



TRANSICIÓN ENERGÉTICA A NIVEL RESIDENCIAL

Cocción y Calefacción
en América Latina

ESTADO ACTUAL

ELECTRIFICACIÓN A NIVEL RESIDENCIAL EN BRASIL, CHILE Y COLOMBIA

UNA INICIATIVA DE:



Global
Methane
Hub

IMPLEMENTADO POR:



Stanford University





CRÉDITOS

ESTADO ACTUAL: Electrificación a nivel residencial en Brasil, Chile y Colombia.

El proyecto "TRANSFORMACIÓN ENERGÉTICA A NIVEL RESIDENCIAL: Electrificación de estufas y cocinas en América Latina" es una iniciativa del Global Methane Hub implementada en tres países de la región: Colombia, Chile y Brasil, por la Fundación Futuro Latinoamericano (FFLA), en colaboración con EBP Chile, EBP Brasil, Stanford University, Universidad de São Paulo, Universidad Mayor de Chile y Universidad de los Andes en Colombia.

CONTENIDO:

Los contenidos presentados en este informe, fueron desarrollados gracias al apoyo de: EBP Chile, Universidad Mayor de Chile, Universidad de los Andes en Colombia, la Universidad de Sao Paulo, EBP Brasil.

AUTORES:

Nicola Borregaard, Ruben Mendez, Franco Morales, Omar Baez

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN:

Unidad de Comunicación y Gestión del Conocimiento – Fundación Futuro Latinoamericano

FOTOGRAFÍAS:

Libres de derecho

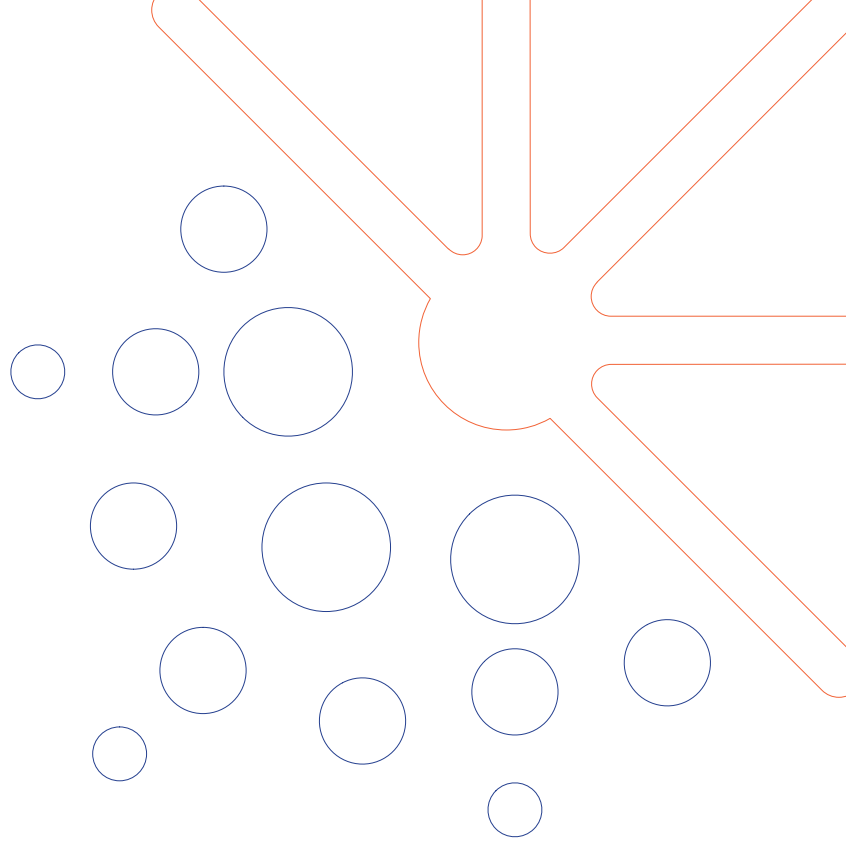
FUNDACIÓN FUTURO LATINOAMERICANO INTERNACIONAL

Boulevard Oeste, Santa María Business District
Ciudad de Panamá – Panamá
(593) 98 548 3035
<https://www.ffla.net/es/>

Primera Edición, Agosto 2024

Creative Commons:  Este informe está distribuido bajo la Licencia Creative Commons, su contenido puede ser utilizado, compartido y adaptado siempre que se cite a la fuente: EBP Chile, Universidad Mayor de Chile, Universidad de los Andes en Colombia, Universidad de Sao Paulo, EBP Brasil, & Fundación Futuro Latinoamericano. (2024). *Estado actual: Electrificación a nivel residencial en Brasil, Chile y Colombia*. Unidad de Comunicación y Gestión del Conocimiento – Fundación Futuro Latinoamericano.





ESTADO ACTUAL

**ELECTRIFICACIÓN A
NIVEL RESIDENCIAL
EN BRASIL, CHILE
Y COLOMBIA**

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	10
2. VARIABLES DE CONTEXTO	12
2.1. Clima	14
2.2. Contexto Socioeconómico	16
2.3. Oferta y Demanda Energética	20
2.4. Energías Renovables y Factores de Emisión	28
2.5. Nivel de Acceso a Electricidad	32
3. CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL SECTOR RESIDENCIAL	42
3.1. Tendencia de Electrificación Residencial	44
3.2. Caracterización Cocción y Climatización	53
3.3. Calidad de Electrificación así como de la Seguridad del Sistema Eléctrico	61
4. EMISIONES	64
4.1. Emisiones Globales	66
4.2. Emisiones Locales e Intradomiciliarias	70
5. TECNOLOGÍAS Y COSTOS COMPARADOS	72
5.1. Tecnologías de Calefacción	74
5.2. Tecnologías de Cocción	76
6. POLÍTICAS PARA LA ELECTRIFICACIÓN RESIDENCIAL	80
7. CONCLUSIÓN	92
8. BIBLIOGRAFÍA	98



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Zonas Climáticas de Brasil	14
FIGURA 2. Zonas Climáticas de Chile.....	15
FIGURA 3. Zonas Climáticas de Colombia.....	15
FIGURA 4. Distribución socioeconómica en Zona Sudeste y Noreste de Brasil	17
FIGURA 5. Diagrama de Sanki de Flujo de Energía Brasil	20
FIGURA 6. Diagrama de Sanki energía secundaria Brasil.....	21
FIGURA 7. Evolución distribución de la demanda energética por sectores Brasil	21
FIGURA 8. Distribución de la demanda energética por sectores Brasil.....	22
FIGURA 9. Evolución del número de usuarios y longitud de la red de distribución de gas Brasil....	22
FIGURA 10. Diagrama de Sanki de Flujo de Energía Chile.....	23
FIGURA 11. Matriz energética primaria en Chile (2022).....	24
FIGURA 12. Consumo final de energía desde el año 2010 al 2020 por sector Chile	24
FIGURA 13. Consumo final de electricidad por sector desde el año 2010 al 2020 Chile	25
FIGURA 14. Balance de energía útil Colombia	26
FIGURA 15. Oferta energética primaria Colombia	27
FIGURA 16. Consumo energético final Colombia (2021).....	27
FIGURA 17. Consumos de energía por sector (2021).....	27
FIGURA 18. Capacidad instalada de generación en Brasil.....	28
FIGURA 19. Generación eléctrica en Brasil.....	29
FIGURA 20. Volumen de energía eléctrica generada por fuente (GWh).....	29
FIGURA 21. Factores de emisión de la matriz energética Chile	30
FIGURA 22. Capacidad instalada de generación de electricidad por tipo de fuente, MW	30
FIGURA 23. Población con acceso a electricidad en Brasil.....	32
FIGURA 24. Población con acceso a electricidad en Chile.....	33
FIGURA 25. Porcentaje de la población rural con acceso a electricidad en Chile.....	33
FIGURA 26. Población con acceso a electricidad en Colombia.....	35
FIGURA 27. Distribución de las tipologías de viviendas en Brasil.....	36
FIGURA 28. Materialidades utilizadas para muros en diferentes zonas de Brasil.....	37

FIGURA 29. Tipo de vivienda por hogar y porcentaje entre urbano y rural en Chile	38
FIGURA 30. Tipo de material de construcción de muros exteriores en Chile.....	38
FIGURA 31. Tipología de viviendas en Colombia	40
FIGURA 32. Materiales predominantes en paredes exteriores según tipología vivienda Colombia	40
FIGURA 33. Participación de los distintos energéticos en la matriz energética residencial al año 2022 y proyección al año 2032 Brasil	44
FIGURA 34. Participación de los distintos usos finales en el consumo de energía del sector residencial en Brasil.....	45
FIGURA 35. Proporción de hogares que utilizan distintos energéticos para la cocción de alimentos.....	46
FIGURA 36. Distribución del consumo final del sector residencial según fuente de energía	47
FIGURA 37. Distribución del consumo final del sector residencial según fuente de energía para el año 2022 Chile	47
FIGURA 38. Distribución porcentual de consumo de todos los energéticos según uso en Chile ...	48
FIGURA 39. Balance de energía útil para el sector residencial en Colombia	49
FIGURA 40. Consumo de energía final en el sector residencial (PJ) en Colombia	49
FIGURA 41. Distribución y consumo de energía final EE en Colombia	50
FIGURA 42. Consumo por energéticos en el uso de cocción en Colombia	50
FIGURA 43. Tenencia de electrodomésticos en Colombia 2018	51
FIGURA 44. Consumo de energía final (Residencial) en Colombia	52
FIGURA 45. Uso de energía para los principales usos energéticos a nivel residencial 2022 en Brasil	53
FIGURA 46. Porcentajes de domicilios que utilizan distintas tecnologías para el calentamiento del agua en Brasil.....	54
FIGURA 47. Principales energéticos utilizados en el sector residencial de Brasil.....	54
FIGURA 48. Participación de los consumos de energía en el sector residencial Colombia	59
FIGURA 49. Distribución de consumos de electricidad sector residencial Colombia.....	60
FIGURA 50. Consumo por energéticos en el uso de cocción Colombia	60
FIGURA 51. Duración de las interrupciones por unidad consumidora (DEC-Media Brasil)	61
FIGURA 52. Frecuencia de las interrupciones por unidad consumidora (FEC-Media Brasil).....	62
FIGURA 53. Interrupciones eléctricas informadas por empresas (SAIDI) Chile	63
FIGURA 54. Evolución del SAIDI y SAIFI promedio Nacional 2019-2022 Colombia	63
FIGURA 55. Emisiones de CO2 del sector residencial desagregadas por uso final Brasil.....	66

FIGURA 56. Emisiones de Metano del sector residencial desagregadas por uso final Brasil	67
FIGURA 57. Emisiones asociadas al sector residencial por tipo de energético, incluyendo cocción, calefacción y otros usos Chile.....	68
FIGURA 58. Emisiones asociadas a calefacción del sector residencial por tipo de energético en Chile	68
FIGURA 59. Emisiones de CO ₂ por cocción en el sector residencial en Colombia.....	69
FIGURA 60. Clasificación de hogares que cocinan con CIAC	89

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Tramos de calificación socioeconómica en Brasil.....	16
TABLA 2. Porcentajes en los tramos de calificación socioeconómica en Brasil	17
TABLA 3. Tramos de calificación socioeconómica en Chile	18
TABLA 4. Clases sociales según ingresos Colombia (2021).....	19
TABLA 5. Factores de emisión utilizados para CO ₂ en el sector residencial Brasil.....	28
TABLA 6. Factores de emisión de acuerdo a tipo de actividad en Colombia	31
TABLA 7. Cantidad de hogares por condición de acceso a electricidad en Chile	34
TABLA 8. ICEE Nacional 2019-2022 Colombia	35
TABLA 9. Porcentaje de viviendas en Brasil que utiliza métodos formales para el diseño de viviendas nuevas o ampliaciones	37
TABLA 10. Número de viviendas proyectadas a nivel nacional (2020-2050).....	39
TABLA 11. Cantidad media de artefactos por cada 100 viviendas para Brasil	46
TABLA 12. Tipo de cocina en sector residencial según zona térmica (ZT) Chile	55
TABLA 13. Fuente de energía utilizada para cocción en Chile.....	56
TABLA 14. Tipo de calefacción en sector residencial según zona térmica (ZT) en Chile.....	57
TABLA 15. Fuente de energía utilizada para calefaccionar en Chile.....	58
TABLA 16. Factores de emisión Brasil	66
TABLA 17. Costo de inversión y operación de equipos de calefacción	75
TABLA 18. costo de inversión de equipos de cocina	78
TABLA 19. Costo energéticos cocinas	78
TABLA 20. Políticas y normativas que influyen en el nivel de electrificación residencial.....	82
TABLA 21. Descuentos aplicables para la Tarifa Social de Electricidad.....	85





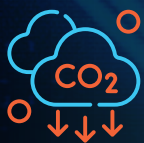
1. INTRODUCCIÓN

La electrificación¹ a nivel residencial se presenta como un componente crucial en el camino hacia un futuro energético sostenible y eficiente, respaldado por múltiples factores tecnológicos, económicos y ambientales. En 2017 el World Economic Forum destacó que: "La transformación del sistema energético seguirá lo más probable tres temas clave: electrificación, descentralización y digitalización. La electrificación sigue siendo un paso fundamental en la perspectiva a largo plazo de un mundo con bajas emisiones de carbono. La electrificación incluye vehículos, calefacción y otras funciones que, de otro modo, requerirían combustibles fósiles de algún tipo.

Son varios aspectos que empujan la electrificación.



1. Electrificación residencial se refiere a la transición energética de aumentar el consumo proporcional de electricidad versus otros combustibles. No se refiere en este contexto solo al acceso a electricidad.



DESCARBONIZACIÓN

La generación de electricidad a partir de energías renovables no emite dióxido de carbono (CO₂) ni otros gases de efecto invernadero.



EFICIENCIA ENERGÉTICA

Los sistemas eléctricos, como bombas de calor y calentadores de agua eléctricos, tienen una eficiencia muy superior a sus contrapartes de combustibles fósiles. La electricidad puede ser convertida en calor o energía mecánica con pérdidas mínimas, lo cual reduce el consumo total de energía.



INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS INTELIGENTES

La electrificación de los hogares abre la puerta a la integración de tecnologías inteligentes y sistemas de gestión energética avanzada. Los hogares electrificados pueden incorporar dispositivos como termostatos inteligentes, sistemas de almacenamiento de energía (baterías) y redes domésticas de energía que optimizan el uso de electricidad en función de la demanda y los precios del mercado. Esto no solo mejora la eficiencia energética, sino que también puede reducir costos para los consumidores y el sistema en general.



FLEXIBILIDAD Y ADAPTABILIDAD

Relacionado con lo anterior, la electrificación residencial permite una mayor flexibilidad en la gestión de la demanda energética. Sistemas como las redes inteligentes (smart grids) y la respuesta a la demanda (demand response) permiten ajustar el consumo en tiempo real, equilibrando la oferta y la demanda y mejorando la estabilidad de la red eléctrica.



ECONOMÍA Y CREACIÓN DE EMPLEO

El sector de las energías renovables y la electrificación residencial es un motor importante de creación de empleo y crecimiento económico. La instalación y mantenimiento de infraestructuras eléctricas y tecnologías renovables generan una amplia gama de empleos, desde la manufactura y construcción hasta el desarrollo de software y servicios técnicos.



INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

La electrificación promueve la innovación tecnológica y el desarrollo de nuevas soluciones energéticas. Las inversiones en investigación y desarrollo (I+D) en tecnologías eléctricas y renovables están generando avances significativos en eficiencia, costos y capacidad de almacenamiento de energía, lo que a su vez hace que la electrificación sea cada vez más atractiva y accesible para los consumidores.



COLOMBIA

BRASIL

CHILE

2. VARIABLES DE CONTEXTO

2.1. CLIMA

2.2. CONTEXTO SOCIOECONÓMICO

2.3. OFERTA Y DEMANDA ENERGÉTICA

2.4. ENERGÍAS RENOVABLES Y FACTORES DE EMISIÓN

2.5. NIVEL DE ACCESO A ELECTRICIDAD



El contexto climático, socioeconómico, de oferta y demanda energética, de energías renovables y de caracterización de las viviendas, son variables relevantes a la hora de entender el nivel y potencial futuro de la electrificación residencial.

2.1. CLIMA

Mientras que la cocción es relevante en todos los contextos, la climatización de las viviendas depende fuertemente del

clima. En algunos países latinoamericanos, en zonas con climas predominantemente templados, no hay prácticamente ninguna climatización, en otros, con climas tropicales o subtropicales, prevalece la climatización en frío, y en muy pocas zonas, tales como en el sur y centro sur de Chile y de Argentina, se calefacta.

Brasil

Brasil tiene variaciones climáticas básicamente repartidas en tres zonas: seco, templado y tropical (*Figura 1*).

FIGURA 1. Zonas Climáticas de Brasil



Fuente: Elaboración propia con base en Köppen-Geiger, 2017.



Chile

Chile, al ser un país de geografía diversa, presenta una variedad de climas que reflejan su vasta extensión longitudinal y altitudinal (*ver Figura 2*). Desde el árido desierto de Atacama en el norte hasta los climas fríos y lluviosos de la Patagonia en el sur, el clima de Chile varía considerablemente a lo largo de su territorio.

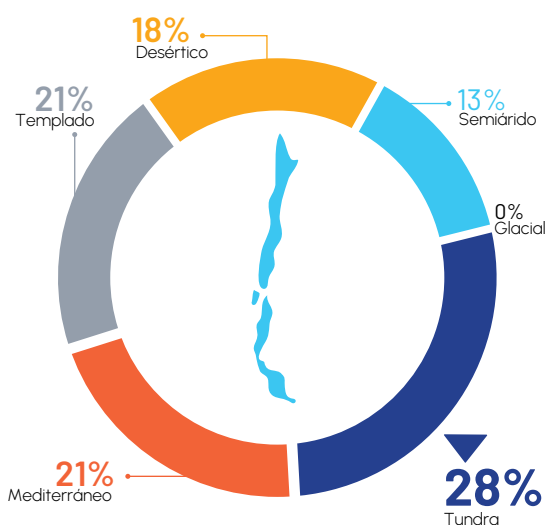
Colombia

La caracterización climática de Colombia presenta una gran diversidad debido a su posición geográfica en el trópico y a

la influencia de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) (Corporación Autónoma Regional de Tolima, s.f.)

