$132.5	\$162.8	\$170.6	\$171.8	\$206.6	\$251.0	\$358.5	\$705.0
Vestido y calzado	\$33.9	\$53.3	\$63.3	\$69.5	\$84.9	\$96.5	\$112.1	\$128.3	\$160.9	\$287.6
Otros servicios	\$49.1	\$62.5	\$122.1	\$139.7	\$166.8	\$148.9	\$177.5	\$202.0	\$301.7	\$687.9
<b>Total</b>	<b>\$971.9</b>	<b>\$1,379.3</b>	<b>\$1,608.4</b>	<b>\$1,857.6</b>	<b>\$2,083.9</b>	<b>\$2,396.0</b>	<b>\$2,754.0</b>	<b>\$3,219.7</b>	<b>\$4,328.3</b>	<b>\$7,631.5</b>

Elaboración propia con datos de ENIGH (2022).

Lo anterior hace énfasis en la dificultad de reformar los precios de la energía eléctrica, ya que los efectos económicos pueden afectar especialmente a hogares de escasos recursos.

Después de eliminar el beneficio que la subvención otorga en el nivel de bienestar (ingreso) de los hogares, se ha constatado un incremento del 0.14% (del 2.54% a un 2.68%) de hogares en situación de PEe. En otras palabras, 52 mil 584 hogares descendieron del nivel de “pobreza moderada” a “pobreza extrema”; por lo tanto, el número total de hogares en este nivel de pobreza ascendería a 1 millón 6 mil 305. Es importante destacar, que la proporción de este aumento se vuelve a inclinar hacia las localidades rurales, ya que 922 mil 933 hogares de tal categoría se posicionaron como pobres extremos; mientras que 83 mil 372 hogares de localidades urbanas presentarían dicha condición.

Gráfico n.º 5.5 Variación de pobreza de la energía eléctrica ante la eliminación de los subsidios a la electricidad.



Elaboración propia con datos de ENIGH (2022).

Por otro lado, se ha detectado un incremento del 0.75 por ciento de hogares en la jerarquía de “pobreza relativa”. Dicho de otra manera, 334 mil 324 hogares pasaron de la condición “vulnerable por carencia” a “pobre relativo”.

Por último, 688 mil 657 hogares (1.83%) descendieron de “no pobres, no vulnerables” a “vulnerables por ingreso”, (ver Gráfico n.º 5.5).

Como resultado, es evidente que los beneficios (directos e indirectos) muestran una tendencia regresiva, al concentrarse en los grupos de mayores ingresos. Habría que decir, también, que al eliminar los beneficios que ofrece la subvención se produce un aumento de precios con tendencia progresiva. En términos de significancia, los hogares con menores recursos son aquellos que resultarían más afectados.

### **5.3 Análisis costo-beneficio y costo-efectividad sobre políticas públicas encaminadas a erradicar la pobreza de la energía eléctrica**

Para evaluar el impacto que ha tenido la ejecución del proyecto de subsidios al consumo residencial de energía eléctrica en México, hemos optado por considerar los análisis de costo-beneficio y costo-efectividad; los cuales son herramientas de gran utilidad para la toma de decisiones en la planificación y control de iniciativas de carácter privado y social.

Es importante señalar que la toma de decisiones con efectos sociales implica la elección entre diversas opciones, por esta razón, es importante evaluar las iniciativas que se pretenden a llevar a cabo. Este tipo de valoraciones se pueden llevar a cabo tanto previo como posterior al acontecimiento, mediante los resultados proyectados.

Empleando palabras de Leal (2010), el análisis *costo-beneficio* consiste en establecer un marco para evaluar si en un momento determinado en el tiempo, el costo de una medida específica es superior a los beneficios derivados de la misma. Asimismo, este instrumento permite determinar la opción política más

adecuada en términos económicos. Con la aplicación de esta herramienta se pretende determinar si la iniciativa de subvencionar la energía eléctrica genera una asignación de recursos eficientemente, desde un enfoque económico, en relación con otros proyectos posibles y en la búsqueda de mejorar el bienestar de la sociedad.

Mientras tanto, el análisis *costo-efectividad* tiene la capacidad de determinar cuáles son los beneficios máximos o mínimos son los beneficios, no obstante, estos solo se encuentran expresados en unidades monetarias.

Ahora bien, es imperativo considerar que los subsidios pueden resultar ineficientes debido a su elevado costo fiscal. Desde la perspectiva de Víctor (2009), los subsidios son instrumentos contundentes que, no obstante, son populares debido a que los gobiernos a menudo carecen de opciones y, aunque mejorar la vida de los pobres, se cita a menudo como una motivación al subvencionar la energía, la población suele recibir muy pocos beneficios.

Como se ha observado en los capítulos anteriores, existe una notable insatisfacción de las necesidades básicas en los hogares mexicanos. Por consiguiente, es imperativo establecer las metas que conduzcan, de manera más eficiente, al beneficio de los hogares de menores recursos. Para ello, será necesario tomar en cuenta que, en el contexto de políticas y programas sociales, el concepto de equidad es de suma importancia para poder generar iniciativas que brinden atención a la sociedad.

Desde la posición de Cohen y Franco (1988), la equidad implica la satisfacción de las necesidades básicas de la población, seleccionándolas según los grados de urgencia relativa. Esto requiere priorizar las necesidades y el criterio a tener en cuenta no es la dramaticidad, sino la generalidad del problema social en cuestión.

A partir de lo anterior, para poder evaluar qué tan beneficiosas o negativas han resultado las políticas de subsidios sobre el consumo de la energía eléctrica en México, se sugiere utilizar los conceptos: eficiencia y eficacia.

En términos generales, la eficiencia puede definirse como un nivel en el que se alcanzan las metas de un proyecto (iniciativa) con el menor costo posible, Si no se cumplen los objetivos o se desperdician recursos, la iniciativa puede resultar ineficiente (o menos eficiente). En cambio, algo resulta eficaz si se logra o hace lo que debía hacer. Por consecuencia, para ser eficiente, una iniciativa debe ser eficaz, (Mokate, 2001).

Cabe mencionar, que el criterio de eficiencia económica se puede relacionar con un índice *costo-efectividad*. En otras palabras, para medir la eficiencia económica de una iniciativa de política social debemos, primero, valorar el logro de los objetivos y, segundo, analizar los costos de haberlos logrado.

No obstante, la eficiencia económica puede ser vista desde dos perspectivas: la eficiencia privada y la eficiencia social. La primera se enfoca exclusivamente con la rentabilidad financiera; la segunda, podría involucrar, además, un juicio de valor de los costos y efectos que implicarían llevar a cabo un proyecto que, de alguna forma, favorezca o perjudique el bienestar de la sociedad.

Desde la perspectiva de Mokate (2001), un análisis completo de eficiencia social requeriría ajustes por valores diferenciales, contemplando los impactos relativos sobre el bienestar de diferentes grupos socioeconómicos. En este aspecto, un análisis costo-beneficio (ABC) se enfoca en la eficiencia social neta y valora, mediante precios corregidos, tanto los aportes positivos al bienestar como los efectos negativos que conlleva la iniciativa. En cambio, si no se encuentra la necesidad de analizar el valor de los beneficios, se podría llevar a cabo un análisis de los costos sociales que conllevan diversas alternativas para generar un efecto social concreto. De esta manera, se podría realizar un análisis *costo-efecto*, el cual contemplaría la eficiencia social relativa de las diversas opciones.

Sin embargo, la focalización eficiente de los recursos no necesariamente provee la equidad distributiva. Como se indica en Roche (2013), es factible que un proyecto o política fomente la eficiencia (o una solución que cumple con el criterio de

Óptimo de Pareto Potencial<sup>23</sup>) y ser evaluada a partir del ABC como beneficiosa para la sociedad en su conjunto, y a su vez generar desigualdades significativas en la distribución de ingreso entre diversos grupos sociales.

Es importante señalar que las consideraciones de equidad están más allá de la distribución de ingresos, y se relacionan con los aspectos distributivos de las ganancias o pérdidas generadas por una política o proyecto. Asimismo, estas también involucran a las generaciones futuras y que hoy no pueden participar en la decisión sobre la implementación de las mismas (Roche, 2013).

En este contexto, analizaremos la idea de qué tan eficiente es la redistribución de los recursos en México a través de los subsidios a la energía eléctrica.

Para ello, en primer lugar, se requiere que se examinen los costos y beneficios que otorga el proyecto de subvención, así como los efectos positivos y negativos que pueden generar. Como se mencionó en el capítulo 2, en 2022 el importe destinado a este tipo de subvención fue de \$82 mil 186 millones de pesos (MXN), en el caso del subsidio al consumo residencial de electricidad; mientras tanto, de manera agregada, el subsidio a tarifas de electricidad para la agricultura, industria y servicios fue de \$30 mil 075 millones de pesos (MXN).

Ahora bien, en cuanto a los beneficios, de manera diferenciada entre efectos directos e indirectos, es posible apreciar las cantidades monetarias trimestrales para cada uno de los niveles de ingreso en la Tabla n.º 5.3, debido a lo cual se recapitula lo siguiente:

- En lo que respecta al beneficio directo, se observa un ahorro aproximado de \$411.72 pesos (MXN) en hogares pertenecientes al primer decil de ingreso, lo que les ha permitido adquirir de manera accesible el servicio de energía eléctrica; en contraste, en hogares pertenecientes al decil X, este ahorro se encuentra en \$905.20 pesos (MXN). En consecuencia, los

---

<sup>23</sup> También llamado criterio de compensación potencial de Kaldor-Hicks; el cual establece que “la política o proyecto a desarrollarse es eficiente si puede generar ganancias suficientes para compensar a quienes puedan sufrir pérdidas”, SNIP (2013).

hogares que carecían de la capacidad de acceder al servicio de electricidad se ven beneficiados en las actividades de ocio, estudio y trabajo, ya que estos ahora pueden llevar a cabo sus actividades a cualquier hora del día, sin tener en cuenta la restricción del tiempo.

Tabla n.º 5.3. Beneficios directos e indirectos de la subvención al consumo de electricidad en México.

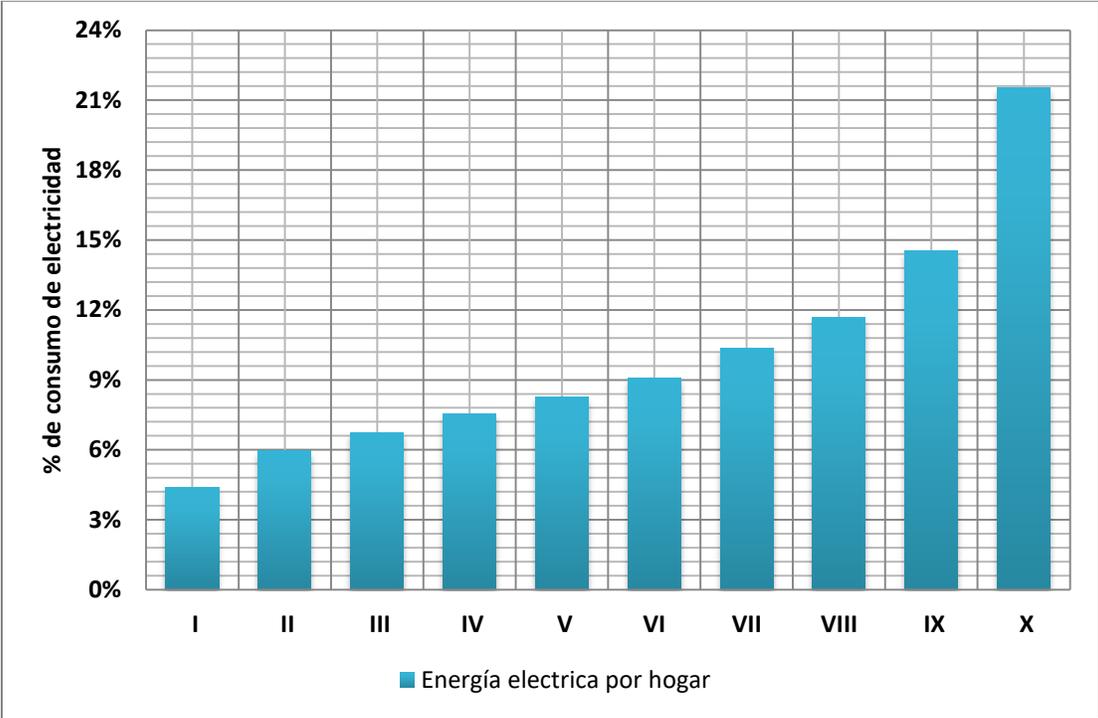
Decil	Efecto directo	Efecto indirecto
Decil I	\$411.72	\$560.15
Decil II	\$540.63	\$838.69
Decil III	\$597.94	\$1,010.47
Decil IV	\$645.87	\$1,211.77
Decil V	\$680.91	\$1,403.03
Decil VI	\$722.58	\$1,673.37
Decil VII	\$761.90	\$1,992.10
Decil VIII	\$799.80	\$2,419.88
Decil IX	\$852.85	\$3,475.44
Decil X	\$905.20	\$6,726.25

Elaboración propia con datos de ENIGH (2022).

- En relación con el beneficio indirecto, se proyecta un ahorro en el gasto que incluye a las canastas de consumo básico, a fin de disminuir el precio de los bienes y servicios que involucran la energía eléctrica como insumo en sus procesos de producción. Así, el costo social de alguno de los productos de la canasta alimentaria es mayor que su costo privado, cuando la energía eléctrica necesaria para llevar a cabo su producción está subsidiada. Como se ha mencionado previamente, los beneficios monetarios obtenidos por este tipo de efecto son de mayor magnitud para los hogares con mayor ingreso. En términos monetarios, este beneficio se aproxima a los \$560.15 pesos (MXN) para el primer decil; en cuanto al decil diez, este se multiplica más de doce veces, alcanzando los \$6,726.25 pesos (MXN).

Todo esto parece confirmar que el propósito de subvencionar el consumo de energía eléctrica en México, por un lado, es “eficaz”; ya que beneficia, con precios accesibles del servicio de electricidad, a la gran mayoría de hogares de bajo ingreso. No obstante, este hecho también influye de manera simultánea en los hogares con ingresos medios y altos.

Gráfico n.º 5.6 Consumo de electricidad de los hogares mexicanos por decil (2022).



Elaboración propia con datos de ENIGH (2022).

Como se muestra en el Gráfico n.º 5.6, los hogares de los tres últimos niveles de ingreso están consumiendo un 47.72% de la demanda total de electricidad; mientras que los tres primeros niveles solo emplean el 17.03%. Este asunto resulta de gran interés, ya que evidencia que el proyecto estatal de contribuir al consumo de electricidad, tal como se espera en un proyecto no focalizado, beneficia a los hogares con mayor proporción a consumirlo; los cuales, como se muestra, son aquellos que poseen mayores ingresos.

Hay que mencionar, además, que en promedio, por cada peso que se asigna a los hogares del menor ingreso (decil I), a través del subsidio al consumo residencial de electricidad, al Estado le cuesta \$16.81 pesos (MXN).

De este modo, se ha hecho evidente que una gran cantidad de hogares se están beneficiados con este proyecto social, sin importar el nivel de necesidad. La presente información resulta de gran interés, ya que el propósito expuesto, a pesar de ser “eficaz”, puede estar destinando demasiados recursos a hogares que no lo requieren. Es decir, la eficacia, aunque es necesaria para alcanzar la eficiencia en una iniciativa de esta índole, no es suficiente.

No obstante, como es habitual en la práctica, existen numerosas políticas o proyectos que generan altos niveles de eficiencia económica, pero que se enfrentan a una resistencia activa de grupos sociales que reaccionan ante su impacto de equidad, Roche (2013).

Considerando lo anterior, resulta factible afirmar que el subsidio a la electricidad garantiza que la gran mayoría de los hogares en el país tengan precios accesibles del servicio para poder llevar a cabo las actividades que contribuyen a satisfacer sus necesidades. Por consiguiente, podemos considerar que este propósito es eficaz. Sin embargo, ¿qué tan rentable es como un proyecto de inversión pública?

Es importante tener en cuenta que los recursos públicos necesarios para la subvención de la energía eléctrica son principalmente obtenidos por los impuestos de los ciudadanos, por lo que la rentabilidad social del mismo debe ser evaluada en función de los beneficios que otorgan a los ciudadanos. Para ello, debemos comparar los beneficios sociales y los costos sociales vinculados con dicha iniciativa.

En el ámbito de evaluación de proyectos que son remunerados con bienes públicos, es factible emplear herramientas e indicadores fundamentales para llevar a cabo la toma de decisiones. Por ejemplo, en el análisis de eficiencia social se

puede emplear el Valor Actual Neto Social (VANS<sup>24</sup>) como un instrumento para el estudio costo-beneficio.

Este tipo de valoración expone qué tanto asiste un proyecto social al desarrollo de una economía o al bienestar de una sociedad. No obstante, para llevar a cabo este objetivo, es imperativo tener en cuenta que los costos de oportunidad que se reflejan en la economía no deben de estar distorsionados. Por consiguiente, se recomienda emplear los precios de mercado, también conocidos como “precio sombra” o “precios de eficiencia, con el objeto de eliminar dichas distorsiones, lo que posibilita una valoración adecuada.

Como lo hace notar Nieves (2001), el precio sombra de un bien se define como el precio que dicho bien alcanzaría en un mercado perfectamente competitivo, y sin ningún tipo de distorsión.

