



GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE
GUATEMALA
MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS

MODELO DE ANÁLISIS DE LA

DEMANDA DE ENERGÍA

GUATEMALA 2015 - 2050

Modelo de Análisis de la demanda de energía Guatemala 2015 - 2050

PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

Jimmy Morales Cabrera

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS

MINISTRO

Luis Alfonso Chang Navarro

VICEMINISTRO ENCARGADO DEL ÁREA ENERGÉTICA

Rodrigo Estuardo Fernández Ordóñez

VICEMINISTRO DE MINERÍA E HIDROCARBUROS

Julio Salvador Contreras Amaya

VICEMINISTRO DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Edwin Aroldo Rojas Domingo

UNIDAD DE PLANEACIÓN ENERGÉTICO MINERO

JEFE

Gabriel Armando Velásquez Velásquez

EQUIPO DE TRABAJO

Cristian Iván Samayoa Chávez

Jesús Fernando Alvarez Perén

Giancarlo Alexander Guerrero Isem

Fredy Alexander Lepe Milián

Con el apoyo de :

DIRECCIÓN GENERAL DE ENERGÍA

María del Rosario Gomez Consuegra

Marvin Yovani López y López

USAID/DESARROLLO CON BAJAS EMISIONES

Luis Miguel Lepe Díaz

Índice General

Índice General.....	5
Índice de Gráficas.....	6
Índice de Tablas.....	6
Índice de Mapas.....	7
Índice de Esquemas.....	7
PRESENTACIÓN.....	9
1 Perfil de Guatemala.....	11
1.1 Geografía.....	11
1.2 Hidrografía	14
1.3 Clima.....	15
1.4 Flora y Fauna.....	17
2 Demografía y Economía.....	19
2.1 Población.....	19
2.2 Economía.....	20
2.2.1 Panorama General.....	20
2.2.2 Producto Interno Bruto (PIB).....	20
3 La Energía en Guatemala.....	25
3.1 Marco Legal y subsector eléctrico.....	25
3.1.1 Marco Institucional.....	26
3.1.2 Marco Regulatorio.....	26
3.1.3 Mercado Eléctrico.....	26
3.2 Matriz Energética.....	28
3.3 Balance Energético.....	29
3.3.1 Energía Primaria.....	29
3.3.2 Energía Secundaria.....	30
3.4 Subsector Eléctrico.....	33
3.4.1 Capacidad instalada y fuentes de generación.....	33
3.4.2 Consumo de electricidad.....	34
3.4.3 Curva de carga.....	37
4 Análisis de la Demanda Energética.....	39
4.1 Año base y años futuros para simulación.....	39
4.2 Estructura del modelo de Guatemala.....	40
4.3 Resultados adquiridos a través de MAED.....	42
4.3.1 Industria.....	42
4.3.2 Transporte.....	43
4.3.3 Residencial.....	48
4.3.4 Comercio y Servicios.....	51
5 Comparación entre el balance energético del año 2012 realizado por el MEM, y los resultados obtenidos por MAED.....	55
Conclusiones.....	57
Referencias.....	59



Índice de Gráficas

Gráfica 1: Estimación del crecimiento poblacional.....	19
Gráfica 2: Producto Interno Bruto (PIB) en miles de millones de dólares.....	20
Gráfica 3: PIB per cápita en dólares	21
Gráfica 4: Matriz de Generación Eléctrica, 2011-2015.....	28
Gráfica 5: Áreas de consumo de Energéticos en 2017.....	32
Gráfica 6: Consumo de Energéticos en 2017.....	32
Gráfica 7: Capacidad instalada a abril 2018.....	34
Gráfica 8: Índice de cobertura eléctrica a finales de 2016.....	35
Gráfica 9: Curva de carga horaria para el día de máxima potencia, año 2017.....	37
Gráfica 10: Proyección de la demanda de energía útil en kBEP del sector Industria para los diferentes tipos de energéticos.....	42
Gráfica 11: Comparación de participaciones de matrices energéticos del sector industria.....	43
Gráfica 12: Relación entre la población en ciudades largas, y la población total de Guatemala.....	44
Gráfica 13: Proporción de penetración de ciudades con más de 150,000 habitantes.....	45
Gráfica 14: Demanda energética por tipo de usuario en el sector transporte.....	46
Gráfica 15: Proyección de la demanda de energía en kBEP del sector Transporte para los diferentes tipos de energéticos.....	47
Gráfica 16: Comportamiento de la matriz energética demanda por el sector transporte.....	47
Gráfica 17: Comparación de aplicaciones residenciales que consumen leña.....	49
Gráfica 18: Comparación de aplicaciones residenciales que requieren electricidad.....	49
Gráfica 19: Comparación de aplicaciones residenciales que requieren GLP.....	50
Gráfica 20: Evolución de la matriz energética demanda por el sector residencial.....	50
Gráfica 21: Comparación de aplicaciones de comercio y servicios que requieren electricidad.....	51
Gráfica 22: Aplicación de comercio y servicios que requiere leña.....	52
Gráfica 23: Aplicación de comercio y servicios que requiere combustibles fósiles.....	52
Gráfica 24: Evolución de la matriz energética demanda por el sector comercio y servicios.....	53
Gráfica 25: Relación de US\$/Cápita producido por cada bloque productor del estudio.....	53
Gráfica 26: Valores del balance energético realizado por el MEM en el año 2012 y los resultados obtenidos por MAED.....	55

Índice de Tablas

Tabla 1. Estimación de la población guatemalteca.....	19
Tabla 2. Cantidad de agentes del Mercado Mayorista a septiembre 2018.....	27
Tabla 3. Matriz de Generación Eléctrica 2011-2015, en GWh.....	28
Tabla 4. Matriz de Generación Eléctrica por tipo de recurso en %.....	29
Tabla 5. Balance Energético de Fuentes de Energía Primaria en kBEP al 2017.....	30
Tabla 6. Balance Energético de Fuentes de Energía Secundaria en kBEP al 2017.....	30
Tabla 7. Abreviaturas utilizadas en la elaboración del balance energético.....	31
Tabla 8. Balance Energético en kBEP, año 2017.....	33
Tabla 9. Capacidad instalada a abril 2018 según tipo de generación.....	33
Tabla 10. Índice de cobertura eléctrica a finales de 2016.....	34
Tabla 11. Clasificación del transporte de carga.....	45
Tabla 12. Clasificación del transporte interurbano.....	45
Tabla 13. Clasificación del transporte urbano.....	46
Tabla 14. Valores del balance energético realizado por el MEM en el año 2015 y los resultados obtenidos por MAED.....	55



Índice de Esquemas

Esquema 1: Subsector Eléctrico.....	26
Esquema 2: Relaciones comerciales entre agentes del subsector eléctrico.....	27
Esquema 3: Años de proyección para el análisis del caso Guatemala realizado durante la capacitación.....	39
Esquema 4: Estructura económica y energética (Industria).....	40
Esquema 5: Estructura económica y energética (transporte).....	40
Esquema 6: Estructura económica y energética (residencia).....	41
Esquema 7: Estructura económica y energética (comercio y servicio).....	41
Esquema 8: Estructura sector residencial.....	48

Índice de Mapas

Mapa 1. Mapa de Centroamérica.....	12
Mapa 2. Regiones montañosas de Guatemala.....	13
Mapa 3. Mapa de cuencas, ríos y lagos por Departamento.....	14
Mapa 4. Mapa de temperatura promedio en Guatemala.....	16
Mapa 5. Flora y Fauna de Guatemala.....	17
Mapa 6. Cobertura eléctrica en 2016.....	36



PRESENTACIÓN

La demanda energética en Guatemala aumenta en medida directa a la tasa de crecimiento poblacional y la capacidad de producción económica del país; por tal razón, es necesario desarrollar estudios y monitoreos constantes sobre la demanda y oferta energética que en nuestro país se desarrollan.

El Modelo de Análisis de Demanda de Energía (MAED, por siglas en inglés), es un software proporcionado por la Agencia Internacional de Energía Atómica, con la finalidad de desarrollar estudios sobre la demanda de energía útil que anualmente Guatemala presenta, dejando de esta manera precedentes importantes para tomar decisiones sobre nuevas políticas y acciones que desde el gobierno deban ejecutarse para que la matriz de demanda energética de Guatemala se mantenga enfocada al cumplimiento de los compromisos nacionales e internacionales adquiridos sobre cambio climático, y sobre ahorro y uso eficiente de la energía.

El estudio sobre la demanda de energía útil de Guatemala, es un paso importante para reforzar el control, la evaluación y el seguimiento de proyectos que prometen incidir positivamente en la calidad de vida de todos los guatemaltecos, incidiendo en los sectores: residencial, industrial, transporte, incluyendo el sector comercio y servicios.

Ing. Luis Alfonso Chang Navarro
Ministro Energía y Minas





Foto: Ministerio de Energía y Minas

1 | PERFIL DE GUATEMALA

Su nombre oficial es: República de Guatemala. La palabra “Guatemala” proviene del náhuatl: “Quauhtlemallan” que significa: lugar de muchos árboles, este nombre fue dado por los soldados tlaxcaltecas previo a la colonización. Es un Estado soberano situado en América Central, con una amplia cultura autóctona producto de la herencia maya y la influencia castellana durante la época colonial. Su capital es la Ciudad de Guatemala, llamada oficialmente “Guatemala de la Asunción”. El idioma oficial es el español, aunque existen veintitrés idiomas mayas actualmente.

Guatemala es un estado independiente desde el 15 de septiembre de 1,821, fecha en la que toda Centroamérica celebra su independencia de la colonia española. De acuerdo con la Constitución vigente, el gobierno recae en un Presidente (Jefe de Estado y de Gobierno), que es elegido democráticamente por medio de votaciones para un periodo de cuatro años, asistido por un Vicepresidente y un Consejo de Ministros; el Presidente actualmente en el período 2016-2019, es el Licenciado Jimmy Morales Cabrera, quién es el quincuagésimo Presidente de Guatemala en la historia.

El quetzal es la actual moneda en Guatemala, fue creada durante el gobierno del presidente José María Orellana en 1925, año en que sustituyó al peso guatemalteco.

1.1 Geografía

Guatemala limita al norte y al oeste con México, al noreste con Belice y el mar caribe, al este con Honduras, al sureste con El Salvador, y al sur con el océano Pacífico. El país tiene un total: 1,687 km de frontera con otros países. Con Belice tiene 266 km de frontera, con El Salvador tiene 203 km de frontera, con Honduras tiene 256 km de frontera y con México 962 km de frontera. Así mismo, posee 400 km de litorales en el océano pacífico y mar Caribe.

El suelo, generalmente muy fértil, es el principal recurso de Guatemala, país esencialmente agrícola. Sin embargo, se encuentran napas de petróleo (explotadas desde 1975) en Petén, así como de níquel, plomo, zinc, cobre, antimonio y tungsteno. Existen por último pequeños yacimientos de uranio y de mercurio. La selva, muy densa, provee de madera de valor destinada a la exportación y a productos consumidos localmente.

Mapa 1: Mapa de Centroamérica.

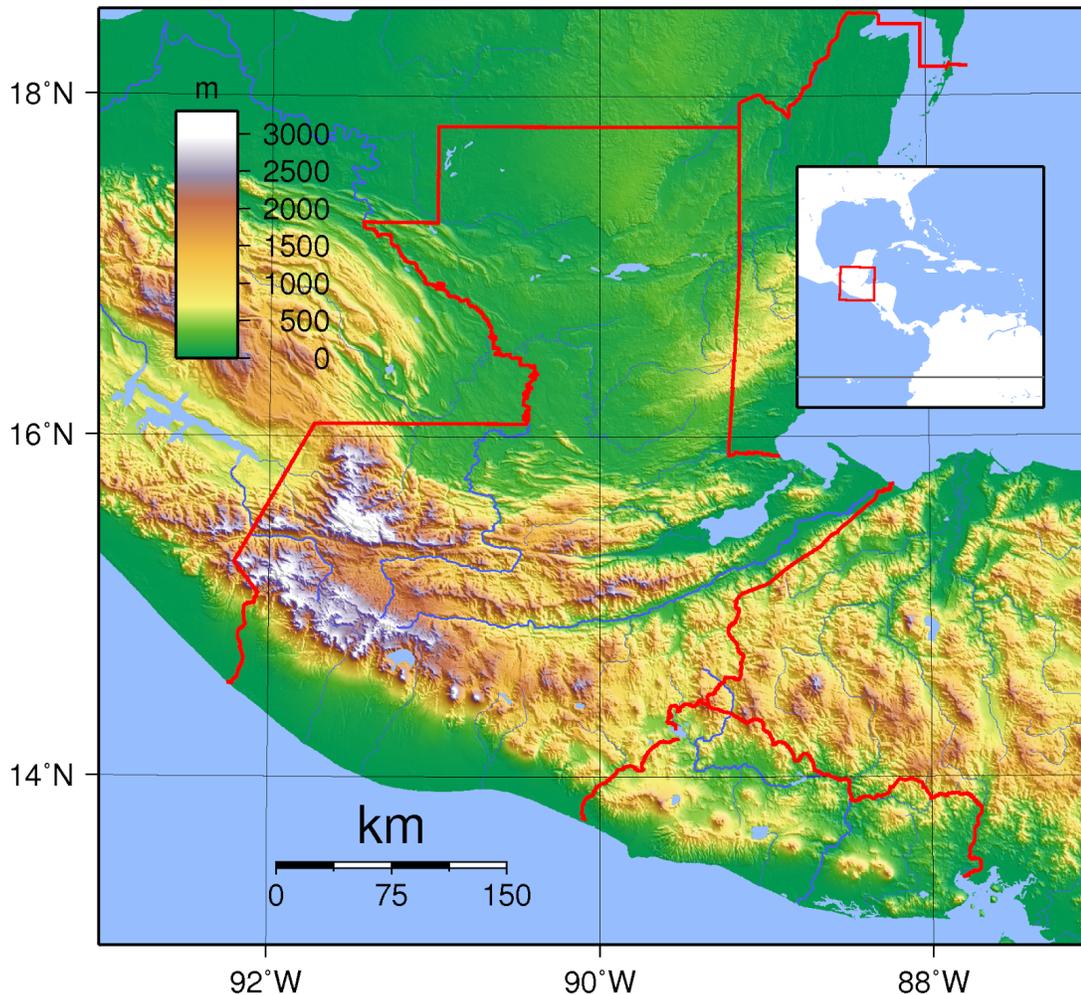


Fuente: www.viajejet.com

Guatemala es uno de los países con mayor número de volcanes en el mundo.

Sin embargo, la mayor parte de los volcanes del país están inactivos, pero los temblores de tierra son frecuentes en proximidad a la cintura volcánica.

Mapa 2: Regiones montañosas de Guatemala.



Fuente: <https://sites.google.com/site/guatemalaidentity/la-geografia>

Las llanuras del norte de la región de Petén comparten características con la península de Yucatán mexicana, puesto que, en realidad el departamento de Petén se extiende por el sur de la península. Es una región con escasa altitud (200 metros de media), pero que se eleva hacia el suroeste, con el típico relieve de cuesta. Aquí encontramos las montañas Mayas. Esta unidad supone casi la mitad del país, pero es la más despoblada y aislada.

El centro montañoso es conocido como las «Tierra Altas». Es la zona en la que se concentra la mayor parte de la población y las actividades económicas de Guatemala. Se trata de la Sierra Madre, que se interna en México, pero está separada de la Sierra Madre mexicana. Son montañas muy altas. La elevación máxima de Guatemala es el volcán Tajumulco, de 4.211 metros de altitud. Se distinguen tres unidades: la Sierra Madre, la alineación volcánica y el piedemonte.