En cuanto a la clasificación climática de Köppen, Colombia se divide en cuatro regiones generales: Desértico y semiárido, tropical, templado y polares y alpinos. (*Figura 3*) La temperatura media anual en el área urbana de Bogotá, que se encuentra en una elevación entre 2500 y 2800 msnm, oscila entre 12 y 15°C. En elevaciones más altas, como en los cerros orientales o hacia la cuenca alta del río Tunjuelo, las temperaturas medias pueden alcanzar valores de 6°C.

FIGURA 2. Zonas Climáticas de Chile



Fuente: Elaboración propia con base en Köppen-Geiger, 2017.

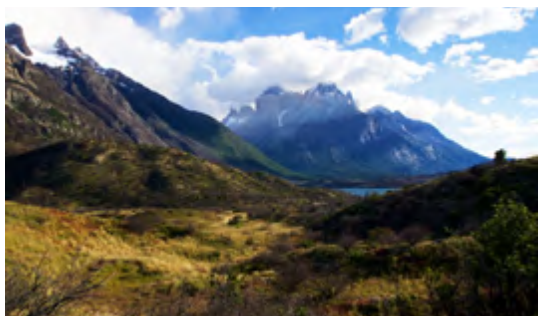
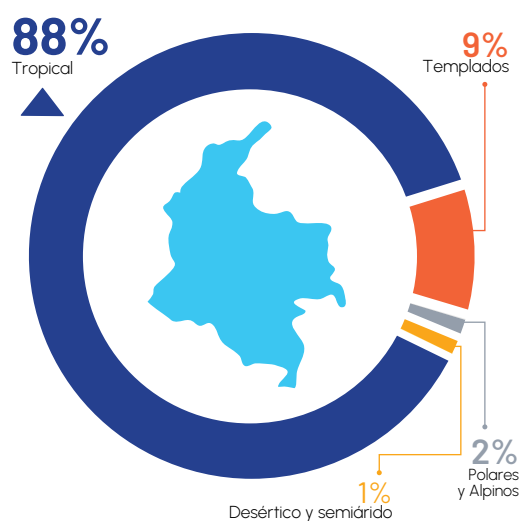


FIGURA 3. Zonas Climáticas de Colombia



Fuente: Elaboración propia con base en Köppen-Geiger, 2017.



2.2. CONTEXTO SOCIOECONÓMICO

El contexto socioeconómico es relevante para entender el poder adquisitivo a nivel residencial para invertir en los artefactos eléctricos y la transición energética. En los tres países la gran mayoría de la población se encuentra con un nivel de ingreso mensual por debajo de los US\$ 1.000, lo cual no permite hacer grandes inversiones de capital.

Brasil

A continuación, se presentan estimaciones de los ingresos mensuales de los hogares para los estratos socioeconómicos (*Tabla 1*). Los valores se basan en PNADC 2023 y representan aproximaciones de los valores que se pueden obtener a partir de muestras de investigaciones de mercado, medios y opinión.

Las distintas macrozonas de Brasil presentan distintas distribuciones de las clases

TABLA 1. Tramos de calificación socioeconómica en Brasil

ESTRATO SOCIOECONÓMICO ²	RENTA MEDIA (US\$) ³
A	4.777
B1	2.260
B2	1.250
C1	709
C2	428

Fuente: Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa – Criterio de classificação econômica Brasil, (2024).



2.

3. Convertido tipo de cambio real y dólar el 20.7.2024

TABLA 2. Porcentajes en los tramos de calificación socioeconómica en Brasil

CLASE	BRASIL	SUDESTE	SUR	NORESTE	CENTRO OESTE	NORTE
A	3,1%	4,0%	3,6%	1,4%	5,4%	1,1%
B1	5,0%	6,3%	6,3%	2,5%	6,2%	2,5%
B2	16,5%	20,7%	20,9%	8,7%	19,2%	8,6%
C1	20,7%	23,8%	25,0%	14,0%	22,5%	16,0%
C2	26,3%	26,7%	27,3%	25,1%	25,8%	26,9%
DE	28,4%	18,5%	16,9%	48,3%	20,9%	44,9%
TOTAL	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

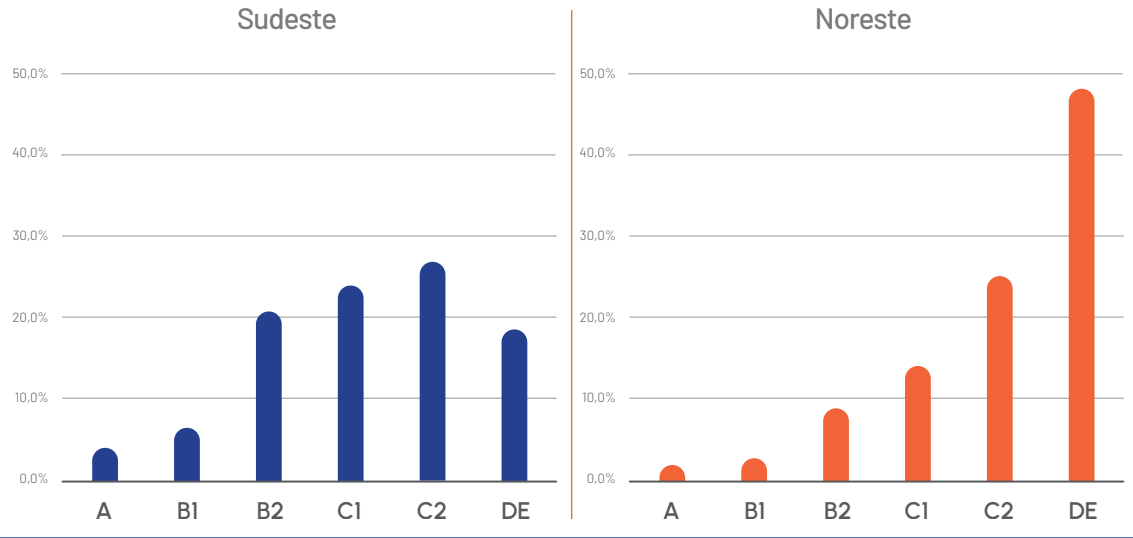
Fuente: Associação brasileira de empresas de pesquisa, (2024).

socioeconómicas, como se ve a continuación (*Tabla 2*)

Se puede apreciar una diferencia en la distribución de las clases socioeconómicas, siendo las zonas Noreste y Norte aquellas en donde sobre un 40% de la población se encuentra en la clase DE, con meno-

res recursos económicos, mientras que las zonas sur y sudeste presentan una distribución centrada en los estratos C1 y C2. Como ejemplo, a continuación, se muestra la distribución en la zona Sureste (donde se encuentra Sao Paulo) y la zona Noreste (*Figura 4*):

FIGURA 4. Distribución socioeconómica en Zona Sudeste y Noreste de Brasil



Fuente: Elaboración propia en base a información de la Associação brasileira de empresas de pesquisa, (2024).

Chile

La realidad socioeconómica en Chile consta de una clasificación de cuatro estratos. En la **Tabla 3** se observa que el estrato AB representa el 2.1% de la población, con un ingreso per cápita de 5.333 USD. El estrato C, que comprende el 61.3% de la población, muestra un rango de ingreso per cápita promedio entre 686 USD y 2.148 USD, reflejando diferentes niveles económicos dentro de este grupo amplio. El estrato D abarca el 30.5% de la población con un ingreso per

cápita de 438 USD, mientras que el estrato E, que constituye el 6.1% de la población, tiene el ingreso per cápita más bajo de 211 USD. Esta distribución refleja disparidades socioeconómicas marcadas en Chile, donde una minoría tiene acceso a ingresos considerablemente más altos, mientras que una gran parte de la población se encuentra en estratos con ingresos más modestos.

TABLA 3. Tramos de calificación socioeconómica en Chile

ESTRATO SOCIOECONÓMICO	% DE PERSONAS EN CADA TRAMO COMO PROPORCIÓN DE PERSONAS DEL PAÍS	INGRESO PER CÁPITA PROMEDIO (USD/MES)
A y B	2,1%	\$5.333
C ⁴	61,3%	\$686 - \$2.148
D	30,5%	\$438
E	6,1%	\$211

Fuente: Elaboración propia a partir de MIDESO Ingreso per Cápita Equivalente y GSE AIM, 2024.



⁴ El estrato C incluye las subcategorías C1a, C1b, C2 y C3, lo que resulta en un rango de valores para el ingreso per cápita promedio.



Colombia

De acuerdo con DANE, (2022), se identifican cuatro clases sociales acorde al nivel de ingresos: pobre, vulnerable, media y alta. La **Tabla 4** muestra dicha clasificación para el año 2021 e indica el porcentaje con respecto a la población total (24.724.015 habitantes).



TABLA 4. Clases sociales según ingresos Colombia (2021)

CLASES	2021	INGRESO PER CÁPITA PROMEDIO (USD)	PORCENTAJE (%)
ALTA	832.067	\$1.108 - \$2.683	3%
MEDIA	9.867.119	\$217 - \$575	40%
VULNERABLE	5.705.654	\$118 - \$172	23%
POBRE	8.319.176	\$39 - \$103	34%
TOTAL	24.724.015	-	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del DANE, 2022.

2.3. OFERTA Y DEMANDA ENERGÉTICA

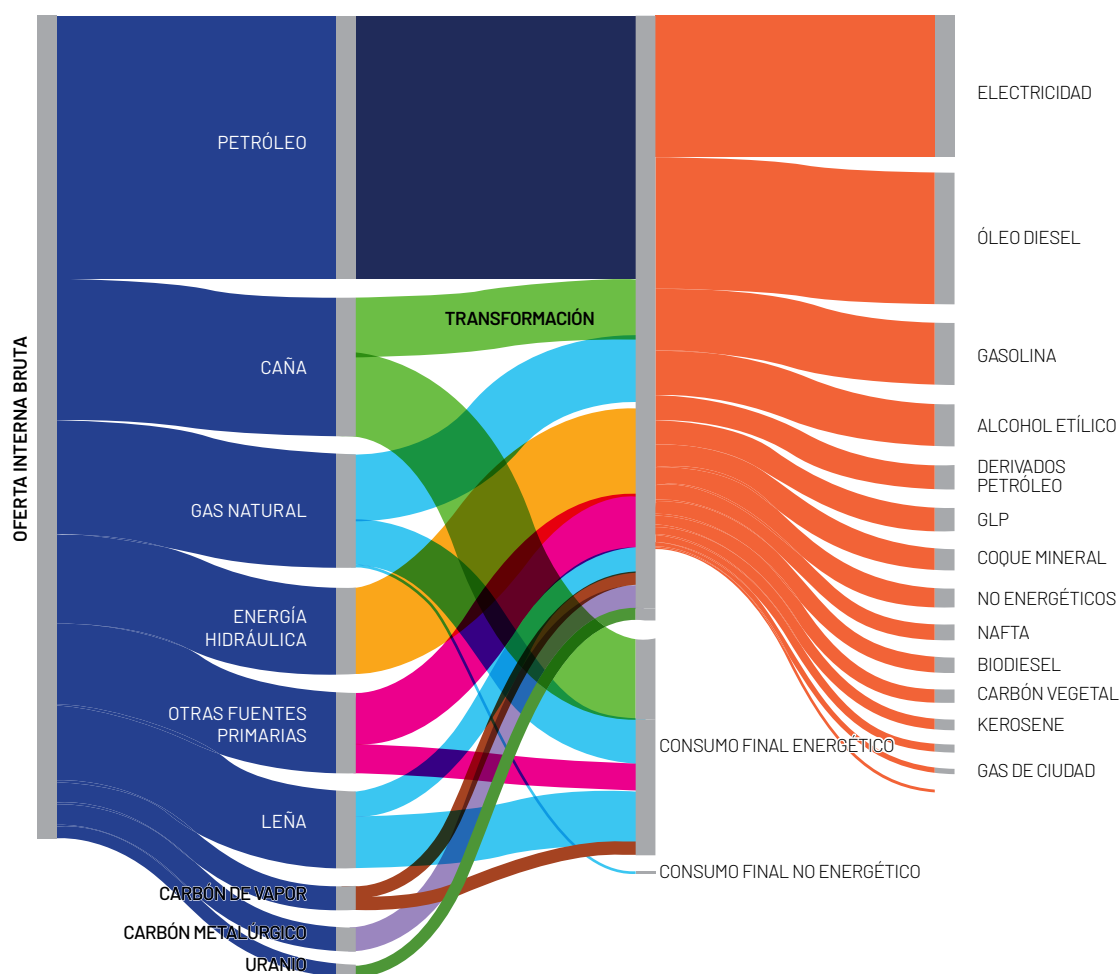
Para entender los niveles de electrificación residencial, es importante entender el contexto general de los energéticos en los tres países, tanto la oferta de energéticos como la demanda de éstos. La relevancia del sector residencial en la demanda energética y también la importancia de la transformación en este sector. En lo siguiente se refleja que en cada uno de los países analizados el sector residencial es responsable de aproximadamente el

17-20% del consumo de energía primaria, y alrededor de un 20% de energía eléctrica.

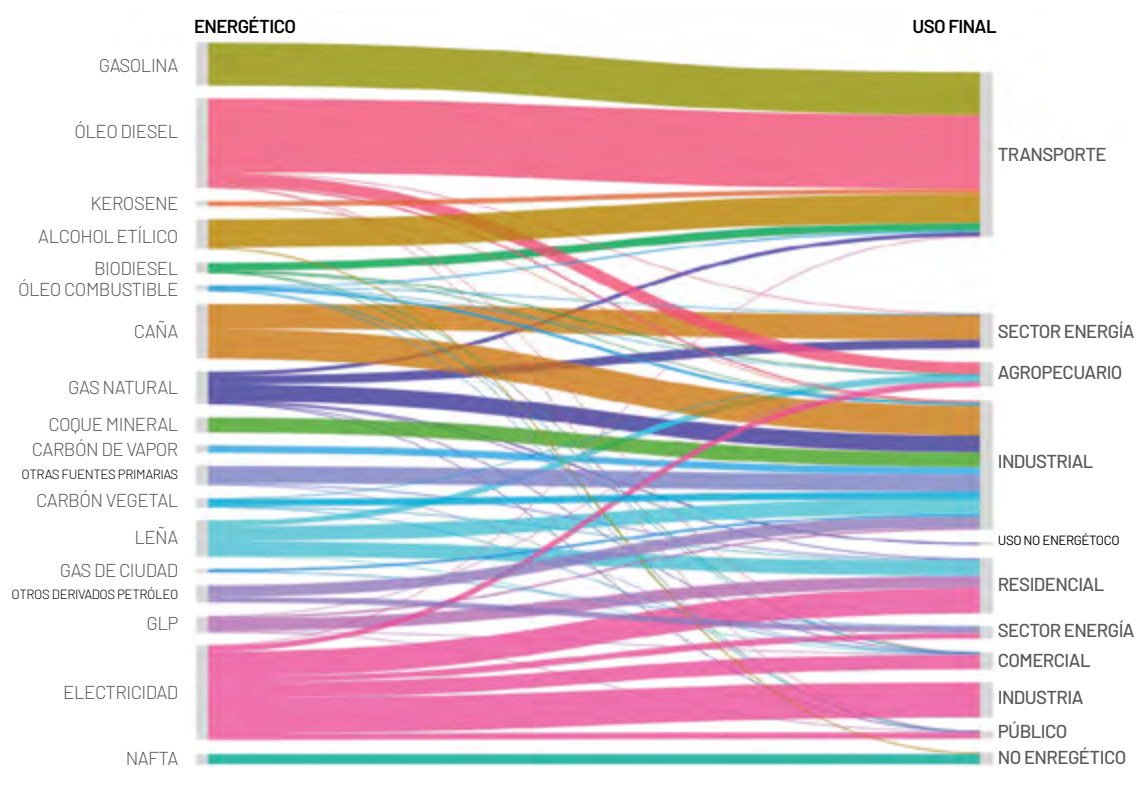
Además, es relevante tener presente el nivel de redes de transmisión de electricidad, así como de redes de transporte de gas natural. Lo más relevante en este sentido son las redes a nivel de distribución. Las inversiones de cada uno de estos energéticos pueden implicar importantes lock-ins tecnológicos.

Brasil

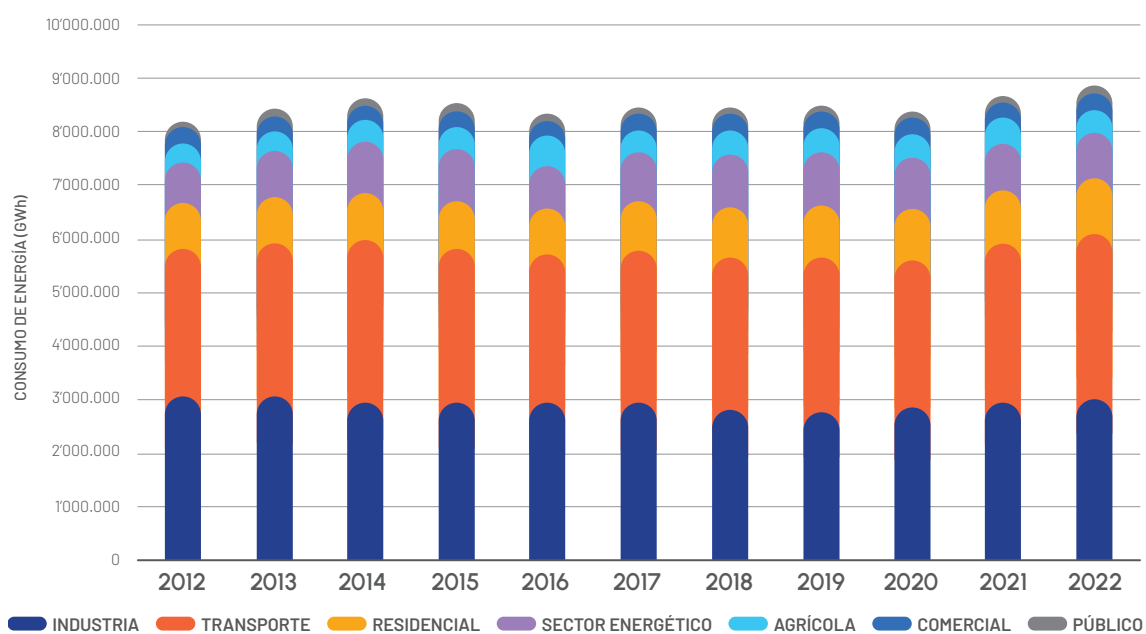
FIGURA 5. Diagrama de Sanki de Flujo de Energía Brasil



Fuente: Elaboración propia en base al EPE, (2024).