En consecuencia, para obtener el precio sombra de un proyecto social se deben fraccionar los beneficios económicos con la cantidad del bien o servicio que el rendimiento permite adquirir, como se expone en la siguiente ecuación:

$$P_{sombra} = \frac{Beneficio}{Cantidad}$$

En tanto, es posible establecer la Razón o Relación de Precio Cuenta (RPC) a partir de los precios sombra y del precio de mercado del bien y/o servicio, tales como:

$$RPC = \frac{P_{sombra}}{P_{mercado\ al\ consumidor}}$$

En virtud de lo anterior, hemos establecido los precios sombra que presenta el proyecto de subvencionar el consumo residencial de energía eléctrica, los cuales se muestran en la Tabla n.º 5.4.

---

<sup>24</sup> También se le conoce como Valor Presente Social. En particular, el término “valor presente” se refiere a la suma de valores económicos expresados en pesos en la actualidad. El término “Neto” se refiere a la suma de beneficios totales menos costos totales, mientras que el término “social” hace referencia a la contabilización de efectos ambientales y sociales, además de los económicos, según USAID (2014).

Como se puede apreciar, el costo social (precio sombra) varía un poco para cada uno de los deciles de ingreso. Esta variación se debe a la dificultad que presenta el cálculo del costo a pagar por el servicio eléctrico en los hogares, ya que, como se ha podido observar, este depende de diversos factores como el nivel de consumo, la época del año y el lugar de residencia. No obstante, podemos concluir que el precio cuenta en México, en promedio, por el beneficio que ofrece el subsidio al consumo residencial de electricidad, equivale a 2.40681 unidades.

Tabla n.º 5.4. Precios sombra del subsidio al servicio de electricidad.

Decil	Precio cuenta (servicio de electricidad)
1	2.38855
2	2.47248
3	2.50095
4	2.48496
5	2.48954
6	2.47981
7	2.44857
8	2.41024
9	2.30934
10	2.08366
<b>Promedio</b>	<b>2.40681</b>

Elaboración propia con datos de ENIGH (2022).

Ahora bien, para poder evaluar el nivel de eficiencia social, hemos tenido en cuenta algunos de los instrumentos del análisis Costo-Beneficio, como el Valor Actual Neto Social (VANS) y la Tasa Interna de Retorno Social (TIRS).

En concreto, para poder calcular el VANS se integran los valores numéricos de los beneficios netos (el valor de los beneficios menos los costos del período a considerar) y la tasa social de descuento ( $r^{25}$ ), como se muestra a continuación:

<sup>25</sup> La tasa de descuento es un porcentaje que posibilita la evaluación de los flujos de efectivo que se generan en distintos periodos. Es necesario incluir este parámetro en el análisis, ya que para una persona y para toda una sociedad, no es equivalente a recibir un peso hoy que dentro de 3 años, por ejemplo, USAID (2014).

$$VANS = \sum_{t=0}^n \frac{BN}{(1+r)^t}$$

En el caso de la TIRS, se tiene en cuenta el valor en el que la tasa social de descuento provoca que el valor VANS equivalga a cero unidades, tal que:

$$\sum_{t=0}^n \frac{BN}{(1+r)^t} = 0$$

Estos dos criterios de evaluación social son de suma importancia, ya que permiten evaluar la eficiencia de un proyecto, en función de las siguientes pautas:

- En caso de que el VANS es positivo ( $VANS > 0$ ), el proyecto será favorable, puesto que indica que la rentabilidad del proyecto es preferible a la opción que rinde la tasa social de descuento ( $r$ ); en caso contrario, al ser negativo dicho coeficiente, la iniciativa no será rentable y, por ende, no es recomendable llevar a cabo su implementación.
- De coexistir la propuesta de dos o más proyectos, es recomendable elegir aquel que tenga una proporción mayor del VANS.
- Para que el proyecto sea adecuado para la sociedad, la TIRS debe ser mayor que la tasa social de descuento ( $TIRS > r$ ).

Sin embargo, debemos tener en cuenta, tal como hace mención Aguilera (2011), es factible que un proyecto con VAN social positivo sea muy vulnerable ante un cambio significativo en una de sus variables y que, por otro lado, exista un proyecto alternativo con un VAN social menor pero menos vulnerable a cambios probables en variables significativas.

A partir de esta información, nos corresponde analizar y medir, de manera ex post, qué tan eficiente ha llegado a ser el proyecto de subvencionar el consumo residencial a la energía eléctrica en México, especialmente para el periodo ( $t = 0$ ) acontecido en el año 2022 (proyecto A). Es importante señalar que, en cuanto a la tasa social de descuento, hemos considerado un estimado del 12%; tal como

sugiere CEFP (2018), para la evaluación de proyectos financiados con recursos públicos.

En el contexto del presente estudio, como se muestra en la Tabla n.º 5.5, se diagnosticó un VANS de -0.286 unidades para el proyecto de subvencionar el consumo residencial de la energía eléctrica; además, este ejercicio presenta una TIRS de -0.011 unidades.

Tabla n.º 5.5. Factores a tomar en cuenta en el análisis Costo - Beneficio.

	Subsidio al 100%	Subsidio al 50%	Subsidio (100% decil 1-3; 30% decil 4-10)	Subsidio (100%decil1-3; 30%decil 4-7)	Subsidio 100% decil1-3
<b>Inversión (millones de pesos)</b>	\$82,186.00	\$41,093.00	\$42,346.60	\$34,888.71	\$23,922.33
<b>BNS</b>	2.407	1.203	1.630	1.766	2.454
<b>VANS</b>	-0.286	-0.143	1.351	1.490	2.132
<b>TIRS</b>	-0.011	-0.011	14.596	19.500	40.554
<b>Ahorro por eliminación subsidiaria</b>	\$0.00	\$41,093.00	\$39,839.40	\$47,297.29	\$58,263.67
<b>% de ahorro por eliminación subsidiaria</b>	0%	50%	48.47%	57.55%	70.89%

Elaboración propia con datos de ENIGH (2022).

Con base en estos parámetros, es factible deducir que dicho proyecto de subvención (en su análisis ex post) no ha sido socialmente rentable, por lo tanto, resulta poco recomendable continuar financiándolo en su totalidad.

Otra cuestión de interés está relacionada con el análisis de sensibilidad. Este análisis implica la incorporación de modificaciones en el valor de una variable a fin de evaluar su posible impacto en la rentabilidad del proyecto. Se trata de una metodología muy útil para identificar las variables más relevantes para el modelo y de alta sensibilidad para la rentabilidad del proyecto, Rocha (2013).

En este aspecto, se incluyen conjeturas de proyectos que sustituir al llevado a cabo. Por ejemplo, si el subsidio al consumo residencial de electricidad disminuyera el 50% del presupuesto original (\$41 mil 93 millones de pesos (MXN),

lo que denominaremos proyecto B), con las condiciones de consumo y ahorro de los hogares constantes, encontramos, nuevamente, un valor negativo del VANS y una TIRS por debajo de la tasa de descuento social. En términos más precisos, el proyecto resulta poco elogiabile.

Por otra parte, se muestran otras tres opciones de contribución (proyecto C, D y E), en las cuales se pretende continuar con el subsidio original para los hogares que se verían más afectados por una posible eliminación (los hogares correspondientes a los tres primeros deciles). En cambio, se puede observar una variación en cada proyecto en relación con los hogares de los deciles IV a X y IV a VII.

En el caso del proyecto C, se propone un ahorro de del 48.47% (\$42 mil 346.6 millones de pesos MXN) del presupuesto original, lo cual a su vez reduce el beneficio de los deciles IV al X al 30% del preliminar. Se han establecido factores preferibles en este aspecto, ya que, por una parte, el coeficiente VANS muestra una tasación positiva (1.351 unidades); por otra, el factor TIRS supera la tasa de descuento social (14.596). Cabe señalar que ambos valores se encuentran en el del rango esperado para un proyecto social adecuado.

Por último, se sugieren dos proyectos alternativos (D y E). El primero elimina el 30% de subsidio para los deciles VII, a X, lo cual tendría como consecuencia un ahorro del 57.55% (\$47 mil 297.29 millones de pesos MXN). En el segundo, se elimina toda subvención para los hogares que no pertenecen a los tres primeros deciles de ingreso. Esto permitiría la reserva de \$58 mil 263.67 millones de pesos (MXN). En consecuencia, se evidencia, en ambas situaciones, los factores preferibles de VANS (1.490 y 2.132) y TIRS (19.50.285 y 40.554), los cuales se posicionan como las opciones más adecuadas para un proyecto social.

Ahora bien, teniendo en cuenta el ingreso del hogar como una limitación a la demanda del servicio de energía eléctrica, se ha considerado analizar la elasticidad del precio en relación con esto.

Este coeficiente es el valor absoluto de la razón entre la variación porcentual de las cantidades y la variación porcentual del precio, como se muestra en la ecuación siguiente:

$$EDP = \left| \frac{\Delta\%Q}{\Delta\%P} \right| = \left| \frac{\frac{Q_2 - Q_1}{Q_1}}{\frac{P_2 - P_1}{P_1}} \right|$$

Es importante señalar que si la elasticidad precio de la demanda (EDP) es igual a la unidad, se interpreta como un producto o servicio con una demanda elástica; mientras tanto, si este es mayor a cero y menor a la unidad, corresponde a una demanda inelástica. Asimismo, si este se equipara a uno, se considera una demanda unitaria.

Tabla n.º 5.6. Elasticidad del precio en la demanda en los proyectos A y C.

Decil	Decil 1-10 (100%)			Decil 1-3 (100%) y 4-10 (30%)		
	Cambio % P	Cambio % D	Elasticidad	Cambio % P	Cambio % D	Elasticidad
1	-216.8%	56.7%	0.261	-216.8%	56.7%	0.261
2	-220.0%	61.3%	0.279	-220.0%	61.3%	0.279
3	-220.1%	62.9%	0.286	-220.1%	62.9%	0.286
4	-215.6%	62.8%	0.291	-89.1%	43.9%	0.493
5	-213.7%	63.4%	0.297	-88.8%	44.4%	0.499
6	-209.7%	63.6%	0.303	-87.8%	44.5%	0.507
7	-202.5%	63.0%	0.311	-85.8%	44.1%	0.514
8	-194.7%	62.6%	0.322	-83.5%	43.8%	0.525
9	-177.7%	59.7%	0.336	-78.1%	41.8%	0.535
10	-147.4%	54.0%	0.366	-67.3%	37.8%	0.561
<b>Promedio</b>	<b>-201.8%</b>	<b>61.0%</b>	<b>0.305</b>	<b>-123.7%</b>	<b>48.1%</b>	<b>0.446</b>

Elaboración propia con datos de ENIGH (2022).

En relación con el EDP en los proyectos A y, C se presenta una correlación inelástica (ver Tabla n.º 5.6), ya que la variación porcentual de las cantidades demandadas es inferior a la variación porcentual del precio. En el caso del proyecto A, se observa que un ahorro del 201.8% en el precio residencial del servicio eléctrico, lo que representa un incremento del 61.0% en la demanda;

mientras tanto, en el proyecto C, se evidencia que una reserva de un 123.7% sobre el precio, presenta un crecimiento del 48.1% de los requerimientos del servicio.

A partir de lo anterior, podemos inferir que es aceptable competir en el mercado con el precio de dicho servicio, ya que los hogares no dejarán de consumirlo; lo cual justifica la posibilidad de eliminar gradualmente la parte subvencionada al consumo de electricidad.

No obstante, lo anterior puede carecer de sentido en hogares pobres, puesto que pueden ser menos flexibilizados al ajustar su consumo de electricidad frente a precios más elevados. Esto se debe a que el total de su consumo se destina a satisfacer sus necesidades básicas, lo que les impide cambiar a otro tipo de servicio de energía.

Finalmente, es importante destacar que, si se encuentra la posibilidad de seleccionar alguno de los proyectos propuestos, que evidencian un mayor ahorro del presupuesto, e invertir el remanente en algún otro proyecto social, se podría generar la posibilidad de incorporar un proyecto con mayor eficiencia social. En otros términos, si bien, los proyectos propuestos no son más eficaces, porque al reducir el número de hogares beneficiados se minora el impacto social, nace la posibilidad de designar el presupuesto restante a iniciativas alternas con fines semejantes. A este respecto, se presentan algunos ejemplos en la sección siguiente.

#### **5.4 Integración de iniciativas con mayor impacto social asociadas a los costos de movilidad**

La movilidad social es un factor de suma importancia en la sociedad, ya que los grupos más vulnerables se hallan alejados de la igualdad y cohesión social, cuando en realidad, la finalidad es asegurar sociedad más equitativa y con menos desigualdades. Como señala Vélez (2015), la movilidad social se refiere a los

cambios que experimentan los miembros de una sociedad, en su posición en la distribución socioeconómica. En este contexto, los proyectos sociales y la inversión en servicios de electricidad, así como la existencia de equipamiento, pueden generar modificaciones tecnológicas que favorezcan el desarrollo de los hogares.

Como se ha mencionado, los subsidios a la energía eléctrica resultan ser eficaces debido a la gran cantidad de hogares beneficiados. No obstante, se constató que son ineficientes y no redistribuyen el ingreso de manera equitativa; por esta razón, existe la necesidad de plantear iniciativas que, de alguna forma, complementen los proyectos de interés social relacionados con la subvención al consumo de energía eléctrica, con fin de mejorar el bienestar social y la movilidad de los hogares.

Por consiguiente, se han establecido dos casos de exigencia social que podrían presentar rendimientos más favorables, en función de su impacto en los grupos de hogares más necesitados, tal como se sugiere a continuación:

- **Combate a la pobreza de la energía eléctrica (PEe)**

Llegados a este punto, es necesario examinar cuáles son los requisitos económicos que podrían auxiliar a los hogares en situación de “PEe extrema” para alejarse de dicha situación.

En primer lugar, se llevó a cabo una evaluación del número de casos en los que los hogares clasificados como PEe extremo muestran carencias de Eeb. Como se puede apreciar en la Tabla n.º 5.7, el número de hogares en PEe extrema que carecen de un televisor supera los 686 mil hogares. En cambio, se presentan grandes proporciones de hogares que se concentran en el primer decil de ingreso, que no cuentan con licuadora, refrigerador, estufa o lavadora para poder satisfacer sus necesidades. Por ejemplo, de los más de 955 mil hogares en PEe extrema que carecen de un refrigerador, 651 mil 973 (94.4%) pertenecen al primer nivel de ingreso.

Tabla n.º 5.7. Carencias de equipamiento en los hogares categorizados como PEe extrema.

Hogares en PEe extrema							
Carencia de Eeb	Decil I		Decil II		Decil III		Total
	% de hog	Hogares	% de hog	Hogares	% de hog	Hogares	
focos	42.5%	293,471	32.1%	40,019	19.1%	12,923	<b>346,413</b>
tv	80.0%	551,926	69.6%	86,707	70.4%	47,522	<b>686,155</b>
licuadora	80.3%	554,010	17.4%	21,677	29.0%	19,593	<b>595,279</b>
refrigerador	94.4%	651,973	5.4%	6,670	5.6%	3,752	<b>662,394</b>
estufa	90.6%	625,293	8.4%	10,422	11.7%	7,920	<b>643,635</b>
plancha	98.7%	681,570	4.3%	5,419	3.1%	2,084	<b>689,073</b>

Elaboración propia con datos de ENIGH (2022).

Ahora bien, debemos considerar el valor monetario correspondiente a cada uno de los artículos que carecen los hogares (a precios 2022). En este aspecto, PROFECO (2022, a) y PROFECO (2022, b) señalan que los televisores de gama baja con menor precio (incluyendo impuestos) tienen un precio de aproximadamente \$5,923.33 pesos (MXN); en cambio, el costo de las licuadoras corresponde a \$669.90 pesos (MXN), ver Tabla n.º 5.8.

Tabla n.º 5.8. Costo de Eeb y transferencia necesaria para cumplir con el requerimiento de los hogares en México (2022).

Hogares en PEe extrema					
Eeb	Precio	Transferencia en millones de pesos (MNX)			
		Decil 1	Decil 2	Decil 3	Total
tv	\$5,923.33	\$3,269	\$514	\$77	\$3,859
licuadora	\$669.90	\$371	\$15	\$32	\$417
refrigerador	\$7,492.50	\$4,885	\$50	\$147	\$5,082
estufa	\$3,990.00	\$2,495	\$42	\$15	\$2,551
Lavadora	\$4,899.00	\$3,339	\$27	\$39	\$3,404
<b>Total</b>		<b>\$14,359</b>	<b>\$646</b>	<b>\$309</b>	<b>\$15,314</b>

Elaboración propia con datos de PROFECO (2022 a y b) y ENIGH (2022).

Lo anterior nos brinda la oportunidad de evaluar los costos monetarios de adquirir el equipamiento eléctrico básico; los cuales serían de gran importancia para algún programa social que tenga como objeto transferir un monto (o vale) destinado a la adquisición de uno o varios de estos, con el fin de beneficiar a los hogares de menor nivel económico. Se ha determinado que la mayor proporción del monto requerido se ubica, como era de esperar, en el primer nivel de ingreso: no obstante, la diferencia en millones de pesos es significativa.

En particular, sería necesario otorgar a los hogares en PEe extrema del nivel más bajo un presupuesto aproximado de \$14 mil 359 millones de pesos (MXN), a fin de proveerles de EEe; lo que equivale al 17.46% del desembolso destinado a los subsidios al consumo residencial de energía eléctrica en 2022.

Asimismo, para satisfacer este tipo de requerimiento en los primeros tres niveles ingreso, requeriría cerca de \$15 mil 314 millones de pesos (MXN).