En la Sierra Madre encontramos varias sierras. Los montes Cuchumatanes se encuentran al noroeste, y se trata de un macizo calcáreo intensamente plegado. Se elevan a más de 3.500 metros de altitud y desciende hacia el sur, cortado por profundos valles fluviales y fallas. Posteriormente se abre en dos ramales uno hacia el norte con las sierras de Chamá y Santa Cruz y otro hacia el sur con las sierras de Chuacús, las Minas y del Mico. En medio queda la depresión del lago Izabal, que se abre al Caribe.

1.2 Hidrografía

Desde el punto de vista hidrológico, el territorio de la República de Guatemala, se puede dividir en tres grandes vertientes, de acuerdo al punto donde desembocan finalmente todos los ríos que atraviesan y/o nacen en el territorio nacional.

- Vertiente del Pacífico
- Vertiente del Atlántico o Vertiente del Mar de las Antillas
- Vertiente del Golfo de México

Los ríos guatemaltecos suelen ser cortos, rápidos, irregulares y de poca profundidad en la vertiente del Pacífico. Son muy numerosos, y tienen un trazado rectilíneo, y paralelos entre sí, con muy pocos afluentes. En la vertiente del Atlántico, por el contrario, son más largos y profundos, lo que les hace hasta navegables. Los ríos atlánticos toman dos direcciones una hacia el mar Caribe y otra hacia el golfo de México.

El río Motagua, con su 400 kilómetros de longitud, es el más largo. Es el río central de Guatemala, y desemboca en el golfo de Honduras (mar Caribe). El río Polochic tiene una longitud de 240 km y desemboca en el lago Izabal. El río Dulce se encuentra entre el Lago de Izabal y la Bahía de Amatique. Es una de las primeras áreas protegidas de Guatemala. El río Usumacinta nace en la región del Petén, y desemboca en el Golfo de México. Tiene una longitud de 800 km, pero sólo unos pocos los hace en Guatemala. Sirve de frontera con México, en donde se interna para dirigirse hacia el estado de Tabasco. En Guatemala son afluentes del Usumacinta los ríos Negro-Chixoy-Salinas, Pasión y San Pedro. Otros ríos importantes son el río Sarstún que hace la frontera con Belice; el río Hondo, que nace en Guatemala y hace frontera entre México y Belice; y el río Lempa que nace en las sierras del departamento de Chiquimula en Guatemala para adentrarse en El Salvador y desembocar en el Pacífico.

En Guatemala abundan las zonas húmedas, casi todas en la región de Petén. Esta es una región plagada de pantanos, lagos, ciénagas y selvas. La red fluvial en esta región es, en gran medida subterránea. Los lagos más importantes de Guatemala son: Izabal, Petén Itzá, Atitlán, Amatitlán y Güija, compartido con El Salvador.

Mapa 3: Mapa de cuencas, ríos y lagos por Departamento.



Fuente: INSIVUMEH

1.3 Clima

El clima de Guatemala presenta temperaturas que varían considerablemente con la altitud. Por encima de los 1,000 m, los días son templados y las noches frescas. La temperatura media anual es de alrededor de 20°C. El clima de las llanuras costeras es más tropical, con una temperatura media anual de 28°C. La estación húmeda generalmente se extiende de mayo a octubre.

El clima es producto de los Factores Astronómico, Geográfico y Meteorológico, adquiriendo características particulares por la posición geográfica y topográfica del país, climáticamente se ha zonificado al país en seis regiones perfectamente caracterizadas por el sistema de Thornthwaite.

LAS PLANICIES DEL NORTE:

Comprende las planicies de Petén, la región norte de los departamentos de Huehuetenango, El Quiché, Alta Verapaz e Izabal. Las elevaciones oscilan entre 0 a 300 metros msnm. El ascenso se realiza mientras se interna en el territorio de dichos departamentos, en las estribaciones de las Sierras de Chamá y Santa Cruz.

Es una zona muy lluviosa durante todo el año, aunque de junio a octubre se registran las precipitaciones más intensas. Los registros de temperatura oscilan entre los 20 y 30 °C. En esta región se manifiestan climas de género cálidos con invierno benigno, variando su carácter entre muy húmedos, húmedos y semi secos, sin estación seca bien definida. La vegetación característica varía entre selva y bosque.

FRANJA TRANSVERSAL DEL NORTE:

Definida por la ladera de la sierra de los Cuchumatanes, Chamá y las minas, norte de los departamentos de Huehuetenango, El Quiché, Alta Verapaz y Cuenca del Rio Polochic. Las elevaciones oscilan entre los 300 hasta los 1400 metros msnm, es muy lluviosa y los registros más altos se obtienen de junio a octubre. Los niveles de temperatura descienden conforme aumenta

la elevación. En esta región se manifiestan climas de género cálido con invierno benigno, cálidos sin estación seca bien definida y semi cálidos con invierno benigno, su carácter varia de muy húmedos sin estación seca bien definida. La vegetación característica es de selva a bosque.

MESETA Y ALTIPLANOS:

Comprende la mayor parte de los departamentos de Huehuetenango, El Quiché, San Marcos, Quetzaltenango Totonicapán, Sololá, Chimaltenango, Guatemala, sectores de Jalapa y las Verapaces. Las montañas definen mucha variabilidad con elevaciones mayores o iguales a 1,400 metros msnm, generando diversidad de microclimas, son regiones densamente pobladas por lo que la acción humana se convierte en factor de variación apreciable.

Las lluvias no son tan intensas, los registros más altos se obtienen de mayo a octubre, en los meses restantes estas pueden ser deficitarias. En cuanto a la temperatura en diversos puntos de esta región se registran los valores más bajos de país. En esta región existen climas que varían de Templados y Semifríos con invierno benigno a semi cálidos con invierno benigno, de carácter húmedos y semi secos con invierno seco.

LA BOCA COSTA:

Es una región angosta que transversalmente se extiende desde el departamento de San Marcos hasta el de Jutiapa, situada en la ladera montañosa de la Sierra Madre, en el descenso desde el altiplano hacia la planicie costera del Pacífico, con elevaciones de 300 a 1,400 metros msnm. Las lluvias alcanzan los niveles más altos del país juntamente con la transversal del norte, con máximos pluviométricos de junio a septiembre, los valores de temperatura aumentan a medida que se desciende hacia el litoral del Pacífico. En esta región existe un clima generalizado de género semi cálido y sin estación fría bien definida, con carácter de muy húmedo, sin estación seca bien definida. En el extremo oriental varia a húmedo y sin estación seca bien definida. La vegetación característica es selva.

PLANICIE COSTERA DEL PACIFICO:

Esta región también se extiende desde el departamento de San Marcos hasta el de Jutiapa, con elevaciones de 0 a 300 metros msnm. Las lluvias tienden a disminuir conforme se llega al litoral marítimo con deficiencia durante parte del año. Los registros de temperatura son altos. En esta región existen climas de género cálido sin estación fría bien definida, con carácter húmedo con invierno seco, variando a semi seco con invierno seco. La vegetación varía de bosque a pastizal en el sector oriental.

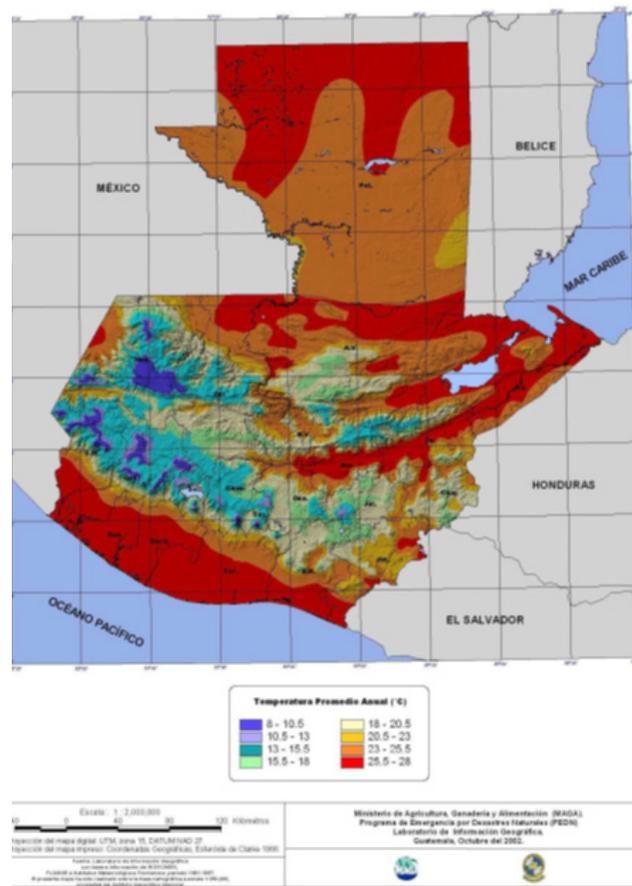
ZONA ORIENTAL:

Comprende la mayor parte del departamento de Zacapa y sectores de los departamentos

de El Progreso, Jalapa Jutiapa y Chiquimula, el factor condicionante es el efecto de sombra pluviométrica que ejercen las sierras de Chuacús y De Las Minas y a lo largo de toda la cuenca del Río Motagua, las elevaciones son menores o iguales a 1,400 metros msnm. La característica principal es la deficiencia de lluvia (es la región del país donde menos llueve) con marcado déficit la mayoría del año y con los valores más altos de temperatura.

En esta región se manifiestan climas de género cálido con invierno seco, variando su carácter de semi secos sin estación seca bien definida hasta secos. La vegetación característica es el pastizal.

Mapa 4: Mapa de temperatura promedio en Guatemala.



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

1.4 Flora y Fauna

Desde las escarpadas montañas, hasta los bosques de Petén o los arrecifes coralinos del Caribe, los naturalistas han identificado más de doce ecosistemas diferentes.

Guatemala es un país de playas de arenas volcánicas negras, manglares, aluviones, bosques de frondosa vegetación y profundas selvas tropicales. La reserva de Monterrico es el mejor lugar para la observación de la naturaleza en la costa del Pacífico. Esta área protege un corto tramo de costa para beneficio de las tortugas que desovan en la playa, detrás de ella existe un manglar que puede recorrerse en bote. Subiendo hacia la montaña el bosque está salpicado de musgos, parras y orquídeas. En los manglares que bordean la costa del Caribe vive un tranquilo mamífero acuático, el manatí. La vida de los arrecifes coralinos es muy intensa, entre las miles de especies pueden citarse el coral de fuego, el pez ángel, varias especies de tiburones, tres clases de tortugas y los cocodrilos de agua salada.

En el departamento de Baja Verapaz, se encuentra el Biotopo del Quetzal. En esta zona montañosa vive uno de los símbolos de Guatemala, el quetzal, pájaro tropical de espectacular plumaje. La selva de El Petén está cubierta de ébanos, aguacates, ceibas y caobas, donde viven aves como los tucanes, los loros, los colibrís; y mamíferos como los ocelotes, pumas, jaguares, tapires y distintas especies de monos. La fauna también comprende ciervos, monos y pecaríes, sobre todo en las tierras bajas. Otros animales salvajes (jaguar, tapir, puma) viven en pequeño número, y cocodrilos pueblan algunos cursos de agua. Los pájaros son extremadamente numerosos.

Mapa 5: Flora y Fauna de Guatemala.



Fuente: Periódico Digital Centroamericano y del Caribe



2

Foto: Ministerio de Energía y Minas

2 | DEMOGRAFÍA Y ECONOMÍA DE GUATEMALA

2.1 Población

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Guatemala para el año 2015 contaba con 15.92 millones de habitantes, para el año 2018 se tendrán 16.83 millones de habitantes; y se espera que para el año 2050 la población total guatemalteca ascienda a la cantidad de 24.25 millones de habitantes.

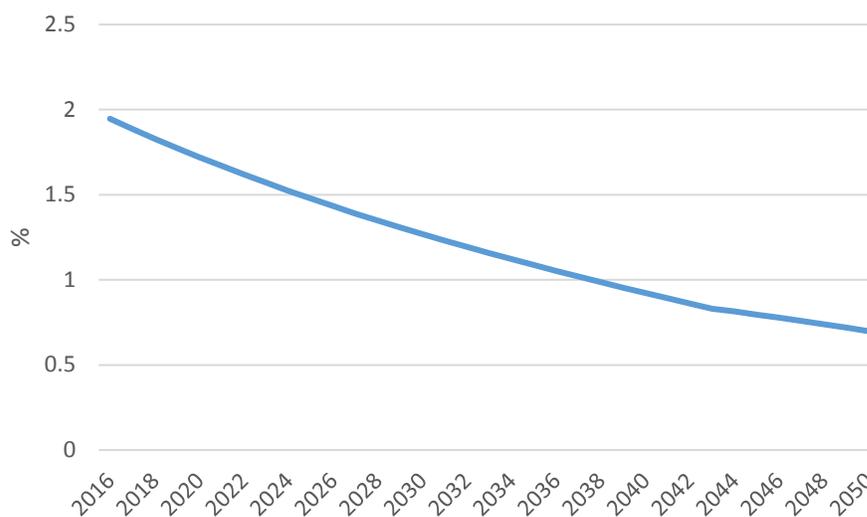
Guatemala tiene una densidad de población media, de 150 habitantes por km².

Tabla 1: Estimación de la población guatemalteca.

Año	Millones de personas
2015	15.92
2018	16.83
2030	20.15
2050	24.25

Fuente: CEPAL.

Gráfica 1: Estimación del crecimiento poblacional.



Fuente: Elaboración propia con información de la CEPAL.

Según las proyecciones de la CEPAL, la tasa de crecimiento poblacional de Guatemala está presentando una desaceleración en el largo plazo.

2.2 Economía

2.2.1 Panorama General

Guatemala ha conseguido avances en estabilidad macroeconómica y en la consolidación democrática luego de una cruenta guerra de 36 años. A partir de la Firma de los Acuerdos de Paz en 1996, ha mejorado, además, su acceso a mercados extranjeros a través de diversos acuerdos comerciales. Las actividades de producción y circulación económica en Guatemala se concentran fuertemente en el sector agricultura, comercio y servicios; se espera que en el futuro sea reforzada y desarrollada en mejor aceleración el sector industrial como medio de producción económico.

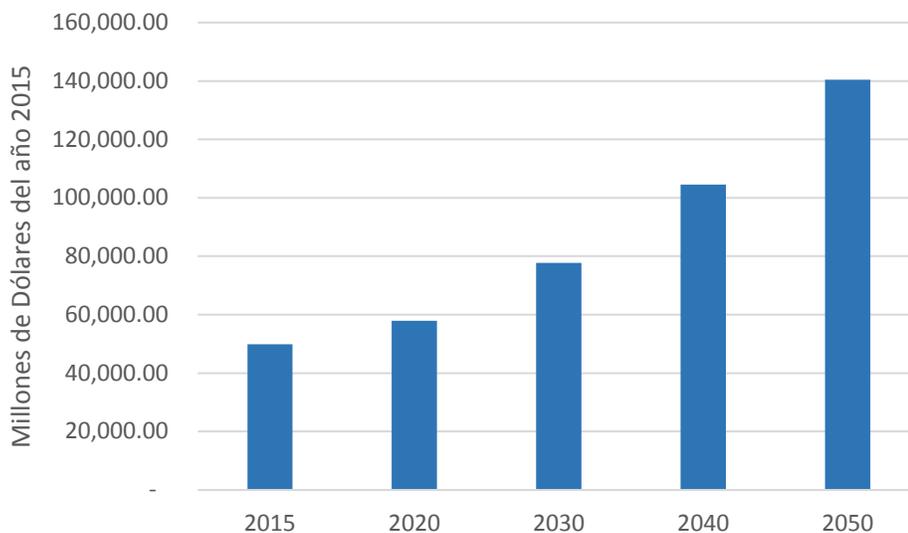
El país cerró el año 2015 con un Producto Interno Bruto que alcanzó los 49,879.41 Millones de Dólares (equivalentes a Dólares del año 2015), y se espera que una tasa de crecimiento muy poco oscilante al 3% por año. Bajo estas consideraciones, se estima que durante el año 2018, el PIB per cápita en Guatemala esté cerca de los 3,239 Dólares (equivalentes a Dólares del año 2015).