FIGURA 6. Diagrama de Sanki energía secundaria Brasil

Fuente: Elaboración propia en base al EPE, (2024).

FIGURA 7. Evolución distribución de la demanda energética por sectores Brasil

Fuente: Elaboración propia en base al EPE, (2024).



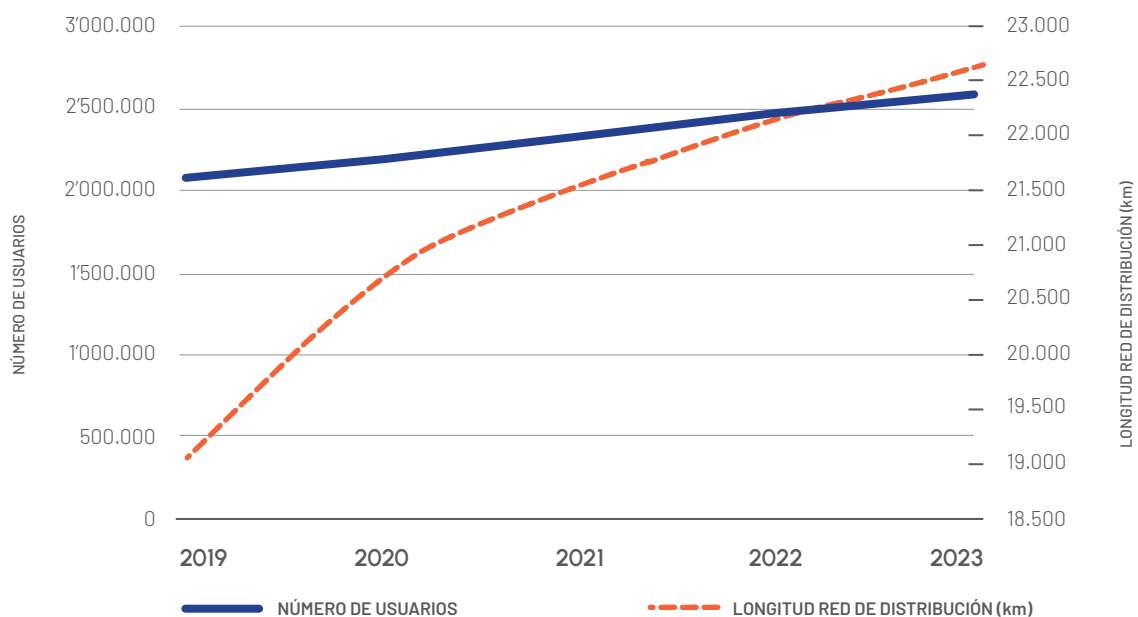
FIGURA 8. Distribución de la demanda energética por sectores Brasil



Fuente: Elaboración propia en base al EPE, (2024).

La red de gas natural en Brasil se concentra principalmente en el Estado de Sao Paulo, en donde abastece a aproximadamente 2,6 millones de usuarios utilizando una red de 22.600 kilómetros de longitud y proporciona un consumo de alrededor de 16,1 millones de metros cúbicos al día.

FIGURA 9. Evolución del número de usuarios y longitud de la red de distribución de gas Brasil



Fuente: Fuente: ARSESP, 2023.

Chile

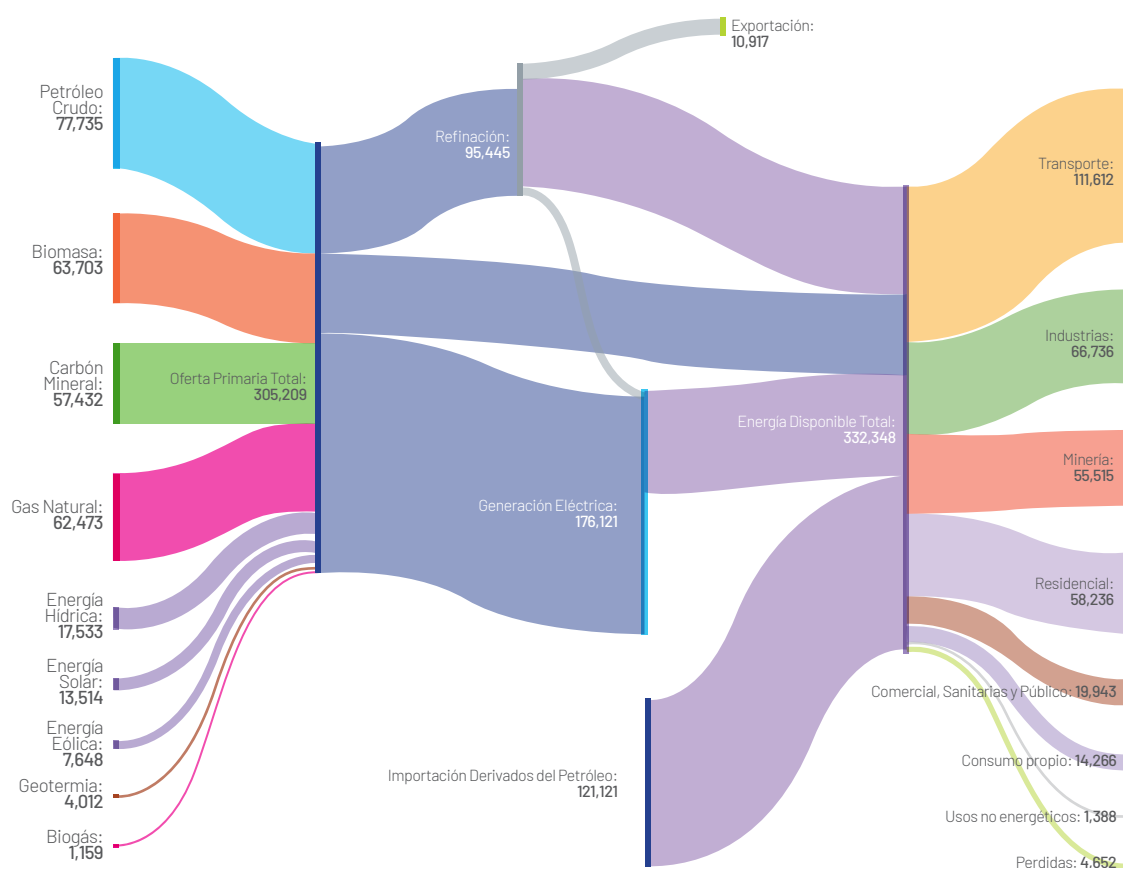
El diagrama de flujo de energía de la **Figura 10** muestra la distribución de la energía en unidades de teracalorías, desde su forma primaria hasta su uso final, destacando las principales fuentes de energía y los sectores económicos que más la consumen. Como se observa, el sector residencial alcanza 58.236 Tcal.

La matriz energética de Chile está compuesta principalmente por combustibles fósiles importados, aunque también incluye energías renovables como la hidráulica, eólica y solar. En el año 2022, la matriz energética primaria en Chile fue de 327.752,91 teracalorías (Tcal), donde, tal

como se aprecia en la **Figura 11** los recursos fósiles (petróleo crudo, carbón y gas natural) representaron el 60,3%, mientras que las energías renovables representaron un 39,7% (MEN, 2023).

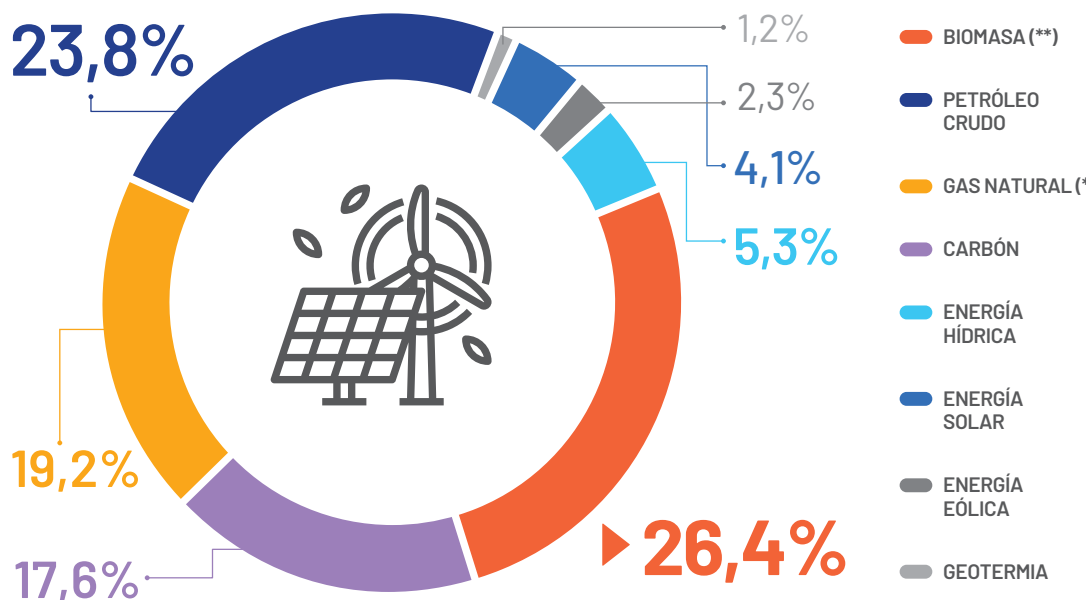
En Chile, el consumo de energía se distribuye entre los sectores comercial-público, transporte, industrial, energético, residencial y minero. Como se aprecia en la **Figura 12**, el sector con el mayor consumo corresponde al sector transporte con un 33% del consumo de energía, seguido por el sector industrial (22%), sector minero (18%) y sector residencial con un 17%.

FIGURA 10. Diagrama de Sanki de Flujo de Energía Chile



Fuente: Balance Nacional de Energía, 2022.

FIGURA 11. Matriz energética primaria en Chile (2022)⁵

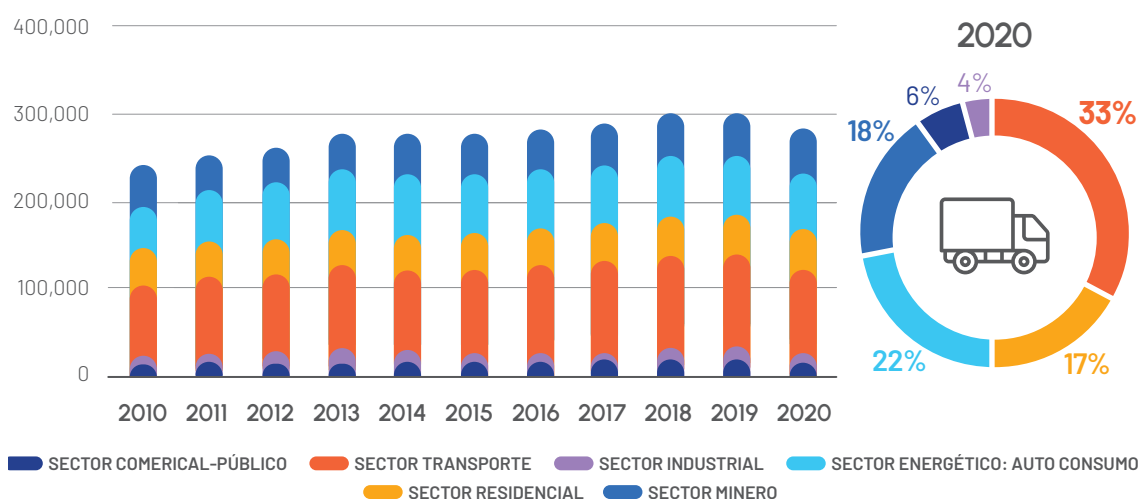


Fuente: Elaboración propia en base a Ministerio de Energía, 2023.

En términos de distribución y transmisión de la energía, el sistema eléctrico en Chile se compone de tres sistemas independientes: el Sistema Eléctrico Nacio-

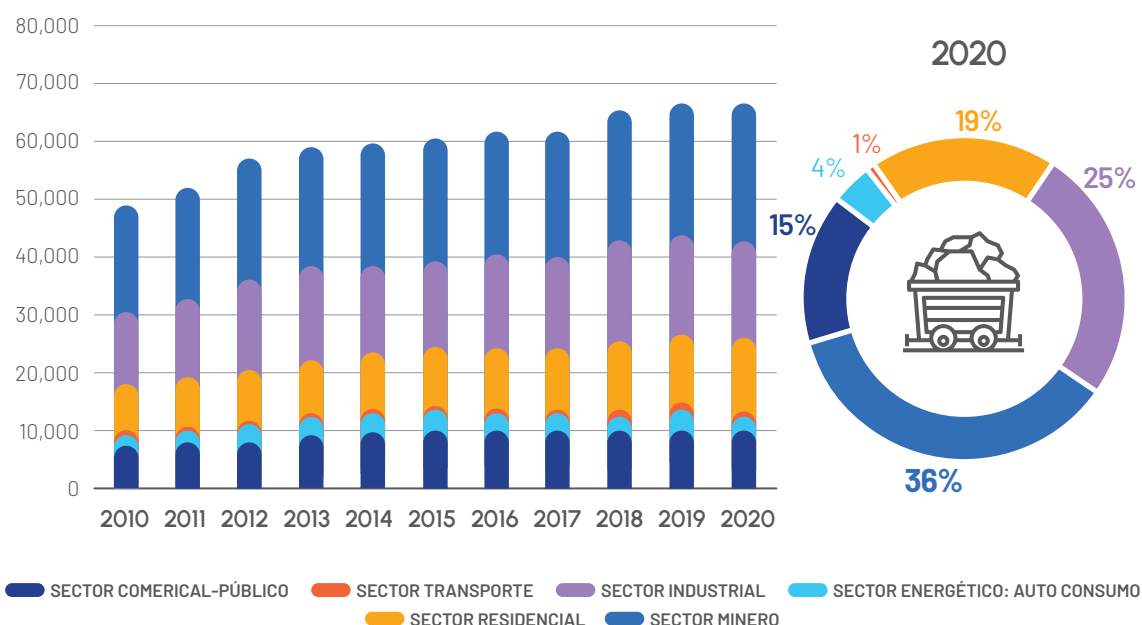
nal (SEN), el Sistema de Aysén (SEA), y el Sistema de Magallanes (SEM). El SEN, es el más extenso y cuenta con una capacidad instalada de 33.218 MW, considerando

FIGURA 12. Consumo final de energía desde el año 2010 al 2020 por sector Chile



Fuente: Ministerio de Energía, 2022

⁵ La cifra correspondiente a variación de stock para el energético gas natural incluye los flujos de gas lift y gas quemado. (**) Considera la Biomasa y Licor Negro. En el gráfico no se aprecia la cifra de biogás por ser muy pequeña, alcanzando un 0,41%.

FIGURA 13. Consumo final de electricidad por sector desde el año 2010 al 2020 Chile

Fuente: Ministerio de Energía, 2022

un 62% de esta capacidad proveniente de fuentes renovables. En este contexto, de acuerdo a la Comisión Nacional de Energía (CNE) los clientes residenciales corresponden a aquellos que cuentan con tarifa BTI cuya potencia conectada es inferior a 10 kW o en otras palabras con una demanda limitada a 10 kW (CNE, 2024).

En Chile, el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) abarca más de 3.100 km desde el norte (Arica) hasta la zona sur (Isla de Chiloé), cubriendo casi todo el territorio nacional y proporcionando electricidad a más del 99% de la población, lo que equivale a más de 6 millones de viviendas.

Por otra parte, la red de abastecimiento de gas natural en Chile se caracteriza por su estructura regionalmente desconectada y su dependencia de importaciones de gas natural licuado (GNL) y gasoductos, abasteciendo principalmente a zonas urbanas y regiones específicas como Talcahuano,

Penco y Coronel. Esta infraestructura está en desarrollo y se espera que se adapte para transportar gases renovables, apoyando la transición energética del país. Las principales fuentes de gas natural provienen de dos terminales de GNL ubicadas en Quintero y Mejillones, que abastecen principalmente a las regiones central y norte del país. La red de gasoductos incluye el GasAndes Pipeline, que conecta Argentina con Chile, y otras infraestructuras que suman aproximadamente 3.160 km de longitud. Empresas como Metrogas y GasValpo son actores clave en la distribución, con Metrogas cubriendo alrededor de 509.000 consumidores y GasValpo atendiendo a más de 100.000 clientes mediante una red de 1.760 km.

Cabe destacar que la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) también juega un papel crucial en la importación y distribución de gas natural.