En efecto, tal como hemos mencionado, una componente fundamental de nuestro estudio se encuentra en relación con las directrices de bienestar económico. En consecuencia, mediante la Tabla n.º 5.9, se diagnosticó lo siguiente:

- El monto total de las transferencias necesarias para que los hogares en pobreza extrema, de los tres primeros deciles, tengan la oportunidad de ascender a la siguiente categoría (pobre relativo), es de \$34 mil 897.45 millones de pesos (MXN) por año, de los cuales el 74.5% se concentraría en el primero.
- Con el fin de cumplir con la línea de bienestar mínima para los hogares del nivel económico más bajo, se requería al menos un 42.46% del presupuesto destinado a este tipo de subsidio eléctrico. En cambio, el 73.53% del mismo sería suficiente para satisfacer la línea destinada a las canastas alimentarias y no alimentarias.

Tabla n.º 5.9. Costo de la transferencia necesaria para satisfacer las líneas de bienestar para los hogares en PEe extrema en México (2022).

<b>PEe extremo</b>				
<b>Transferencia necesaria (millones de pesos)</b>	<b>Decil 1</b>	<b>Decil 2</b>	<b>Decil 3</b>	<b>Total</b>
Línea de bienestar mínima	\$34,897.45	\$7,797.68	\$4,145.52	<b>\$46,840.64</b>
Línea de bienestar	\$60,436.52	\$19,342.11	\$10,897.92	<b>\$90,676.54</b>

Elaboración propia con datos de INPC (2022) y ENIGH (2022).

En conclusión, se ha demostrado que la eliminación de una proporción del presupuesto distribuido a los hogares mediante programas subsidiarios posibilitaría la adecuada asignación del ingreso a hogares con mayores necesidades, por medio de otro tipo de programas.

- **Ambiental**

Por otro lado, el aspecto ambiental se ha convertido en un tema de suma importancia en la actualidad. Por consiguiente, la necesidad de diseñar y presentar proyectos de tal índole se ha vuelto indispensable en el ámbito internacional.

Asimismo, a través de la Reforma energética, México ha manifestado su compromiso por transformar sus sistemas del sector eléctrico y orientar sus procedimientos hacia el aprovechamiento de las energías renovables. Como lo indica LGCC (2012), el desempeño energético de México debe orientarse a una economía baja en carbono, garantizando el derecho a un medio ambiente saludable, a un desarrollo sustentable, y a la preservación y restauración del equilibrio ecológico.

En este contexto, las metas establecidas expresan que las energías limpias deben satisfacer al menos el 37.5% de la demanda de energía eléctrica del país durante el año 2030, mientras que para el año 2050, se espera que el 50% sea alcanzado.

A continuación se presentan algunos de los proyectos aprobados por el Estado con el objeto de mejorar el bienestar social, incrementando gradualmente la participación de las energías limpias en la Industria Eléctrica:

1. En el año 2009, con el fin de proveer de energía eléctrica a hogares a comunidades rurales en los estados de Durango, Nayarit, Coahuila, Chihuahua, San Luis Potosí, Guerrero, Baja California y Sonora, se llevó a cabo la iniciativa denominada “PSIE”. Dicho proyecto, mediante la aplicación de paneles solares, benefició a 7 mil 735 habitantes, lo cual tuvo un costo de \$419.68 millones de pesos (MXN), FOTASE (2016).
2. En 2012, el “Proyecto de Iluminación Rural ILUMEXICO” benefició a más de mil viviendas de alta y muy alta marginación. Asimismo, los residentes de comunidades indígenas pudieron utilizar iluminación artificial a través de celdas solares, cuyo costo fue de \$5.80 millones de pesos (MXN), FOTASE (2017).
3. En 2015, las iniciativas “Energía Sonora”, “Programa de Instalación de Celdas Fotovoltaicas en Escuelas de Educación Básica” y “Modelo de Electrificación de Procesos en Comunidades y Zonas Rurales con Fuentes de energía Renovable” tuvieron un costo de aproximadamente \$120.73 millones pesos; lo cual generó beneficios en hogares y escuelas de comunidades rurales para diversos estados de la república mexicana. Particularmente, en Sonora se implementaron aerogeneradores, los cuales, mediante un retorno de dividendos obtenidos, generaron un ahorro en la factura eléctrica de más de 72 mil habitantes; mientras tanto, los dos restantes, basan su aportación en dotar de electricidad a hogares y escuelas mediante celdas fotovoltaicas, FOTASE (2017).
4. Finalmente, en 2018, se llevó a cabo el proyecto “Ilumínate. Sol para todos”; el cual, con la tecnología de energía solar, brindó electrificación rural a más tres mil viviendas de comunidades rurales, FOTASE (2019).

Tabla n.º 5.10. Iniciativas de contexto energético sustentable para beneficio social.

Año	Iniciativa	Beneficiarios	Monto (MDP)	VANS	TIRS
2009	Proyecto Servicios Integrales de Energía (PSIE)	7,735 habitantes	\$419.68	-2.20	-0.87
2012	Proyecto de Iluminación Rural ILUMEXICO	1,076 viviendas	\$5.80	9.49	113.87
2015	Energía Sonora	72,000 habitantes	\$95	11.66	171.54
2015	Programa de Instalación de Celdas Fotovoltaicas en Escuelas de Educación Básica	20 escuelas	\$16.02	1.32	2.93
2015	Modelo de electrificación de procesos en comunidades y zonas rurales con fuentes de energía renovable	Comunidades Indígenas en el Estado de Oaxaca	\$9.71	5.22	35.12
2018	Illuminate. Sol para todos	3,000 viviendas	\$1.00	0.26	0.33

Elaboración propia con datos de FOTEASE (2016, 2017 y 2019).

En cuanto a la transición energética, el Gobierno de México, a través de la SENER, decidió llevar a cabo una actualización del alumbrado público en diversos Municipios del país, con el objeto de disminuir los altos consumos de electricidad, mediante la implementación de tecnologías más eficientes y nobles con el medio ambiente. Como se muestra en la Tabla n.º 5.11, esta iniciativa benefició a más de 6.3 millones de habitantes, al invertir \$1853.8 millones de pesos (MXN) en la instalación de 390 mil sistemas de luminarias.

Tabla n.º 5.11. Proyecto Nacional de eficiencia energética en alumbrado público.

Entidad	Sistemas instalados	Población beneficiada	Inversión (MDP)	ton CO <sub>2</sub> /anual evitadas	VANS	TIRS
Aguascalientes (Aguascalientes)	18,800	797,000	\$53.00	4,700	5.24	35.36
Chihuahua (Hidalgo y Delicias)	13,700	244,900	\$81.50	2,500	3.55	16.79
Coahuila (Saltillo y Torreón)	114,000	1,486	\$552.40	24,400	-23.61	-1.00
Durango (C. Comonfort y Durango)	26,600	586,700	\$72.20	4,900	4.18	22.89
Estado de México (4 Municipios)	61,300	1,700,000	\$166.30	10,700	5.34	36.81
Jalisco (5 Municipios)	53,900	1,600,000	\$286.60	11,900	3.80	19.05
Morelos (Morelos)	4,800	63,300	\$14.40	680	2.89	11.43
Oaxaca (Oaxaca de Juárez)	15,400	263,300	\$43.60	1,600	4.14	22.46
Nuevo León (Apodaca)	28,000	523,300	\$117.80	4,900	2.93	11.69
Puebla (6 Municipios)	25,900	25,900	\$244.60	4,400	-20.99	-1.00
Sonora (5 Municipios)	27,300	458,900	\$208.70	2,400	1.56	3.86
Veracruz (Atoyac y Tecolutla)	2,700	48,100	\$12.70	180	4.58	27.26
<b>Total</b>	<b>392,400</b>	<b>6,312,886</b>	<b>\$1,853.80</b>	<b>73,260</b>		

Elaboración propia con datos de SENER (2017).

Otro punto relevante a considerar en la promoción de estos proyectos radica en la repercusión ambiental. El incremento en la eficiencia de los componentes, en dicha iniciativa, permite reducir cerca de 73 mil toneladas de CO<sub>2</sub> por año. Con el fin de llevar a cabo la evaluación de estos proyectos sociales, se han considerado los costos, los beneficios sociales en las comunidades y algunas externalidades relacionadas con la huella de carbono, tales como el cambio climático y la contaminación. Como resultado, se ha podido apreciar que la mayoría de estos tiene niveles favorables en el VANS y TIRS.

Como se ha expuesto en las últimas líneas, existe una amplia variedad de proyectos (alternos a la subvención), que pueden contribuir a mejorar el bienestar social de los hogares más vulnerables, mientras se enfrenta a otros problemas como los relacionados con el cambio climático.

### **5.5 Resolución de diversas naciones para arremeter contra los subsidios al consumo de la energía eléctrica**

En los apartados previos, se ha hecho énfasis acerca de los beneficios y desventajas que suscita la subvención al consumo de electricidad. En relación con esto, ciertas naciones han adoptado diversas medidas para solventar dichas desventajas.

Las experiencias internacionales podrían ser de gran ayuda para detectar un camino con menores repercusiones hacia los hogares con mayor vulnerabilidad. A continuación, se presentan algunos de los casos internacionales más renombrados en este contexto:

- Turquía

En 2008, la estrategia llevada a cabo por la nación turca se hizo efectiva en relación con el precio del servicio eléctrico, mediante la implementación de una “Reforma de Precios”. De este modo, la compañía estatal generó un incremento escalonado en los precios de dicho servicio, lo cual representó un aumento del 50

por ciento a lo largo de un año; esto, con el propósito de ofrecer un precio heterogéneo a lo largo del país, equiparándolo al precio merchant, CONECC (2018).

Una de las principales características más destacadas de tal transformación radica en la ausencia de asistencia a los hogares de bajos ingresos. Los estudios realizados en este contexto, como es el planteado por Zhang (2011), señalan que, en el caso turco, la utilidad marginal decreciente de la electricidad afectó, en mayor medida, a los hogares con ingresos altos; lo cual, como menciona el autor, no generó un impacto significativo en el bienestar de los grupos sociales.

- Colombia

En contraste con el caso anterior, en Colombia se implementaron medidas para compensar las rentas tanto de los hogares con ingresos bajos como del sector de agua destinado al riego. Esto se llevó a cabo mediante descuentos en las tarifas de mercado, variando del 15 al 60%, según la ubicación geográfica del hogar. En cambio, la industria y los hogares con ingresos elevados debían afrontar pagar un sobrepago de hasta el 20% en relación con el precio base de renta, CONECC (2018).

En este caso, se tomó la decisión de reformar el sector eléctrico, después de haberse producido un gran apagón debido a una sequía que impidió la producción de energía hidroeléctrica en 1994. La meta principal del proyecto se deriva del fomento de la eficiencia del sector eléctrico.

Como resultado, el sector creció significativamente durante un lapso de doce años, lo que cumplió muchas de las expectativas propuestas; no obstante, la presente crisis política y económica ha dificultado la sostenibilidad del proyecto. En 2016, empleando palabras de CONECC (2018), se constató que el 88% de los hogares se ubicaron en los grupos subsidiarios (65% de los cuales se encontraban en los estratos 1 y 2), y solo el 5% percibió el recargo. En este contexto, el gobierno colombiano se encuentra trabajando en solucionar nuevamente el problema de los subsidios; ya que, además del aumento en los niveles de hogares

pobres en la nación, existe un manifiesto de hogares que han logrado burlar el sistema, con el objeto de registrar una clasificación de menor correspondencia, lo que ha dado lugar a un déficit de financiamiento.

- Brasil

A partir del año 1993 el gobierno de Brasil decidió privatizar el sector eléctrico. La causa del problema se relacionó con el sistema de cobros, dado que su ajuste de tarifas se utilizaba como herramienta para el control inflacionario.

La privatización se llevó a cabo a lo largo de una década; no obstante, antes de subastar las compañías, el Estado inyectó inversión en la industria, con el fin atraer compradores. El sistema cambió drásticamente, lo que permitió que los usuarios adquirieran el servicio con la compañía de su preferencia. De esta manera, la carga fiscal disminuyó rotundamente.

No obstante, en 2001 una sequía provocó una fuerte disminución en la producción de electricidad, lo que provocó una inflación significativa en sus precios, aunado a la desaprobación y protestas de la sociedad por tal privatización. Como resultado, surgió la necesidad de intervención y regulación gubernamental, a través de subsidios que cada una de las compañías asignan, según su criterio, con el objetivo de proteger al sector campo y a los hogares más vulnerables.

## **5.6 Una perspectiva de la elaboración de otras medidas para erradicar los niveles de pobreza de la energía eléctrica en México**

Como se ha dicho, la pobreza de la energía eléctrica en el hogar puede ser atacada a través de estímulos y programas sociales que auxilien a la población con mayores carencias en México. No obstante, este tipo de programas podrían únicamente atenuar los síntomas durante el lapso de tiempo que se encuentren activos, ya que se encuentran limitados a la cantidad del presupuesto gubernamental disponible para implementarlos. Por consiguiente, hemos

considerado que un aspecto relevante está relacionado con cuestiones involucradas en los procesos productivos de país.

Asimismo, es preciso señalar que en la actualidad nuestro mundo está experimentando cambios tecnológicos que se manifiestan de manera acelerada y estos tienen un impacto significativo en las formas en que se gestionan y se administran los recursos de los que el ser humano hace uso para satisfacer sus necesidades. Dichas transiciones requieren incrementos en la productividad laboral, lo cual, a su vez, influye en los niveles de empleo y los salarios de los trabajadores; tal como indica la teoría de la productividad, *“entre más productivo sea un individuo, más ingreso tendrá”*.

Bajo esta perspectiva, resulta evidente que las sociedades que carecen de los recursos tecnológicos o de los conocimientos necesarios para desarrollar empleo especializado, enfrentarán grandes obstáculos para competir en las actividades económicas, lo que afectará significativamente su desarrollo. En lo que respecta a la disponibilidad y la capacidad de consumo de bienes energéticos, como es la energía eléctrica, brindan facultades que permiten aumentar los niveles de productividad, así como mejorar los niveles de calidad de vida y bienestar de la población.

De acuerdo con los niveles del valor agregado (VA) en México, los sectores que presentan mayor colaboración son las Industrias manufactureras (16.47%), Servicios inmobiliarios (11.85%), Comercio al por menor (9.30%) y Comercio al por mayor (8.23%); en tanto, en la distribución de la producción (P) predominan las Industrias manufactureras (34.87%), la Construcción (7.58%), los Servicios inmobiliarios (7.27%) y el Comercio al por menor (6.47%), ver Tabla n.º 5.12.

Como podemos apreciar, al comparar con las totalidades, la relevancia del sector eléctrico en el país no es del todo significativa en los índices de Valor agregado (1.56%) y Producción (1.65%); no obstante, la relevancia del sector eléctrico va más allá de esos niveles de participación.

Tabla n.º 5.12 Distribución de la Producción y Valor Agregado en México.

Concepto	Valor agregado (millones de pesos)	Porcentaje	Producción (millones de pesos)	Porcentaje
31-33 - Industrias manufactureras	\$2,576,976.00	16.47%	\$9,638,160.00	34.87%
53 - Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	\$1,853,549.00	11.85%	\$2,010,488.00	7.27%
46 - Comercio al por menor	\$1,455,207.00	9.30%	\$1,789,767.00	6.47%
43 - Comercio al por mayor	\$1,286,997.00	8.23%	\$1,595,699.00	5.77%
23 - Construcción	\$1,210,696.00	7.74%	\$2,094,902.00	7.58%
21 - Minería	\$1,153,599.00	7.37%	\$1,469,601.00	5.32%
48-49 - Transportes, correos y almacenamiento	\$1,011,496.00	6.47%	\$1,694,287.00	6.13%
93 - Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia	\$671,668.00	4.29%	\$952,005.00	3.44%
61 - Servicios educativos	\$664,031.00	4.25%	\$748,921.00	2.71%
56 - Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos	\$577,081.00	3.69%	\$678,425.00	2.45%
52 - Servicios financieros y de seguros	\$567,238.00	3.63%	\$878,080.00	3.18%
11 - Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal	\$510,906.00	3.27%	\$810,711.00	2.93%
62 - Servicios de salud y de asistencia social	\$374,109.00	2.39%	\$584,039.00	2.11%
72 - Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos	\$344,771.00	2.20%	\$526,267.00	1.90%
81 - Otros servicios excepto actividades gubernamentales	\$340,085.00	2.17%	\$471,032.00	1.70%
51 - Información en medios masivos	\$324,691.00	2.08%	\$550,578.00	1.99%
54 - Servicios profesionales, científicos y técnicos	\$311,661.00	1.99%	\$430,799.00	1.56%
22 - Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica	\$244,041.00	1.56%	\$455,658.00	1.65%
55 - Corporativos	\$90,454.00	0.58%	\$148,679.00	0.54%
71 - Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios	\$73,365.00	0.47%	\$114,552.00	0.41%
<b>Total</b>	<b>\$15,642,621.00</b>	<b>100%</b>	<b>\$27,642,650.00</b>	<b>100%</b>

Elaboración propia con datos de la MIP Sector SCIAN de INEGI (2013).

Con el propósito de identificar la relevancia de la producción y distribución de energía eléctrica en México en comparación con los demás sectores productivos, se emplearán los índices de Rasmussen y Hirschman; los cuales se refieren a los encadenamientos productivos hacia atrás<sup>26</sup> (Backward Linkage en el idioma inglés) y a los encadenamientos productivos hacia delante<sup>27</sup> (Forward Linkage) que ilustran los sectores de una economía. En el caso de los encadenamientos productivos hacia atrás ( $\overline{BL}_j$ ), es factible establecer su censo al dividir la suma de los elementos de la columna  $j$  de la matriz de coeficientes de insumos directos por

<sup>26</sup> Se refiere a la contrastación entre la capacidad que tiene un sector de la economía para estimular al resto, Miller y Blair (2009).