2.2.2 Producto Interno Bruto (PIB)

En América Central, en promedio, se registró una tasa de crecimiento económico de 3.7% en 2015 (3.4% en 2014), asociada a la recuperación de los Estados Unidos de América, lo que se tradujo en una mejora de la demanda externa, en un entorno de persistente disminución de los precios internacionales del petróleo y sus derivados, que redundó en una reducción de la factura petrolera y en la desaceleración de la inflación.

Una de las mejores formas de saber cómo está la economía de un país es por medio del Producto Interno Bruto (PIB). El Producto Interno Bruto se entiende como el valor que totaliza la producción de los bienes y los servicios de un país en un cierto periodo, se toma entonces como indicador básico para reflejar la riqueza de una región.

Gráfica 2: Producto Interno Bruto (PIB) en miles de millones de dólares.

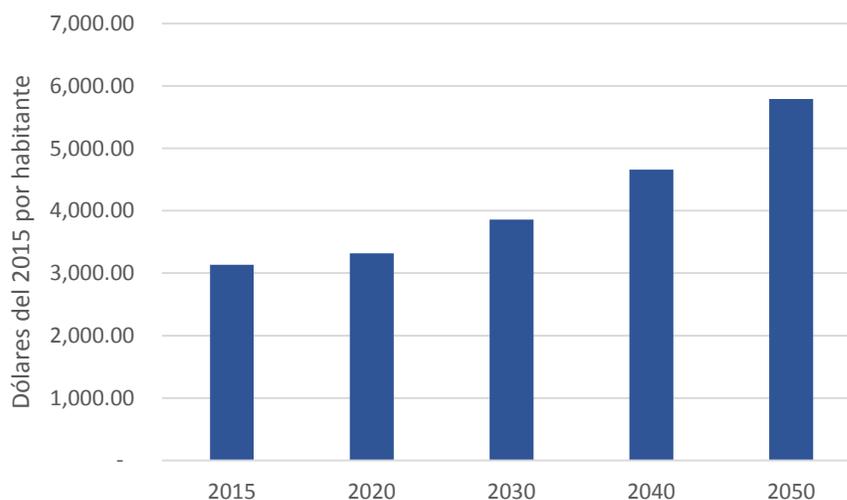


Fuente: Estadísticas de la CEPAL.



En AEI PIB per cápita, indica el PIB por paridad del poder adquisitivo dividido por la población en dólares. El mismo, se encuentra de la siguiente manera:

Gráfica 3: PIB per cápita en dólares.



Fuente: Elaboración propia con estadísticas de la CEPAL.

A continuación se indican cuáles son los productos que forman parte del PIB de Guatemala:

1. Agricultura, Ganadería, Caza, Silvicultura y Pesca:

La agricultura es el sector productivo más importante en Guatemala. Entre los productos que se exportan y forman parte del PIB son el aguacate, la piña, el banano y el café entre otros. En cuanto a la ganadería, se utilizan las cabezas de ganado para, leche, carne o ambas. La silvicultura se entiende como el cultivo y explotación de los bosques. Finalmente, la pesca en Guatemala es uno de los servicios que se ofrece a los turistas ya que la pesca deportiva, sobre todo de los marlines y de los peces vela, es una de las mejores del mundo.

2. Explotación de Minas y Canteras:

Por su ubicación geográfica, el país posee una gran cantidad de minerales que pueden ser explotados. Existe una diversa cantidad de minerales entre los cuales se encuentran el oro, la plata, el jade entre otros. La cantera se entiende como la explotación minera.

3. Industrias Manufactureras:

Son aquellas industrias que se dedican exclusivamente a la transformación de diferentes materias primas en productos y bienes terminados y listos para que sean consumidos o bien para ser distribuidos por quienes los acercarán a los consumidores finales. Es decir, son todos aquellos productos que se transforman de materia prima a producto final con el objetivo de venderse y o exportarse.

4. Suministro de Electricidad y Captación de Agua:

El suministro de electricidad y captación de agua son de los servicios más regulados en Guatemala, sobre todo la electricidad. La matriz energética de Guatemala sitúa la generación hidroeléctrica por encima del 50%. Este es un producto sumamente importante, tal vez no en su producción sino para la producción de demás productos a nivel nacional.

5. Construcción

La construcción es una de las mayores actividades en Guatemala. Se construyen desde edificios hasta casas de vivienda popular. Según la Cámara de la Construcción, el año pasado, en el 2015, en el mes de octubre, fue cuando hubo mayor índice mensual de actividad de la Construcción. Es un negocio que se ha mantenido bastante estable. En este año, 2016, enero ha sido el mes con mayor índice mensual de la construcción.

6. Comercio Por Mayor y Por Menor

El comercio al por mayor, es aquel comercio en el cual, una persona o algunos comerciantes, son intermediarios de productos y mercancías que luego venden a otro comerciante, generalmente en grandes cantidades, para que este venda al comprador final. Por su parte, el comercio al por menor es aquel en el cual el comerciante vende directamente al consumidor final, sin que medie otro comerciante. En Guatemala, también se da mucho el comercio informal.

7. Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones

Según el Banco de Guatemala el crecimiento de transporte, almacenamiento y comunicaciones se sustentó, principalmente, en el desempeño positivo mostrado por las actividades de transporte de vías terrestre y por las vías de transporte complementarios y auxiliares. Es decir, de esta categoría, el transporte es la más importante. Así mismo, el transporte es, en su mayoría, para transportar, metales y cultivos creados.

8. Intermediación Financiera, Seguros y Actividades Auxiliares

Se entiende como intermediación financiera, a la intervención que realizan las instituciones nacionales de crédito, organismos auxiliares, instituciones nacionales de seguros y fianzas y demás entidades autorizadas legalmente para constituirse como medio de enlace entre el acreditante de un financiamiento y el acreditado, obteniendo una comisión por su labor al concertar los créditos en los mercados de Dinero nacional e internacional. Es decir, es la actividad que realizan, generalmente, los bancos en los cuales utilizan dinero de lo recaudado para otorgárselo a otra persona, obteniendo una comisión o porcentaje por esto.

9. Alquiler de Vivienda

El alquiler de vivienda, como la construcción, es uno de los negocios más importantes en Guatemala. Las personas que no pueden comprar las casas, deben de optar por el alquiler de las mismas. En los últimos años, tuvo una participación del 10% en el PIB del país, siendo de los 5 primeros puestos en los mismos.

10. Servicios Privados

En cuanto a los servicios privados, el mayor crecimiento se dio en el tema de actividades de hotel y de restaurantes, que se entiende tienen una relación directa con el turismo en el país. Es de las principales actividades económicas impulsoras del Producto Interno Bruto. Otro de los servicios privados que existen, son los hospitales. Si el turismo en Guatemala aumenta, el servicio privado, aumenta del mismo modo.

11. Administración Pública y Defensa

El dinamismo observado en la administración pública y defensa estuvo influenciado, principalmente, por la creación de nuevos puestos de trabajo en algunas instituciones de la administración central,

principalmente en el Ministerio de Gobernación. Es importante para la producción y las riquezas de Guatemala, que el Gobierno central y la administración pública estén creando oportunidades de trabajo y administrando de manera adecuada los recursos del país.



Foto: Ministerio de Energía y Minas

3.1 Marco Legal y subsector eléctrico

La reforma del Sector Eléctrico en Guatemala se inició con la emisión de su Marco Legal establecido en la Ley General de Electricidad (Decreto 93-96 del Congreso de la República de Guatemala) promulgada el 15 de noviembre de 1996.

Posteriormente se emitieron el Reglamento de la Ley General de Electricidad (Acuerdo 256-97 del 2 de abril de 1997) y el Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista –AMM- (Acuerdo 299-98 del 1 de junio de 1998).

A partir de esas fechas se han emitido Normas Técnicas de Transmisión y Distribución, Normas de Coordinación Comercial y Operativa y procedimientos técnicos que complementan el Marco Regulatorio.

La Ley General de Electricidad, la cual rige todos los ámbitos entorno a electricidad en Guatemala establece los principios siguientes:

- a) La generación de electricidad es libre y no requiere, para tal efecto, autorización o condición por parte del Estado, requiriendo únicamente las reconocidas por la Constitución Política de la República de Guatemala y las leyes del país. Sin embargo, para poder utilizar con éste objeto cualquiera de los bienes del Estado, se necesitará de la respectiva autorización del Ministerio, esto en todos aquellos casos en los cuales la potencia de la central sea superior a 5MW.
- b) El transporte de electricidad es libre, siempre y cuando para tal efecto, no sea necesario utilizar bienes de dominio público.
- c) El transporte de electricidad que requiera la utilización de bienes de dominio público y el servicio de distribución final de electricidad, dependerán de la previa autorización respectiva.
- d) Los precios por la prestación del servicio de electricidad son libres, exceptuando los servicios de distribución y transporte, dependientes de autorización previa. Las transferencias de energía entre generadores, importadores, exportadores y comercializadores que sean producto de la operación del Mercado Mayorista, tendrán una regulación sujeta a los términos que la ley establece.

3.1.1 Marco Institucional

El marco institucional del subsector eléctrico está conformado por tres entidades que están descri-

Esquema 1: Subsector Eléctrico.



Fuente: Elaboración propia.

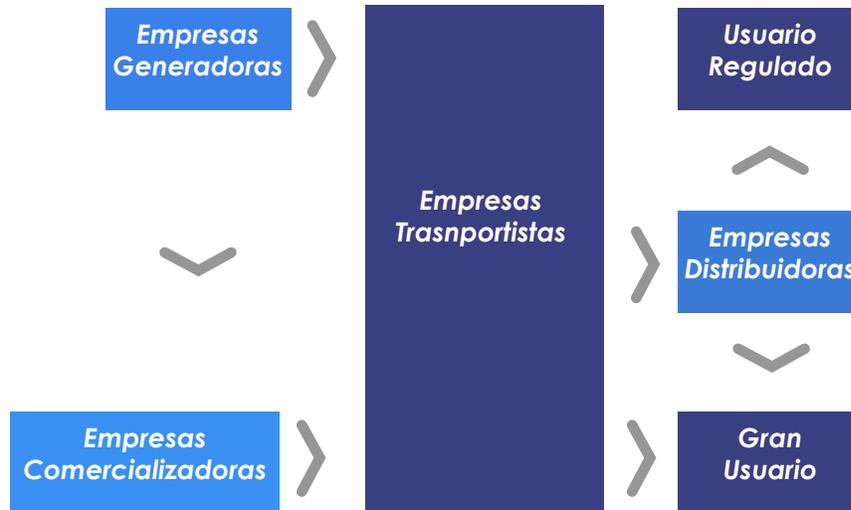
3.1.2 Marco Regulatorio

El Marco regulatorio lo conforma el ordenamiento jurídico que rige las actividades del subsector eléctrica que lo integran: La Ley General de Electricidad y su Reglamento; el Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista; el Acuerdo Número AG-110-2002; el Acuerdo Gubernativo No. 244-2003; la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable y su Reglamento; los acuerdos ministeriales publicados por el MEM; las normas y resoluciones emitidas por la CNEE y el AMM; y la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto Número 68-86.

3.1.3 Mercado Eléctrico

Es el medio en el cual se realizan las transacciones comerciales (compra y venta de potencia y energía eléctrica) del subsector eléctrico. Su importancia radica en que determina cuantitativamente la dimensión del sistema eléctrico.

Esquema 2: Relaciones comerciales entre agentes del subsector eléctrico.



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla, se muestra la cantidad de Agentes del Mercado Mayorista y Grandes Usuarios, que cuentan con inscripción en este Ministerio.

Tabla 2: Cantidad de agentes del Mercado Mayorista a septiembre 2018.

Agentes y Grandes Usuarios	Cantidad
Agentes Generadores	96
Agentes Transportistas	11
Agentes Comercializadores	21
Agentes Distribuidores	3

Fuente: Administrador del Mercado Mayorista.

3.2 Matriz Energética

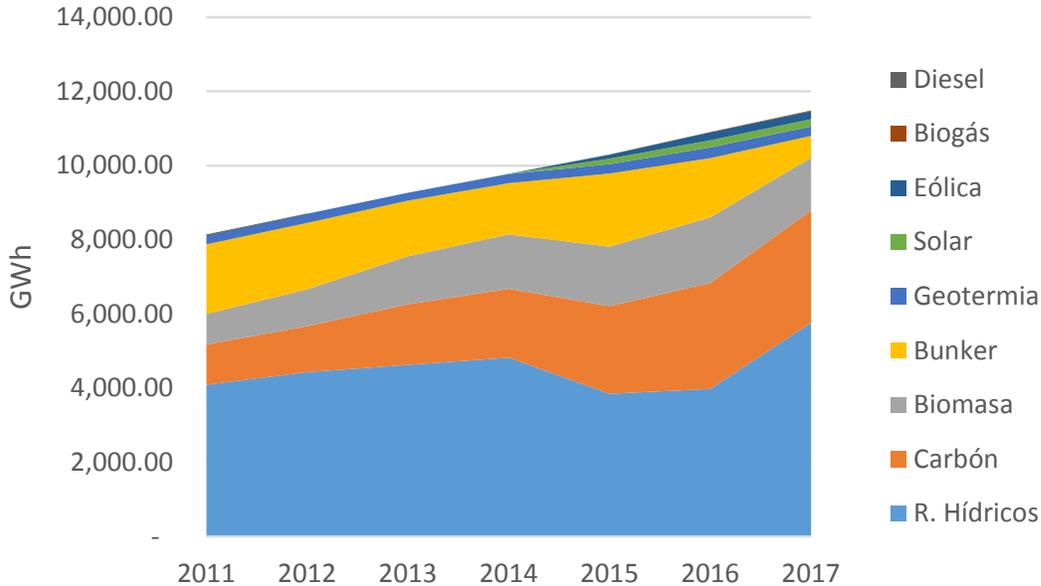
La Matriz energética a lo largo de los años, ha ido sufriendo modificaciones en cuanto a las fuentes de generación, prueba de ello es que en los últimos años, se han ido añadiendo al SNI, fuentes renovables como lo son plantas solares y eólicas.

Tabla 3: Matriz de Generación Eléctrica 2011-2015, en GWh.

Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Hidroeléctricas	4,094.17	4,434.83	4,630.73	4,825.15	3,851.79	3,981.29	5,765.33
Carbón	1,084.79	1,237.92	1,633.91	1,854.73	2,361.78	2,856.75	3,030.54
Biomasa	824.13	995.52	1,294.59	1,467.29	1,602.36	1,769.36	1,418.22
Bunker	1,876.56	1,788.32	1,497.96	1,380.22	1,971.57	1,595.57	588.12
Geotermia	237.08	245.63	212.35	246.6	251.53	289.14	253.05
Solar				7.10	149.26	191.80	198.20
Eólica					107.29	215.07	218.06
Biogás					5.15	8.62	17.56
Diesel	29.82	1.26	0.94	1.18	1.13	0.31	0.84
Total	8,146.55	8,703.48	9,270.48	9,782.27	10,301.87	10,907.91	11,489.92

Fuente:

Gráfica 4: Matriz de Generación Eléctrica, 2011-2015.



Fuente: Elaboración propia, con información del AMM.

La matriz de generación de energía eléctrica de Guatemala se compone de los siguientes energéticos: Diésel, Biogás, Eólica, Solar, Geotermia, Búnker, Biomasa, Carbón, Recursos Hídricos; la Política Energética Nacional, ordena que la diversificación de la matriz de generación de energía eléctrica llegue a ser 80% con recursos renovables, y 20% con recursos no renovables. Por términos de seguridad de abastecimiento y competitividad de precios en el mercado, aún no se persigue el 100% de generación de energía eléctrica con recursos renovables.

Tabla 4: Matriz de Generación Eléctrica por tipo de recurso en %.

Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Renovable	63.28	65.22	66.21	66.92	57.93	59.18	68.50
No Renovable	36.72	34.78	33.79	33.08	42.07	40.82	31.50

Fuente: Elaboración propia, con información del AMM.

3.3 Balance Energético

Conceptualmente el balance energético es la contabilización del flujo de energía entre las diferentes etapas y actividades de la cadena energética y sus relaciones de equilibrio, por las cuales la energía se produce, se intercambia con el exterior, se transforma y se consume; tomando como sistema de análisis el ámbito nacional y para un período determinado (generalmente un año).

Los balances energéticos son instrumentos que permiten medir el consumo anual de energía y el consumo en los distintos sectores de consumo. Las unidades que se utilizan pueden variar conforme a las necesidades y/o conveniencias del análisis, regularmente se realiza un análisis con unidades físicas (Barriles Americanos, Toneladas Métricas, Giga vatios-hora, etc.) y otro análisis con unidades energéticas comunes como Barriles Equivalentes de Petróleo –BEP–, Tera Joules –TJ–, Toneladas Equivalentes de Petróleo –TEP–, Giga vatios-hora–GWh–, etc.

En Guatemala, los balances energéticos han permitido tener un panorama claro sobre la demanda energéticos primarios y secundarios que los diversos sectores demandan; sin embargo, se hace la aclaración que a diferencia del presente estudio, los balances energéticos demuestran la energía total demandada y no únicamente la energía útil demandada.

3.3.1 Energía Primaria

Por energía primaria se entiende a las distintas fuentes de energía, que como tales se obtienen de la naturaleza, ya sea en forma directa, como el caso de la energía hidráulica o solar, la leña y otros combustibles vegetales o las obtenidas después de un proceso de extracción, tales como el petróleo, carbón mineral y la geo-energía, entre otros.

Las energías primarias que se contabilizan en Guatemala son: el petróleo, el carbón mineral, la hidro-energía, la geo-energía, la leña y el bagazo de caña, las cuales a excepción del carbón mineral, son producidas en Guatemala.

En la siguiente tabla, se presenta el balance energético de las fuentes primarias de energía para el año 2017, en miles de barriles equivalentes de petróleo –kBEP–.

Tabla 5: Balance Energético de Fuentes de Energía Primaria en kBEP al 2017.

ACTIVIDADES	PETR	CRBN	HYDR	GEOE	BIOGAS	LEÑA	BCAÑ	SOLAR	EÓLICA	Total Primarias
Producción	3,493.98	0.00	4,542.31	1,861.53	53.83	48,904.05	9,132.95	123.14	136.81	68,248.59
Importación	0.00	8,236.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8,236.69
Exportación	2,853.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2,853.57
Variación Inventario	-3.27	-688.66	0.00	0.00	0.00	1.06	0.00	0.00	0.00	-690.88
OFERTA TOTAL	637.15	7,548.02	4,542.31	1,861.53	53.83	48,905.10	9,132.95	123.14	136.81	72,940.84
Refinerías	-637.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-637.15
Centrales Eléctricas	0.00	-7,548.02	-4,525.69	-1,861.53	-47.13	0.00	-6,201.37	-123.14	-136.81	-20,443.69
Autoprodutores	0.00	0.00	-16.62	0.00	-6.70	-1.06	-2,931.58	0.00	0.00	-2,955.96
TOTAL TRANSFORMACION	-637.15	-7,548.02	-4,542.31	-1,861.53	-53.83	-1.06	-9,132.95	-123.14	-136.81	-24,036.79
Consumo Propio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pérdidas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ajuste	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Transporte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industria	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Residencial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47,436.93	0.00	0.00	0.00	47,436.93
Comercio y Servicios	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,467.12	0.00	0.00	0.00	1,467.12
CONSUMO ENERGETICO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48,904.05	0.00	0.00	0.00	48,904.05
NO ENERGETICO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CONSUMO FINAL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48,904.05	0.00	0.00	0.00	48,904.05

Fuente: Ministerio de Energía y Minas.

3.3.1 Energía Secundaria

En cuanto a las energías secundarias, Guatemala tiene dentro de su matriz energética una diversidad de fuentes, entre ellas la electricidad, productos derivados de petróleo (como el gas licuado de petróleo), las gasolinas, el kerosene, el Diesel oil, el Fuel oil y la orimulsión utilizada hasta el año 2006 y recientemente el uso del petcoke, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6: Balance Energético de Fuentes de Energía Secundaria en kBEP al 2017.

ACTIVIDADES	ELEC	GLP	GAS	KER	DOIL	FOIL	COQE	NOEN	Total Derivados de Petróleo	Total Secundarias
Producción	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Importación	552.30	4,533.53	12,161.64	1,008.17	12,098.58	2,002.25	1,675.98	39.07	33,519.23	34,071.53
Exportación	1,151.07	1,317.86	387.49	303.63	128.29	32.85	0.00	101.72	2,271.84	3,422.91
Variación Inventario	0.00	-135.67	-207.12	10.07	132.33	38.46	104.82	-11.54	-68.66	-68.66
OFERTA TOTAL	-598.77	3,080.00	11,567.03	714.61	12,102.62	2,007.86	1,780.80	-74.19	31,178.73	30,579.96
Refinerías	0.00	0.00	0.00	0.00	338.68	0.00	0.00	266.61	605.29	605.29
Centrales Eléctricas	7,546.94	0.00	0.00	0.00	-18.96	-641.45	0.00	0.00	-660.41	6,886.53
Autoprodutores	484.86	0.00	0.00	0.00	0.00	-71.82	0.00	0.00	-71.82	413.05
TOTAL TRANSFORMACION	8,031.80	0.00	0.00	0.00	319.72	-713.27	0.00	266.61	-126.94	7,904.87
Consumo Propio	548.94	0.00	0.00	0.00	338.68	0.00	0.00	0.00	338.68	887.62
Pérdidas	939.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	939.35
Ajuste	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Transporte	0.00	30.80	11,278.12	708.01	11,116.97	0.00	0.00	0.00	23,133.90	23,133.90

Industria	2,215.18	616.00	231.13	0.79	966.69	1,294.59	1,780.80	0.00	4,890.01	7,105.19
Residencial	2,100.24	2,371.60	0.00	5.54	0.00	0.00	0.00	0.00	2,377.14	4,477.38
Comercio y Servicios	1,629.32	61.60	57.78	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	119.65	1,748.97
CONSUMO ENERGETICO	7,433.03	3,080.00	11,567.03	714.61	12,422.34	1,294.59	1,780.80	0.00	30,859.37	38,292.41
NO ENERGETICO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	192.42	192.42	192.42
CONSUMO FINAL	7,433.03	3,080.00	11,567.03	714.61	12,422.34	1,294.59	1,780.80	192.42	31,051.79	38,484.82

Fuente: Ministerio de Energía y Minas.

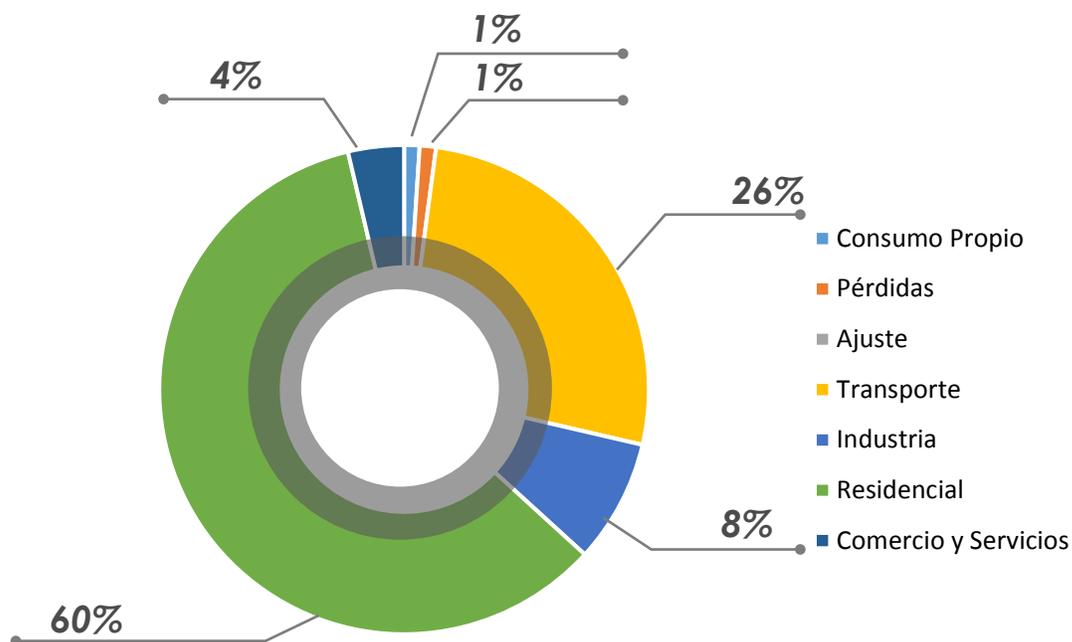
En la siguiente tabla se muestran las abreviaturas utilizadas en la elaboración del balance energético, así como las equivalencias utilizadas para cada variable del balance energético.

Tabla 7: abreviaturas utilizadas en la elaboración del balance energético.

Descripción	Abreviatura
Petróleo	PETR
Carbón mineral	CRBN
Hidro energía	HYDR
Geo energía	GEOE
Leña	LEÑA
Bagazo de caña	BCAÑ
Electricidad	ELEC
Gas licuado de petróleo	GLP
Gasolina	GAS
Kerosene y turbo	KER
Diesel Oil	DOIL
Fuel Oil	FOIL
Orimulsión	ORIM
PetCoke	COQE
No energético	NOEN

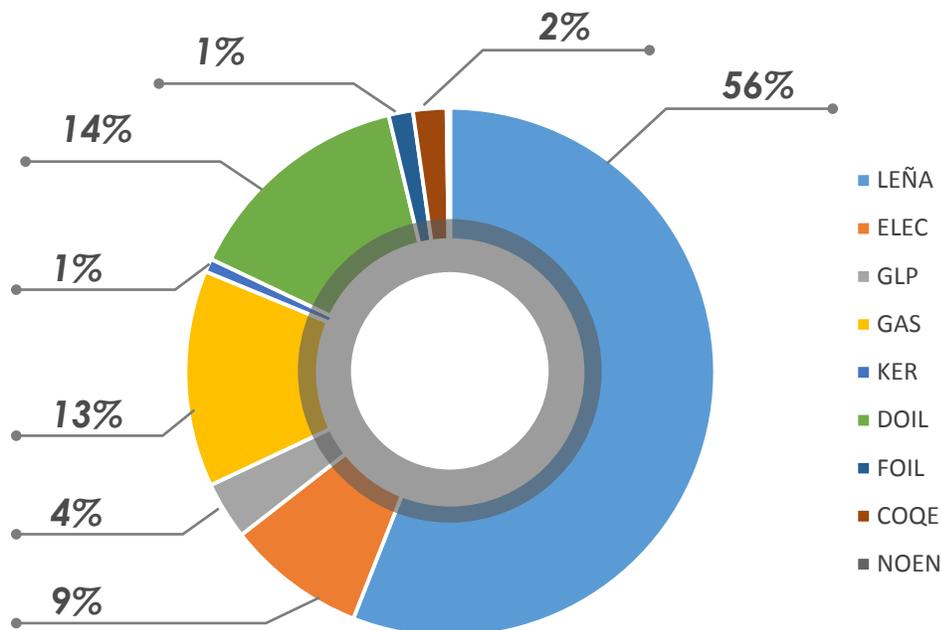
Fuente: Ministerio de Energía y Minas.

Gráfica 5: Áreas de consumo de Energéticos en 2017.



Fuente: Elaboración propia, con información del Ministerio de Energía y Minas.

Gráfica 6: Consumo de Energéticos en 2017.



Fuente: Elaboración propia, con información del Ministerio de Energía y Minas.

Tabla 8: Balance Energético en kBEP, año 2017.

ACTIVIDADES	Total Primarias	Total Secundarias	TOTAL
Producción	68,248.59	0.00	68,248.59
Importación	8,236.69	34,071.53	42,308.22
Exportación	2,853.57	3,422.91	6,276.48
Variación Inventario	-690.88	-68.66	-759.54
OFERTA TOTAL	72,940.84	30,579.96	103,520.80
Refinerías	-637.15	605.29	-31.86
Centrales Eléctricas	-20,443.69	6,886.53	-13,557.16
Autoprodutores	-2,955.96	413.05	-2,542.91
TOTAL TRANSFORMACION	-24,036.79	7,904.87	-16,131.92
Consumo Propio	0.00	887.62	887.62
Pérdidas	0.00	939.35	939.35
Ajuste	0.00	0.00	0.00
Transporte	0.00	23,133.90	23,133.90
Industria	0.00	7,105.19	7,105.19
Residencial	47,436.93	4,477.38	51,914.31
Comercio y Servicios	1,467.12	1,748.97	3,216.09
CONSUMO ENERGETICO	48,904.05	38,292.41	87,196.45
NO ENERGETICO	0.00	192.42	192.42
CONSUMO FINAL	48,904.05	38,484.82	87,388.87

Fuente: Ministerio de Energía y Minas.

3.4 Subsector Eléctrico

3.4.1 Capacidad Instalada y Fuentes de Generación

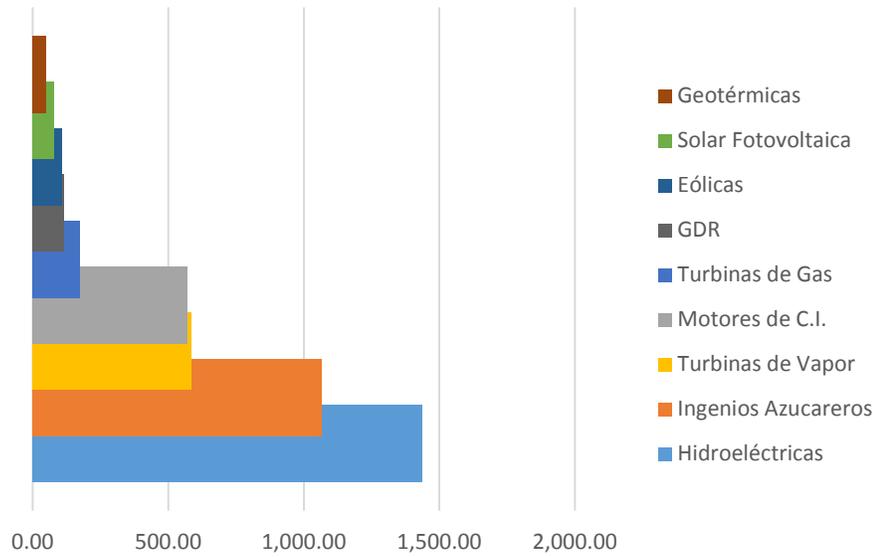
A abril 2018, la capacidad instalada del parque generador del Sistema Nacional Interconectado –SNI- se encontraba de la siguiente manera:

Tabla 9: Capacidad instalada a abril 2018 según tipo de generación.

TIPO	Cantidad (MW)
Hidroeléctricas	1,437.157
Ingenios Azucareros	1,064.899
Motores de C.I.	570.158
Turbinas de Vapor	584.700
Turbinas de Gas	172.850
Solar Fotovoltaica	80.000
Eólicas	107.400
Geotérmicas	49.200
GDR	114.492

Fuente: Administrador del Mercado Mayorista.

Gráfica 7: Capacidad instalada a abril 2018.



Fuente: Elaboración propia, con información del Administrador del Mercado Mayorista.

3.4.2 Consumo de electricidad

El Índice de Cobertura Eléctrica, se refiere al número de viviendas (usuarios que poseen el servicio de energía eléctrica), con respecto al número de viviendas totales de una región determinada, y que es expresado en porcentaje (%). Para Guatemala, el índice que se calcula es a nivel nacional, departamental y municipal. Para el 2016, la cobertura eléctrica a nivel nacional fue de 92.06%.