Colombia

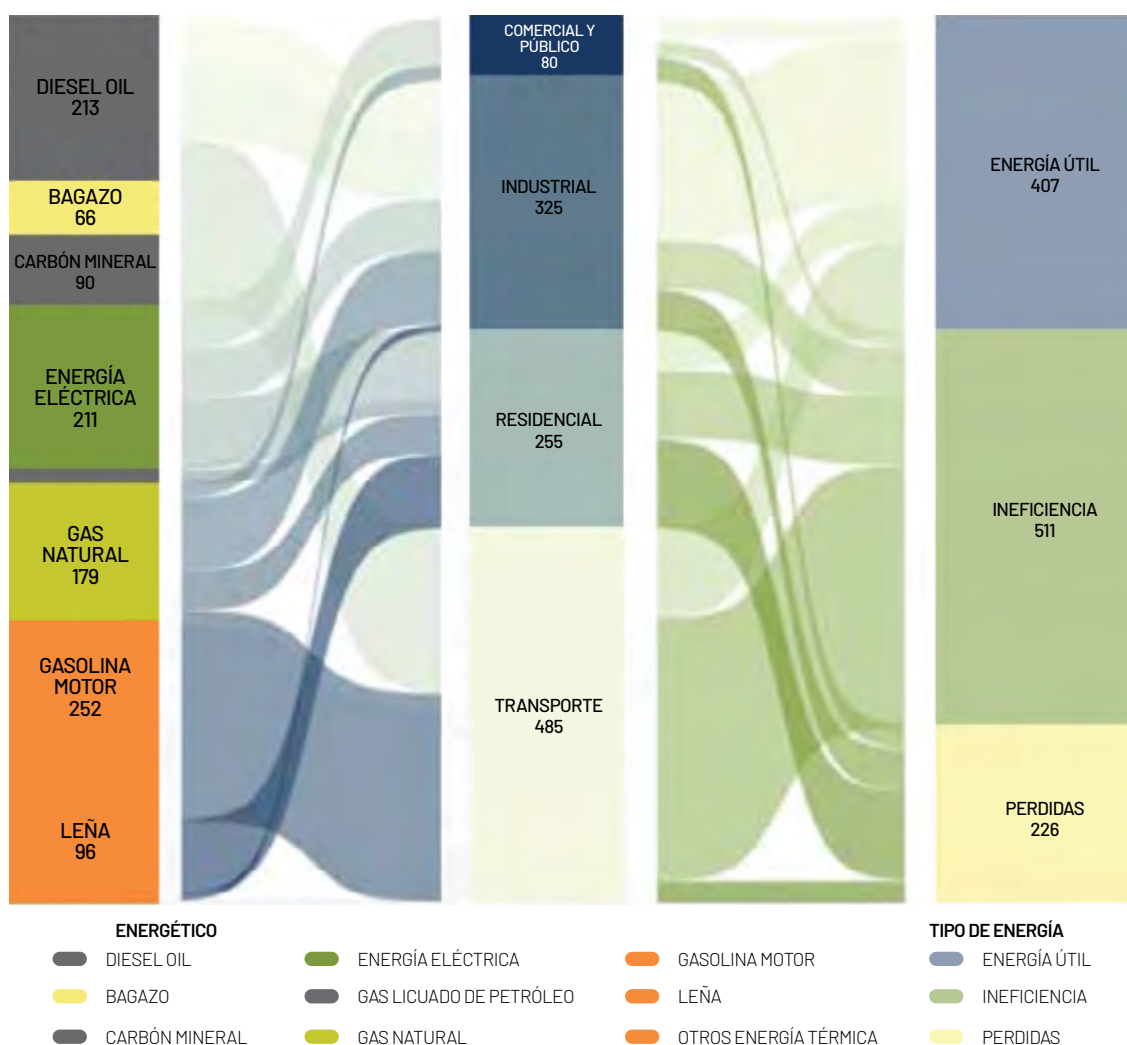
En Colombia, en 2019 se realizó el primer balance de energía útil el cual muestra que de la energía final solamente el 35% se aprovecha como energía útil [11]. Tal situación se muestra en el diagrama de sankey en la **Figura 14**. Los datos se muestran en Petajoules (PJ).

En la **Figura 17** se muestra una distribución de los consumos de energía por sector en Colombia para el año 2021 (UPME, 2024).

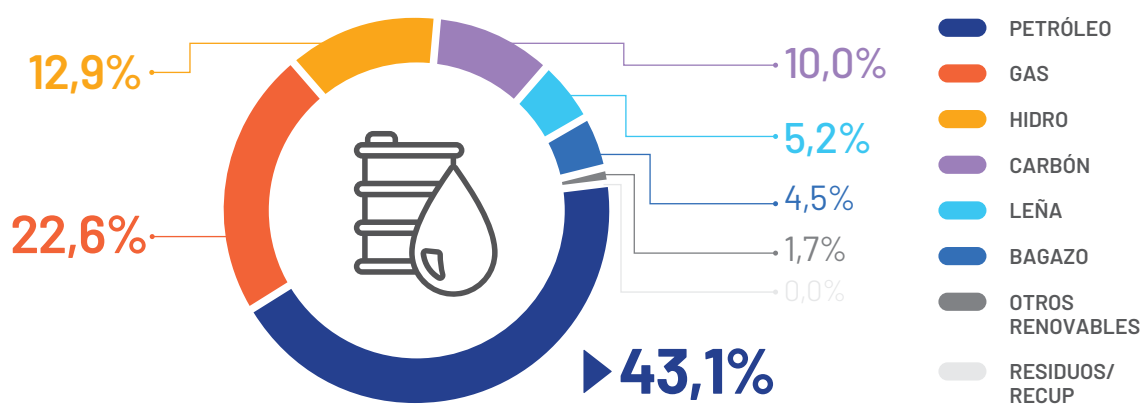
En Colombia tanto la red de transmisión de electricidad como la red de transporte de gas natural es extensa en el noroeste del país.

En los dos casos se cuenta con una amplia red de infraestructura. En Colombia existen cerca de 17,5 millones de hogares, de los cuales, 11,2 millones tienen conexión a gas natural. Es decir, la cobertura es cercana al 64% (NATURGAS, 2024).

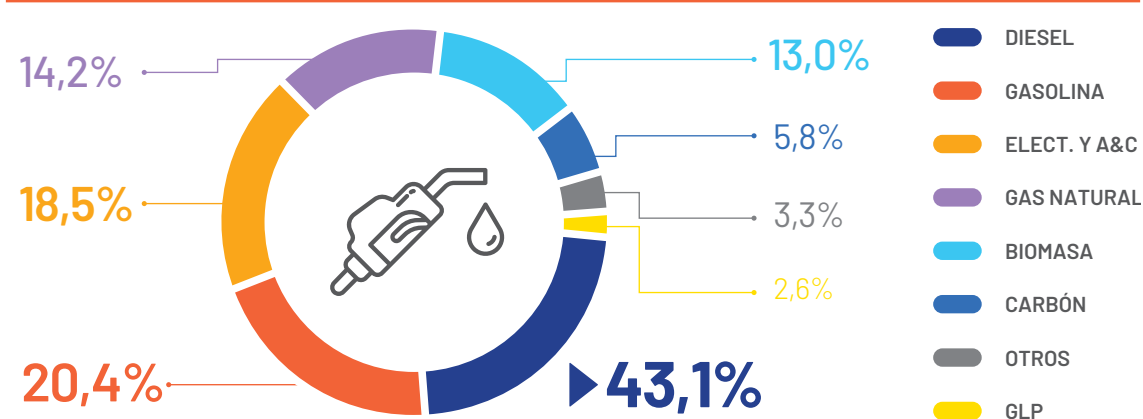
FIGURA 14. Balance de energía útil Colombia



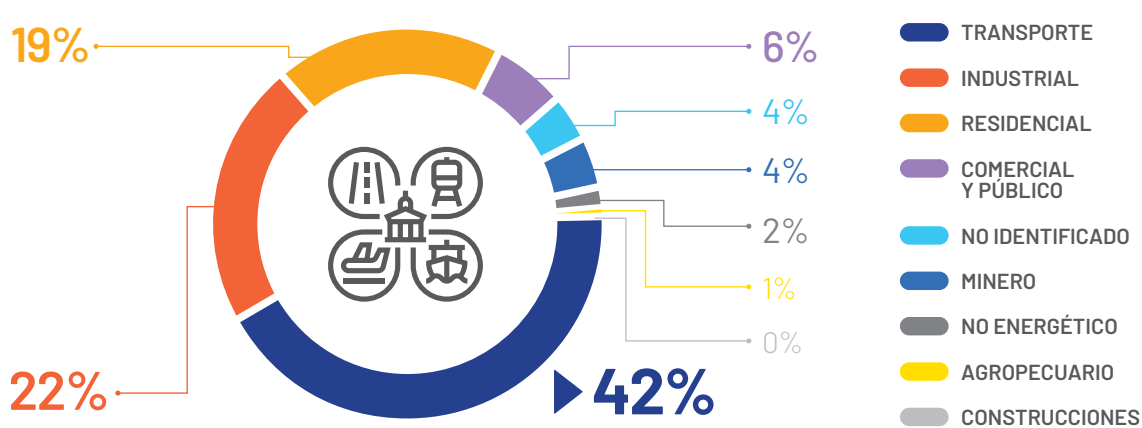
Fuente: UPME, 2022

FIGURA 15. Oferta energética primaria Colombia

Fuente: UPME, 2022

FIGURA 16. Consumo energético final Colombia (2021)

Fuente: UPME, 2022

FIGURA 17. Consumos de energía por sector (2021)

Fuente: UPME, 2022

2.4. ENERGÍAS RENOVABLES Y FACTORES DE EMISIÓN

El nivel de energías renovables en la matriz eléctrica y su tendencia histórica y proyectada es definitorio para la cantidad de emisiones implicada en los procesos de la transición a la electrificación. En países con bajos niveles de energías renovables en la matriz eléctrica y bajos potenciales de energías renovables, los factores de emisión de CO₂e de electricidad pueden ser mayores que aquellos del gas natural, por lo que un cambio a electricidad no se justifica desde este aspecto. Los siguientes gráficos muestran el nivel de energías renovables en la matriz, así como su tendencia.

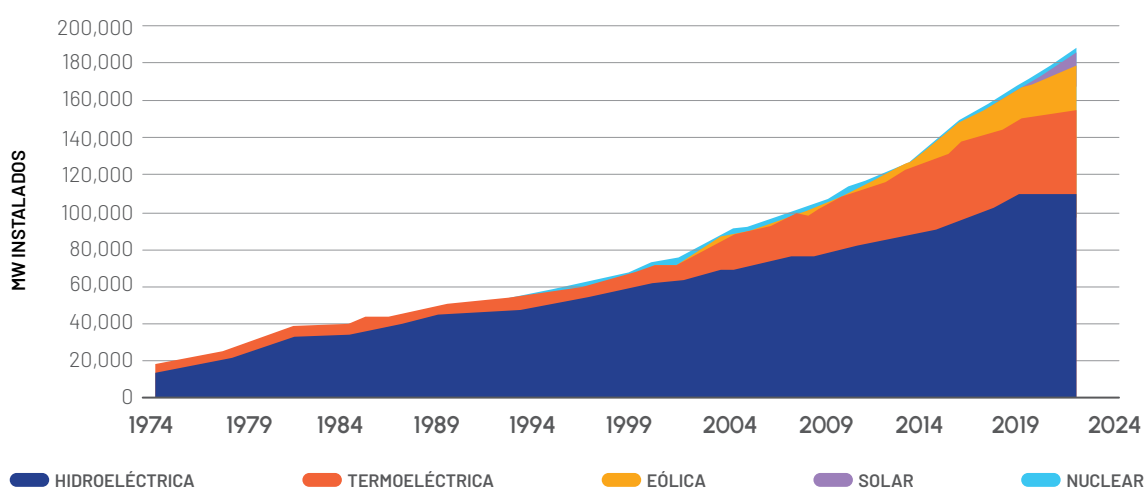
Brasil

Factor de emisión

Se utiliza el factor de emisión de la red eléctrica nacional publicado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación para el caso de la electricidad, mientras que para los demás energéticos se utiliza el factor de emisión indicado en las directrices del IPCC para combustión estacionaria (*Tabla 5*).

En las *Figuras 18 y 19* se presentan la evolución de la capacidad instalada en la matriz eléctrica y de la matriz de generación eléctrica.

FIGURA 18. Capacidad instalada de generación en Brasil

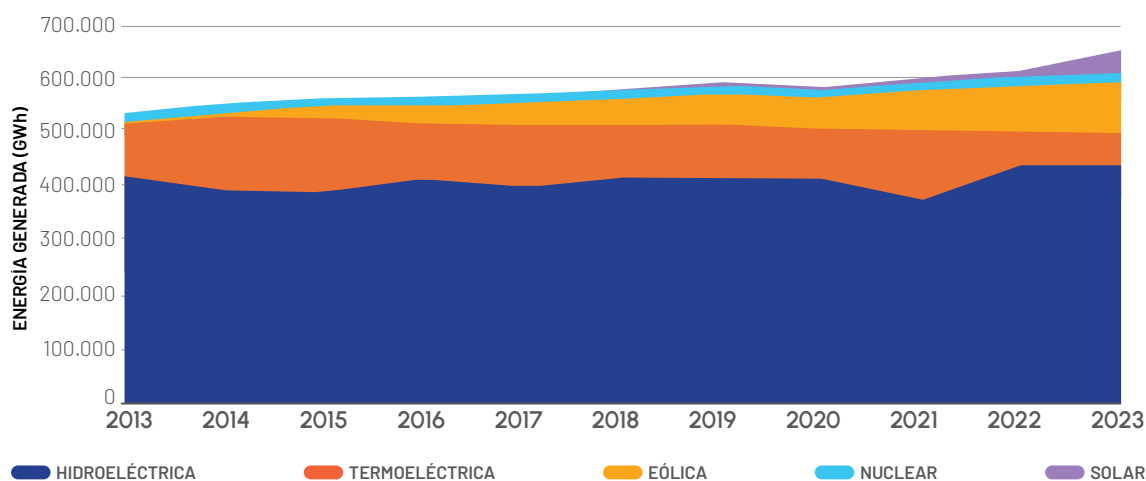


Fuente: Elaboración propia en base a EPE, (2024).

TABLA 5. Factores de emisión utilizados para CO₂ en el sector residencial Brasil

ENERGÉTICO	FACTOR DE EMISIÓN tCO ₂ /MWh
ELECTRICIDAD	0,0385
LEÑA	0,4373
GLP	0,2274
GN	0,2022

Fuente: Ministerio da Ciencia, Tecnologia e Inovação para electricidad e IPCC para los demás energéticos, 2024.

FIGURA 19. Generación eléctrica en Brasil

Fuente: Operador Nacional do Sistema Elétrico de Brasil, 2024.

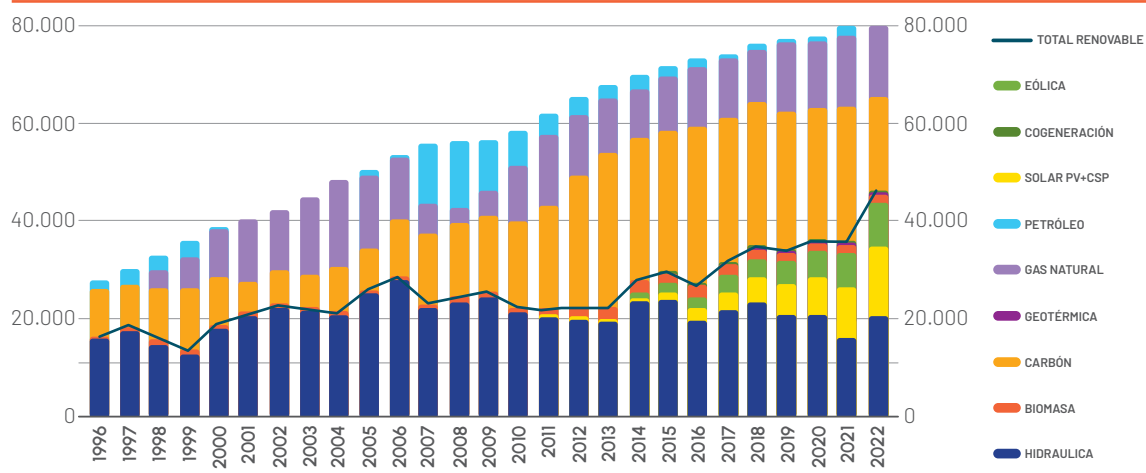
Chile

De acuerdo a la Política Energética 2050 en el año 2030 debería haber 80% de energías renovables en generación eléctrica, y en el año 2050 un 100% energía cero emisiones, en la **Figura 20** se presenta la evolución de la matriz de generación eléctrica.

A enero del 2024, el factor de emi-

sión en Chile es de 0,161 t CO₂eq/MWh. Para el año 2023 el promedio fue de 0,242 t CO₂eq/MWh y según Balance Energético 2022⁶, el factor de emisión residual corresponde a 0,351 t CO₂eq/MWh.

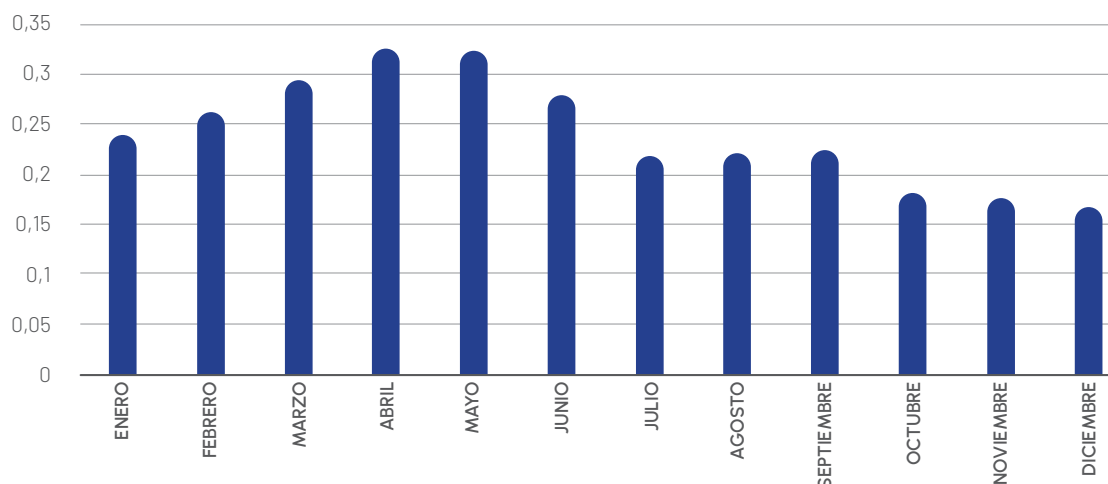
En la **Figura 21** se presenta el factor de emisión de la electricidad durante el año 2023.