<sup>27</sup> Se refiere a la medida de un sector que transfiere sus productos a otros como insumos intermedios para poder llevar a cabo su producción, Miller y Blair (2009).

el promedio de todos los encadenamientos hacia atrás. En cambio, el cociente entre la sumatoria de los elementos de la fila  $i$  por el promedio de la distribución total generada en la economía, identifica a los encadenamientos productivos hacia adelante ( $\overline{FL}_i$ ), tal como se muestra a continuación:

$$\overline{BL}_j = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij}}{(1/n) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}}$$

$$\overline{FL}_i = \frac{\sum_{j=1}^n g_{ij}}{(1/n) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n g_{ij}}$$

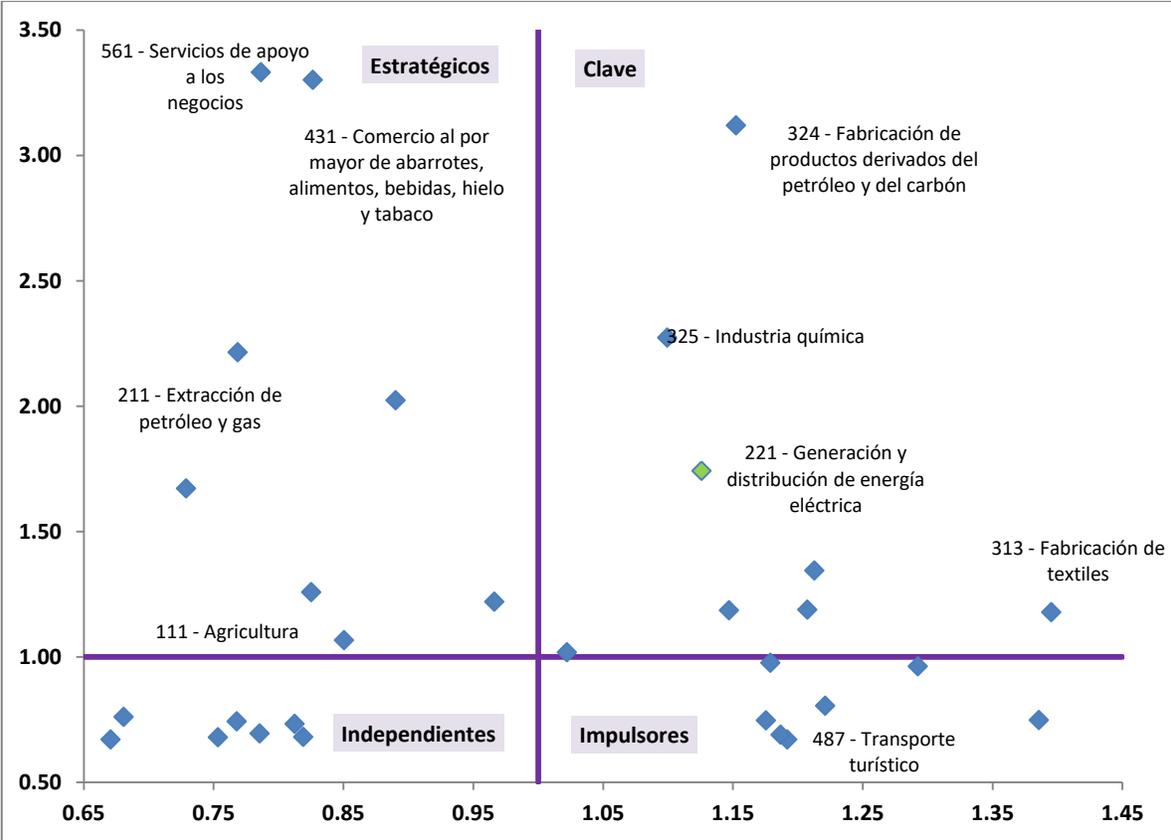
Como mencionan Miller y Blair (2009), para clasificar los sectores de una economía es posible llevar a cabo un ejercicio que implica los encadenamientos a partir de los siguientes criterios:

- Los sectores clave, aquellos que predominan como demandantes y oferentes de insumos, ya que están fuertemente integrados, sostienen  $\overline{BL}_j$  y  $\overline{FL}_i > 1$ .
- En los sectores impulsores, los cuales requieren más insumos que los otros debido a sus altos encadenamientos hacia adelante y bajos hacia atrás,  $\overline{BL}_j > 1$  y  $\overline{FL}_i < 1$ .
- En los sectores estratégicos, aquellos que abastecen mayor cantidad de insumos, puesto que tienen altos encadenamientos hacia atrás y bajos hacia adelante,  $\overline{BL}_j < 1$  y  $\overline{FL}_i > 1$ .
- Los sectores independientes, aquellos que carecen de integridad con los demás y no impulsan a los demás con su crecimiento al generar demanda de insumos, mantienen  $\overline{BL}_j < 1$  y  $\overline{FL}_i < 1$ .

Con base en expuesto previamente, ha logrado determinar que ciertos subsectores, tales como la Fabricación de productos derivados del petróleo y del gas (subsector 324), la Industria química (subsector 325) y la Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica (subsector 221), entre otros, son “sectores clave” en la economía mexicana, lo cual indica que estos son factores

fundamentales en la economía de país. Como se puede apreciar en el Gráfico n.º 5.7, el subsector 221 presenta un índice de dispersión superior al de arrastre, lo cual indica que la producción y distribución de electricidad, a pesar de ser tanto impulsor como estratégico, se inclina mayormente por la parte estratégica. En otras palabras, un incremento en la demanda final de los productos del sector eléctrico puede generar una intensificación en la demanda final de los otros sectores, independientemente de su participación directa sobre la producción (P) y el valor agregado (VA).

Gráfico n.º 5.7 Clasificación sectorial de Rasmussen tipo B en México (2022).



Elaboración propia con datos de la MIP Subsector SCIAN de INEGI (2013).

Entretanto, otros sectores como Agricultura (111), Extracción de petróleo y gas (211) y Minería (212) son estratégicos; Cría y explotación de animales (112), Pesca, caza y captura (114) y Servicios relacionados con las actividades agropecuarias y forestales (115), se clasifican como sectores impulsores;

Edificación (236), Fabricación de maquinaria y equipo (333) y Banca central (521) son sectores Independientes. Para más detalle, ver ANEXO VII. Lista de índices de arrastre e índices de dispersión.

En virtud de lo anterior, es posible inferir que los efectos multiplicadores que el sector eléctrico ejerce hacia los demás son fundamentales para la producción y la productividad en México. En caso de descuidar los procedimientos para producir insumos eléctricos, la existencia de un crecimiento productivo en la economía sería ineficiente y limitada en cada una de sus fases productivas, lo que se traduce en un “efecto cuello de botella en la producción”.

Ahora bien, dos factores fundamentales que inciden significativamente en los niveles de pobreza en la sociedad son el empleo y el nivel de ingreso familiar. Por esta razón, pensamos que es conveniente analizar cuáles son los multiplicadores de empleo e ingreso (simples y tipo I) en la economía mexicana y, de esta forma, determinar qué sectores productivos fortalecerían dichos aspectos, en caso de un incremento en su demanda. Es importante señalar que ambos factores contribuyen a demostrar el impacto que tendría un aumento en la demanda final en relación con el empleo o el ingreso del hogar.

En el ámbito del empleo, es factible estimar a sus multiplicadores simples (efectos directos e indirectos) mediante el producto de la sumatoria del coeficiente de empleo ( $W_{n+1,i}$ ) por el incremento en la producción sectorial ( $l_{ij}$ ), este último a través de matriz inversa de Leontief [ $L = (I - A)^{-1}$ ], es decir:

$$m(E)_j = \sum_{i=1}^n W_{n+1,i} \cdot l_{ij}$$

En consecuencia, los multiplicadores tipo I, los cuales estiman los efectos ante el incremento/decremento de una unidad de empleo del sector j en comparación con los demás sectores, pueden definirse como el cociente del multiplicador de empleo [ $m(E)_j^I$ ] y el coeficiente de requerimiento directo del factor empleo para la actividad j ( $W_{n+1,j}$ ), tales como:

$$m(E)_j^I = \frac{\sum_{i=1}^n W_{n+1,i} \cdot l_{ij}}{W_{n+1,j}}$$

De manera similar, el multiplicador simple de ingreso  $[m(H)_j]$  está en función del coeficiente de ingreso  $(a_{n+1,i})$  y el incremento en la producción sectorial; mientras tanto, el multiplicador de ingreso tipo I  $[m(H)_j^I]$  lo está con el multiplicador simple de ingreso  $[m(H)_j]$  y el coeficiente de requerimiento directo del factor ingreso  $(a_{n+1,j})$ , lo cual es posible verificar a partir de lo siguiente:

$$m(H)_j = \sum_{i=1}^n a_{n+1,i} \cdot l_{ij}$$

$$m(H)_j^I = \frac{\sum_{i=1}^n a_{n+1,i} \cdot l_{ij}}{a_{n+1,j}}$$

De esta forma, mediante el uso de los datos proporcionados por la MIP de INEGI (2013) es posible establecer los multiplicadores para el modelo de la economía mexicana. Por una parte, los multiplicadores de empleo indican que un aumento en un millón de pesos (MXN) de la demanda final para cada uno de los sectores productivos, aumentaría significativamente el número de empleos en los sectores 81 (Otros servicios, excepto actividades gubernamentales), 11 (Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza), 56 (Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación) y 46 (comercio al por menor), para más información ver la Tabla n.º 5.13.

Como se puede apreciar, el incremento en la demanda final para el sector 11 genera más de diez empleos, de acuerdo al multiplicador  $m(E)_j$ . Asimismo, en caso de plantear un incremento en los puestos laborales de alguna región que ocupe de dicho sector, resulta conveniente emplear el multiplicador de empleo tipo I; por ejemplo, si la intención es incrementar mil 500 nuevas vacantes laborales para tal sector, el impacto en el total de empleo para la economía del país sería

igual  $(1.1428) \cdot (1500) \approx 1,714$  nuevos empleos. Al respecto, los sectores 55 (Corporativos), 52 (Servicios financieros y de seguros), 21 (Minería) y 22 (Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y gas) son aquellos que, al incrementar el número de empleos en su entorno, generan más vacantes en la economía total.

Tabla n.º 5.13. Multiplicadores (simples y tipo I) de empleo e ingreso en México.

Sector	$m(E)_j$	$m(E)_j^I$	$m(H)_j$	$m(H)_j^I$
11 - Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	10.2730	1.1428	0.1506	1.4080
21 - Minería	0.7110	2.8907	0.0833	1.7140
22 - Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua	1.4071	2.8662	0.2037	1.4871
23 - Construcción	3.5377	1.3452	0.2408	1.3311
31-33 - Industrias manufactureras	2.1326	2.4941	0.1376	1.9595
43 - Comercio al por mayor	1.3072	1.5811	0.0713	2.4520
46 - Comercio al por menor	5.8920	1.0979	0.2496	1.2162
48-49 - Transportes, correos y almacenamiento	2.4565	1.6859	0.2433	1.3629
51 - Información en medios masivos	1.4105	2.7261	0.1719	1.7225
52 - Servicios financieros y de seguros	1.6853	3.1474	0.2595	1.6953
53 - Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	0.4788	1.5471	0.0333	1.7039
54 - Servicios profesionales, científicos y técnicos	2.9061	1.4261	0.2904	1.3008
55 - Corporativos	1.0196	4.3698	0.1915	1.6900
56 - Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios	7.3118	1.0571	0.6245	1.0542
61 - Servicios educativos	3.6373	1.0800	0.8073	1.0290
62 - Servicios de salud y de asistencia social	3.2850	1.3295	0.5652	1.1195
71 - Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	4.2693	1.3640	0.2590	1.5387
72 - Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	5.8306	1.1964	0.2356	1.3889
81 - Otros servicios excepto actividades gubernamentales	12.5226	1.0478	0.3239	1.1335
93 - Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organizac	3.4354	1.2802	0.7385	1.0819

Elaboración propia con datos de la MIP Sector SCIAN de INEGI (2013).

Por otro lado, de acuerdo con los multiplicadores de ingreso, los sectores que generan mayor ingreso en los hogares al incrementar su demanda final en una unidad son: 61 (Servicios educativos), 93 (Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales), 56 (Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación) y 62 (Servicios de salud y de asistencia social). Entretanto, los sectores 43 (Comercio al por mayor), 31-33 (Industrias manufactureras), 51

(Información en medios masivos) y 21 (Minería) representan a aquellos que tienen un mayor impacto sobre los ingresos salariales de la economía en México.

Por ejemplo, consideremos el sector 31-33 (Industrias manufactureras), el cual demuestra que, ante un aumento de un millón de pesos en la demanda final, el ingreso total de los trabajadores aumenta \$137 mil 600 pesos (MXN). En cambio, en un escenario en el que existe la intención de incrementar el salario total de los trabajadores del sector 31-33 por \$500 mil pesos (MXN), acrecentaría a \$979 mil 750 pesos (MXN) al monto de ingresos de los trabajadores en la economía.

Es factible condensar lo expuesto hasta el momento, dado que mediante la utilización de las matrices insumo-producto, es posible comprender el comportamiento de las interrelaciones sectoriales de una economía. En el contexto de México, el sector de la energía eléctrica es esencial para proporcionar insumos a los otros sectores, por lo que funciona como un sector clave; además, al incrementar el número de sus empleos, triplica el total empleos en la economía del país.

Este aspecto es sumamente importante, y dado que este tipo de análisis resulta sumamente útil y sencillo para comprender cómo se conforman los vínculos entre la estructura productiva del país y sus aplicaciones. Además, permite a los planificadores (o creadores de proyectos sociales) estimar los efectos de la expansión del gasto público en los niveles de ingreso, empleo o exportaciones, entre otras variables. No obstante, aunque las ventajas que ofrecen este tipo de herramientas superan sus limitaciones, tal como menciona Miller y Blair (2009), es imperativo considerar que los multiplicadores pueden exagerar el impacto en la economía en caso de que algunos sectores se encuentren operando en su máxima capacidad o cerca de ella, lo que implica que algunos de los nuevos insumos necesarios tendrían que ser importados a la economía y/o los productos de algunos sectores serían transferidos de las exportaciones.

Avanzando con nuestro razonamiento, y tal como se ha mencionado previamente, es factible afrontar los niveles de pobreza de la energía eléctrica (PEe) a través de

programas sociales que faciliten de recursos a los hogares más vulnerables. Sin embargo, esta solución podría solo suavizar los efectos, por lo que resulta imperativo establecer relaciones con un aumento en los niveles de empleo e ingreso, mediante la estimulación del proceso productivo.

Ahora bien, anteriormente hemos señalado que los niveles de PEE extrema se inclinan significativamente hacia las localidades rurales. De este modo, la implementación de políticas sociales que contribuyan al incremento de puestos laborales y de los ingresos productivos podría, de manera indirecta, atacar los niveles de pobreza de la energía eléctrica.

Por ejemplo, Chiapas cuenta con un índice del 17.52% de población en PEE extrema, de los cuales el 13.88% habitan en localidades rurales. Al analizar los índices salariales y los niveles de empleo para dicha entidad en 2020, se constata que, en el ámbito nacional, ocupa el primer lugar en cuanto al porcentaje de población que percibe máximo un salario mínimo por sus actividades laborales, en función de su densidad de población. En otras palabras, del 1 millón 899 mil 923 habitantes en condición de Población económicamente activa (PEA), 779 mil 154 (41.01%) reciben un salario mínimo o menos.

Tabla n.º 5.14. PEA con 1 salario, desempleados y asegurados en México (2020).

Rank	Entidad Federativa	Trabajadores con 1 salario mínimo	% de PEA con 1 Salario, trabajador/entidad	Entidad Federativa	PEA desempleados	% de desempleo, respecto al nivel nacional	Entidad Federativa	PEA asegurados	% de PEA asegurados, Trabajador/entidad
1	Chiapas	779,154	41.0%	México	304,645	16.7%	Guerrero	157,793	10.2%
2	Oaxaca	561,632	32.4%	C. México	227,775	12.5%	Chiapas	225,667	11.9%
3	Hidalgo	337,894	26.5%	Guanajuato	101,227	5.5%	Oaxaca	215,491	12.4%
4	Campeche	102,382	24.5%	Jalisco	96,824	5.3%	Tlaxcala	100,979	17.4%
5	Tabasco	218,838	23.3%	Veracruz	91,111	5.0%	Tabasco	165,576	17.6%
6	Veracruz	752,152	23.2%	Nuevo León	88,389	4.8%	Hidalgo	226,929	17.8%
7	Tlaxcala	129,545	22.4%	Tabasco	80,052	4.4%	México	1,627,196	21.4%
8	Yucatán	228,341	21.1%	Puebla	71,782	3.9%	Puebla	620,188	22.3%
9	Guerrero	314,146	20.4%	Chiapas	69,128	3.8%	Michoacán	447,924	22.8%
10	Puebla	562,573	20.3%	Tamaulipas	65,144	3.6%	Nayarit	138,808	23.2%

Elaboración propia con datos de IIEG (2021).

En relación con indicadores de empleo, según se puede apreciar en la Tabla n.º 5.14, se constata que, del total de PEA a nivel nacional, 69 mil 128 (3.638%) enfrentan la condición de desempleo; lo cual equivale al 3.78% de desempleo total del país. Cabe señalar, que con solo 225 mil 667 (12%) es la entidad que, de acuerdo a su densidad de PEA, mantiene la peor tasa de trabajadores asegurados a instituciones de salud después de Guerrero.

Ahora bien, en Chiapas, la mayoría de la población ocupada labora en empresas y negocios, en el sector Servicios (42.12%) y en el sector Comercio (28.10%). En cambio, la minoría emplea a través de la Industria Eléctrica, Captación y Suministro de Agua Potable (1.30%) y la Industria extractiva (0.23%), tal como se evidencia en la Tabla n.º 5.15.