La fórmula que se utiliza para el cálculo del Índice de la Cobertura Eléctrica, es la siguiente:

$$\text{Índice de cobertura eléctrica} = \frac{\text{Viviendas con energía eléctrica}}{\text{Viviendas totales}} \quad (100)$$

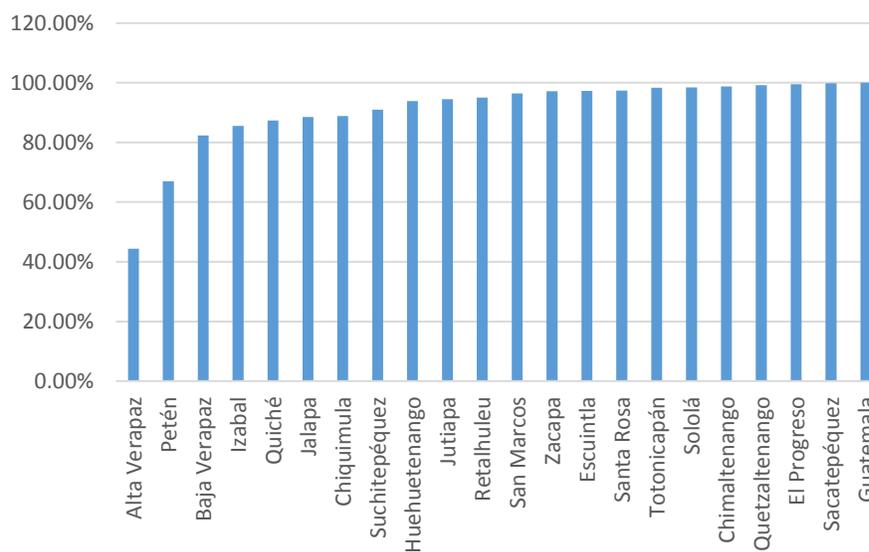
Tabla 10: Índice de cobertura eléctrica a finales de 2016.

DEPARTAMENTO	%
Alta Verapaz	44.36
Petén	67
Baja Verapaz	82.33
Izabal	85.54
Quiché	87.35
Jalapa	88.5
Chiquimula	88.81
Suchitepéquez	91.01

Huehuetenango	93.81
Jutiapa	94.53
Retalhuleu	95.04
San Marcos	96.44
Zacapa	97.12
Escuintla	97.29
Santa Rosa	97.32
Totonicapán	98.28
Sololá	98.38
Chimaltenango	98.74
Quetzaltenango	99.19
El Progreso	99.5
Sacatepéquez	99.81
Guatemala	99.98

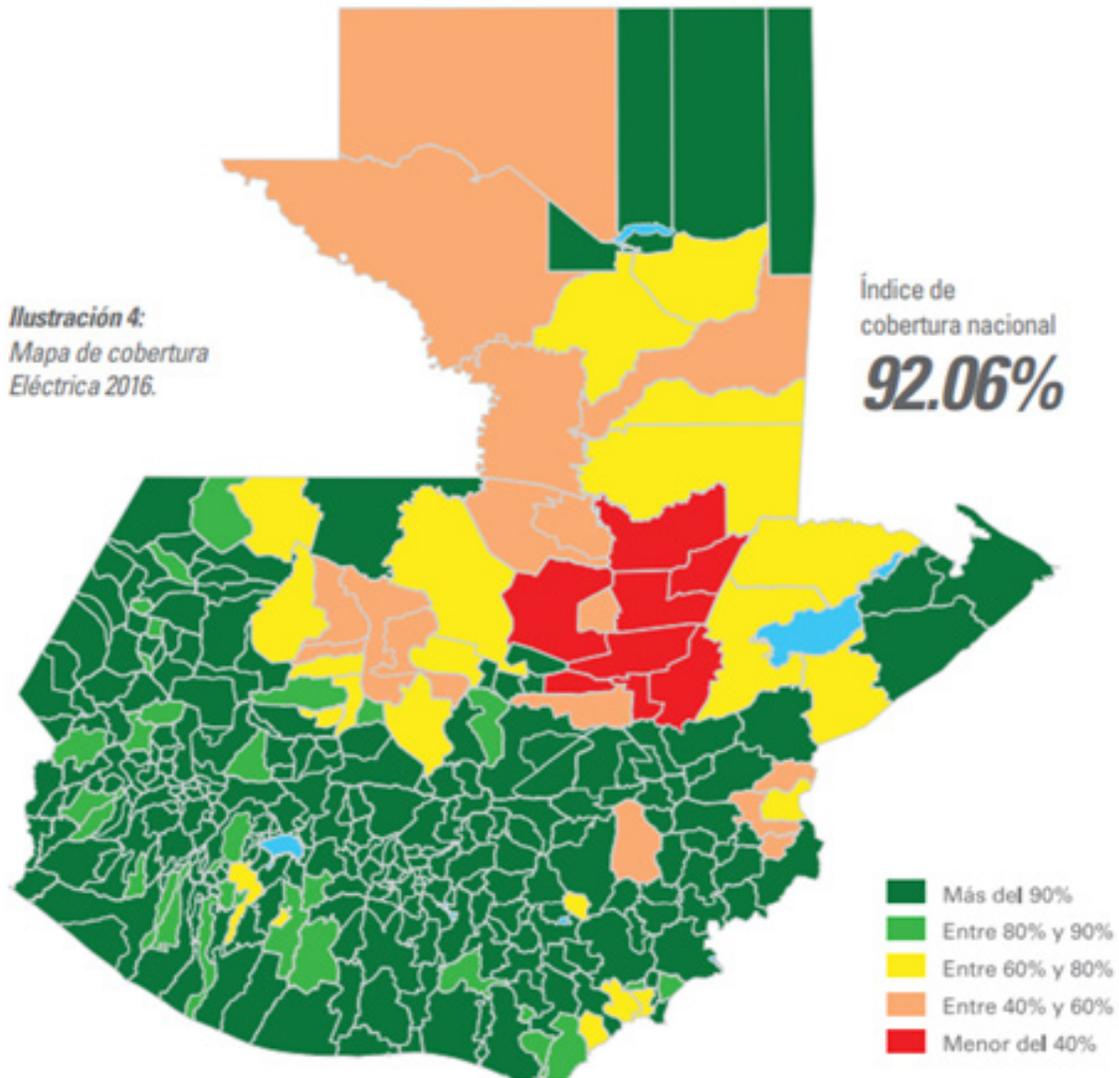
Fuente: Ministerio de Energía y Minas.

Gráfica 8: Índice de cobertura eléctrica a finales de 2016.



Fuente: Ministerio de Energía y Minas.

Mapa 6: Mapa de cobertura eléctrica en 2016.



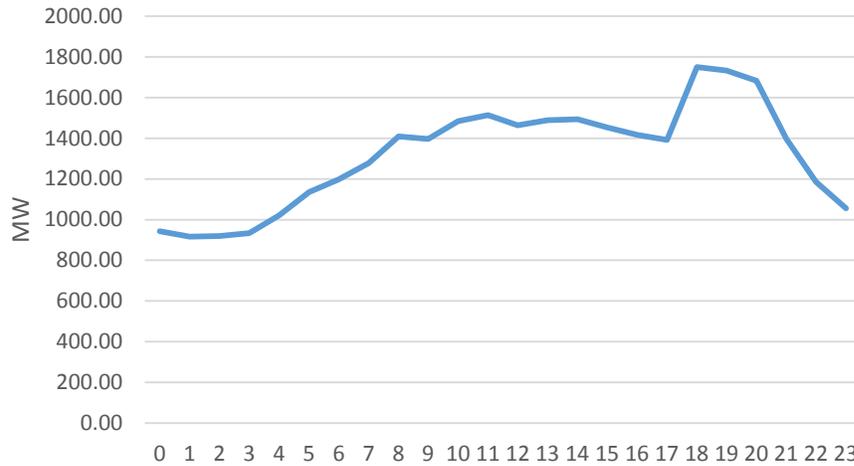
Fuente: Ministerio de Energía y Minas.

La cobertura eléctrica en Guatemala es un referente ante indicadores de desarrollo humano, así mismo de producción económica y hábitos en consumos de otros energéticos.

3.4.3 Curva de carga

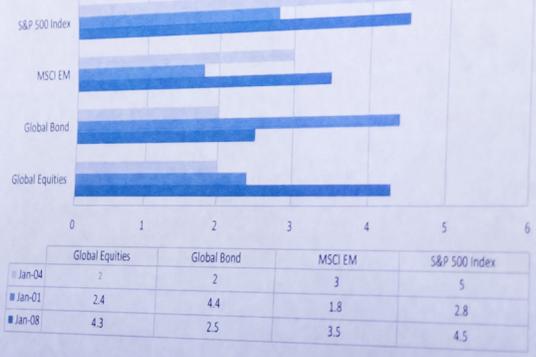
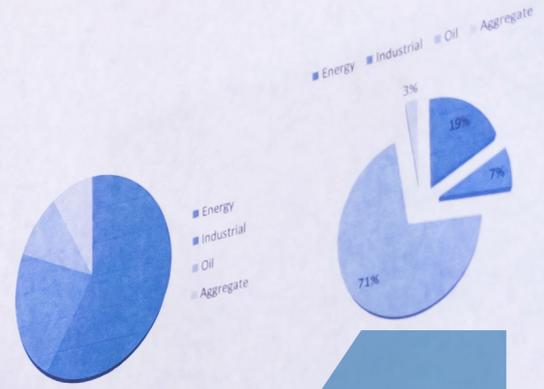
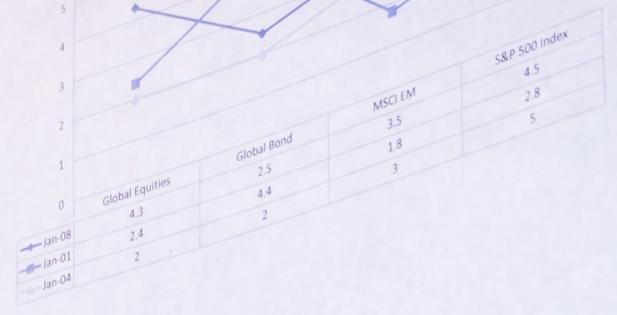
La curva de carga o de demanda, es la representación gráfica de la variación de la demanda o carga eléctrica en el transcurso del tiempo. En Guatemala la curva típica de carga horaria es la siguiente:

Gráfica 9: Curva de carga horaria para el día de máxima potencia, año 2017.



Fuente: Elaboración propia, con información del Administrador del Mercado Mayorista.

Durante el año 2017, el día de máxima potencia se registró el día martes 04 de abril, siendo esta de **1,749.50 MW**.



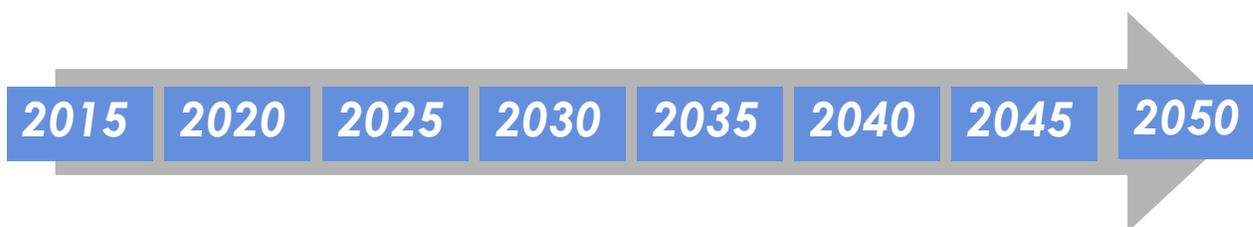
4 | ANÁLISIS DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

4.1 Año base y años futuros para simulación

La elaboración del caso para Guatemala en el software MAED_D, sostiene las siguientes observaciones y puntos relevantes:

- El año base para el estudio es el 2015, y proyecta un horizonte de 35 años, culminando en el año 2050.
- El modelo de análisis de demanda de energía, se basa sobre los consumos de energía útil de los usuarios finales, despreciando las pérdidas no técnicas; y para el presente caso, despreciando los consumos energéticos particulares, tal como el consumo de kerosene con fines de iluminación residencial y tecnologías que consumen energía cuando no son empleadas.
- Debido a que el estudio es sobre energía útil, los resultados se concluyen sobre la energía per cápita necesaria para no desabastecer el sistema energético nacional.
- Existen factores y valores de eficiencias que son aproximadas con referencia en información de países similares a Guatemala.
- Aunque el año base para el estudio es el 2015, las bases de datos y los estudios de proyecciones en el horizonte establecido se han realizado a través de líneas históricas más antiguas, en su mayoría partiendo desde el año 2010.
- El presente estudio es una desagregación de la demanda energética de usos finales, no de transformación.

Esquema 3: Años de proyección para el análisis del caso Guatemala realizado durante la capacitación.

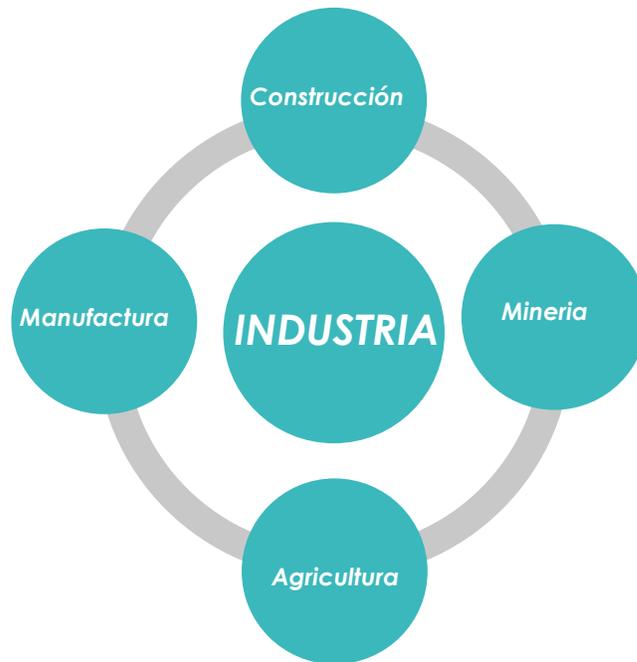


Fuente: Elaboración propia.

4.2 Estructura del modelo de Guatemala

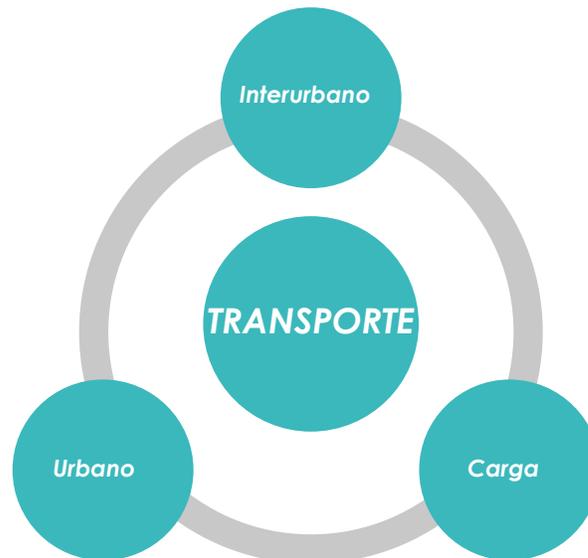
Se establecen las siguientes estructuras económicas y energéticas: Industria, Transporte, Residencias, Comercio y Servicios.

Esquema 4: Estructura económica y energética (Industria).