FIGURA 20. Volumen de energía eléctrica generada por fuente (GWh)

Fuente: Generadoras de Chile, 2024.

⁶ Plataforma Energía Abierta del Ministerio de Energía de Chile.

FIGURA 21. Factores de emisión de la matriz energética Chile



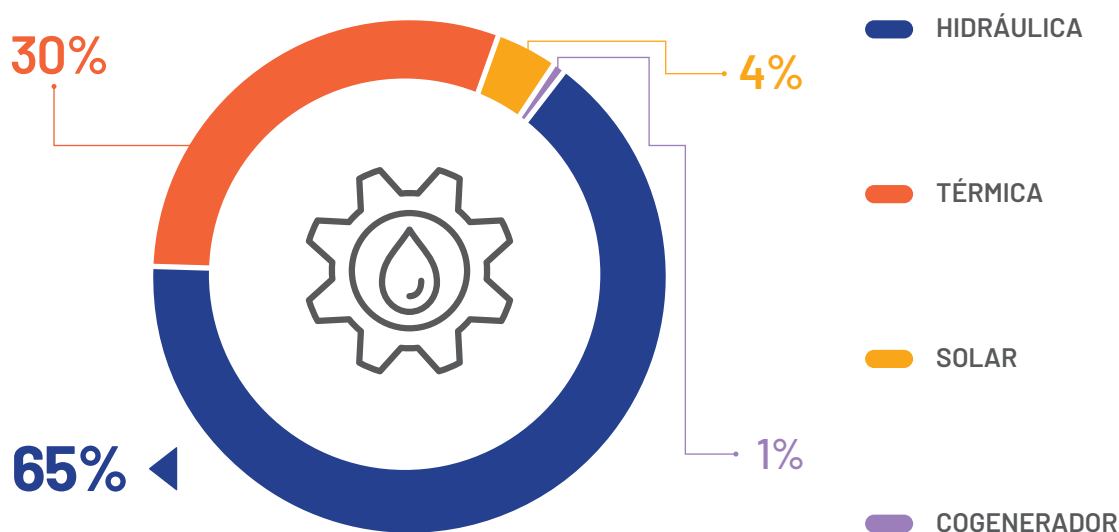
Fuente: Elaboración propia en base a información de Energía Abierta, 2024.

Colombia

El factor de emisión del sistema interconectado nacional es determinado anualmente por la UPME y adoptado mediante acto administrativo. La resolución vigente corresponde a la 762 de 2023 (UPME, 2023). En ella se establecen factores de

acuerdo con el tipo de actividad (generación de electricidad con energía solar o eólica, proyectos de eficiencia energética o inventario de Gases de Efecto Invernadero - GEI) y el periodo de acreditación considerado por los interesados (*Tabla 6*).

FIGURA 22. Capacidad instalada de generación de electricidad por tipo de fuente, MW



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de XM, 2024.

TABLA 6. Factores de emisión de acuerdo a tipo de actividad en Colombia

TIPO DE ACTIVIDAD		PERIODOS DE ACREDITACIÓN	FACTOR DE EMISIÓN
MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO	PLANTAS SOLARES Y EÓLICAS	Para el primer período de acreditación y para todos los periodos de plantas eólicas y solares	0,154 tonCO ₂ eq/MWh
	EFICIENCIA ENERGÉTICA O USO RACIONAL DE LA ENERGÍA	Para el primer período de acreditación de proyectos diferentes a eólicos y solares: Este factor de emisión estimado, corresponde a proyectos diferentes de generación eólica o solar por ejemplo eficiencia energética o uso racional de la energía.	0,165 tonCO ₂ eq/MWh
		Para el segundo y tercer período de acreditación de proyectos de diferentes a eólicos y solares	0,176 tonCO ₂ eq/MWh
INVENTARIOS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO		-	0,112 tonCO ₂ eq/MWh

Fuente: Elaboración propia con base en UPME, (2023).



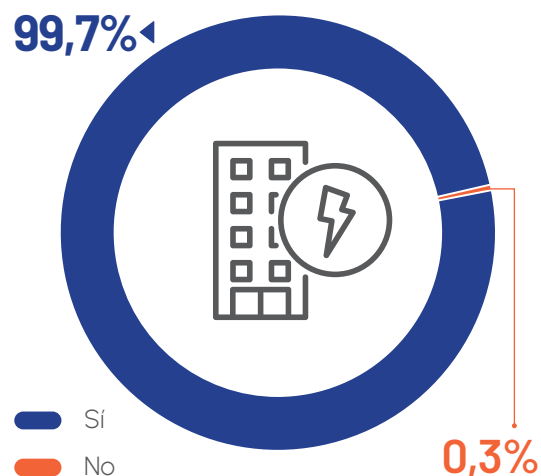
2.5. NIVEL DE ACCESO A ELECTRICIDAD

Para mayor electrificación a nivel residencial, lo fundamental es que haya altos niveles de acceso a electricidad. En los tres países los niveles están altos, aunque en Brasil y Chile los niveles están sobre un 99%, y en Colombia sobre 93%.

Brasil

De acuerdo al Censo Nacional de Brasil, existe un 99,7% de electrificación de viviendas al año 2015. No se tienen datos de censos más recientes. (Figura 23)

FIGURA 23. Población con acceso a electricidad en Brasil



Fuente: Elaboración propia en base a Censo Nacional, 2015.



Chile

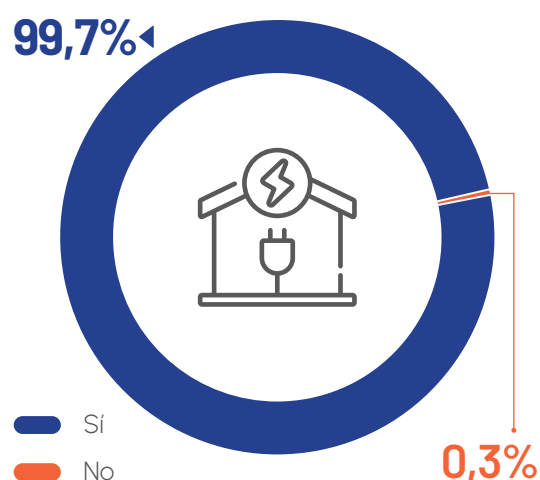
En el gráfico de la **Figura 24** se observa que el porcentaje de hogares que tienen acceso a la electricidad a nivel nacional corresponde a un 99,7%, mientras que los hogares que no cuentan con acceso son un 0,3%.

El acceso a la electricidad en el sector rural de este país ha experimentado un notable aumento a lo largo de las últimas décadas, según los datos disponibles. En 1992, solo el 53,1% de las áreas rurales tenían acceso a la electricidad, cifra que aumentó significativamente a 85,7% en 2002 y continuó creciendo hasta alcanzar el 95,7% en 2010.

A partir de entonces, se observan incrementos continuos en la cobertura eléctrica rural en años sucesivos (Figura 25), alcanzando un 97,9% en 2015 y continuando con una tendencia ascendente en los años siguientes.

En 2017, el acceso aumentó al 98,6%, y para 2020, a pesar de una ligera disminución al 97,4%, se mantuvo alto. Los datos más recientes muestran una cobertura del 98,5% en 2022, indicando una casi universalización del acceso a la electricidad en las áreas rurales en los últimos años.

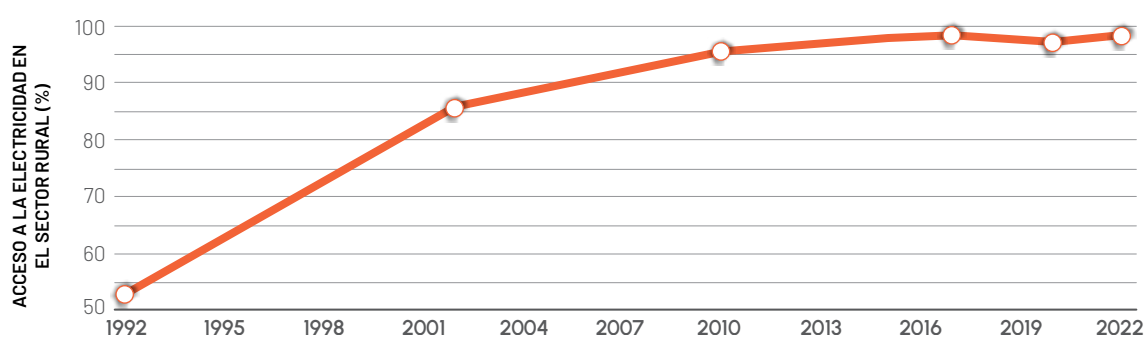
FIGURA 24. Población con acceso a electricidad en Chile



Fuente: Elaboración propia en base a MIDESO, 2022.



FIGURA 25. Porcentaje de la población rural con acceso a electricidad en Chile



Fuente: Elaboración propia en base a MIDESO y MEN, (2022).

La **Tabla 7**. Cantidad de hogares por condición de acceso a electricidad presenta el detalle respecto al acceso de la electricidad, de acuerdo a si el hogar tiene acceso

a la red pública, generador propio, generador comunitario o si bien no tiene acceso a la energía eléctrica.

TABLA 7. Cantidad de hogares por condición de acceso a electricidad en Chile

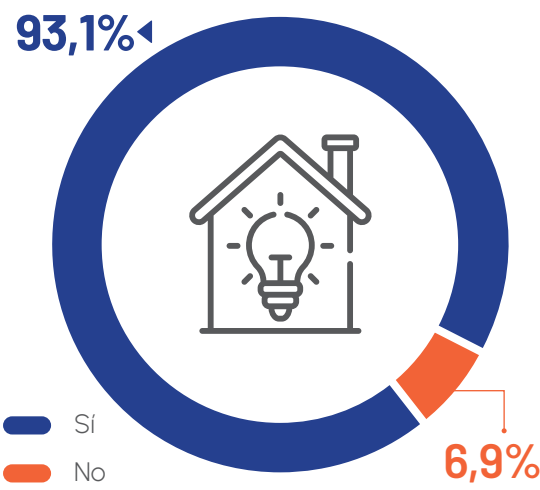
CONDICIÓN DE ACCESO A LA ELECTRICIDAD	ÁREA URBANA		ÁREA RURAL		TOTAL (HOGARES)	%
	CIFRA (HOGARES)	%	CIFRA (HOGARES)	%		
ACCESO A LA RED PÚBLICA CON MEDIDOR PROPIO	5.876.347	83,97%	667.667	9,54%	6.544.014	93,51%
ACCESO A LA RED PÚBLICA CON MEDIDOR COMPARTIDO	246.437	3,52%	90.552	1,29%	336.989	4,82%
ACCESO A LA RED PÚBLICA SIN MEDIDOR	51.768	0,74%	11.691	0,17%	63.459	0,91%
ACCESO A LA RED PÚBLICA Y GENERADOR PROPIO	2.163	0,03%	802	0,01%	2.965	0,04%
ACCESO A LA RED PÚBLICA Y GENERADOR COMUNITARIO	1.589	0,02%	1.844	0,03%	3.433	0,05%
SOLO GENERADOR PROPIO (SOLAR, EÓLICO O FÓSIL)	2.862	0,04%	16.883	0,24%	19.745	0,28%
SOLO GENERADOR COMUNITARIO (SOLAR, EÓLICO O FÓSIL)	1.028	0,01%	2.379	0,03%	3.407	0,05%
NO DISPONE DE ENERGÍA ELÉCTRICA	11.781	0,17%	12.300	0,18%	24.081	0,34%
TOTAL	6.193.975	88,51%	804.118	11,49%	6.998.093	100%

Fuente: Elaboración propia en base a MIDESO, (2022).

Colombia

En la **Tabla 8**. ICEE Nacional 2019-2022 y **Figura 26** se muestra el llamado índice de Cobertura Energética Eléctrica (ICEE) para los años 2019, 2020, 2021 y 2022 a nivel nacional (MinEnergía, 2024).

FIGURA 25. Población con acceso a electricidad en Colombia



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de MinEnergía, 2024.



TABLA 8. ICEE Nacional 2019-2022 Colombia

AÑO	VIVIENDAS TOTALES (VT)	VIVIENDAS CON SERVICIO (VCS)	ICEE	VIVIENDAS SIN SERVICIO (VSS)
2019	16.739.220	15.730.178	93.97 %	1.009.042
2020	17.318.951	16.211.355	93.60 %	1.107.596
2021	17.826.978	16.773.387	94.09 %	1.053.591
2022	18.310.525	17.048.597	93.10 %	1.261.928

Fuente: MinEnergía, 2024.

2.6. CARACTERIZACIÓN DE LA VIVIENDA

La caracterización de las viviendas es relevante para entender el nivel de preparación del sector residencial para la electrificación. Para la electrificación de los hogares y artefactos se requiere de viviendas con instalaciones eléctricas formalizadas y regularizadas.

También, con un alto porcentaje de vivienda rural se vuelve en términos generales más difícil la electrificación por la falta de acceso a la red eléctrica centralizada. Un alto porcentaje de departamentos facilita la electrificación, dado que los costos de inversión en las redes de distribución son menores, pudiendo atender a muchas uni-

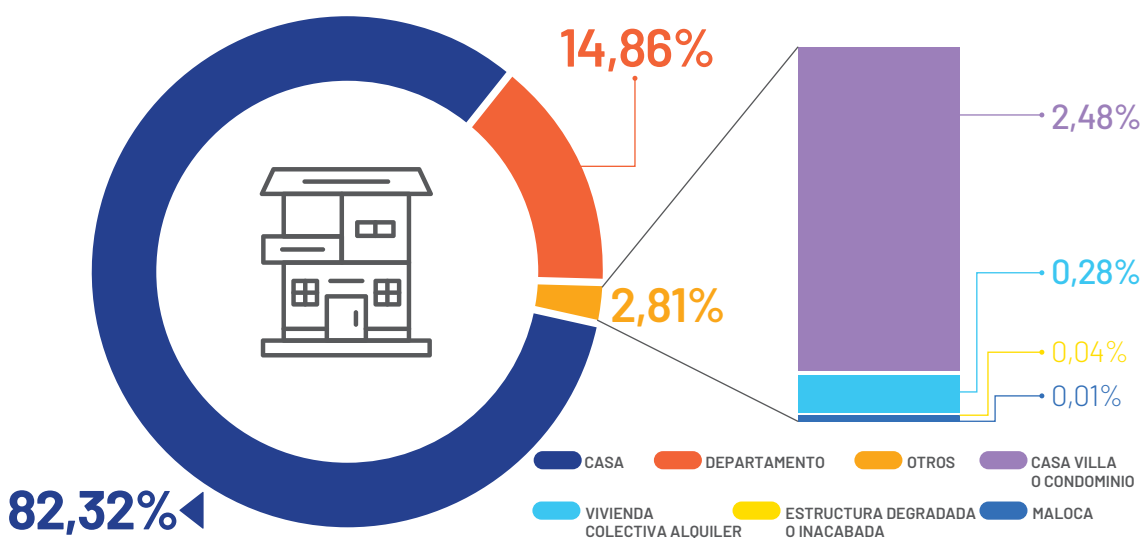
dades de vivienda de manera más concentrada.

También es relevante para el impacto potencial en términos de contaminación intradomiciliaria. Una vivienda con mucha ventilación / poco cerrada implica en términos generales menos contaminación intradomiciliaria que una vivienda cerrada y poco ventilada.

Brasil

De acuerdo a los datos del Censo, existe un total de 90.7 millones de viviendas en Brasil, de las cuales 59.6 millones corresponden a casas; 10.7 millones corresponden a departamentos. A continuación, se indican las distintas tipologías predominantes en Brasil (*Figura 27*).

FIGURA 27. Distribución de las tipologías de viviendas en Brasil



Fuente: Censo de Brasil, (2022).



De acuerdo al Consejo de Arquitectura y Urbanismo del Distrito Federal, en un estudio que consistió en la realización de más de 2.400 entrevistas en un total de 177 municipalidades, se halló que del total de personas que habían realizado construcciones o remodelaciones de sus viviendas, tan solo un 15% había utilizado los servicios de un ingeniero o arquitecto en el trabajo,

lo que refleja la informalidad de la construcción en Brasil.