Tabla n.º 5.15. Principales sectores de ocupación de las entidades que presentan situación de PEE en México (2020).

Entidad Federativa	Agricultura, Ganadería, Silvicultura, Pesca y Caza	Industria extractiva	Industria transformación	Construcción	Industria Eléctrica, Captación y Suministro de Agua Potable	Comercio	Transporte y comunicaciones	Servicios
Campeche	4.52%	1.72%	9.48%	16.75%	0.99%	18.23%	12.65%	35.65%
Chiapas	7.97%	0.23%	9.98%	6.75%	1.30%	28.10%	3.56%	42.12%
México	0.49%	0.17%	31.18%	8.90%	0.30%	26.38%	7.84%	24.73%
Oaxaca	4.56%	0.71%	6.88%	9.35%	1.28%	23.26%	4.94%	49.02%
Puebla	3.73%	0.29%	30.30%	8.53%	0.78%	21.74%	4.99%	29.63%
Quintana R	1.19%	0.13%	2.38%	15.82%	0.64%	16.05%	5.79%	57.99%
San Luis P	5.21%	1.02%	39.46%	8.37%	0.54%	14.34%	4.76%	26.30%
Tlaxcala	1.19%	0.12%	49.70%	6.71%	0.55%	17.65%	3.10%	20.98%
Veracruz	8.25%	0.72%	12.69%	8.91%	1.76%	23.47%	6.90%	37.30%
Yucatán	3.09%	0.36%	18.42%	9.69%	0.95%	23.10%	4.51%	39.89%
Zacatecas	1.96%	7.78%	22.80%	9.92%	0.96%	16.66%	3.15%	36.76%

Elaboración propia con datos de IIEG (2021).

Lo anterior presenta algunos elementos fundamentales para la interpretación de la relación entre la PEE y el nivel de ingreso asociado al proceso productivo; por consiguiente, estos datos se podrían comparar con los multiplicadores de empleo e ingreso y, de esta forma, focalizar algunas coyunturas que permitan abordar problemas que originan este tipo de precariedad. Es importante destacar que los

multiplicadores presentados en la Tabla n.º 5.13 fueron determinados a nivel nacional, y lo ideal, aunque laborioso, sería llevarlos a cabo mediante multiplicadores correspondientes a cada una de las diversas entidades o localidades.

En esta situación, podemos apreciar que el gobierno podría incentivar el crecimiento y el empleo de Chiapas, a través de los sectores 11 (Agricultura, Ganadería, Pesca y Caza) y 56 (Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y otros servicios recreativos); ya que son sectores con altos multiplicadores de empleo y no se están saturados en dicha región. Asimismo, un incremento en el consumo y la inversión de los sectores 61 (Servicios educativos) y 62 (Servicios de salud y asistencia social), podría generar un mayor aumento en el ingreso de los hogares de la entidad.

## **5.7 Conclusiones y extensiones**

La estimación de un incremento en los índices de pobreza de la energía eléctrica, a causa de la eliminación de los subsidios, resulta un ejercicio interesante para la creación de iniciativas de carácter social. En términos generales, hemos observado que dicha eliminación subvencionaría podría generar un incremento aproximado de 51 mil 274 hogares en PEe extrema y 334 mil 324 en PEe relativa, con mayor significancia en localidades rurales.

Asimismo, los beneficios que ofrece la proporción monetaria, en lo que respecta a los subsidios a la electricidad, indican una tendencia regresiva al generar un mayor rendimiento a los hogares ricos; no obstante, en términos de significancia, los hogares con menores recursos son aquellos que resultan más afectados al eliminar dicho beneficio.

Por otro lado, dado que los componentes directos o indirectos de un proyecto deben corregir todos o algunos de sus precios de mercado (puesto que no reflejan los verdaderos costos o beneficios para la sociedad debido a las distorsiones de

los mercados), surgió la necesidad de recurrir a sistemas de precios alternativos, tales como los precios de cuenta o sombra. Como consecuencia, se llevó a cabo una evaluación ex post (posterior al hecho) sobre los subsidios al consumo de electricidad.

En este contexto, se ha determinado que los subsidios a la energía eléctrica en México son eficaces, ya que benefician la renta de los hogares “pobres” y “no pobres”, al reducir los precios de los servicios de electricidad. Sin embargo, hemos constatado que este tipo de subvención resulta ser excesivamente costosa, si la intención es favorecer a los hogares necesitados; y, aunque el sistema tarifario se encuentra diseñado para cobrar más a los hogares que más consumen, es poco eficiente para redistribuir el ingreso en la sociedad.

A partir de lo anterior, se ha concluido lo siguiente:

- Es evidente que, al subvencionar la energía eléctrica, sí se está beneficiando a los hogares de escasos recursos; no obstante, la bonificación monetaria resulta ser superior para aquellos con mayor ingreso.
- Los hogares que pertenecen a los tres primeros deciles de ingreso, perciben únicamente un 18.85% del monto total del programa, lo cual representa una política de subsidios mal focalizados. Por ello, dicha iniciativa resulta ser ineficiente al atribuir una mayor proporción monetaria a grupos que no lo requieren.
- En lo que respecta a la eficiencia, resulta significativamente más atractivo, como iniciativa social, mantener el subsidio exclusivamente en los hogares de los tres primeros deciles de ingreso y excluir, de manera parcial o total, al resto de los demás.

En relación con el presupuesto requerido para satisfacer las necesidades de los hogares y, de esta manera, lograr salir de las condiciones de PEe relativa o extrema, se diagnosticó que \$90 mil 679.54 y \$46 mil 840.64 millones de pesos (MXN) son los costos oportunidad para que los hogares de los tres primeros

deciles satisfagan sus líneas de bienestar. Asimismo, para atender las carencias de equipamiento en los hogares más vulnerables, se valoró un monto aproximado de \$15 mil 314 millones de pesos (MXN). En otras palabras, los hogares en condición de PEE extrema podrían ascender de categoría con menos de setenta y seis por ciento del presupuesto destinado a subvencionar el consumo residencial de electricidad.

Por otro lado, hemos presentado una serie de proyectos enfocados al beneficio social, con énfasis en la reducción del calentamiento global. Este tipo de análisis, por una parte, nos brinda un panorama de los costos y grupos de habitantes beneficiados en las iniciativas ya implementadas en México; por otra, facilita la valoración de las opciones no seleccionadas, con un mayor índice de eficiencia. En este aspecto, se presenta la disyuntiva entre conceder los beneficios a un amplio grupo de habitantes, sin importar su estatus socioeconómico, o repartir el monto presupuestal en pequeños proyectos que puedan beneficiar a diversos grupos marginados.

En adición, se han expuesto algunos casos más significativos a nivel internacional en relación con las políticas de eliminación, de manera gradual o total, de los subsidios al consumo de energía eléctrica.

En respuesta a la problemática planteada, se constató que países como Colombia y Brasil han experimentado dificultades al llevar a cabo sus procedimientos de restructuración. La situación causó un descontento social, vinculado con la pérdida del bienestar y la privatización de su industria eléctrica. Esto requirió un incremento de los apoyos a hogares vulnerables, los cuales han resultado ser ineficientes debido a que la implementación de dicha focalización no se ha manejado correctamente.

En resumen, el análisis de todas estas observaciones posibilita el planteamiento de diversos proyectos de política social, dirigidos al beneficio del bienestar de los hogares que mantienen problemas de pobreza, con una mayor eficiencia. A este respecto, consideramos que la integración de una serie de proyectos como la

electrificación y las transferencias sociales, que permitan la adquisición de bienes y servicios de primera y segunda necesidad, así como el equipamiento energético, distribuirá los recursos estatales de una manera más equitativa en comparación con el proyecto de subvencionar la energía eléctrica.

Por último, nos encontramos en la necesidad de analizar y atacar el origen del problema que, de algún modo, impulsa al crecimiento de los índices de escasez en los grupos sociales afectados. La existencia de una oferta laboral productiva y remuneración digna de sueldos son elementos indispensables para el desarrollo económico y social; por esta razón, consideramos analizar los multiplicadores y los encadenamientos sobre estas variables, a través de las matrices insumo-producto.

En consecuencia, mediante la aplicación de los encadenamientos productivos, analizamos los vínculos existentes entre los sectores que generan el producto total de México, tanto en sus roles de demandantes de insumos como en los de proveedores. En este contexto, se ha logrado corroborar que el subsector 221 (Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica) es clave en la economía mexicana, ejerciendo una mayor presión como un sector estratégico, ya que distribuye sus productos como insumos para prácticamente todos los subsectores destinados a la producción del país.

La presente afirmación hace hincapié en que las políticas que persiguen incrementar la producción de empleos productivos y los salarios que estos ofrecen no deben desatender la producción de insumos de los sectores clave, debido a su relevancia hacia los demás.

En cuanto a los sectores que posibilitarían incrementar la cantidad de empleos ante un aumento de la demanda final, podemos señalar al 55 (Corporativos), 52 (Servicios financieros y de seguros), 21 (Minería) y la 22 (producción y distribución de energía eléctrica). En cambio, 61 (Servicios educativos), 93 (Actividades legislativas), 62 (Servicios de salud), 43 (Comercio al por mayor) y 31-33 (Industrias manufactureras), entre otros, son sectores que resultan fundamentales para incrementar el ingreso de los trabajadores.

## CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES

La propuesta de esta tesis se centra, por una parte, en reforzar el conocimiento desarrollado para comprender, estimar y combatir la pobreza desde una perspectiva multidimensional, específicamente en una de las ramas que la conforman, tales como el rubro energético. Para ello, se plantea el análisis sobre pobreza de la energía eléctrica en México, el cual se enfoca en uno de los servicios que mayor envergadura tiene sobre el bienestar social, dado que caracteriza la forma en que los hogares satisfacen sus necesidades en nuestra sociedad actual.

En este contexto, y en función de la forma en que se brindan los servicios de energía eléctrica, el primer objetivo de investigación se fundamenta en el análisis de la calidad de vida y el bienestar que caracteriza a los hogares en México. Como resultado, hemos tenido la oportunidad de observar los índices que revelan la desigualdad energética de los individuos, de los cuales se destaca lo siguiente:

- La población en viviendas sin chimenea, en las cuales se emplea leña o carbón para cocinar, representa el 11.4% de la población (14.8 millones de habitantes).
- Al menos 300 mil individuos carecen de electricidad, de las cuales, la mayoría se encuentran en localidades rurales.
- Los hogares pertenecientes al decil X consumen el 21.52% de la venta nacional de electricidad, mientras que los del decil I solo el 4.37%.
- En 2022, el presupuesto federal aportó 82 mil 186 millones de pesos (MXN) para subsidiar las tarifas de electricidad en tarifas para hogares de los tipos 1 a 1F, lo que benefició en mayor medida a los hogares de mayor ingreso.

Por otro lado, se plateó un indicador de pobreza de la energía eléctrica. En relación con este asunto, la asistencia del *“análisis de frecuencia acumulada”* permitió establecer el grupo de equipamiento eléctrico básico (Eeb). Además, con el fin de examinar los impactos indirectos del consumo de energía eléctrica, la *“matriz de insumo producto”* posibilitó la creación de nuevas líneas de bienestar y

pobreza extrema que se sustentan en el consumo de insumos asociados a la energía eléctrica.

Corroboramos, además, que la metodología propuesta por la CEPAL para evaluar “la pobreza multidimensional”, puede ser adaptada para cuantificar dicha condición desde el punto de vista de la focalización de algunos de sus submúltiplos. Este procedimiento ofrece una ampliación de los umbrales de los derechos humanos y permite identificar con facilidad a los grupos vulnerables en el país, además, es replicable y transparente, (CONEVAL, 2010). En consecuencia, se concluyó lo siguiente con base en el objetivo de proponer un indicador que permita evaluar el nivel de bienestar social de los hogares en relación con la forma en que se ofrecen los servicios de energía eléctrica en México:

Que el 24.4% de los hogares mexicanos se encuentran en una situación de pobreza de la energía eléctrica (PEe) relativa, mientras que el 2.54% enfrenta PEe extrema. Asimismo, en virtud de este índice de marginalidad en la categoría de PEe extrema, el porcentaje de población en zonas rurales supera la de las localidades urbanas. En particular, las entidades que presentan una mayor proporción de hogares en dicha condición son Chiapas (17.52%), Guerrero (9.66%), Oaxaca (11.09%), Veracruz (8.43%) y Yucatán (7.89%). Finalmente, el 74.51% de los pobres de energía eléctrica en extremidad se encuentran en localidades rurales.

Los resultados obtenidos también demuestran que algunas otras entidades, a pesar de tener altos porcentajes de hogares en localidades rurales, como Baja California (54.13%), Guanajuato (52.89%) y Querétaro (52.72%), no necesariamente exhiben altos índices de PEe extrema o relativa. En este sentido, resulta evidente que existe una disparidad en el progreso de las comunidades rurales del país.

Otra parte fundamental del presente trabajo está relacionada con el desarrollo de un modelo econométrico que permita explicar e identificar, de forma clara y sencilla, los niveles de pobreza multidimensional asociados a los servicios

proporcionados por el consumo de energía eléctrica en México. Esta propuesta se fundamenta en un conjunto de técnicas estadísticas que permiten explicar y predecir el comportamiento de una variable politómica, tales como la regresión logística de respuesta múltiple.

Para alcanzar dicho objetivo, fue necesario llevar a cabo pruebas de significación estadística, efectividad, fiabilidad y calidad de ajuste a un paquete de variables presentadas en la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares 2022 (ENIGH 2022). Se determinó mediante el paquete estadístico SPSS 25, que un grupo de nueve variables (total de integrantes, porcentaje de ahorro, tamaño de la localidad, decil de ingreso, TV, licuadora, refrigerador, estufa y lavadora) explica de manera más precisa los niveles de pobreza de la energía eléctrica en el hogar.

En términos generales, el modelo propuesto presenta un porcentaje global de acierto del 92.7%, y, además, sugiere una serie de variables independientes con mayor poder explicativo. Este grupo está compuesto por el tamaño de la localidad, número de integrantes del hogar, porcentaje de ahorro y la disponibilidad de algunos equipos eléctricos, entre los cuales se encuentra lo siguiente:

- De acuerdo con el signo negativo de sus estimadores, las variables denominadas “Tamaño de la localidad” y “Porcentajes de ahorro” son aquellas que incrementan la probabilidad de que un hogar tenga movilidad, de manera benéfica, en su categoría al aumentar en sus unidades; es decir, disminuyen la probabilidad de que un hogar pertenezca a las categorías de pobreza.
- Que, de acuerdo con el escalonamiento de los estimadores entre las categorías de respuesta, es posible verificar la conducta de los hogares pertenecientes a cada una de ellas. Por ejemplo, los pobres extremos se caracterizan por tener más integrantes del hogar, menos ahorro y radican en localidades rurales. De igual modo, los equipamientos eléctricos que reducen la probabilidad de estar en condición de pobreza son la “Lavadora” y el “Refrigerador”.

- La elevada cantidad de acierto del modelo, posibilitará a futuras líneas de investigación o a creadores de contenido enfocado en la política social, estimar de manera sencilla los niveles PEe mediante la utilización de una muestra de hogares o individuos determinados.

Otra cuestión de interés se centra en las posibilidades de un cambio estructural en el sistema de energía eléctrica, particularmente relacionado con la liberación de los precios de la electricidad. Un incremento en los precios de la energía eléctrica impactaría directa e indirectamente sobre el precio de los bienes y servicios que los hogares adquieren, lo que también afectaría su ingreso. A partir de esta perspectiva, se analizaron los posibles impactos, en función de las interrelaciones de los productos propuestos por las metodologías y aplicaciones asociadas a las matrices de insumo-producto.

En tal contexto, al eliminar completamente la parte subsidiaria de los costos de la energía eléctrica, mediante el uso de un método de integración de una ecuación diferencial ordinaria, se constató que la pérdida en la línea de bienestar tienen un impacto significativo en los tres primeros deciles de ingreso. En particular, la renta del primer decil disminuiría un 6.52%, mientras que la del segundo 5.48% y el tercero 5.04%. Es importante destacar que el nivel de ingreso último (decil X) perdería solamente el 2.29%; no obstante, en términos absolutos, es la mayor cantidad monetaria entre los diez grupos, ya que en promedio estima una merma de \$30,526.00 pesos (MXN) al año, mientras que para el primero (decil I) sería de \$3,887.60 pesos (MXN).

De este modo, se ubicaron los hogares pertenecientes a los tres primeros deciles como el principal objetivo de estudio en relación con el nivel de afectación por la eliminación de los subsidios, ya que, además de acumular en su mayoría a los hogares en situación de PEe relativa y extrema, son los más desfavorecidos ante este factor.

Los resultados obtenidos evidencian que la mayor parte de la pérdida monetaria se orientaría hacia el impacto directo, refiriéndonos al incremento del costo del servicio de electricidad, lo cual representa un 39.58% del impacto total en la renta

de los hogares. Asimismo, los sectores de alimentos y transporte presentaron significativos indicios de pérdida, ya que, en virtud de los encadenamientos productivos obtenidos por las matrices de insumo-producto, mantienen una mayor interrelación con los insumos proporcionados por el sector de energía eléctrica.

En particular, ante dicha eliminación subsidiaria, los hogares del primer decil de ingreso tendrían una pérdida trimestral en la renta de \$971.9 pesos (MXN); de los cuales \$411.7 (42.3%) corresponden al servicio de electricidad, \$163.3 (16.80%) a la canasta de alimentos y \$239.1 (24.60%) al transporte, entre otros recursos. Es importante señalar que este análisis se produce en un momento previo a que los hogares decidan modificar sus hábitos de consumo.