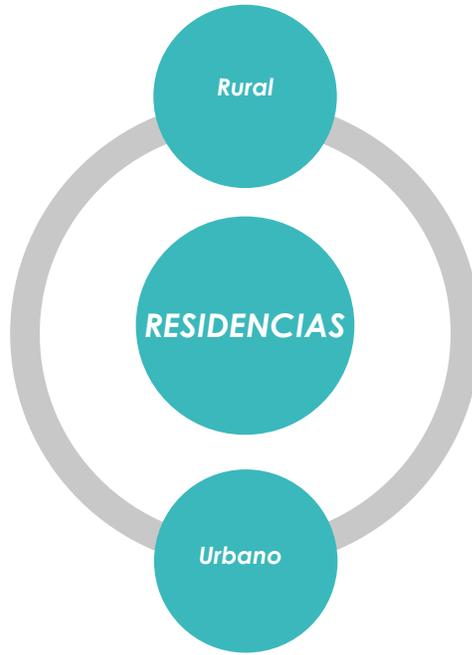
Fuente: Elaboración propia.

Esquema 5: Estructura económica y energética (transporte).



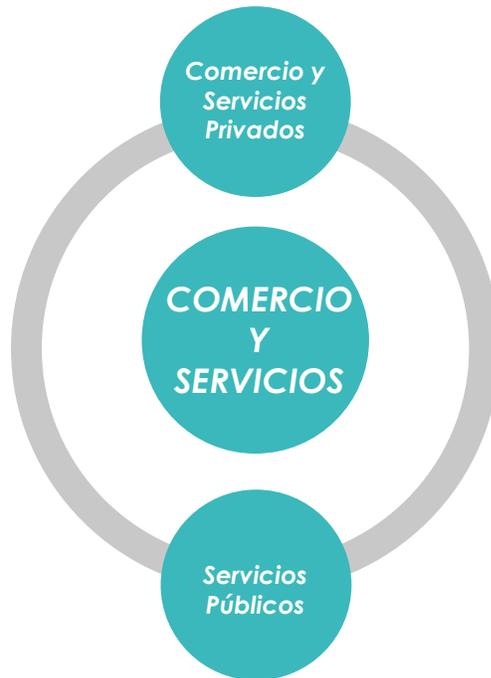
Fuente: Elaboración propia.

Esquema 6: Estructura económica y energética (residencia).



Fuente: Elaboración propia.

Esquema 7: Estructura económica y energética (comercio y servicios).



Fuente: Elaboración propia.

4.3 Resultados adquiridos a través de MAED.

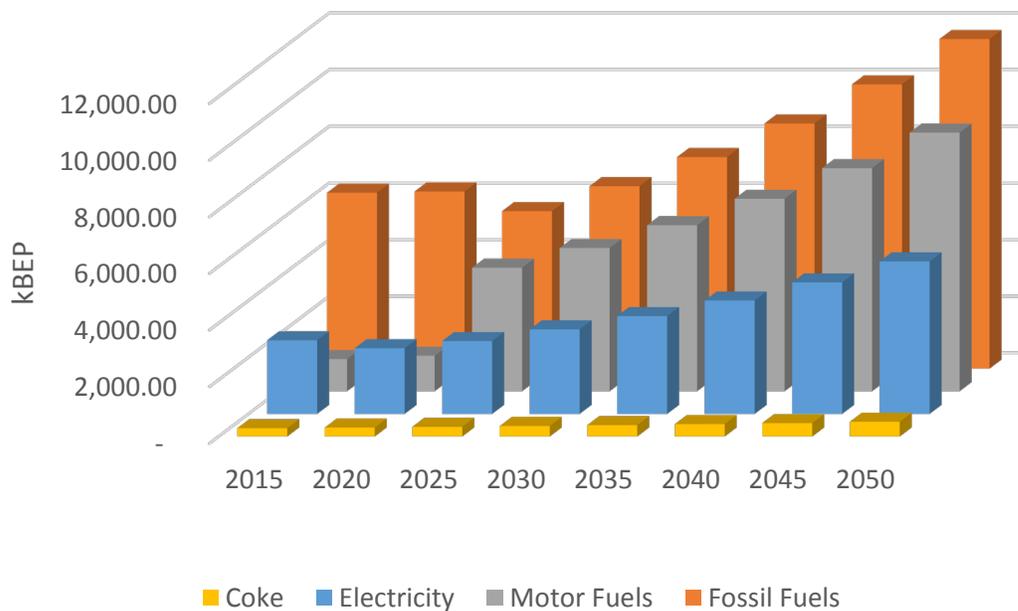
Se presentan los detalles de los resultados de la información modelada a través del software MAED, en el orden de la estructura económica y energética expuesta previamente.

4.3.1 Industria

La demanda energética del sector Industria depende fuertemente de dos parámetros: la capacidad de crecimiento económico de un país, y la eficiencia energética con la que cuenta la maquinaria propia de cada empresa.

Debido a los registros históricos guatemaltecos, se define un crecimiento constante para el PIB del 3% en su valor macro. Sin embargo, los valores de intensidades energéticas de cada subsector de la industria se relacionan directamente que la proporción del PIB que a cada uno le pertenece. Toda la información ha sido extraída del Banco de Guatemala, y de los pronósticos estadísticos de la CEPAL.

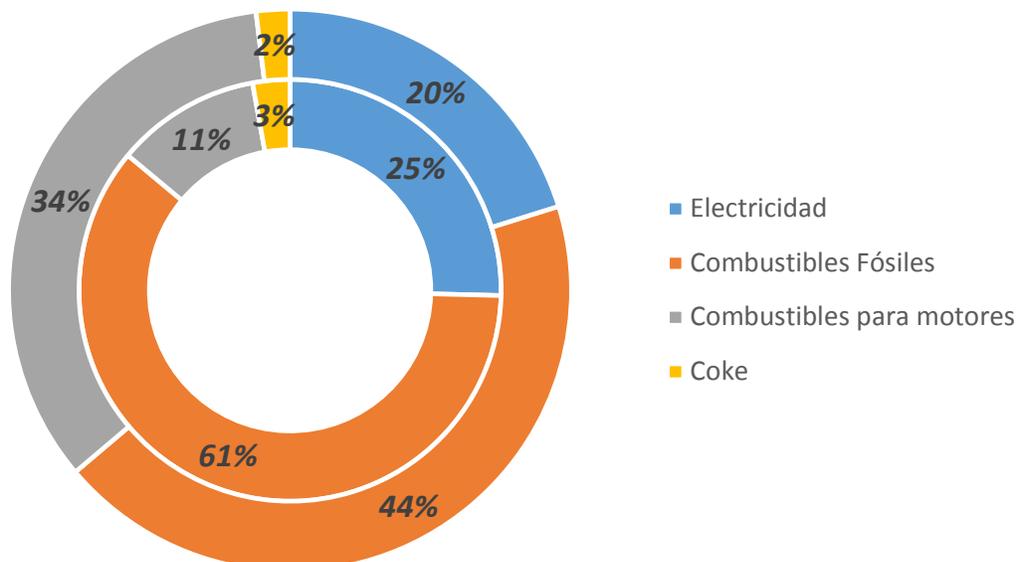
Gráfica 10: Proyección de la demanda de energía útil en kBEP del sector Industria para los diferentes tipos de energéticos.



Fuente: Elaboración propia, a través de MAED_D.

La proyección de la demanda de energía útil del sector industria presenta un importante repunte en el bloque de “Motor Fuels”, el cual representa los combustibles empleados específicamente en aplicaciones con motores de combustión interna; dicho repunte también representa una desaceleración en el crecimiento de la demanda de “Fossil Fuels”, el cual representa todas las aplicaciones que requieren combustibles derivados del petróleo. Esto se debe a tendencias sobre migraciones tecnológicas que el sector industria representa de manera independiente.

Gráfica 11: Comparación de participaciones de matrices energéticas del sector industria.



Fuente: Elaboración propia, a través de MAED_D.

En la figura q0, se observa la comparación entre las participaciones de los energéticos demandados por el sector industria, en el anillo centra se observa la composición del año 2015, mientras que en el anillo externo se observa la composición del año 2050.

Durante el horizonte de 35 años del presente estudio, se observa que la demanda energética del sector industria dependerá fuertemente de los combustibles derivados del petróleo, así mismo dependerá de los fenómenos macroeconómicos que repercutan dentro del país.

4.3.2 Industria

El sector transporte es uno de los más dinámicos dentro de un modelo de demanda energética, puesto que este no depende únicamente del comportamiento del PIB de un país, también depende de la proporción de la población que es económicamente activa, así como del crecimiento longitudinal de las ciudades, la disponibilidad de crecimiento de las vías de comunicación para transporte pesado, diseños de urbanización, entre otros fenómenos significantes.

Dentro del parque vehicular guatemalteco se pueden identificar más de 81 tipos distintos de automotores ¹, los cuales en su gran mayoría dependen de la gasolina y del diésel como fuentes de energía.

Los tres grandes sub grupos que caracterizan un parque vehicular son los descritos anteriormente: Urbano, Interurbano, carga.

El transporte Urbano e Interurbano comparten la similitud de ser empleados en el transporte de personas, siendo la diferencia fundamental las distancias de recorrido promedio por día. Por otro

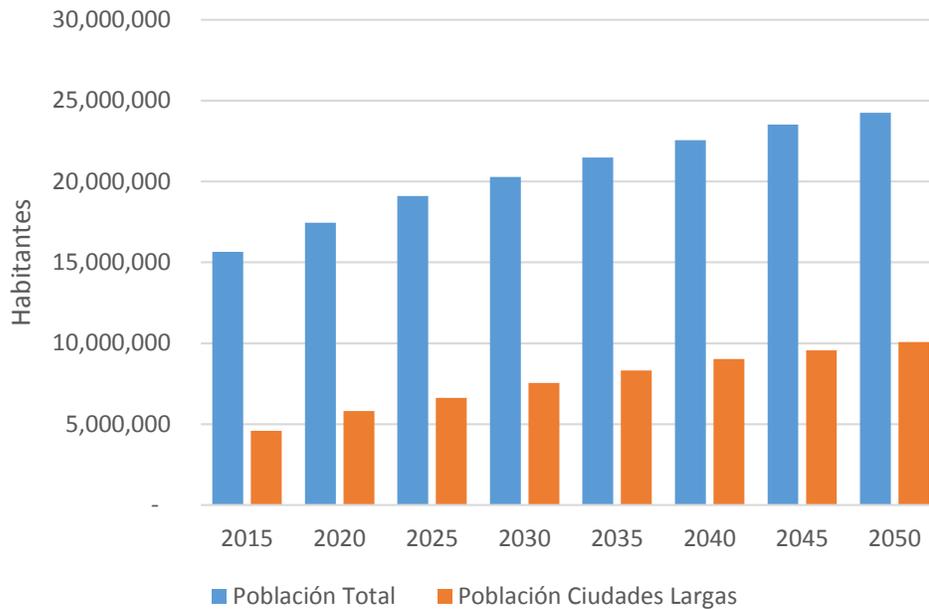
¹ Información extraída del registro estadístico del parque vehicular, proporcionado por la Superintendencia de Administración Tributaria -SAT-.

lado, el transporte de carga es empleado única y exclusivamente para movilizar objetos inertes, es importante resaltar que este último modelo de transporte sí depende directamente de la productividad económica del país.

A medida que una ciudad crece en construcción longitudinal, esta presenta una mayor demanda de transporte público y particular; para el presente caso, se definen como ciudades largas aquellas que a partir de un determinado momento en el horizonte de estudio logran alcanzar más de 150,000 habitantes.

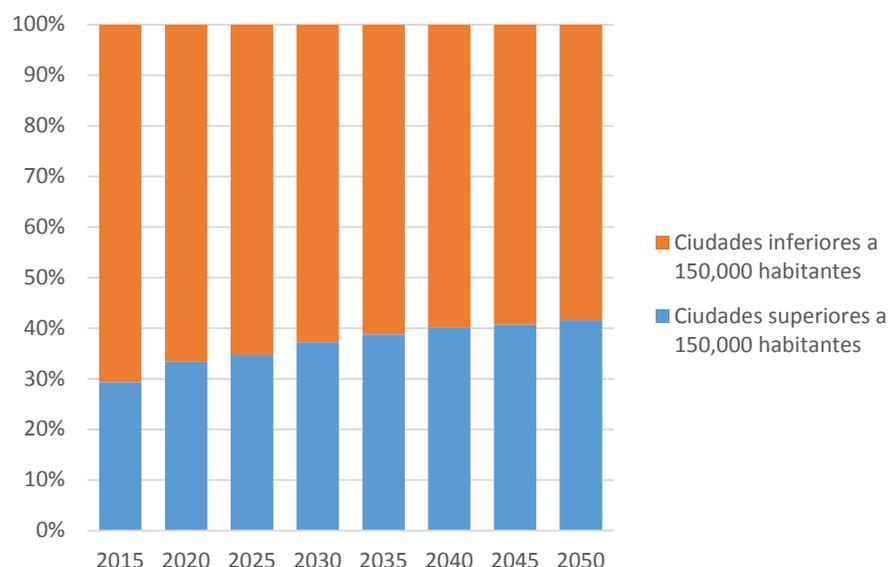
En el año base, 2015, los municipios clasificados como ciudades largas han sido los siguientes: Guatemala, Mixco, San Juan Sacatepéquez, Villa Nueva, San Miguel Petapa, Escuintla, Santa Lucía Cotzumalguapa, Quetzaltenango, Coatepeque, Cobán, San Pedro Carchá, Jalapa y Jutiapa. Posteriormente se añaden Santa Catarina Pinula, Chinautla, Villa Canales, Sololá, Mazatenango, entre otros municipios.

Gráfica 12: Relación entre la población en ciudades largas, y la población total de Guatemala.



Fuente: Elaboración propia, con información de “Guatemala: Estimaciones de la Población total por municipio. Período 2008-2020”, propiedad del Instituto Nacional de Estadísticas –INE-; proyección de la población de Guatemala al año 2010 de la CEPAL.

Gráfica 13: Proporción de penetración de ciudades con más de 150,000 habitantes.



Fuente: Elaboración propia, con información de “Guatemala: Estimaciones de la Población total por municipio. Período 2008-2020”, propiedad del Instituto Nacional de Estadísticas –INE-; proyección de la población de Guatemala al año 2010 de la CEPAL.

Las figuras 11 y 12, muestran la tendencia de crecimiento poblacional en Guatemala, con referencia en las ciudades que tienen y tendrán más de 150,000 habitantes a lo largo del estudio. Es importante aclarar que las ciudades largas no son precisamente ciudades urbanizadas.

Los más de 81 tipos diferentes de automotores existentes en el parque vehicular nacional, se pueden agrupar en distintos bloques característicos, tal como se muestra a continuación:

Tabla 11: Clasificación del transporte de carga.

No.	Tipo	Combustible
1	Camiones y paneles	Diésel
2	Tráileres	Diésel

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12: Clasificación del transporte interurbano.

No.	Tipo	Combustible
1	Vehículo	Gasolina
2	Vehículo	Diésel
3	Bus extraurbano	Diésel
4	Microbús	Diésel

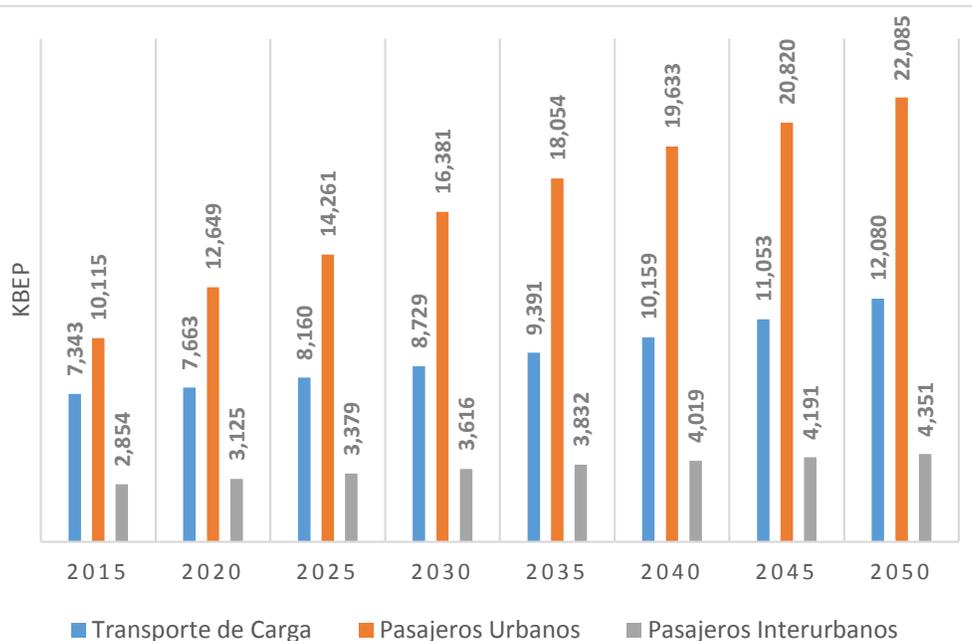
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13: Clasificación del transporte urbano.