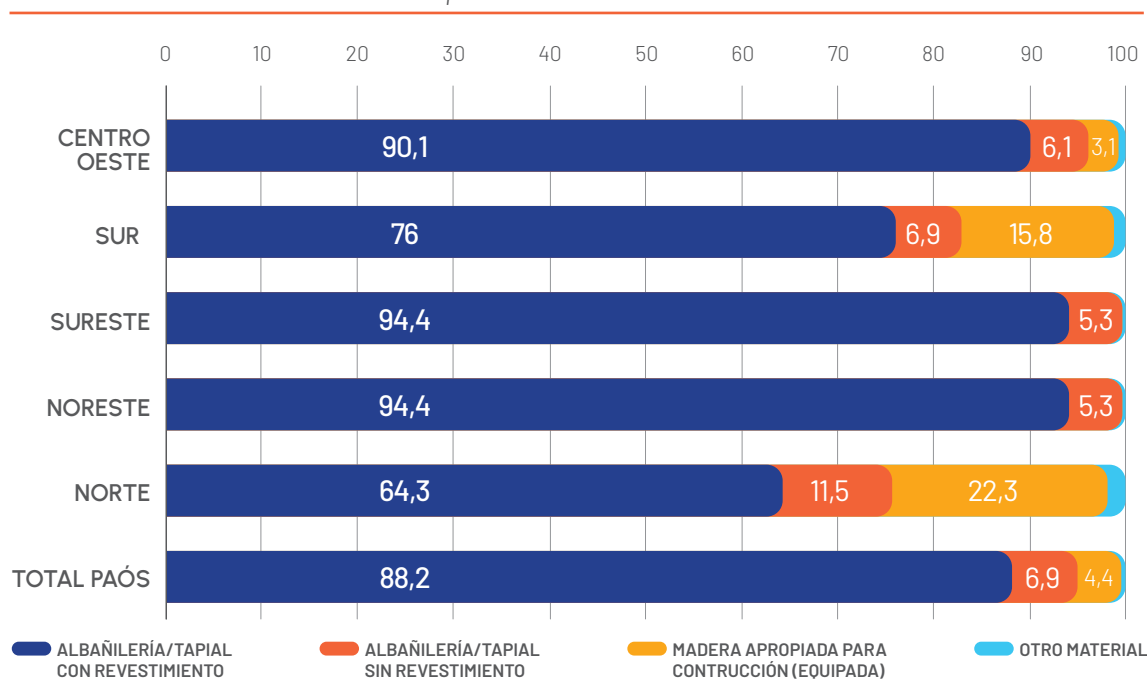
Este nivel de informalidad además es variable de acuerdo a la región en la que se ubica. La región sur es la que cuenta con un mayor porcentaje de personas que han contratado un arquitecto, urbanista o ingeniero para la construcción o remodelación de la edificación (*Tabla 9*).

TABLA 9. Porcentaje de viviendas en Brasil que utiliza métodos formales para el diseño de viviendas nuevas o ampliaciones⁷

	TOTAL	SURESTE	NORESTE	SUR	NORTE	CENTRO OESTE
FORMAL*	14,8%	16,4%	7,1%	25,9%	10,0%	10,5%
INFORMAL	85,4%	83,6%	92,9%	74,1%	90,0%	89,5%

Fuente: Conselho de Arquitetura e Urbanismo, (2022).

FIGURA 28. Materialidades utilizadas para muros en diferentes zonas de Brasil



Fuente: Censo de Brasil, (2022).

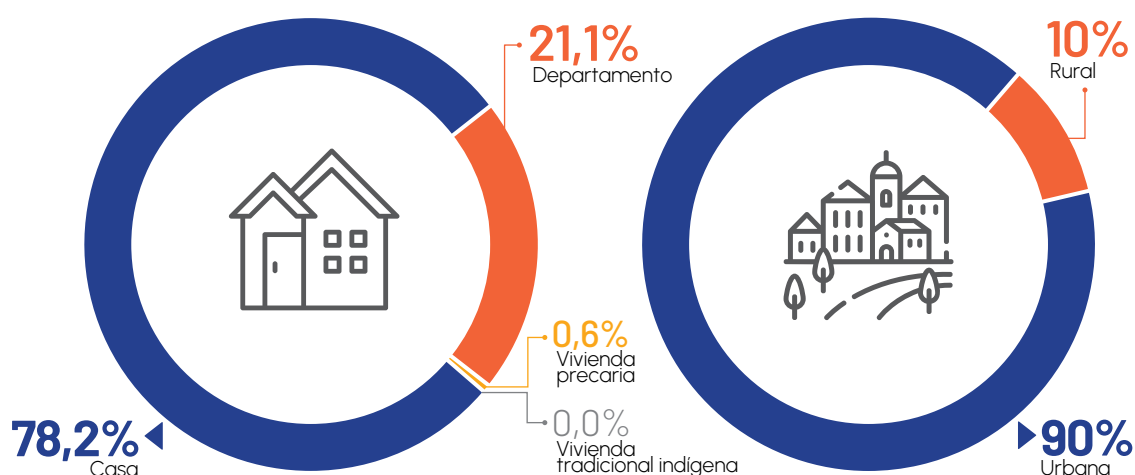
⁷ Las etiquetas de Formal e Informal son para simplificar los enunciados originales, que corresponden respectivamente a: "Usó arquitecto y urbanista, o ingeniero" y "No usó arquitecto, y urbanista, o ingeniero".

Chile

De acuerdo con la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (Casen) publicada por el Ministerio de Desarrollo

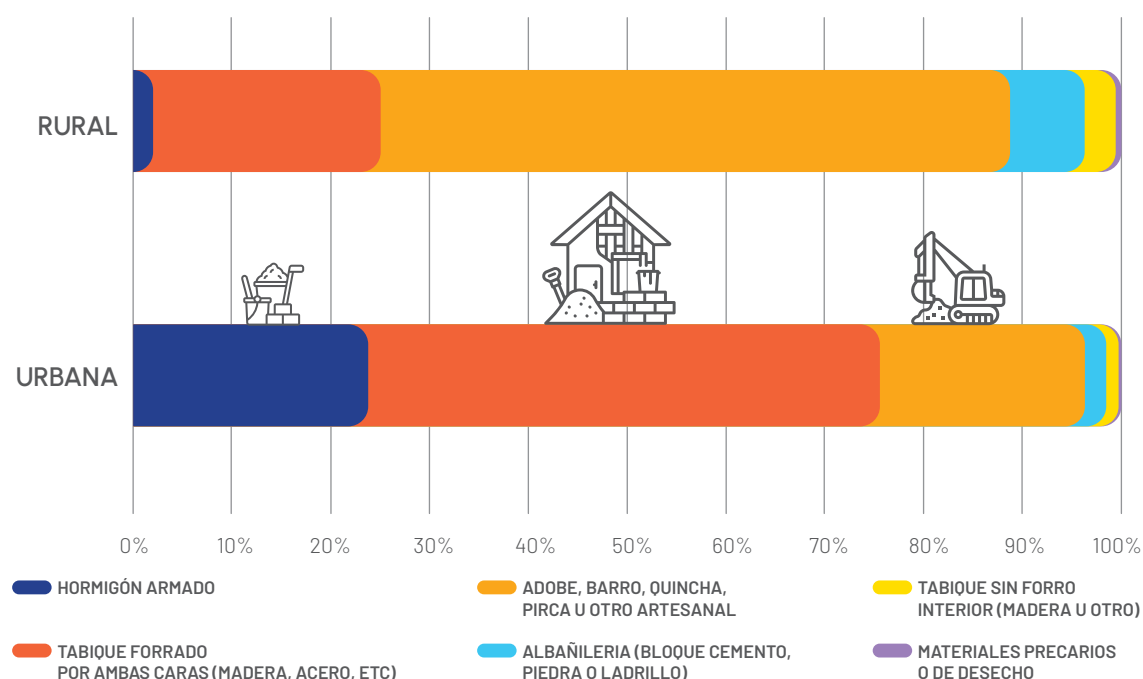
Social y Familia en 2022, la cantidad de hogares presentes en Chile alcanza una cifra de 6.998.093.

FIGURA 29. Tipo de vivienda por hogar y porcentaje entre urbano y rural en Chile



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

FIGURA 30. Tipo de material de construcción de muros exteriores en Chile



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

Colombia

De acuerdo con información reportada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, en el país existen cerca de 18 millones de viviendas. Según el Censo Nacional de Población y

Vivienda de 2018 elaborado por la misma entidad, entre 2020 y 2050 el stock de viviendas urbanas se incrementará en 10.9 millones. Esta proyección se muestra en la *Tabla 10* (CCCS, 2022).

TABLA 10. Número de viviendas proyectadas a nivel nacional (2020-2050)

AÑO	CABECERA NACIONAL	RURAL NACIONAL	TOTAL NACIONAL
2020	13.485.574	4.571.199	18.056.773
2025	15.656.234	4.984.314	20.640.548
2030	17.748.495	5.514.677	23.263.172
2035	19.363.008	6.111.399	25.474.407
2040	21.362.034	6.722.413	28.084.447
2045	22.968.589	7.348.225	30.316.814
2050	24.461.057	7.974.152	32.435.209

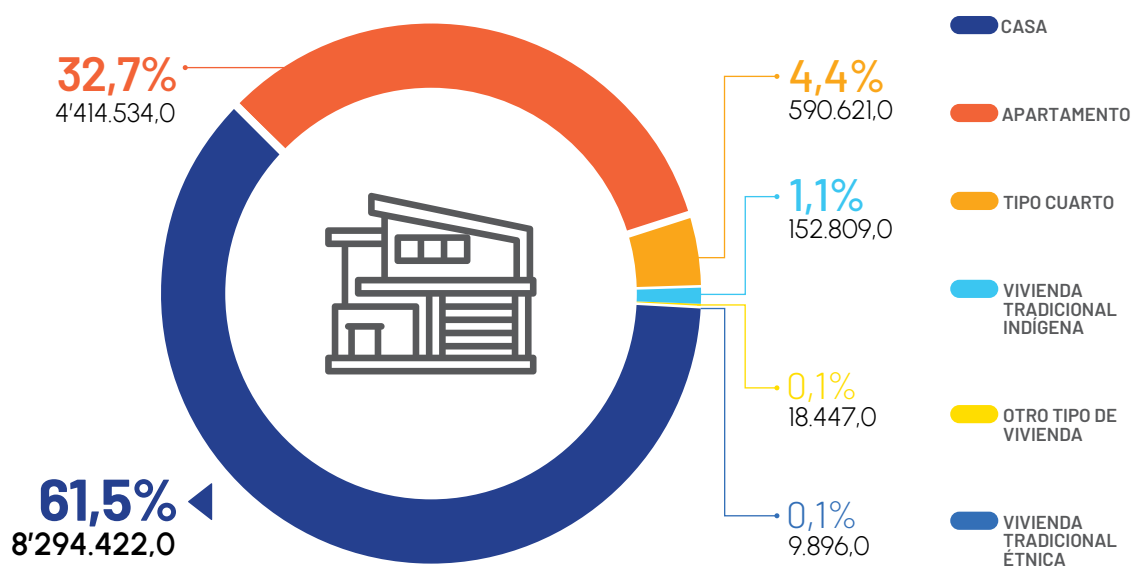
Fuente: CCCS, UniAndes, Hill con datos DANE, 2022.



Sin embargo, pese a la proyección del 2020, la cantidad de viviendas censadas en el mismo periodo corresponde a

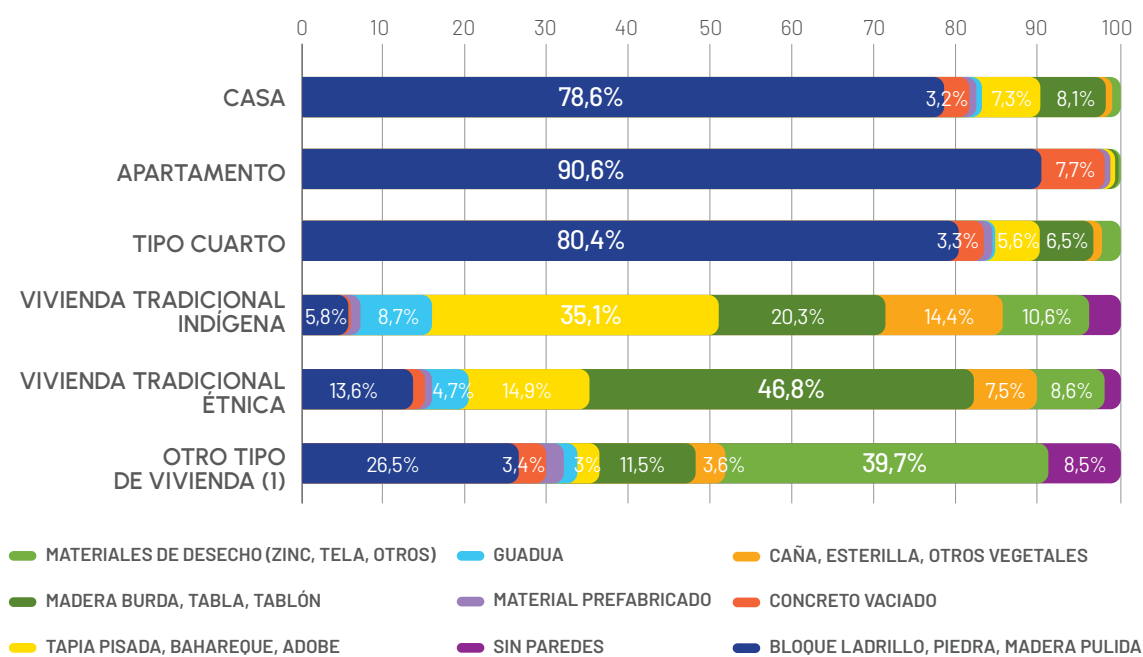
13.480.729 y su clasificación por tipología y materialidad se pueden apreciar en la **Figura 31** y **Figura 32**.

FIGURA 31. Tipología de viviendas en Colombia



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

FIGURA 32. Materiales predominantes en paredes exteriores según tipología vivienda Colombia



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





3. CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL SECTOR RESIDENCIAL

3.1. TENDENCIA DE ELECTRIFICACIÓN RESIDENCIAL

3.2. CARACTERIZACIÓN COCCIÓN Y CLIMATIZACIÓN

3.3. CALIDAD DE ELECTRIFICACIÓN ASÍ COMO DE LA
SEGURIDAD DEL SISTEMA ELÉCTRICO



En esta sección se presenta un análisis del uso de distintos energéticos del sector residencial, y se caracteriza el consumo energético a nivel residencial, analizando específicamente el nivel de electrificación de distintos artefactos.

3.1. TENDENCIA DE ELECTRIFICACIÓN RESIDENCIAL

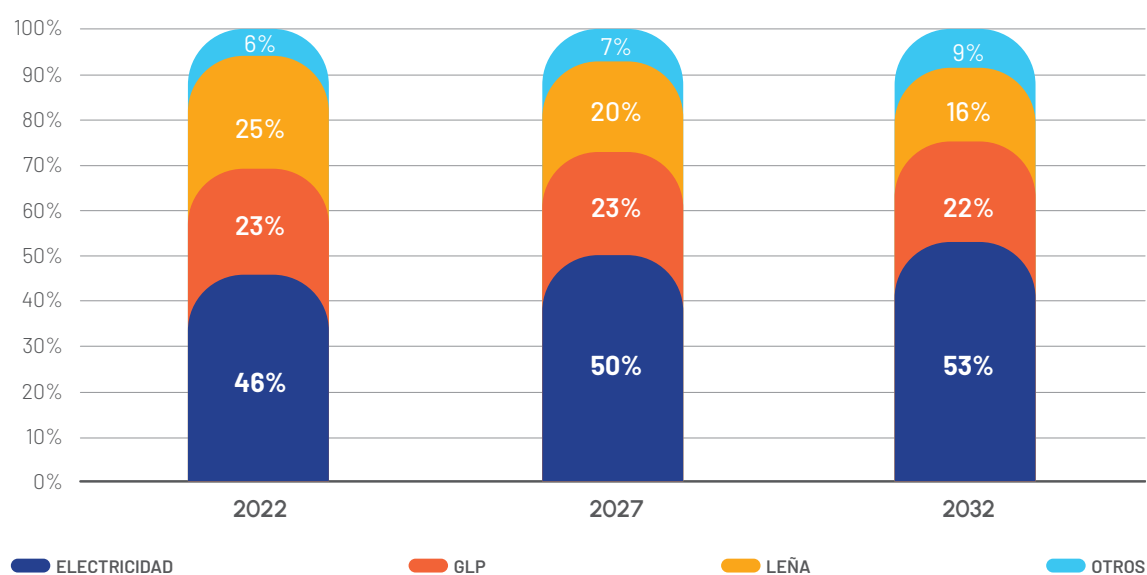
Brasil

El sector residencial ha presentado un aumento sostenido en las tasas de consumo

de electricidad. En los últimos 10 años, el consumo de electricidad en el sector residencial ha aumentado en un 32,3%.

Según el documento "Plano Decenal de Expansão de Energia 2032 – Demanda e Eficiencia Energética" del Ministerio de Minas e Energia, la evolución del uso de energéticos para el sector residencial tendrá un aumento en el consumo de electricidad, pasando de un 46% de la composición de la matriz energética residencial al año 2022, a un 53% al año 2032. Este aumento relativo del uso de electricidad está asociado a una disminución del uso de la leña, que disminuiría su participación desde un 25% a un 16% en el mismo período (**Figura 33**).

FIGURA 33. Participación de los distintos energéticos en la matriz energética residencial al año 2022 y proyección al año 2032 Brasil

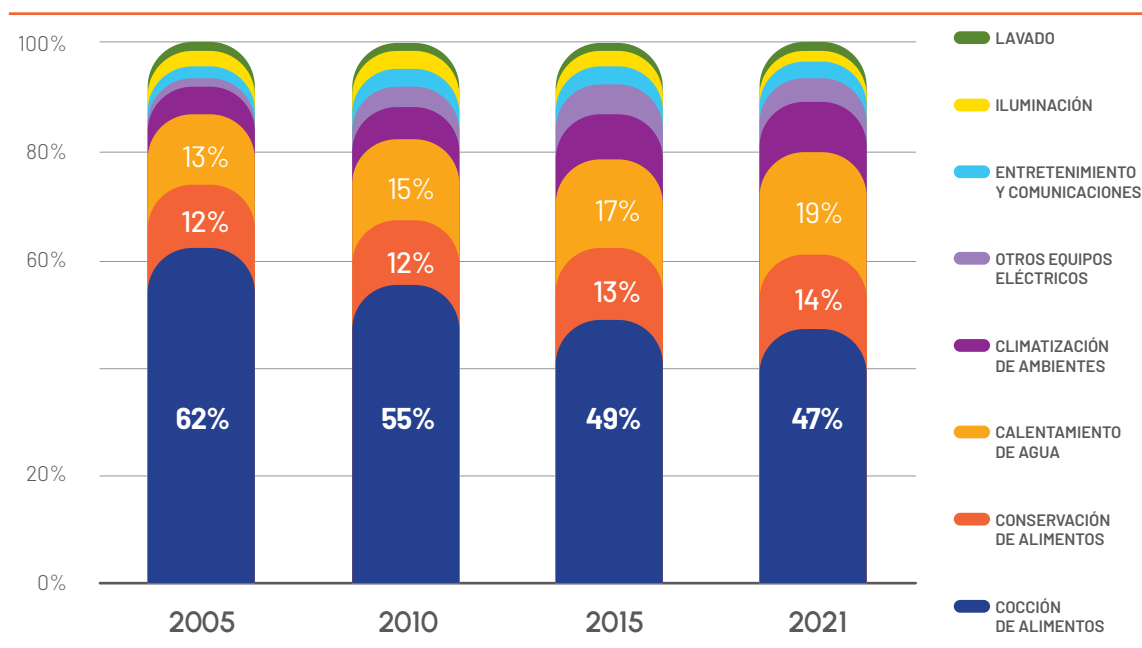


Fuente: EPE Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2032-Demanda e Eficiencia Energética.