En cuanto a los niveles de PEe, se aprecia un probable incremento en las categorías “pobre relativo”, “pobre extremo” y “vulnerable por ingreso”. Particularmente, la PEe relativa registra un incremento del 0.75%, lo cual se refiere a 334 mil 324 hogares; mientras que los PEe extremos y vulnerables por ingreso aumentarían un 0.14% y un 1.83%.

Otro punto relevante se encuentra en el análisis costo-beneficio de los proyectos sociales relacionados con el consumo de energía eléctrica en México.

En este contexto, se ha constatado que el proyecto de subsidiar el consumo residencial de energía eléctrica resulta ineficiente para la mayoría de la sociedad. En los casos de mantener el 100% del subsidio a la electricidad o de reducirlo al 50%, se observa una VANS inferior a cero; lo cual manifiesta una situación de ineficiencia del proyecto y se indica que podría ser más conveniente invertir en otros proyectos con mejor coste de oportunidad.

Por consiguiente, examinamos las circunstancias en las que tal proyecto podría ser más eficiente ante la sociedad. Se pudo apreciar que el proyecto de subsidiar el consumo de energía eléctrica evidencia niveles de eficiencia en el caso de que el beneficio sea mermado o eliminado para los hogares pertenecientes a los deciles con mayores ingresos. Las circunstancias en las que la subvención se excluye al 100% y se reduce en un 70% para los deciles cuatro a diez, evidencian

VANS positivas, con un mejor resultado para el primer caso; lo cual demuestra una mayor viabilidad para ambos proyectos, además, manifiesta un ahorro presupuestal entre el 57 y el 70%, en comparación con el proyecto original.

Por otro lado, se evaluó el presupuesto necesario para fomentar la movilidad entre las categorías de PEe. Se ha podido apreciar que, con aproximadamente \$15 mil 314 millones de pesos (MXN), sería oportuno permitir de equipamiento eléctrico básico (Eeb) a los hogares de los tres primeros deciles en PEe extrema; en tanto, las transferencias anuales necesarias para que los hogares de esta categoría consigan movilizarse al nivel de PEe relativo son próximas a \$46 mil 840.64 millones de pesos (MXN). En otras palabras, es posible llevar a cabo la movilidad de la gran mayoría de pobres extremos con, al menos, el 75.62% del presupuesto destinado en 2018 a los subsidios al consumo residencial de electricidad.

Es de suma importante destacar que otro tipo de proyectos podrían ser financiados mediante la reducción de los fideicomisos traducidos en subsidios. En este aspecto, la utilización de energías del tipo renovable, impulsadas por el cuidado del medio ambiente, tienen importancia, ya que, debido a sus características fisicoquímicas, es posible aplicarlas en localidades situadas en la periferia, sin necesidad de invertir en plantas e infraestructuras a gran escala. Y, como hemos podido observar, la mayoría de los hogares en PEe extrema se encuentran en localidades rurales, por lo tanto, surge la necesidad de implementar proyectos sociales “eficientes” destinados al cumplimiento de sus necesidades.

En última estancia, se ha planteado una introducción a otras medidas para reducir los niveles de PEe mediante un mejoramiento de la precariedad laboral y los bajos niveles de ingreso, ya que estos dos aspectos son fundamentales para erradicar los niveles de desigualdad.

De esta forma, mediante la matriz inversa de Leontief (matriz de coeficientes técnicos), se pudo demostrar, por un lado, que el subsector 221 (Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica) es clave en la economía de México. Para su demostración, analizamos la relación entre los sectores como oferentes y

como demandantes de la economía, a través de los encadenamientos productivos hacia adelante y de los encadenamientos productivos hacia atrás.

En este sentido, se ha demostrado que un incremento en la demanda final del sector eléctrico puede derivar una intensificación en la demanda final de los otros sectores, independientemente de la baja participación directa que ostenta en los niveles de VA, producción y empleo. Esto se debe a que sus productos participan activamente como insumos en la producción de 78 subsectores de los 79 existentes. Por ejemplo, el sector 31-33 (Industrias manufactureras), el cual contribuye al 34.87% del PIB nacional, se encuentra compuesto por un 17% del sector eléctrico.

La presente afirmación es de gran importancia, ya que en caso de un crecimiento productivo de la economía nacional, se presentaría una ineficiencia y desabasto de los insumos interindustriales si el sector eléctrico es abandonado, o, en su caso, se podría experimentar un aumento en los precios del servicio al depender de los precios internacionales, tales como el abastecimiento de gas natural de importación o la adquisición de energía eléctrica a inversionistas privados.

A partir del análisis de insumo-producto (input-output), los multiplicadores totales de empleo  $[m(E)_j]$  evidencian que, de haber un incremento de la demanda final de \$1 millón de pesos (MXN), los sectores más reactivadores de la ocupación en México serían 81 (Otros servicios, excepto actividades gubernamentales), 11 (Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza), 56 (Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación) y 46 (comercio al por menor). En especial, los primeros dos sectores del ranking (81 y 11) estimularían aproximadamente 13 y 10 lugares de ocupación, ante dicho aumento de la demanda.

En cuanto a los multiplicadores de empleo tipo I  $[m(E)_j^I]$ , se puede observar que, al incrementar en tasas de ocupación, los subsectores que generan indirectamente más empleo en los demás son 55 (Corporativos), 52 (Servicios financieros y de seguros), 21 (Minería) y 22 (Generación, transmisión y

distribución de energía eléctrica, suministro de agua y gas). Por ejemplo, un incremento de 2 mil vacantes laborales en el sector 55 generaría  $[(2000) \cdot (4.3698) \approx 8740]$  6 mil 740 empleos indirectos en los demás.

De acuerdo con los multiplicadores de ingreso  $[m(H)_j]$  con un coeficiente superior, se constató que los subsectores que podrían propiciar la estimulación de las remuneraciones en la economía mexicana son 61 (Servicios educativos), 93 (Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales), 56 (Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación) y 62 (Servicios de salud y de asistencia social). En cambio, los subsectores que lo intensifican de manera indirecta son 43 (Comercio al por mayor), 31-33 (Industrias manufactureras), 51 (Información en medios masivos) y 21 (Minería), acorde con los multiplicadores de ingreso tipo I  $[m(H)_j^I]$ .

En términos generales, esta herramienta plantea un análisis intersectorial que podría ser fundamental para incentivar las actividades económicas que contribuyan a la reducción de la desigualdad y la PEE de los hogares en México.

En conclusión, la pobreza de la energía eléctrica es una propuesta que surge como una disyuntiva para abordar los problemas de pobreza multidimensional desde el núcleo de la capacidad de consumo de insumos relacionados con la electricidad. La presente propuesta posibilita la identificación de grupos poblacionales con mayores carencias energéticas, estima la “*movilidad social*” ante los cambios de los precios de la energía eléctrica y facilita el análisis sobre el grado de eficiencia de los proyectos sociales destinados al combate a la pobreza.

Abordar los problemas que afectan al desarrollo de oportunidades de los hogares de manera focalizada y directa, mediante una perspectiva integral, podría propiciar un conjunto de políticas y estímulos orientados al cumplimiento de los satisfactores que caracterizan a nuestra sociedad de manera más eficiente.

## **FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN**

Algunos aspectos relevantes que podrían ser abordados por nuevos estudios de investigación, se encuentran relacionados con la parte de los procesos productivos. En vista de ello, al analizar detalladamente las herramientas de insumo producto, para cada una de las localidades con mayores índices de pobreza, sería factible establecer medidas más eficientes en función a las necesidades de los hogares. Esto proporcionaría una prueba empírica de gran ayuda para los creadores de políticas sociales y proyectos de inversión pública.

La evaluación de los estilos de vida en cada una de las localidades con dificultades de pobreza, posibilitará la realización de un análisis más preciso y detallado de los efectos multiplicadores (directos e indirectos) de las variables: empleo, ingreso, producto, impuestos, importaciones, exportaciones, entre otros. Teniendo en cuenta que los niveles de PEE extrema se inclinan fuertemente hacia las localidades rurales situadas en el sur del país, un estudio centrado en describir el papel de la energía eléctrica sobre la falta de competitividad regional, podría aclarar el camino para impulsar su desarrollo.

Otra cuestión, que podría resultar relevante, está relacionada con el ámbito intergeneracional y sus implicaciones sobre aspectos sociales y económicos. Como se ha evidenciado, la energía eléctrica se encuentra vinculada de manera firme con matices que caracterizan a la sociedad actual; su ausencia complicaría el desarrollo y provocaría un aumento en los problemas de pobreza. Asimismo, la limitación de los recursos naturales nos obliga a explorar a fondo nuevas formas de producir, distribuir y consumir los recursos energéticos, así como las áreas de oportunidad que estas presentan.

En consecuencia, la estimación del crecimiento (decremento) de los niveles de producción y consumo de energía eléctrica posibilitaría la identificación de ciertas dificultades productivas de las próximas generaciones.

Ahora bien, las tecnologías para la generación de energía renovable evolucionan cada día, lo que permite reducir los desechos ambientales sin descuidar el

producto energético. A medida que aumente la transición energética hacia la sustentabilidad, los países con más recursos mantendrán entornos más saludables. En este contexto, los índices de pobreza deberían incluir a aspectos medioambientales, ya que la calidad de vida de las personas mejorará en relación con sus buenas prácticas. Por ejemplo, al comparar dos localidades que tengan niveles de producción energética similares, si uno produce mediante tecnologías sostenibles y otro mediante la quema de combustibles fósiles, los individuos que experimenten un deterioro ambiental se encontrarán en situaciones de privación asociadas a la salud; lo que relacionaría la pobreza de la energía eléctrica con los índices de sustentabilidad.

Los argumentos anteriores señalan, de manera general, la importancia de desarrollar nuevos trabajos que, de algún modo, integren las dimensiones de pobreza de la energía eléctrica (PEe) con aspectos intergeneracionales y medioambientales, así como la construcción de proyectos enfocados exclusivamente a las regiones más afectadas del país.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABD (2017). India and ADB: A Broad Partnership sets Priorities for the New Millennium. Asian Development Bank.
- Agresti A. (2007). An introduction to categorical data analysis. USA, WILEY-Interscience, second edition.
- Aguilera (2011). Evaluación de proyectos: orientaciones para su aplicación. Universidad de Concepción (UdeC), Departamento de economía. Uruguay.
- Altimir Oscar (1979). La Dimensión de la Pobreza en América Latina. Chile, Cuadernos de la CEPAL.
- Análisis de conglomerados (2020). Capítulo 21, recuperado de <http://halweb.uc3m.es>, última revisión, Mayo de 2020.
- Arias Miguel (2018). Regresión ordinal y sus aplicaciones. España, Universidad de Sevilla.
- Arranz y Zamora (2020). Análisis de autocorrelación. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/67794723/Analisis-de-autocorrelacion-J-M-Arranz-M-M-Zamora>, última revisión Mayo 2020.
- Banco mundial (2019). Entendiendo la pobreza. BIRF, AIF. Bancomundial.org.
- Banco mundial (2021). Informes sobre el Desarrollo Mundial 2000/2001: luchando contra la pobreza. Banco Mundial, Madrid, 2001.
- Boardman (1991). Fuel poverty: from cold homes to affordable warmth, London & New York, Belhaven Press.

- B. Boardman, Fixing fuel poverty: Challenges and solutions. United Kingdom, Taylor and Francis.
- Brennan (2012). Fuel Poverty: Perspectives from the front line. United Kingdom, The University of Sheffield.
- CEFPE (2018). Manual de Procedimiento para la Presentación y Registro de Programas y Proyectos de Inversión en la Cartera de SHCP. México, Centro de Estudios de las Finanzas Públicas.
- CEPAL (2018). Medición de la pobreza por ingresos, actualización, metodología y resultados, Metodologías de la CEPAL, N° 2 (LC/PUB.2018/22-P), Santiago, 2018.
- CFE (2017). Usuarios y consumo de electricidad por municipio (2010-2017). México, Gobierno de México.
- CFE (2020). Reporte financiero trimestral 2020. México, Comisión Federal de Electricidad.
- CNH (2018). Estadísticas de petróleo y gas. México, Comisión Nacional de Energía.
- Cohen y Franco (1988). Evaluación de proyectos sociales. Buenos Aires, Argentina, GEL, Colección de Estudios Políticos y Sociales.
- ComAct (2021). Overview report on the energy poverty concept: energy poverty in the private-owned, multi-family environment. Europe Union's Community Tailored Actions for Energy Poverty Mitigation.
- CONAPO (2010). Índices de Desarrollo Humano. México, Consejo Nacional de Población.

- CONECC (2018). Mejorando y Refocalizando los subsidios a la electricidad: opciones para su optimización en México. México, Alianza energética entre México y Alemania.
- CONEVAL (2010). Lineamientos y criterios generales para la definición, identificación y medición de la pobreza, México, Diario oficial de la federación.
- CONEVAL (2012). Evolución y determinantes de la pobreza en las principales ciudades de México. México.
- CONEVAL (2019). Metodología para la medición multidimensional de la pobreza en México (tercera edición), Ciudad de México: CONEVAL, 2019.
- CONEVAL (2023). Informe de evaluación de la política de desarrollo Social 2022, resumen ejecutivo. México.
- CRE (2018). Tarifas Finales de Suministro Básico. México, Comisión Reguladora de Energía.
- CRE (2022). Memoria de cálculo de la tarifa de Operación del Suministrador de Servicios Básicos 2022. México, Comisión Reguladora de Energía.
- Department for Business, Energy & Industrial Strategy (2019). Consultation on the Fuel Poverty Strategy for England. London, UK Fuel Poverty Strategy Team.
- Durbin and Watson (1951). Testing for Serial Correlation in Least Squares Regression volume II. Department of Applied Economics, University of Cambridge.

- ENIGH (2016). Encuesta Nacional de Ingreso de los Hogares. México, INEGI.
- ENIGH (2018). Encuesta Nacional de Ingreso de los Hogares. México, INEGI.
- Espluga Trenc (2017). The Social Dimensions of the Perception of Nuclear Energy: An analysis of the Spanish case (1960-2015). España, Revista Internacional de Sociología.
- Feng K. (2018). Efectos distributivos de los impuestos a la energía y de la eliminación de los subsidios energéticos en América Latina y el Caribe. Estados Unidos, Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- FOTEASE (2016). Informe Cero del Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía. México, SENER.
- FOTEASE (2017). Informe Uno del Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía. México, SENER.
- FOTEASE (2019). Informe Tres del Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía. México, SENER.
- Gaceta Parlamentaria (2021). Iniciativa de Ejecutivo federal para reformar los artículos 25, 27 y 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia energética. México, Cámara de Diputados LXV Legislatura.
- García (2010). “Hacia una perspectiva de la sustentabilidad energética en México, El Colegio de México.

- García (2011). Pobreza energética y cambio climático: una propuesta metodológica para el análisis de la relación entre energía, pobreza y medio ambiente. Colegio de México, Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales. México.
- García (2013). Household Energy Poverty and the Method for Meeting Absolute Energy Needs. México.
- García (2016). Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional. Economía, Sociedad y Territorio, vol. XVI, núm. 51. México.
- García Ochoa (2014). Pobreza energética en América Latina. Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- GIZ (2017). Eliminando Progresivamente Subsidios Ineficientes a los Combustibles Fósiles: México y Alemania en el proceso de revisión por pares de G20. México, Alianza energética entre México y Alemania.
- Gonzáles Pablo (2000). Fallas de Mercado y Políticas Públicas: aplicación a las políticas sociales. Chile, CIEPLAN, serie docente n° 22.
- González Eguino. (2014). La pobreza energética y sus implicaciones. España, Low Carbon programme.
- Hosmer and Lemeshow (2000). Applied Logistic Regression. A Wiley-Interscience, Publication: JOHN WILEY AND SONS, INC. Canada, 2000.
- IBM (2013). IBM SPSS Regression 22. USA, International Business Machines Corp.

- IBM (2020). IBM Knowledge Center. Estados Unidos. Recuperado de: <https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/>
- IEA (2016). Fossil Fuel Subsidy Reform in Mexico and Indonesia. France, International Energy Agency, partner country series.
- IEA (2022). World Energy Outlook 2022. Paris, International Energy Agency.
- IIEG (2021). Consulta Interactiva: Empleo formal (IMSS). México, Instituto de Información estadística & Geográfica de Jalisco.
- INAFED (2011). Sistema Nacional de Información Municipal. México, SEGOB.
- INEGI (2013). Matriz de Insumo-Producto. Sistema de Cuentas Nacionales de México: fuentes y metodologías, año base 2013. México.
- INEGI (2019). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Sistema de cuentas nacionales: Matriz insumo-producto, 2013. México.
- INEGI (2020). Censo Económico de Población y Vivienda. México.
- INPC (2018). Índice Nacional de Precios al Consumidor. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). México.
- Introducción al análisis de datos categóricos (2019). Tema 1, recuperado de <http://halweb.uc3m>, última revisión septiembre 2019.
- Kleinbaum, Kupper, Muller and Nizam (1988). Applied Regression Analysis and Other Multivariable Methods. Duxbury Press. University of Michigan.