No.	Tipo	Combustible
1	Vehículo	Gasolina
2	Vehículo	Diésel
3	Motocicleta	Gasolina
4	Trimoto	Gasolina
5	Bus Urbano	Diésel
6	Taxi	Gasolina
7	Vehículo	GLP
8	Vehículo	Eléctrico
9	Microbús	Gasolina
10	Microbús	Diésel

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 14: Demanda energética por tipo de usuario en el sector transporte.

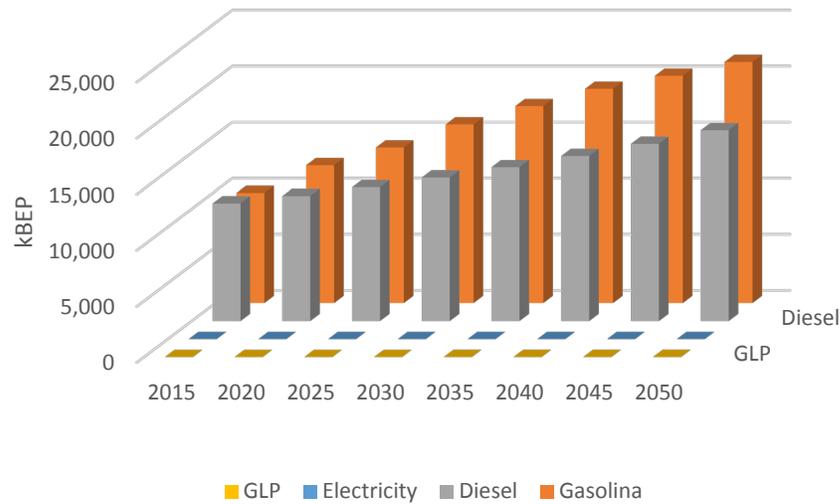


Fuente: Elaboración propia, con información de la SAT y el MEM.

La figura 13 es una comparación entre los tipos de usuario en el sector transporte en general, se observa que la demanda energética de los usuarios clasificados como “Pasajeros Urbanos” es constantemente superior a sus símiles. El análisis de dicha figura generaliza la energía necesaria para movilizar a cada uno de los usuarios finales, no clasifica el energético que se emplea para cada tipo de usuario.

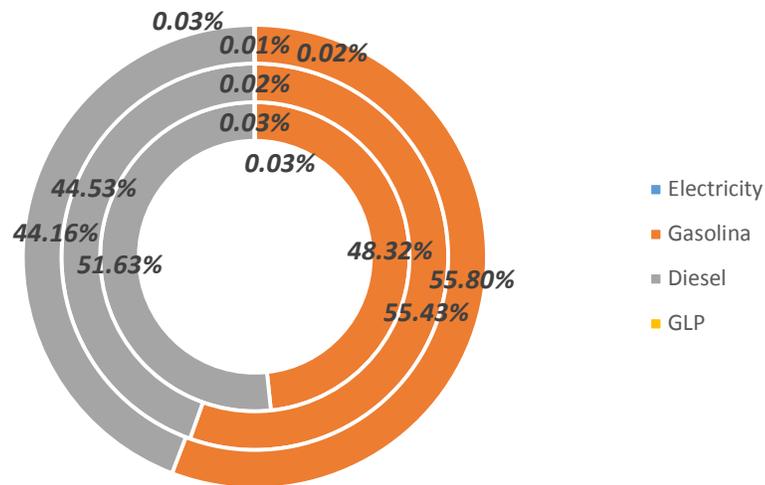
Conociendo la clasificación de las extensiones territoriales, clasificación de la población, y clasificación del parque vehicular, se procede a determinar la demanda de la matriz energética del sector transporte total.

Gráfica 15: Proyección de la demanda de energía en kBEP del sector Transporte para los diferentes tipos de energéticos.



Fuente:Elaboración propia, con información de la SAT, INE, CEPAL, y MEM.

Gráfica 16: Comportamiento de la matriz energética demanda por el sector transporte.



Elaboradamente propia, con información de la SAT, INE, CEPAL, y MEM.

Las figuras 15 y 16, representan la proyección de la matriz energética demandada por el sector transporte en Guatemala, donde se puede observar que los combustibles gasolina y diésel son predominantes; también se observa que el GLP y la electricidad, son fuentes de energía final que en el tiempo mantienen una pequeña participación durante el período de estudio.

En la figura 15, se observan los porcentajes de penetración por tipo de energético, identificando que en el largo plazo se está generando una transición energética de la predominancia del combustible diésel, hacia el combustible gasolina; esto se debe a que dentro del parque vehicular urbano e interurbano, el transporte público ha ido desacelerando su participación a lo largo del tiempo, por lo tanto el transporte particular ha ido acelerando su crecimiento, este fenómeno se da por causas externas este estudio.

Se hace notar que las motocicletas que se encuentran dentro del parque vehicular urbano, mantienen una participación promedio del 55% de esa sección del parque vehicular; se hace la observación que es necesario reforzar los sistemas de transporte público en todo el territorio nacional, así como impulsar una mayor participación de energía limpias y renovables en el sector transporte en general.

4.3.3 Residencial

El sector residencial se divide en dos grandes sub grupos: hogares urbanos, hogares rurales; ambos sub grupos también poseen clasificaciones más puntuales y específicas que para efectos del presente estudio no serán expuestas. Las necesidades energéticas básicas para un hogar son independientes de su clasificación, se detallan a continuación:

Esquema 8: Estructura sector residencial.



Fuente: Elaboración propia.

Calentamiento de agua: Aplicación designada para actividades que requieren la regulación de la temperatura del servicio de agua en un hogar, es independiente a la cocción de alimentos, y se puede realizar a través de distintos energéticos.

Cocción de alimentos: Principal factor de consumo energético en un hogar, se destaca en esta aplicación el uso de leña, GLP, o bien, electricidad.

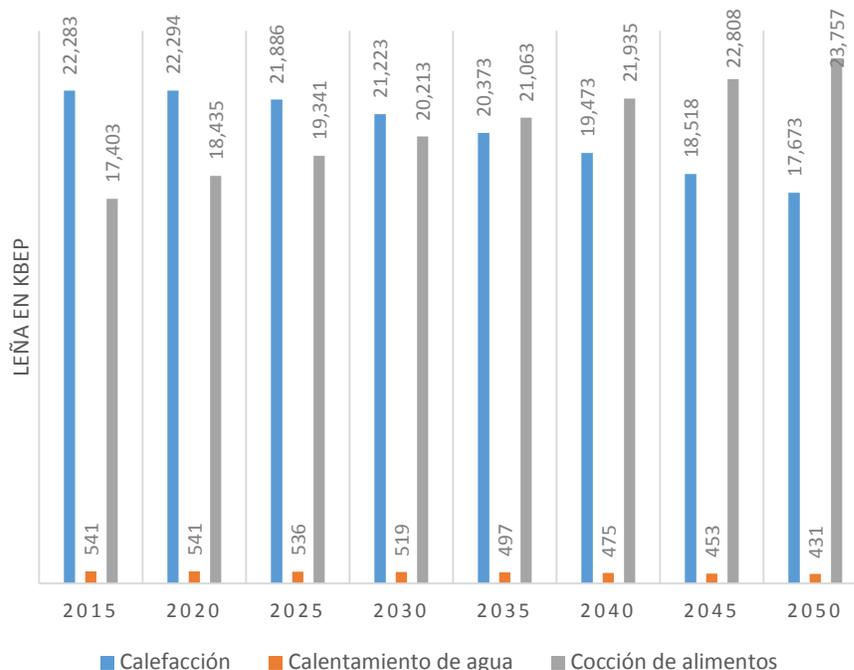
Aplicaciones eléctricas: Todo equipo eléctrico conectado como carga demandante en el interior de un hogar, puede ser cualquier electrodoméstico.

Iluminación Forzada: Se desliga de las aplicaciones eléctricas, puesto que sus tendencias de uso son distintas.

Climatización: Aplicación poco recurrente en el territorio nacional en cuanto a aires acondicionados, sin embargo, en sistemas de calefacción a través de quema de leña, es muy recurrente en regiones occidentales del país.

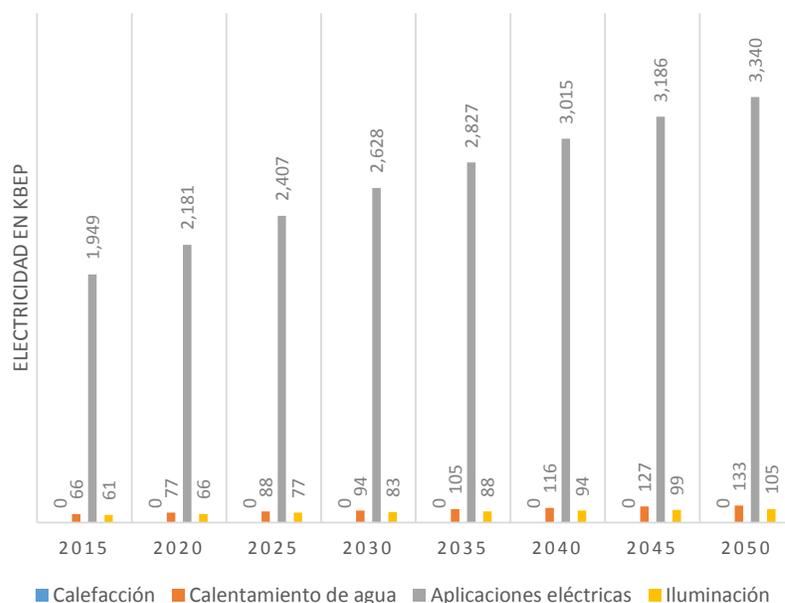
Las diferencias entre las viviendas rurales y urbanas, se centran en los hábitos de consumo y tipos de energéticos empleados para lograr un mismo fin. Se inicia describiendo los hábitos de cocción de alimentos, donde hasta el año 2012 el 86.5% de la leña consumida en el sector residencial, era consumida en zonas rurales ². Se aclara que no ha sido únicamente en cocción de alimentos, ya que se emplea para calentamiento de agua y calefacción en zonas rurales.

Gráfica 17: Comparación de aplicaciones residenciales que consumen leña.



Fuente: Elaboración propia, con información de INAB, Iarna, CEPAL, MEM.

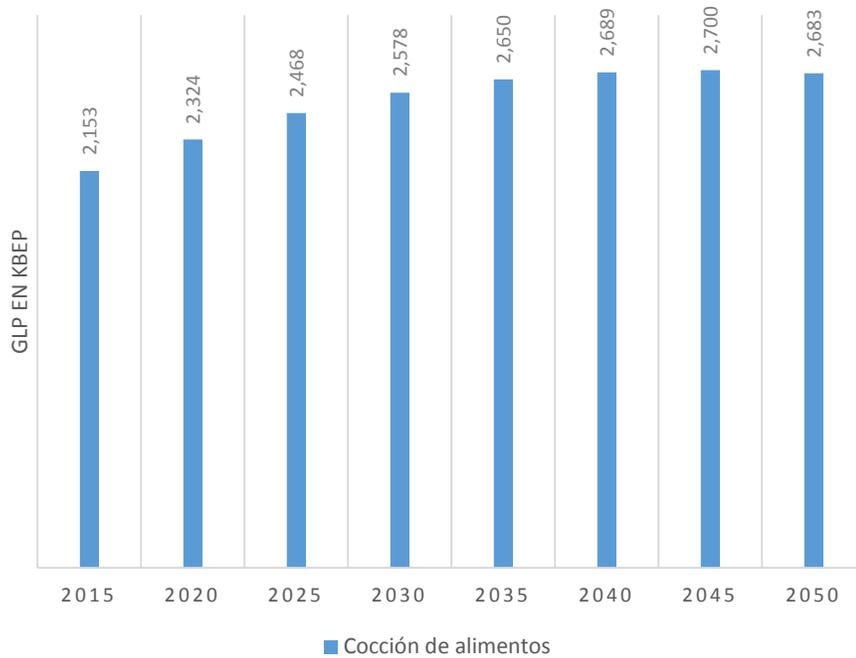
Gráfica 18: Comparación de aplicaciones residenciales que requieren electricidad.



Fuente: Elaboración propia, con información del MEM.

2 INAB, Iarna, FAO; OFERTA Y DEMANDA DE LEÑA EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA; página 42; año 2012.

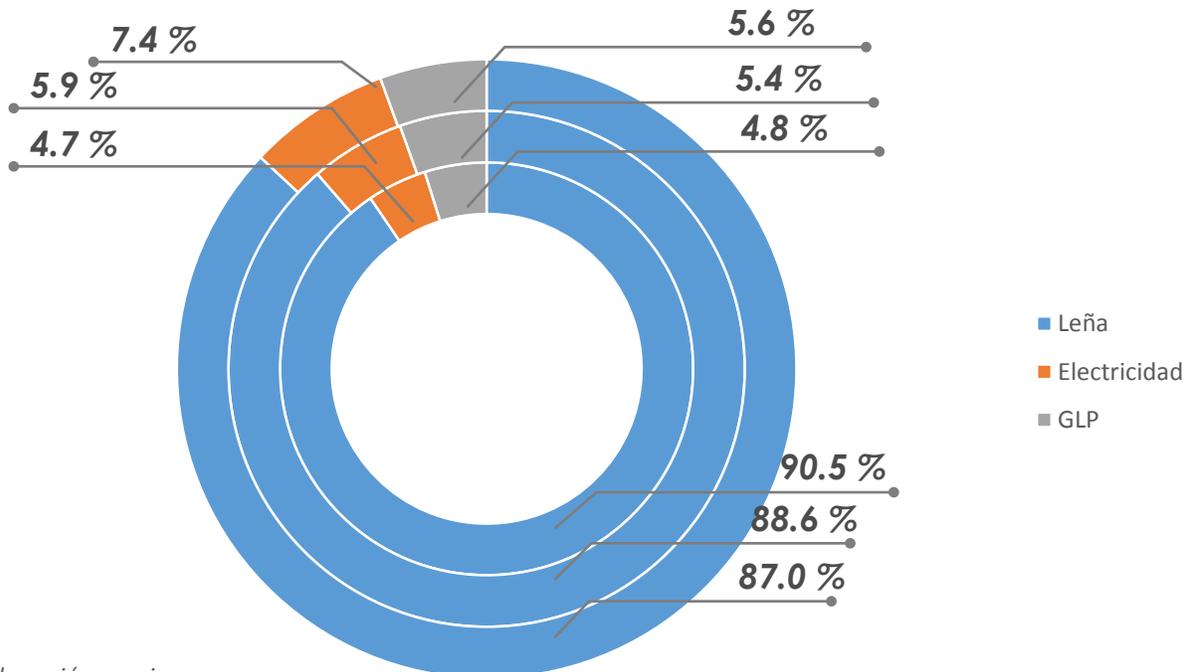
Gráfica 19: Comparación de aplicaciones residenciales que requieren GLP.