- La electricidad aumentará su relevancia a lo largo del horizonte de tiempo, influenciada por la mayor posesión de electrodomésticos y el crecimiento de su uso en las residencias en donde su uso aún no es masivo, como por ejemplo, en familias de menores ingresos económicos
- La demanda residencial por GLP podrá crecer debido a la sustitución del uso de biomasas tradicionales en las familias de bajos ingresos en la medida que sus condiciones financieras mejoren. Se indica además que el uso de leña para cocción puede presentar fluctuaciones o aumentos temporales en la medida que existan dificultades económicas, como en períodos de aumento de la inflación, aumento de los costos de combustibles u otros.
- El gas natural puede avanzar en el decenio, con tendencia a desplazar parte del consumo de GLP en las zonas urbanas, a medida que se amplíe su red de distribución.
- se estima que la energía solar térmica se utilizó básicamente para calentar agua en alrededor del 4,7% de los hogares brasileños en 2022, desplazando a la electricidad para esta aplicación.

FIGURA 34. Participación de los distintos usos finales en el consumo de energía del sector residencial en Brasil

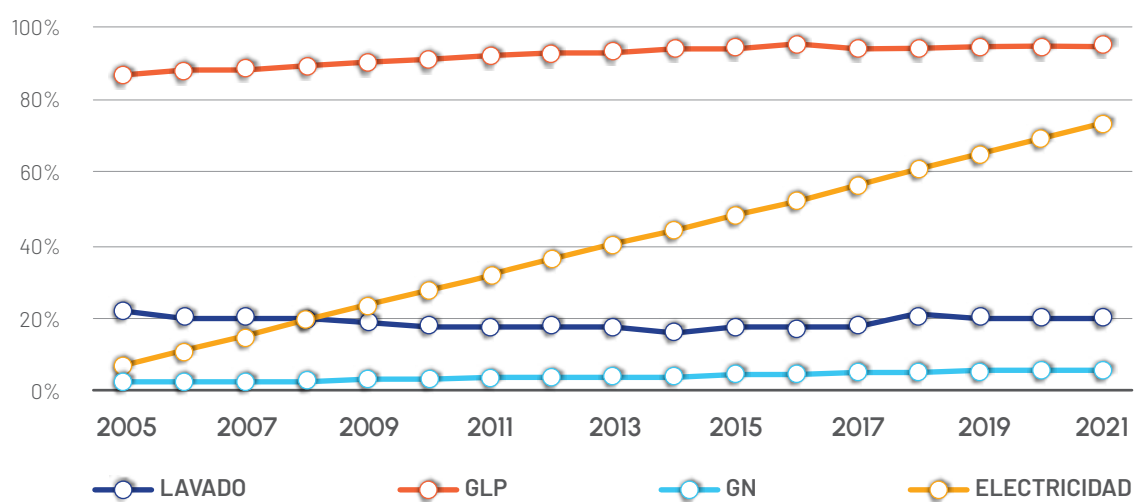


Fuente: EPE Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2032-Demanda e Eficiência Energética.





FIGURA 35. Proporción de hogares que utilizan distintos energéticos para la cocción de alimentos

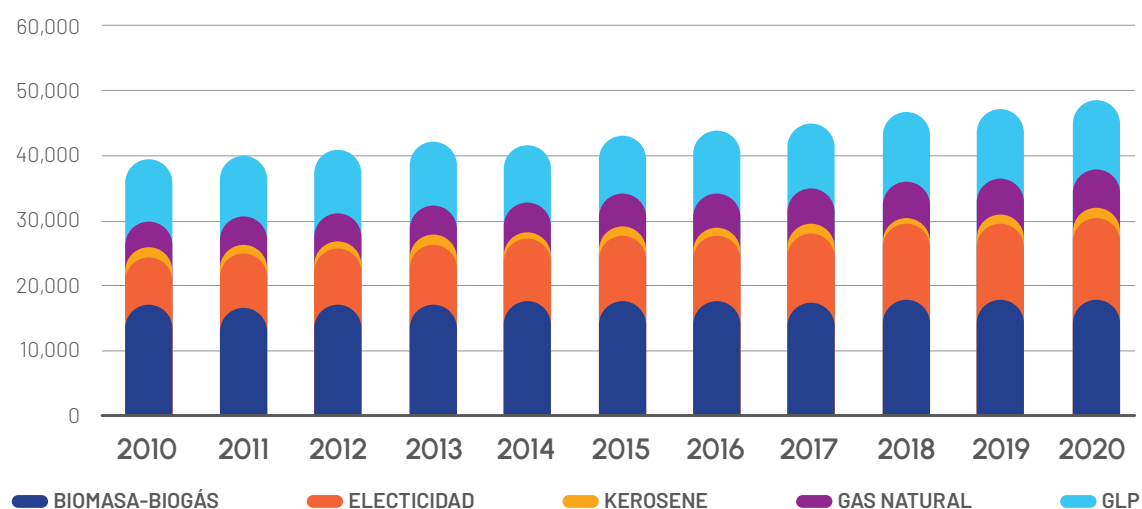


Fuente: Atlas de Eficiencia Energética de Brasil, (2022).

TABLA 11. Cantidad media de artefactos por cada 100 viviendas para Brasil

	2013	2017	2022
AIRE ACONDICIONADO	23	25	29
REFRIGERADOR	100	101	101
CONGELADOR	18	17	15
DUCHA ELÉCTRICA	72	70	70
LAVADORA	66	72	79
TELEVISOR	151	171	175
LÁMPARAS	7,58	7,61	7,65

Fuente: Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Plan Decenal de Expansión de Energía del año 2022.

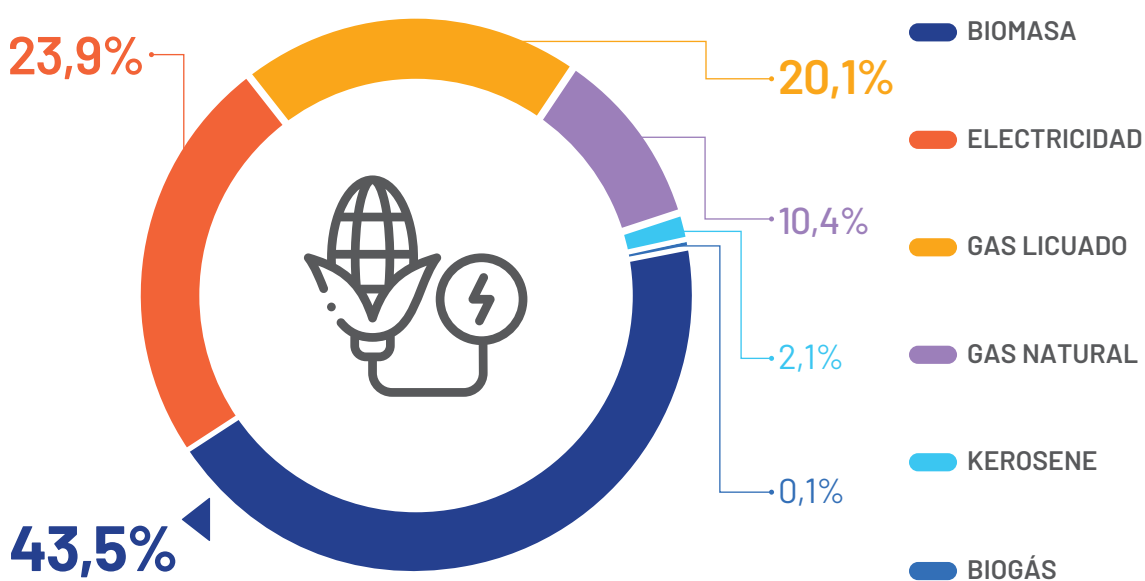
FIGURA 36. Distribución del consumo final del sector residencial según fuente de energía

Fuente: MEN, 2022.

Chile

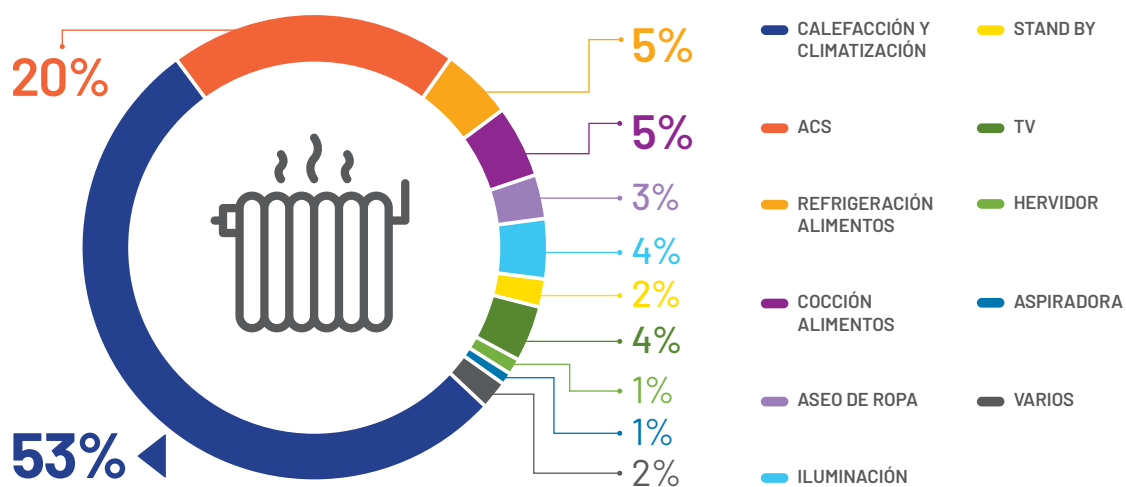
A continuación, en el gráfico de la **Figura 37** se aprecian los porcentajes de consumo residencial por energético para el año 2022, donde predomina la biomasa con

un 43,5%, luego la electricidad con un 23,9%, el gas licuado con un 20,1% y el gas natural representa un 10,4%.

FIGURA 37. Distribución del consumo final del sector residencial según fuente de energía para el año 2022 Chile

Fuente: Elaboración propia en base a Ministerio de Energía, 2023.

FIGURA 38. Distribución porcentual de consumo de todos los energéticos según uso en Chile



Fuente: Elaboración propia en base a Informe Usos de energía de los Hogares Chile 2018.

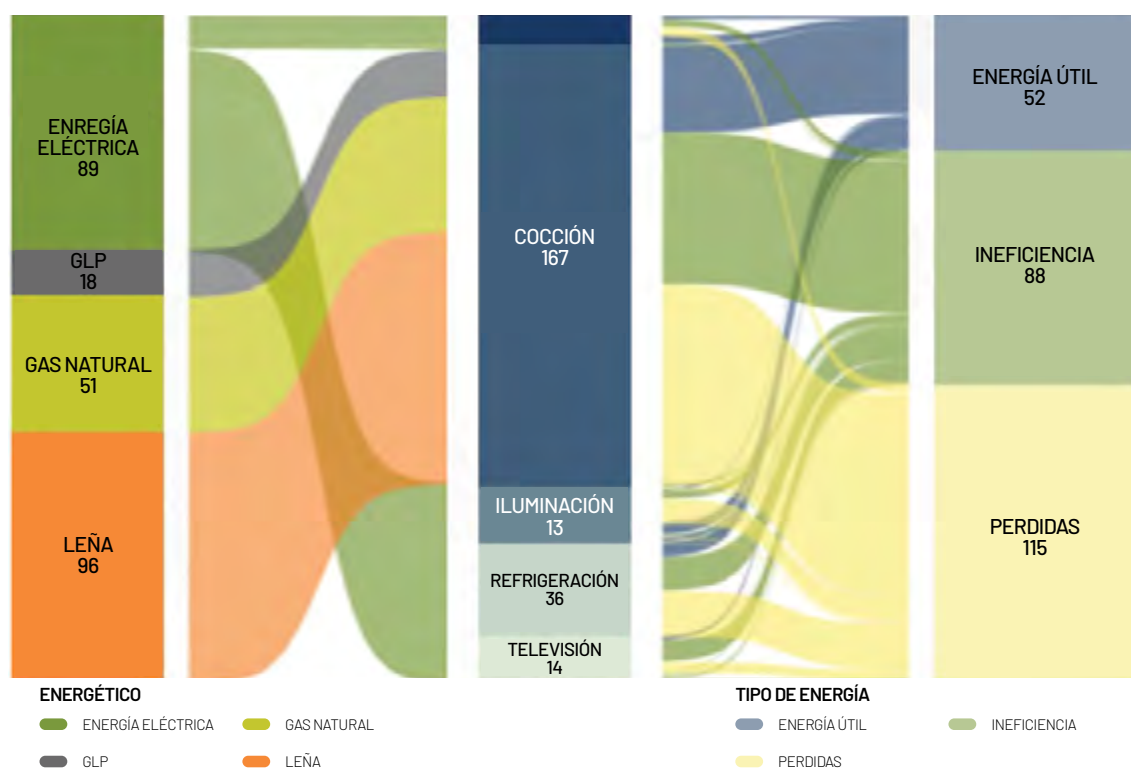
Colombia

En el sector residencial, teniendo en cuenta los procesos de cocción que tienen lugar en las estufas rurales a base de leña, las pérdidas e ineficiencias son bastante altas.

En consecuencia, la energía útil se estima apenas en un 20% (UPME, 2019). Esto se muestra en la **Figura 39**.



FIGURA 39. Balance de energía útil para el sector residencial en Colombia

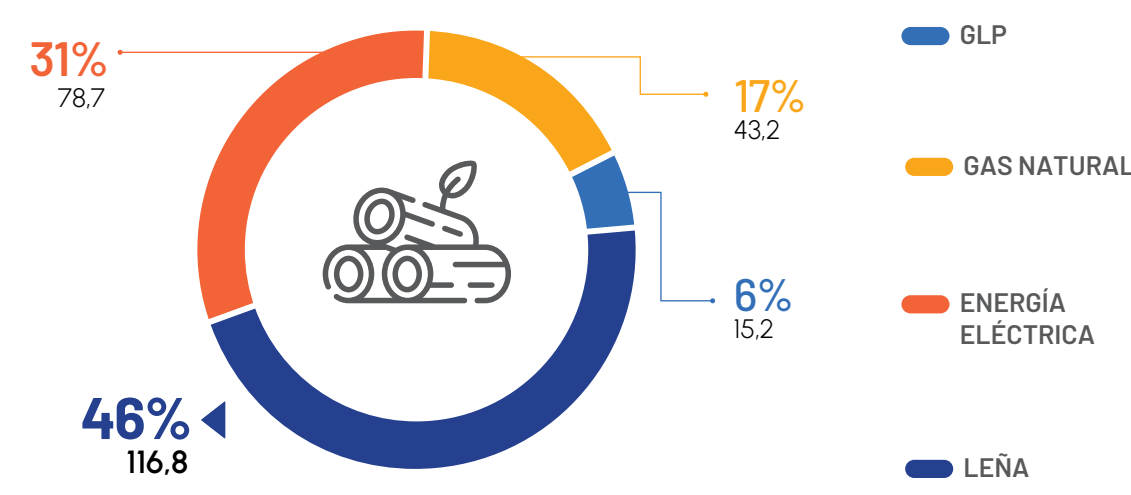


Fuente: Elaboración propia en base a UPME, (2022).

De acuerdo con el balance de energía útil realizado en 2019, el consumo de energía final en el sector residencial alcanza los

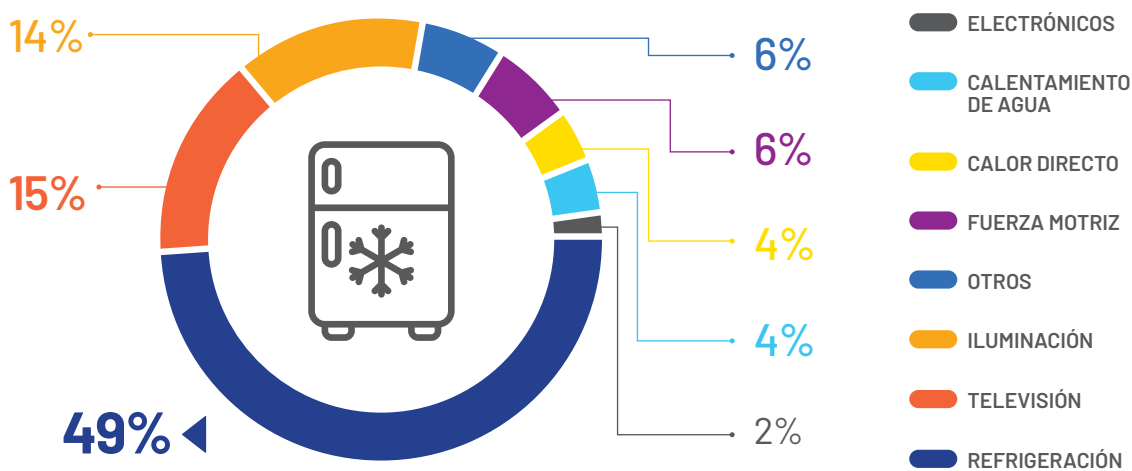
254 PJ/año (UPME, 2019). Como se observa en la **Figura 40**, de este consumo, el 31% corresponde a electricidad.