- Leal (2010). Análisis de costo – beneficio de regulaciones ambientales. Colombia, CEPAL.
- Lewis. (1982). Fuel Poverty Can Be Stopped, Bradford, National Right to Fuel Campaign.
- LGCC (2012). Ley General de Cambio Climático. Diario Oficial de la Federación, Cámara de Diputados del H. México, Congreso de la Unión.
- Lipton Davis (2013), Reforma de los subsidios a la energía: El camino por delante. Fondo Monetario Internacional: discursos. 2013.
- Martell (2016). Revisión teórica de la trampa de pobreza y divergencia económica entre las entidades federativas de México. México, El Colegio de la Frontera Norte.
- Max-Neef Manfred (1991). Human Scale Development: conception, application and further reflections. New York & London, the Apex Press.
- Miller y Blair (2009). Input-Output Analysis: Foundations and Extensions. New York, Cambridge University Press.
- Mokate, Karen, 2001, "Eficacia, eficiencia, equidad y sostenibilidad: ¿Qué queremos decir?", Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, D. C.
- Nieves (2001). Los precios Sombra en España a partir del análisis INPUT-OUTPUT. Barcelona, Universidad Autónoma de Barcelona: Departamento de economía Aplicada.
- OIT (2003). Superar la pobreza mediante el trabajo. Ginebra, Oficina Internacional del Trabajo.

- OMC (2006). Acuerdo sobre Subsidios y Medidas Compensatorias (ASMC). Organización Mundial del Comercio.
- OMS (2022). "Fact Sheets: Household Air Pollution." Geneva: World Health Organization.
- Parra (2018). Recursos naturales energéticos y desarrollo sostenible: el papel de los combustibles fósiles en el flujo de materiales y la economía colombiana. Madrid, Universidad Complutense de Madrid.
- Pearce Neil. (1996). Traditional epidemiology, modern epidemiology, and public health. New Zealand American journal of public health.
- PEM (2014). Perspectiva energética mundial. México, Energía a debate.
- Peña (2002). Análisis de Datos Multivariantes. España, University Carlos III de Madrid.
- Pérez (2004). Técnicas de Análisis Multivariante de Datos: Aplicaciones con SPSS. Madrid, Prentice Hall, Pearson.
- PNUD (2011). Equidad del gasto público: derechos sociales universales con subsidios focalizados. Informe sobre Desarrollo Humano. México, Medio siglo en México.
- PNUD (2015). Índice de Desarrollo Humano para las entidades federativas, México 2015: avance continuo, diferencias persistentes. México, PNUD.
- PNUD (2016). Informe sobre Desarrollo Humano México 2016: desigualdad y movilidad. México, PNUD.
- PNUD (2018 a). Informe de Desarrollo Humano 2018. Estocolmo, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

- PNUD (2018 b). Human Development Indices and Indicators 2018. Statistacl Update.
- PNUD (2022, a). Informe de Desarrollo Humano Municipal 2010-2020: una década de transformaciones locales en México, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Ciudad de México, 2022.
- PNUD (2022, b). Informe sobre Desarrollo Humano 2021/2022: tiempos inciertos, vidas inestables: configurar nuestro futuro en un mundo en transformación, Nueva York, 2022.
- Ponce Juan (2008). Políticas sociales y programas de transferencia monetaria condicionada en América Latina.
- PROFECO (2018, a). Pantallas: una forma diferente de ver televisión. México, Procuraduría Federal del Consumidor, Gobierno de México.
- PROFECO (2018, b). Electrodomésticos y La Eficiencia Energética: inventario de bienes muebles, 2018. México, Procuraduría Federal del Consumidor, Gobierno de México.
- Raczynski Dagmar (1995). Estrategias para combatir la pobreza en América Latina: diagnóstico y enseñanzas de política. Chile, Red de Centros de investigación Aplicada.
- Reddy (2000) Energy and Social Issues. In Energy and Challenge of Sustainability. New York, World Energy Council and UNEP.
- Rocha (2013). Metodología General de Formulación y Evaluación Económica de Proyectos de Inversión Pública. Uruguay, CONVENIO OPP-

FCEyA (UdelaR): Fortalecimiento del Sistema Nacional de Inversión Pública.

- Rowntree (1901). Poverty. The study of town life. Macmillan. London.
- Salaet (2014). Agotamiento de los combustibles fósiles y emisiones de CO2: Algunos posibles escenarios futuros de emisiones. Barcelona, Revista Galega de Economía, vol. 19, núm.1.
- Sen, Amartya (1981). "Poverty and famines: An Essay on Entitlement and deprivation", OIT, Oxford.
- Sen, Amartya (1992). Inequality Reexamined. New York, Cambridge, Harvard University.
- Sen. Amartya (1999). Desarrollo y libertad. Editorial planeta.
- SENER (2014). Prospectiva de Gas Natural y Gas LP. 2014-2028. México, Secretaria de Energía.
- SENER (2016 a). Reporte de Avance de Energías Limpias. México, Secretaria de Energía.
- SENER (2016 b). Informa pormenorizado sobre el desempeño y las tendencias de la industria eléctrica nacional 2015. México, Secretaría de Energía.
- SENER (2017 a). Balance Nacional de Energía 2017. México, Secretaría de Energía.
- SENER (2017 b). Informa pormenorizado sobre el desempeño y las tendencias de la industria eléctrica nacional 2016. México, Secretaría de Energía.

- SENER (2017 c). Proyecto Nacional de Eficiencia Energética en Alumbrado Público Municipal (Proyecto Nacional). México, Secretaría de Energía.
- SENER (2022). Informa pormenorizado sobre el desempeño y las tendencias de la industria eléctrica nacional 2020. México, Secretaría de Energía.
- SENER (2023). Informa pormenorizado sobre el desempeño y las tendencias de la industria eléctrica nacional 2021. México, Secretaría de Energía.
- SHCP (2022). Distribución del pago de impuestos y recepción del gasto público por deciles de hogares y personas. Resultados para el año 2020. México, Secretaria de Hacienda y Crédito Público.
- SIE (2021). Sistema de Información Energética. México, SENER.
- SNIP (2013). Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión. Uruguay, Sistema Nacional de Inversión Pública.
- Townsend, Peter (1962). "The Last Refuge", Conceptualising poverty, the international analysis of Poverty. London.
- Trejo G (1993). Contra la Pobreza: por una estrategia de política social. México, Centro de Investigación para el Desarrollo (CIDAC).
- UNICEF (2015). Informe sobre la equidad del gasto público en la infancia y la adolescencia en México. México, PNUD.
- USAID (2014). Metodología para el Análisis Costo – Beneficio Social y Ambiental para usos de la Tierra en México. Alianza México REDD+.

- Vélez (2015). El concepto de movilidad social: dimensiones, medidas y estudios en México. México, ESRU.
- Veredera Francisco (2007), La pobreza en el Perú: un análisis de sus causas y de las políticas para enfrentarla. Perú, Editorial IEP.
- Victor, D. 2009. The Politics of Fossil-Fuel Subsidies Scholarly Paper ID 1520984. Winnipeg, Canada: International Institute for Sustainable Development.
- World Bank (2023). Indicadores de Desarrollo Mundial. World Bank Group.
- Zhang (2011). Distributional Impact Analysis of the Energy Price Reform in Turkey. Europe and Asia Central, The World Bank, Office of the Chief Economist.

## ANEXO I. ESTIMACIÓN DE UN MODELO LÓGISTICO MULTINOMIAL

Llegados a este punto, corresponde analizar el método para calcular los estimadores muestrales de los parámetros ( $\beta_{ji}$ ) del modelo, los cuales determinan la variabilidad en la probabilidad por unidad de cambio en las distintas covariables observadas  $x_i$ . Esto último, puede ser interpretado en la curva (S) dado que si la curva asciende, el signo de  $\beta$  será mayor que cero, mientras que si es menor que cero, desciende.

Ahora bien, como señalan Hosmer and Lemeshow (2000), en la regresión lineal, el método más utilizado para estimar parámetros desconocidos es el de mínimos cuadrados<sup>28</sup>. No obstante, este método no maneja las mismas propiedades para un modelo de respuesta categórica, ya que se basa en argumentos geométricos con el objeto de minimizar; lo cual establece restricciones en cuanto a las características de las variables explicativas. Por lo tanto, para evitar restricciones en relación con las variables predictoras, es recomendable emplear una metodología que maximice la probabilidad.

En particular, el método de máxima verosimilitud identifica valores para los parámetros ( $\beta_{ji}$ ) que maximizan la probabilidad de obtener una categoría de respuesta ( $\pi_j$ ) ante la observación de datos dependientes de dichos parámetros. Por consiguiente, será necesario establecer la función de verosimilitud a partir de los términos del modelo logístico (ya establecidos hasta el momento), considerando que las variables explicativas son independientes entre sí, tal como se muestra a continuación:

$$l(\beta) = \prod_{i=1}^n \pi_1(x_i)^{Y_1(x_i)} \pi_2(x_i)^{Y_2(x_i)} \dots \pi_J(x_i)^{Y_J(x_i)} = \prod_{i=1}^n \pi_j(x_i)^{Y_j(x_i)} \pi_J(x_i)^{Y_J(x_i)}$$

De este modo, al aplicar el logaritmo natural se obtiene:

---

<sup>28</sup> En este método, se seleccionan los valores de  $\beta$  que minimizan la suma de desviaciones al cuadrado de los valores observados de Y para los valores predichos basados en el modelo, Hosmer and Lemeshow (2000).

$$Lnl(\beta) = \sum_{i=1}^n \{Y_j(x_i)Ln[\pi_j(x_i)] + Y_j(x_i)Ln[\pi_j(x_i)]\}$$

Reemplazando por las equivalencias<sup>29</sup> obtenidas en el apartado anterior:

$$Lnl(\beta) = \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^{J-1} Y_j(x_i)Ln \left[ \frac{e^{z_{ji}}}{1 + e^{\sum_{i=0}^n z_{ji}}} \right] + Y_J(x_i)Ln \left[ \frac{1}{1 + e^{\sum_{i=0}^n z_{ji}}} \right] \right\}$$

Al aplicar las leyes logarítmicas:

$$\begin{aligned} Lnl(\beta) &= \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^{J-1} Y_j(x_i)Lne^{z_{ji}} - \sum_{j=1}^{J-1} Y_j(x_i)Ln(1 + e^{\sum_{i=0}^n z_{ji}}) - Y_J(x_i)Ln(1 + e^{\sum_{i=0}^n z_{ji}}) \right\} \\ &= \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^{J-1} Y_j(x_i)Lne^{z_{ji}} - \left[ \sum_{j=1}^{J-1} Y_j(x_i)Ln(1 + e^{\sum_{i=0}^n z_{ji}}) + Y_J(x_i)Ln(1 + e^{\sum_{i=0}^n z_{ji}}) \right] \right\} \end{aligned}$$

Como resultado, la función de verosimilitud se traduce en:

$$L(\beta) = Lnl(\beta) = \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^{J-1} Y_j(x_i)z_{ji} - \sum_{j=1}^J Y_j(x_i)Ln(1 + e^{\sum_{i=0}^n z_{ji}}) \right\}$$

Finalmente, para obtener los máximos verosímiles de los parámetros de la función logística, será necesario evaluar la derivada parcial con respecto a los parámetros de la función de verosimilitud ( $\beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_nx_n$ ) e igualarlos con cero; y de esta forma, resolver las  $n + 1$  ecuaciones con  $n + 1$  incógnitas.

$$\frac{\partial L}{\partial \beta_0} = \sum_{i=1}^n \left[ \sum_{j=1}^{J-1} Y_j(x_i) - \sum_{j=1}^J Y_j(x_i) \left( \frac{e^{z_{ji}}}{1 + e^{\sum_{i=0}^n z_{ji}}} \right) \right] = \sum_{i=1}^n [Y_j(x_i) - \pi_i(x_i)] = 0$$

<sup>29</sup> Tome en cuenta que  $z_{ji}$  se refiere a los coeficientes de estimación dependientes de las variables explicativas ( $\alpha_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_nx_n$ ).

$$\frac{\partial L}{\partial \beta_1} = \sum_{i=1}^n \left[ \sum_{j=1}^{J-1} Y_j(x_i) \cdot x_1 - \sum_{j=1}^J Y_j(x_i) \cdot x_1 \left( \frac{e^{z_{ji}}}{1 + e^{\sum_{i=0}^n z_{ji}}} \right) \right] = \sum_{i=1}^n [Y_j(x_i) - \pi_i(x_i)] \cdot x_1 = 0$$

⋮

$$\frac{\partial L}{\partial \beta_n} = \sum_{i=1}^n \left[ \sum_{j=1}^{J-1} Y_j(x_i) \cdot x_n - \sum_{j=1}^J Y_j(x_i) \cdot x_n \left( \frac{e^{z_{ji}}}{1 + e^{\sum_{i=0}^n z_{ji}}} \right) \right] = \sum_{i=1}^n [Y_j(x_i) - \pi_i(x_i)] \cdot x_n = 0$$

Esto significa que lo anterior puede representarse de la siguiente manera (de forma generalizada):

$$\frac{\partial L}{\partial \beta_{ji}} \sum_{i=1}^n [Y_j(x_i) - \pi_i(x_i)] \cdot x_{ni} = 0$$

Al utilizar la notación de matrices, el modelo general se puede establecer como:

$$\nabla_{\beta} L(\beta) = [Y_j(x_i) - \pi_i(x_i)] \cdot x_i$$

En consecuencia, la matriz Hessiana se logra al derivar de forma parcial, nuevamente con respecto a  $\beta_{ji}$  la matriz anterior, tal como:

$$\begin{aligned} H &= \frac{\partial}{\partial \beta_{ji}} \nabla_{\beta} L(\beta) = \frac{\partial}{\partial \beta_{ji}} \{ [Y_j(x_i) - \pi_i(x_i)] \cdot x_i^T \} = -x_i^T \cdot \frac{\partial}{\partial \beta_{ji}} \pi_i(x_i) \\ &= -x_i^T \left[ \frac{x_i e^{z_{ji}}}{(1 + e^{\sum_{i=0}^n z_{ji}})^2} \right] = -x_i^T \left[ \frac{x_i e^{z_{ji}}}{1 + e^{\sum_{i=0}^n z_{ji}}} \right] \left[ \frac{1}{1 + e^{\sum_{i=0}^n z_{ji}}} \right] = -x_i^T [\pi_j(x_i) \cdot \pi_j(x_i)] x_i \end{aligned}$$

$$H = -x_i^T W x_i$$

Donde  $W$  es la matriz diagonal compuesta por los elementos  $\pi_j(x_i) \cdot \pi_j(x_i)$  para cualquier valor de  $j = 1, 2, \dots, J - 1$  e  $i = 1, 2, \dots, n$

$$W = \begin{pmatrix} \pi_1(x_i)[1 - \pi_1(x_i)] & \dots & \dots & 0 \\ 0 & \pi_2(x_i)[1 - \pi_2(x_i)] & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \dots & \pi_j(x_i)[1 - \pi_j(x_i)] \end{pmatrix}$$

No obstante, un sistema de ecuaciones como este no puede resolverse de forma lineal para obtener los parámetros. Por consiguiente, se requiere usar un método numérico, el cual nos permita obtener aproximaciones del valor de las raíces para los coeficientes de estimación.

El método de Newton-Raphson es ideal para encontrar valores cercanos a la raíz a través de iteraciones numéricas, ya que, en general, es muy eficiente y siempre converge para una función polinomial. Dicho con palabras de Espinosa y Vázquez (2016), en esencia la técnica de Newton Raphson consiste en el uso de rectas tangentes y permite usar únicamente un punto inicial cercano a la raíz, sin requerir cosas adicionales dentro de la vecindad donde se encuentra; por lo general se inicia con una estimación de  $x$  que se denota como  $x_0$ , de tal manera que si esta se encuentra cerca de  $f'(x)$  entonces  $x$  será casi igual a  $x_1$  cuando esta última es la raíz de la línea tangente. Lo anterior puede expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$\tan\theta_n = f^n(x_n) = \frac{0 - f'(x_n)}{x_{n+1} - x_n}$$

Al despejar  $x_{n+1}$  de la ecuación, se obtiene:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f'(x_n)}{f''(x_n)} \quad \forall n = 0, 1, 2, \dots$$

Y en nuestro contexto:

$$\hat{\beta}^{Nuevo} = \hat{\beta}^{Previo} - \frac{f'(\beta)}{f''(\beta)}$$

Como podemos apreciar, este método de programación no lineal es un método de aproximación iterativa que se fundamenta en aproximaciones de la función a optimizar, mediante el desarrollo en serie de Taylor de grado 1. Si consideramos que la primera derivada parcial covariante  $f'(\beta)$  se refiere a la matriz  $\nabla_{\beta}L(\beta)$  (vector gradiente del logit de la función de verosimilitud), mientras que la segunda derivada parcial covariante  $f''(\beta)$  se refiere a la matriz Hessiana  $H = -x_i^T W x_i$ , la función que conduce a la aproximación del valor óptimo, a partir de una maximización de los parámetros ( $\hat{\beta}$ ), sería:

$$\begin{aligned}\hat{\beta}^{Nuevo} &= \hat{\beta}^{Previo} - \frac{\nabla_{\beta}L(\beta)}{H} = \hat{\beta}^{Previo} - H^{-1}\nabla_{\beta}L(\beta) \\ &= \hat{\beta}^{Previo} + (x_i^T W x_i)^{-1}[Y_j(x_i) - \pi_i(x_i)] \cdot x_i^T\end{aligned}$$

Sin embargo, para llevar a cabo este tipo de análisis iterativo, se aconseja emplear software especializado o paquetes estadísticos, ya que mejoran la interpretación de los resultados que proporcionan.

## **ANEXO II. SIGNIFICACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS PARÁMETROS**

A llevar a cabo la estimación del modelo mediante la valoración de los parámetros, resulta conveniente examinar la significación estadística de cada una de las variables explicativas, lo que podría propiciar la obtención de un modelo ajustado. De acuerdo con Hosmer and Lemeshow (2000), un enfoque para evaluar la relevancia del coeficiente de una variable en cualquier modelo se relaciona con la siguiente pregunta: ¿El modelo que incluye la variable en cuestión nos proporciona más información acerca de la variable de resultado que un modelo que no incluye dicha variable? Esta pregunta se responde mediante la comparación de los valores observados de la variable de respuesta con los pronosticados por cada uno de los dos modelos, donde el primero albergará la variable en cuestión y el segundo no.