Fuente: Elaboración propia, con información del MEM.

Las figuras 17 a 19, exponen las comparaciones entre aplicaciones residenciales que requieren del mismo energético para poder ser empleadas; se denota que las aplicaciones que requieren de más energía para poder ser ejecutadas son cocción de alimentos y calefacción, ambas con leña. No significa que estas aplicaciones requieran indispensablemente tales grados de consumo energético para funcionar, su alta demanda se debe más bien en la baja eficiencia de las tecnologías de fogón abierto que se emplean para el aprovechamiento de estas.

Gráfica 20: Evolución de la matriz energética demanda por el sector residencial.



Fuente: Elaboración propia.

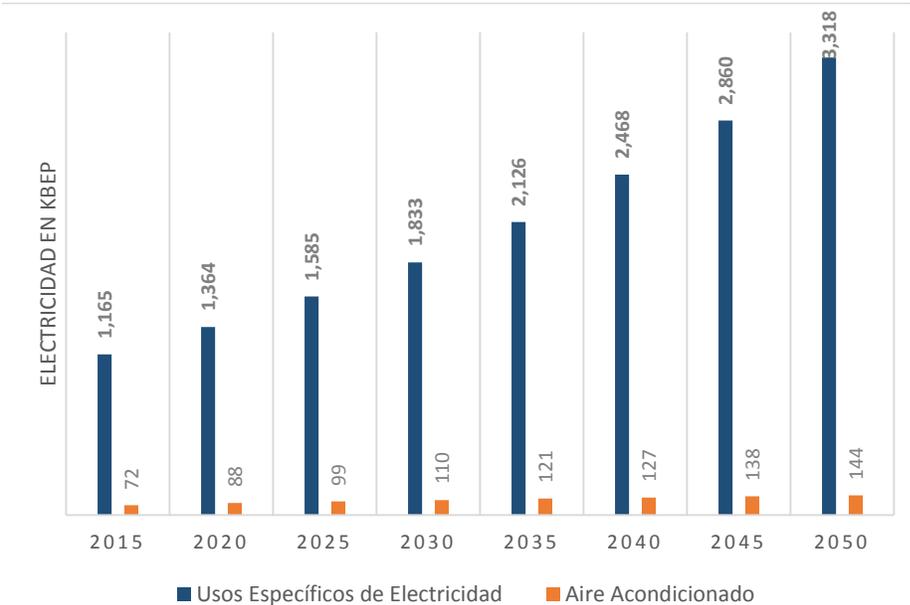
La figura 19, expone la evolución de la matriz energética demandada por el sector residencial, el anillo interior representa el año 2015, el anillo central representa el año 2030, y el anillo externo representa el año 2050 del estudio; se demuestra que a lo largo del tiempo en la proyección de la demanda energética, la leña va perdiendo participación, mientras que la electricidad y el GLP van adquiriendo la participación perdida por la leña. El fenómeno descrito se debe a la tendencia de urbanización de todo el territorio nacional, puesto que ello repercute en mayores opciones de adquisición de energéticos más eficientes en comparación a la leña, así mismo, mejores tecnologías.

Es necesario ejecutar acciones y políticas que permitan que la migración energética del consumo de leña hacia otros energéticos sea más rápida y viable en comparación al presente estudio, que puede considerarse como un caso tendencial.

4.3.4 Comercio y Servicios

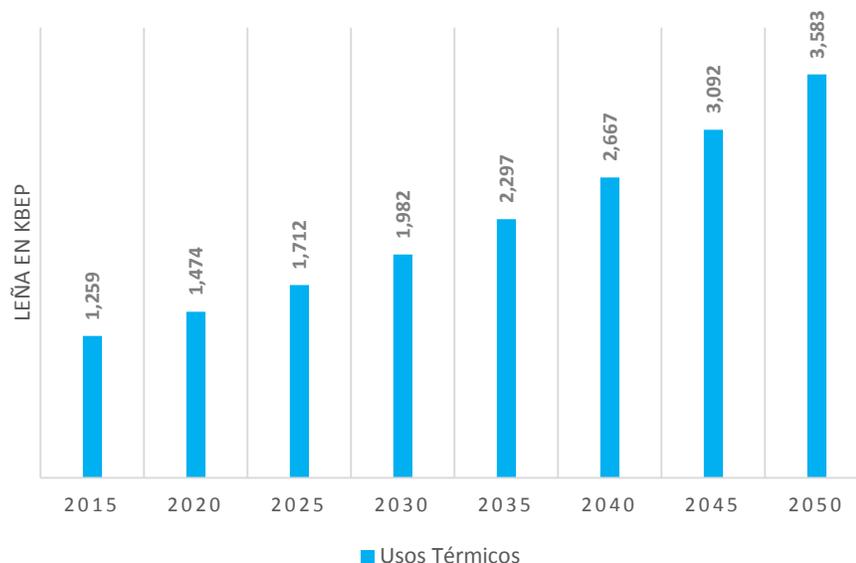
El sector comercio y servicios, representa una incidencia pequeña en comparación a los otros sectores del presente estudio, esto se debe a que las actividades que se desarrollan adentro de este sector, no producen artículos u objetos tangibles y procesados a través de tecnologías complejas; la verdadera incidencia de este sector se encuentra dentro de los movimientos económicos del país.

Gráfica 21: Comparación de aplicaciones de comercio y servicios que requieren electricidad.



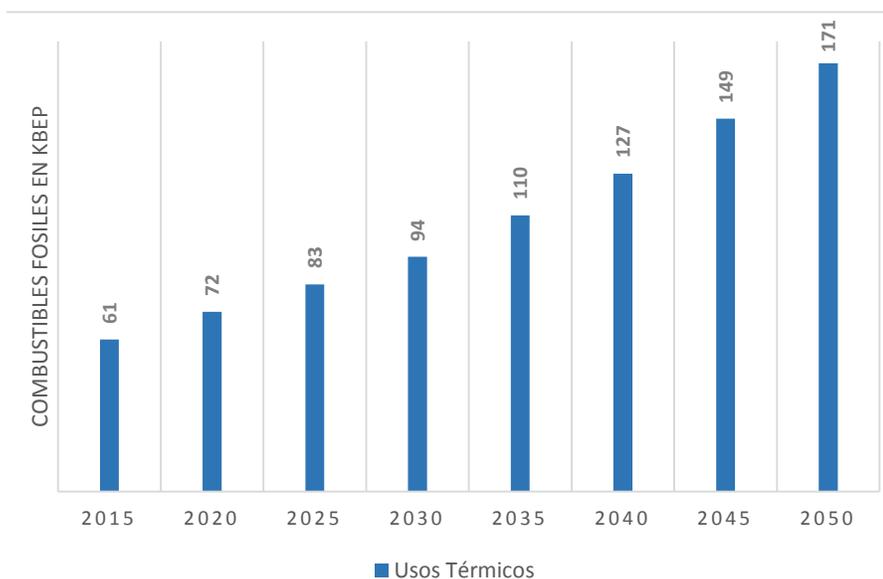
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 22: Aplicación de comercio y servicios que requiere leña.



Fuente: Elaboración propia.

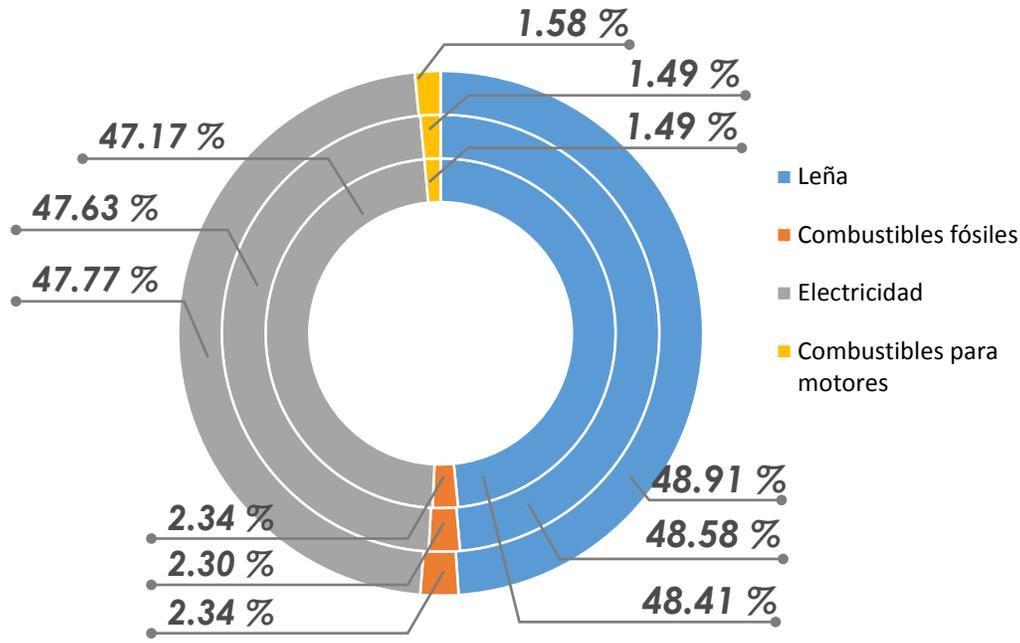
Gráfica 23: Aplicación de comercio y servicios que requiere combustibles fósiles.



Fuente: Elaboración propia.

Las figuras 21 a 23, exponen la demanda energética por tipo de aplicación para el sector comercio y servicios, siendo la electricidad el más destacado a través de sus aplicaciones específicas, notablemente por acciones oficinistas y administrativas características del mismo sector. Los consumos de combustibles fósiles se deben a aplicaciones tales como panaderías, cocinas, entre otros.

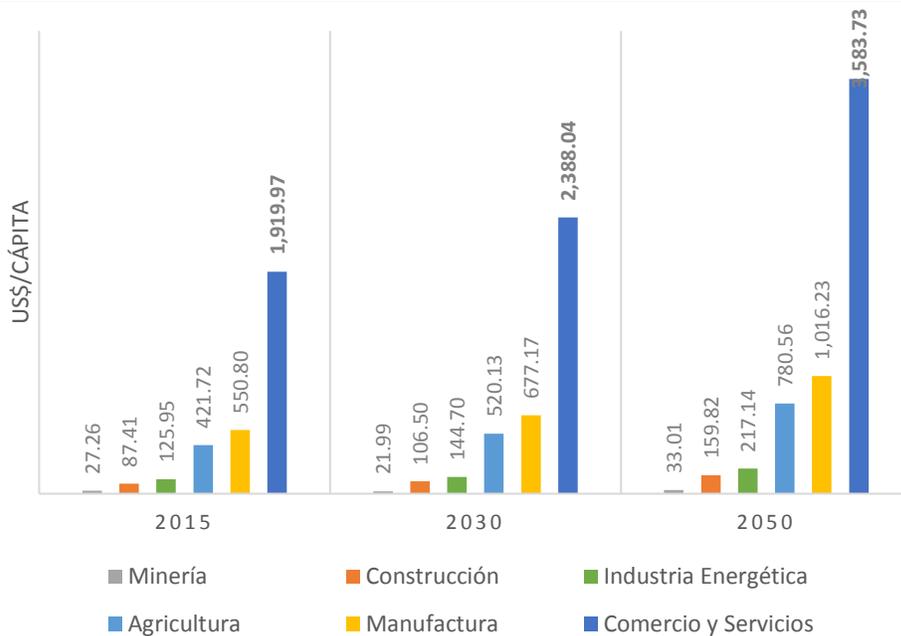
Gráfica 24: Evolución de la matriz energética demanda por el sector comercio y servicios.



Fuente: Elaboración propia.

La figura 24 demuestra la evolución tendencial de la matriz de demanda energética del sector comercio y servicios, siendo el anillo interno el año 2015, el anillo central el año 2030, y el anillo externo el año 2050. Los cambios que esta matriz percibe en el horizonte de estudio son poco apreciables.

Gráfica 25: Relación de US\$/Cápita producido por cada bloque productor del estudio.



Fuente: Elaboración propia, con estudio en MAED.

La producción de PIB per cápita por cada bloque productor del estudio, demuestra que el sector comercio y servicios es el bloque productor más rentable bajo las condiciones expuestas en el horizonte de 35 años, esto se debe a que no es un sector que transforme materia prima en un producto final, por lo cual no demanda mucha energía para producir un gran beneficio económico.



5 | COMPARACIÓN

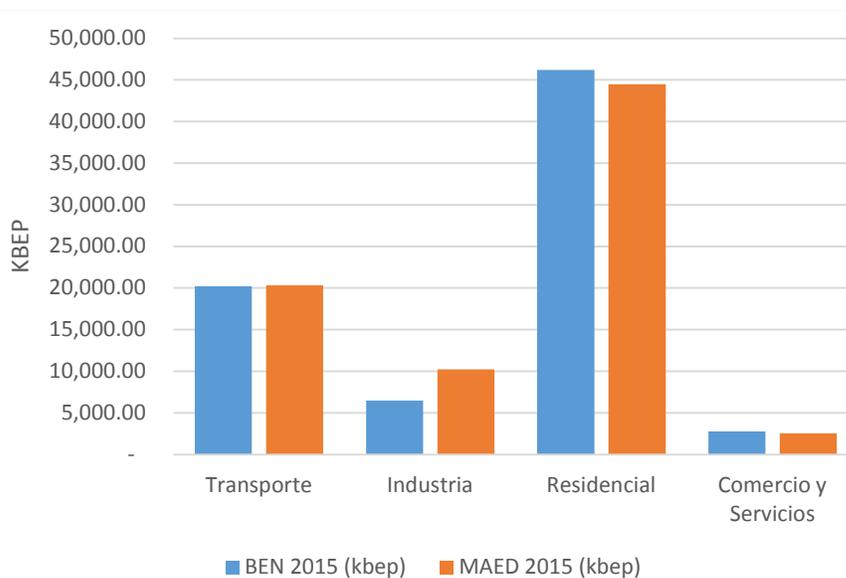
BALANCE ENERGÉTICO 2012 REALIZADO POR EL MEM Y LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR MAED

Tabla 14: Valores del balance energético realizado por el MEM en el año 2015 y los resultados obtenidos por MAED.

SECTOR	BEN 2015 (kbep)	MAED 2015 (kbep)	% ERROR
Transporte	20,189.72	20,312.26	(0.01)
Industria	6,495.81	10,241.71	(0.58)
Residencial	46,204.98	44,483.78	0.04
Comercio y Servicios	2,789.02	2,539.72	0.09

Fuente: Elaboración propia, con información del MEM y de MAED

Gráfica 26: Valores del balance energético realizado por el MEM en el año 2012 y los resultados obtenidos por MAED.



Fuente: Elaboración propia, con información del MEM y de MAED

CONCLUSIONES

- A través del estudio con horizonte de 35 años realizado a través de la metodología de MAED, para Guatemala, demuestra que es necesario impulsar políticas y acciones que contribuyan a desacelerar el consumo de energéticos que en el corto plazo no son renovables, tal es el caso de la leña en el sector residencial.
- Aún hace falta desagregar un poco más de información sobre los sectores implicados en el presente estudio, con fines de identificar con mayor facilidad las acciones prontas a realizarse para cumplir con los compromisos y objetivos que Guatemala a adquirido a nivel internacional, tal como los ODS.
- Es necesario impulsar un mayor uso del transporte público urbano e interurbano, así como la migración de combustibles fósiles por otros energéticos más limpios con tecnologías más eficientes para el sector transporte en general.



REFERENCIAS

<http://www.mem.gob.gt/>

<http://www.amm.org.gt/>

<http://www.cnee.gob.gt/>

<http://geografia.laguia2000.com/>

<http://www.deguate.com/>

<http://www.insivumeh.gob.gt/>

<http://www.mundochapin.com/>

<http://datosmacro.com/>

<http://www.prensalibre.com/>

<https://www.ine.gob.gt/>

<https://www.renap.gob.gt/>

<http://www.bancomundial.org/>