Lo anterior implica que la variable  $x$  será más significativa en cuanto mayor sea el gradiente que existe al comparar un modelo que incluye dicha variable con otro que no la incluye.

Para evaluar la significación estadística de las variables explicativas en un modelo de regresión logística, se pueden aplicar dos métodos:

1. Test de la Razón de Verosimilitud.
2. Prueba sobre el estadístico de Wald.

En relación con el primer punto, el test establece una relación entre dos modelos de regresión logística; de esta forma, el modelo completo es comparado con un submodelo (modelo reducido). Este tipo de prueba se fundamenta en el análisis de la regresión lineal, donde un valor elevado en comparación con la suma de los cuadrados de los valores observados y los pronosticados sugiere que la variable independiente es significativa y resulta útil para predecir la respuesta. A la par, el Test de Razón de Verosimilitud compara los valores de respuesta con los pronosticados mediante la función de probabilidad, de la siguiente manera:

$$-2\log L(\hat{\beta}) = -2\log \text{verosimilitud} = -2\text{Ln} \left[ \frac{\text{verosimilitud de modelo reducido}}{\text{verosimilitud de modelo completo}} \right]$$

Con el fin de ilustrar lo anteriormente expuesto, se proponen dos modelos  $[M_1, M_2]$ , de tal modo que  $M_2$  tenga una mejor bondad de ajuste que  $M_1$ . Además, el primero comprende dos variables explicativas ( $x_1$  y  $x_2$ ) y el segundo comprende tres ( $x_1, x_2$  y  $x_3$ ). Por consiguiente, las funciones logísticas serán las siguientes:

$$P_{M_1}(Y = 1) = \text{logit}_{M_1}[\pi_1(x_i)] = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2$$

$$P_{M_2}(Y = 1) = \text{logit}_{M_2}[\pi_1(x_i)] = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3$$

Como resultado, si  $M_2$  se ajusta con mayor precisión que  $M_1$ ,  $\text{logit}_{M_1}$  debe ser mayor que  $\text{logit}_{M_2}$ . Por consiguiente, se deben cumplir las siguientes propiedades:

$$\frac{\text{logit}_{M_1}}{\text{logit}_{M_2}} \simeq 0$$

$$\ln \frac{\text{logit}_{M_1}}{\text{logit}_{M_2}} \simeq -\infty$$

$$-2 \ln \frac{\text{logit}_{M_1}}{\text{logit}_{M_2}} \simeq +\infty$$

Teniendo en cuenta lo anterior, podemos interpretar que la hipótesis nula es aquella donde el valor del parámetro ( $\beta_i$ ) sea equivalente a cero [ $H_0: \beta_i = 0$ ]. En otras palabras, cuanto mayor sea  $-2 \log L(\hat{\beta})$ , más en contra de la hipótesis nula ( $H_0$ ) se encontrarán los parámetros del modelo. En cambio, la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) es aquella donde el parámetro es igual a la unidad [ $H_1: \beta_i = 1$ ].

El segundo punto, por su parte, se refiere a la prueba del estadístico de Wald. Al igual que el test de razón de verosimilitud, el estadístico de Wald puede observar la inferencia estadística de los parámetros, sin embargo, presenta una limitante en cuanto a que solo puede ser utilizado sobre un único parámetro; mientras que el test de razón de verosimilitud puede comparar diversas extensiones en el modelo reducido.

El estadístico de Wald se obtiene al comparar la estimación de probabilidad máxima del parámetro ( $\beta_i$ ) con una estimación de su error estándar, Hosmer and Lemeshow (2000). En este contexto, el test de Wald se fundamenta en la normalidad asintótica de los estimadores al evaluar la distancia entre lo observado y lo esperado. Por consiguiente, este criterio se establece a partir de la razón existente entre las estimaciones máximas verosímiles de los parámetros ( $\beta_i$ ) y la desviación estándar de los mismos, de la siguiente forma:

$$W = \frac{\hat{\beta}_i}{s_{\hat{\beta}_i}} \quad (\text{normal bajo } H_0)$$

$$W^2 = \left( \frac{\hat{\beta}_i}{S_{\hat{\beta}_i}} \right)^2 \quad (j_i - \text{cuadrado con 1 gl})$$

Por lo tanto, el contraste de hipótesis es:

$$H_0: \beta_i = 0 \qquad H_\alpha: \beta_i \neq 0$$

En otras palabras, se rechazará la hipótesis nula con una significancia de  $1 - \alpha$ , si  $W \geq x^2$ .

### **ANEXO III. BONDAD DE AJUSTE DEL MODELO**

Para corroborar que un modelo se ajusta de manera eficaz a los datos utilizados para estimarlo, es necesario emplear medidas de bondad de ajuste. En otras palabras, una vez que hemos calculado los parámetros del modelo, nos corresponde determinar cuán bueno es este o cuán efectivo es para explicar la variable dependiente; ya que existe la posibilidad de haber generado un modelo con muchas variables independientes (saturado) con falta de sencillez explicativa o, en su caso, un modelo no ajustado con fácil interpretación.

En un modelo que se ajusta de manera adecuada, es aquel donde la distancia de las medidas de resumen de las variables predichas (valores ajustados) es pequeña, Hosmer and Lemeshow (2000). Es relevante destacar que en la regresión lineal, así como en los diagnósticos para el efecto caso por caso sobre el ajuste, se trata con funciones de un residuo definido como la diferencia entre el valor observado y el ajustado.

En relación con los modelos de regresión logística, existen diversas técnicas para evaluar la distancia entre los valores observados y ajustados, entre las cuales podemos destacar:

1. La prueba de bondad de ajuste de desviación. Esta prueba evalúa la distancia entre el logaritmo de la función de verosimilitud del modelo saturado y el modelo con el que se está trabajando. De esta manera, un

valor reducido de la desviación indica que, para un número menor de parámetros, se obtiene un ajuste tan bueno como se ajusta al modelo saturado, Arias (2018).

La desviación ( $D$ ) puede describirse como una suma de los elementos de la desviación:

$$D = \sum_{j=1}^J d(y_i, \hat{\pi}_j)^2$$

Para comprender lo anterior, podemos inferir que si el  $p$  valor para la bondad de ajuste es inferior al nivel de significancia, las probabilidades pronosticadas se desvían de las probabilidades observadas.

2. Prueba chi-cuadrado de Pearson. Esta prueba evalúa el grado de correlación entre los datos observados y los valores teóricos obtenidos, al llevar a cabo la regresión logística. La ecuación para este estadístico es la siguiente:

$$x^2 = \sum_{j=1}^J r(y_i, \hat{\pi}_j)^2$$

Para realizar el contraste de hipótesis, debemos tener en cuenta que cuanto mayor sea el valor de  $x^2$ , se aleja de aceptar la hipótesis nula. En otras palabras, se rechaza la  $H_0$  con un nivel de significancia  $\alpha$  cuando el  $p$  valor  $\leq \alpha$ .

## **ANEXO IV. CALIDAD DE AJUSTE**

Los métodos de calidad de ajuste se utilizan con frecuencia en la elaboración de modelos estadísticos con el objeto evaluar la fiabilidad de los predictores. Estas herramientas evalúan qué tan relacionados se encuentran los estimadores de la

variable dependiente, a través de la pregunta ¿Qué tan cerca o lejano se encuentra coeficiente Pseudo-R<sup>2</sup> de cero o de uno?

Para responder a lo anterior, podemos utilizar los coeficientes Pseudo-R<sup>2</sup> de Cox-Snell, Nagelkerke y/o Mc-Fadden.

En primer lugar, el coeficiente de Cox-Snell se genera a partir de un análisis de residuos categóricos mediante la función de verosimilitud. Este coeficiente se emplea para determinar la proporción de varianza de la variable de respuesta por parte de las variables explicativas. La evaluación requiere comparar el logit de la verosimilitud del modelo nulo (creado por un solo término constante) con otro modelo (saturado) que se ajuste con todos los parámetros. Es importante mencionar que este coeficiente tiene un valor teórico máximo menor a 1, incluso para un modelo “perfecto”. Lo anterior puede definirse de la siguiente manera:

$$R_{Cox-Snell}^2 = 1 - \left[ \frac{-2\log L(z_{j0})}{-2\log L(\sum_{i=0}^n z_{ji})} \right]^{\frac{2}{n}}$$

En segundo lugar, el coeficiente de Nagelkerke es una versión mejorada del factor de Cox-Snell, en el cual el coeficiente de Cox-Snell es fraccionado por el logit de la verosimilitud del modelo nulo, con el propósito de corregir la escala estadística para alcanzar el rango completo de 0 a 1, y puede expresarse así:

$$R_{Nagelkerke}^2 = \frac{1 - \left[ \frac{-2\log L(z_{j0})}{-2\log L(\sum_{i=0}^n z_{ji})} \right]^{\frac{2}{n}}}{1 - \left[ -2\log L(z_{j0}) \right]^{\frac{2}{n}}} = \frac{R_{Cox-Snell}^2}{1 - \left[ -2\log L(z_{j0}) \right]^{\frac{2}{n}}}$$

Por último, el Pseudo R<sup>2</sup> de Mc-Fadden es otra versión que se fundamenta en la determinación de los núcleos de probabilidad de registro de la intercepción y el modelo estimado completo. Este coeficiente tiene un rango teórico de 0 a 1, sin embargo, presenta una escasa aproximación a 1. Su definición es:

$$R_{Nagelkerke}^2 = 1 - \left[ \frac{-2\log L(\sum_{i=0}^n z_{ji})}{-2\log L(z_{j0})} \right]$$

Cabe destacar que, para cualquiera de los coeficientes Pseudo  $R^2$  indicados, cuanto más cercano se encuentre  $R^2$  del cero, esto señalará una mala relación entre la variable dependiente y los predictores; no obstante, si este se acerca a la unidad indicará una calidad de ajuste de excelente a perfecta. Como lo indica IBM (2020), un valor de  $R^2$  “bueno” varía entre las diferentes áreas de aplicación. Aunque estas estadísticas pueden ser sugestivas por sí mismas, son más útiles cuando se comparan modelos competitivos para los mismos datos; mientras tanto, un modelo con la estadística  $R^2$  más amplia es el más adecuado en relación con esta medida.

## **ANEXO V. PUNTOS CLAVE A CONSIDERAR EN LA REGRESIÓN LOGÍSTICA MULTINOMIAL**

Llegados a este punto, es imperativo considerar ciertos aspectos de relevancia al momento de aplicarla. IBM (2013) plantea que para llevar a cabo el método de regresión logística multinomial es recomendable que se cumplan las siguientes condiciones:

1. Independencia entre las variables explicativas. Las observaciones deben ser independientes unas de otras. En otras palabras, no debe haber multicolinealidad entre dichas variables.
2. Relación lineal entre el logaritmo natural de ODDS y la variable explicativa. Los patrones en forma de U son una evidente violación de esta condición.
3. Número de observaciones. No existe una norma establecida al respecto, pero se recomienda un mínimo de entre 50 y 100 observaciones.

## ANEXO VI. LISTA DE ÍNDICES DE ARRASTRE E ÍNDICES DE DISPERSIÓN.

Sector	Índice de arrastre	Índice de dispersión	Clasificación	Sector	Índice de arrastre	Índice de dispersión	Clasificación
111 - Agricultura	0.8505	1.0665	Estratégicos	485 - Transporte terrestre de pasajeros, e	1.0489	0.8062	Impulsor
112 - Cría y explotación de animales	1.1368	0.8642	Impulsor	486 - Transporte por ductos	1.0249	0.7103	Impulsor
113 - Aprovechamiento forestal	0.8342	0.8991	Independientes	487 - Transporte turístico	1.1920	0.6710	Impulsor
114 - Pesca, caza y captura	1.1037	0.6817	Impulsor	488 - Servicios relacionados con el transporte	0.8157	1.1310	Estratégicos
115 - Servicios relacionados con las actividades agropecuarias y f	1.0104	0.7158	Impulsor	491 - Servicios postales	0.8193	0.6812	Independientes
211 - Extracción de petróleo y gas	0.7687	2.2146	Estratégicos	492 - Servicios de mensajería y paquetería	1.1232	0.7680	Impulsor
212 - Minería de minerales metálicos y no metálicos	0.9664	1.2203	Estratégicos	493 - Servicios de almacenamiento	1.0463	0.7829	Impulsor
213 - Servicios relacionados con la minería	1.0710	0.6992	Impulsor	511 - Edición de periódicos, revistas, libros	1.0420	0.7270	Impulsor
221 - Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica	1.1258	1.7422	Clave	512 - Industria fílmica y del video, e industria d	1.0420	0.7981	Impulsor
222 - Suministro de agua y suministro de gas por ductos al c	1.0703	0.8763	Impulsor	515 - Radio y televisión	1.1287	0.7414	Impulsor
236 - Edificación	0.9567	0.1430	Independientes	517 - Telecomunicaciones	0.8711	1.2050	Estratégicos
237 - Construcción de obras de ingeniería civil	1.0616	0.7160	Impulsor	518 - Procesamiento electrónico de información	1.1010	0.6880	Impulsor
238 - Trabajos especializados para la construcción	0.9142	1.0772	Estratégicos	519 - Otros servicios de información	1.0414	0.6838	Impulsor
311 - Industria alimentaria	1.2074	1.1885	Clave	521 - Banca central	0.7856	0.6946	Independientes
312 - Industria de las bebidas y del tabaco	1.1159	0.7459	Impulsor	522 - Instituciones de intermediación crediticio	0.8945	1.0143	Estratégicos
313 - Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles	1.3953	1.1780	Clave	523 - Actividades bursátiles, cambiarias y de inversión financiera	0.9901	0.8864	Independientes
314 - Fabricación de productos textiles, excepto prendas de ves	1.0678	0.7029	Impulsor	524 - Compañías de fianzas, seguros y pensiones	1.1373	0.7982	Impulsor
315 - Fabricación de prendas de vestir	1.0655	0.7417	Impulsor	531 - Servicios inmobiliarios	0.7288	1.6721	Estratégicos
316 - Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y mate	1.1677	0.7643	Impulsor	532 - Servicios de alquiler de bienes muebles	0.9337	0.8574	Independientes
321 - Industria de la madera	1.1689	0.9010	Impulsor	533 - Servicios de alquiler de marcas registradas, patentes y f	0.6808	0.7600	Independientes
322 - Industria del papel	1.1470	1.1853	Clave	541 - Servicios profesionales, científico	0.8904	2.0227	Estratégicos
323 - Impresión e industrias conexas	1.2212	0.8054	Impulsor	551 - Corporativos	0.9035	0.9934	Independientes
324 - Fabricación de productos derivados del petróleo y del carb	1.1525	3.1189	Clave	561 - Servicios de apoyo a los negocios	0.7866	3.3320	Estratégicos
325 - Industria química	1.0995	2.2726	Clave	562 - Manejo de residuos y desechos, y s	1.0011	0.6892	Impulsor
326 - Industria del plástico y del hule	1.0500	0.9774	Impulsor	611 - Servicios educativos	0.7535	0.6792	Independientes
327 - Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	1.2927	0.9620	Impulsor	621 - Servicios médicos de consulta externa y servicios	0.9009	0.6779	Independientes

				relacionados			
331 - Industrias metálicas básicas	1.2129	1.3441	Clave	622 - Hospitales	0.9535	0.6745	Independientes
332 - Fabricación de productos metálicos	1.1789	0.9763	Impulsor	623 - Residencias de asistencia social y para el cuidado de la salud	0.9746	0.6709	Independientes
333 - Fabricación de maquinaria y equipo	0.9691	0.7294	Independientes	624 - Otros servicios de asistencia social	1.1755	0.7470	Impulsor
334 - Fabricación de equipo de computación, comunicación, me	0.7680	0.7423	Independientes	711 - Servicios artísticos, culturales y deportivos, y otros	0.8126	0.7332	Independientes
335 - Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de g	1.0147	0.7541	Impulsor	712 - Museos, sitios históricos, zoológicos y similares	0.9442	0.6710	Independientes
336 - Fabricación de equipo de transporte	1.0339	0.9650	Impulsor	713 - Servicios de entretenimiento en instalación	1.0097	0.6719	Impulsor
337 - Fabricación de muebles, colchones y persianas	1.1869	0.6894	Impulsor	721 - Servicios de alojamiento temporal	0.8984	0.8944	Independientes
339 - Otras industrias manufactureras	0.8802	0.8278	Independientes	722 - Servicios de preparación de alimentos y bebidas	0.9780	1.1731	Estratégicos
431 - Comercio al por mayor de abarrotes, alimentos, bebidas, hi	0.8265	3.3014	Estratégicos	811 - Servicios de reparación y mantenimiento	1.0223	1.0183	Clave
461 - Comercio al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hi	0.8252	1.2582	Estratégicos	812 - Servicios personales	0.8331	0.7018	Independientes
481 - Transporte aéreo	1.3859	0.7474	Impulsor	813 - Asociaciones y organizaciones	0.9056	0.7137	Independientes
482 - Transporte por ferrocarril	1.1263	0.6965	Impulsor	814 - Hogares con empleados domésticos	0.6709	0.6709	Independientes
483 - Transporte por agua	0.9526	0.6820	Independientes	931 - Actividades legislativas, gubernamentales	0.8912	0.6787	Independientes
484 - Autotransporte de carga	0.8824	1.1727	Estratégicos				

Elaboración propia con datos de la MIP de INEGI (2013).