FIGURA 40. Consumo de energía final en el sector residencial (PJ) en Colombia



Fuente: UPME, 2019.

FIGURA 41. Distribución y consumo de energía final EE en Colombia



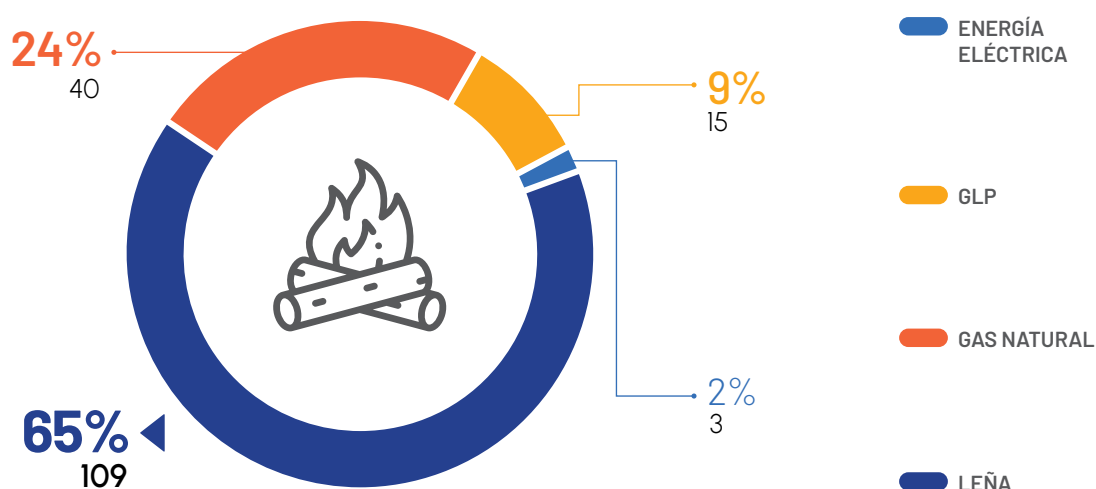
Fuente: UPME, 2019.

A su vez, la **Figura 41** muestra la distribución de consumos de electricidad en el sector.

Con respecto a esta figura se aclara que el uso indicado como refrigeración (48%) incluye ventilación y aire acondicionado. A pesar de que en esta gráfica no se discriminan estos usos de la energía en climatización se estima que corresponden a un 10%.

Por otro lado, el balance de energía útil indica que, de toda la energía empleada en el sector, 167 PJ (66%) se usan en cocción. Como se observa en la **Figura 42**, actualmente el uso de la energía eléctrica para estos fines es marginal (2%). Esta electricidad proviene del Sistema Interconectado Nacional - SIN y se consume principalmente en las ciudades de Bogotá y Medellín.

FIGURA 42. Consumo por energéticos en el uso de cocción en Colombia

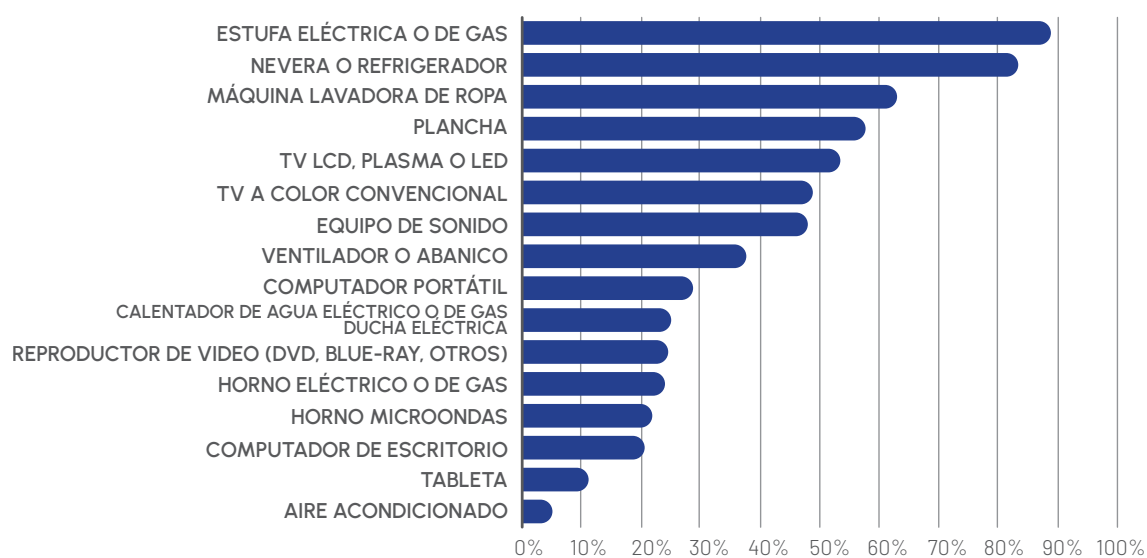


Fuente: UPME, 2019.

En el sector residencial urbano, los mayores consumos corresponden a electricidad y gas natural, éste último para cocción y agua caliente sanitaria. La energía eléctrica se emplea para alimentar la creciente cantidad de electrodomésticos que cada

día va copando los mercados, en la medida que las familias van teniendo poder adquisitivo. En la Figura 43 se muestra la tenencia de electrodomésticos según la ECV de 2018 elaborada por el DANE (UPME, 2021).

FIGURA 43. Tenencia de electrodomésticos en Colombia 2018



Fuente: UPME, 2021.



Los mayores consumos de electricidad en los hogares se derivan de los equipos de refrigeración. Dependiendo de la zona climática, el consumo de estos equipos puede representar entre el 40% y el 60% de la energía eléctrica consumida en un hogar. Otros usos destacados lo constituyen el uso de los televisores y la iluminación.

En las zonas cálidas, los consumos por refrigeración y climatización (aire acondicionado y ventilación) son predominantes. De otro lado, en las zonas frías, además de emplear gas natural para agua caliente sanitaria, también es de uso extendido la ducha eléctrica, equipo de alta potencia (entre 2,5 kW y 9 kW siendo el más comercializado en el país el de 3,2 kW) que si se emplea por largos periodos puede incrementar ostensiblemente el consumo eléctrico y por lo tanto su factura.

El servicio de electricidad cuenta con esquema de subsidios y contribuciones con el propósito de favorecer a los hogares con menores ingresos económicos. El estrato 1 tiene un subsidio del 60%, el estrato 2, 50% y el estrato 3, 15%. El estrato 4 no tiene subsidios ni contribuciones, es decir, la factura corresponde efectivamente al valor del consumo. Los estratos 5 y 6 pagan un sobrecosto (contribución) del 20% sobre el valor de su consumo.

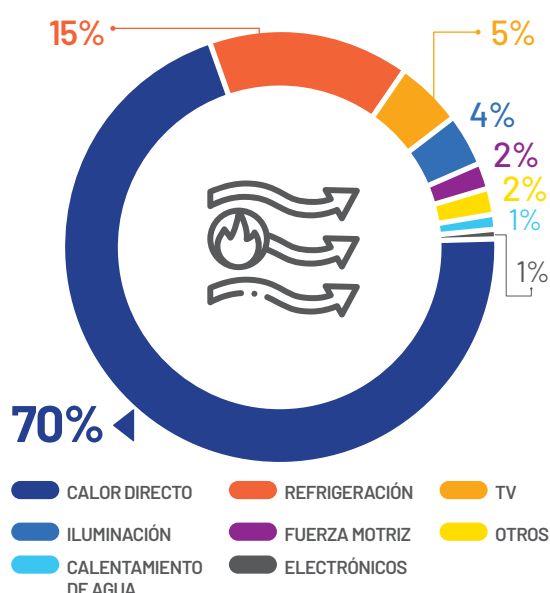
Como ya se mencionó, en el sector residencial rural, los mayores consumos se encuentran asociados a la leña para cocción.

La **Figura 44** muestra la participación de los consumos de energía en el sector residencial, incluyendo el área rural (UPME, 2019).

De acuerdo con el "Plan nacional de sustitución de leña y otros combustibles de uso ineficiente y altamente contaminante para la cocción doméstica de alimentos" (UPME, 2023), en el país se consumen aproximadamente 5,1 millones de toneladas de leña al



FIGURA 44. Consumo de energía final (Residencial) en Colombia



Fuente: Elaboración propia con datos UPME, 2024.

año para cocinar, lo que representa 7,9 millones de toneladas de CO₂e/año.

Esta situación se asocia a la prevalencia de condiciones de pobreza multidimensional en zonas rurales, a una relativa baja cobertura del servicio de gas combustible, a costumbres regionales y a la disparidad entre los costos percibidos por la población que usa este energético en relación con el valor de la leña y el costo social que implican sus externalidades negativas (degradación ambiental, tiempo empleado en la recolección de leña y deterioro de la salud).

3.2. CARACTERIZACIÓN COCCIÓN Y CLIMATIZACIÓN

Brasil

Para asignar la cantidad de energía a los usos de interés de este estudio, que son cocción de alimentos y climatización, se combina la información disponible sobre la distribución de los distintos usos y energéticos en el sector residencial (**Figura 45, Figura 46 y Figura 47**). Además del consumo total de energía secundaria para el sector residencial del año 2022 correspondiente a 332.248 [GWh/año], se tiene lo mostrado.

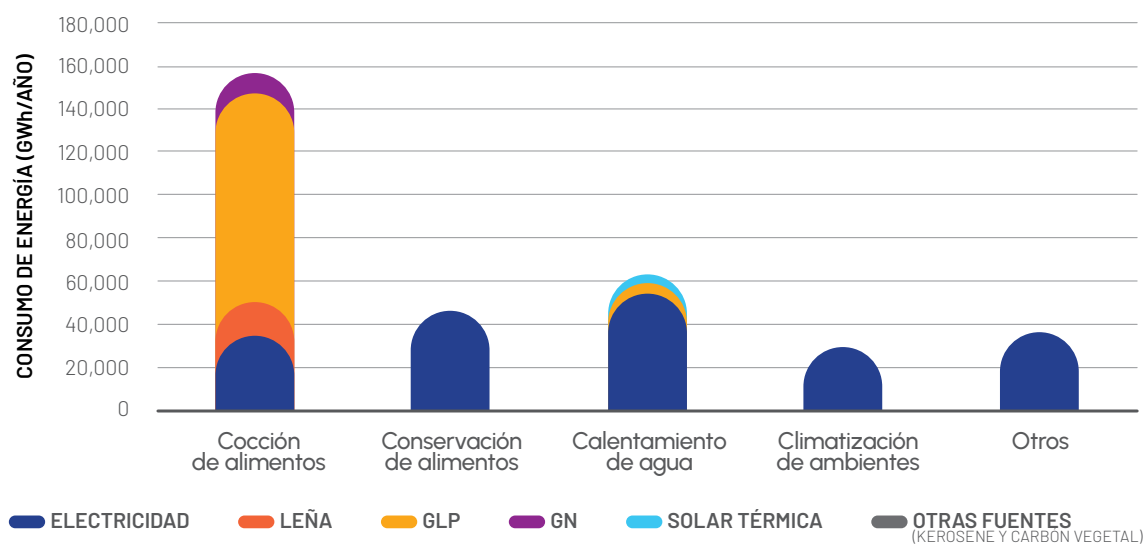
Es interesante observar la evolución del uso de electricidad en los artefactos más relevantes.

Por ejemplo, en las duchas eléctricas hubo una disminución en los últimos años, frente a un mayor uso del gas natural (expansión de la red), así como de energía solar.

No se encuentra información relevante para sistemas exclusivos de calefacción. Debido al clima de Brasil, el uso está enfocado en sistemas de climatización, que pueden proveer de calefacción y frío con el mismo equipo.

Es interesante observar la evolución del uso de electricidad en los artefactos más relevantes. Por ejemplo, en las duchas eléctricas hubo una disminución en los últimos años, frente a un mayor uso del gas natural (expansión de la red), así como de energía solar.

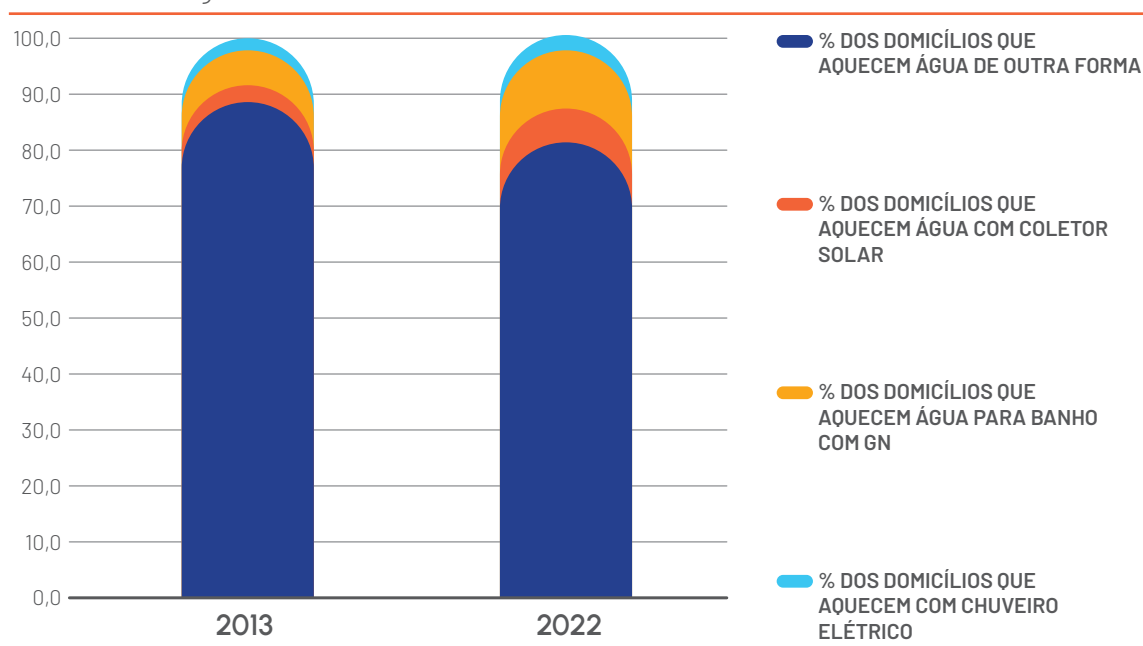
FIGURA 45. Uso de energía para los principales usos energéticos a nivel residencial 2022 en Brasil



Fuente: Elaboración propia en base al Balance Nacional de Energía y al Plan Decenal de Expansión de Energía, 2023.



FIGURA 46. Porcentajes de domicilios que utilizan distintas tecnologías para el calentamiento del agua en Brasil

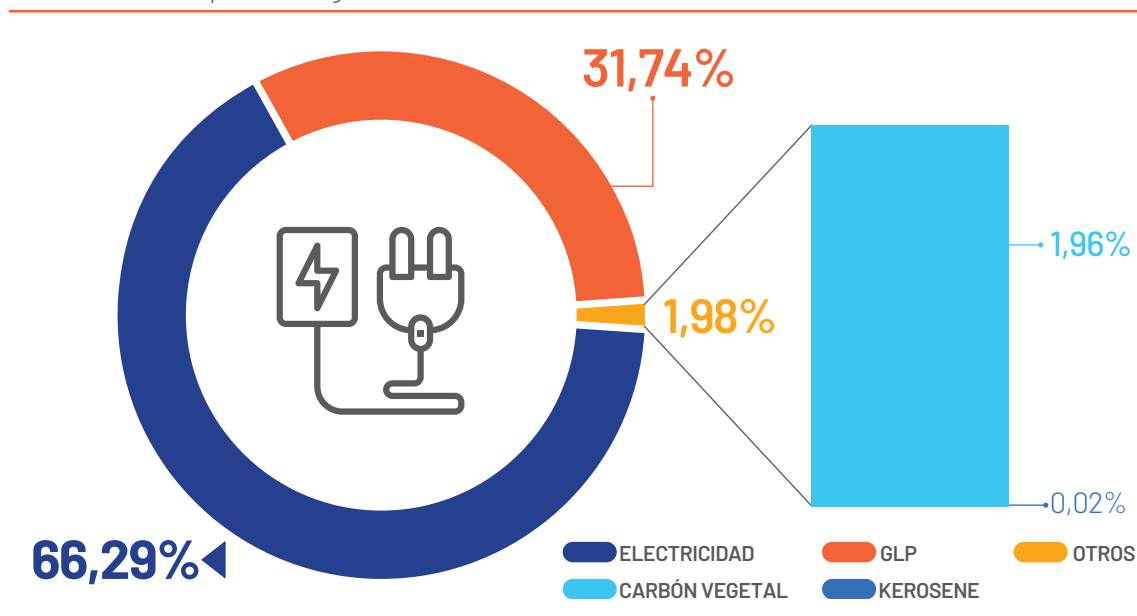


Fuente: Plano Decenal de Expansão de Energia 2022.

No se encuentra información relevante para sistemas exclusivos de calefacción. Debido al clima de Brasil, el uso está enfocado

en sistemas de climatización, que pueden proveer de calefacción y frío con el mismo equipo.

FIGURA 47. Principales energéticos utilizados en el sector residencial de Brasil



Fuente: Balance nacional de Energia 2023.

Chile

De manera general, para el caso de la cocción de alimentos, a nivel país los energéticos más utilizados para la cocción de alimentos son el GLP, el gas natural y la electricidad, con una penetración en los hogares del 76%, 14% y 5% respectivamente, según información obtenida a través de

la Encuesta Casen 2022 (ver **Tabla 12**). Por otro lado, para la calefacción (ver **Tabla 13**), los energéticos más utilizados según la misma encuesta son el GLP (26%), leña y sus derivados como el pellet (26%) y la electricidad, con una penetración en los hogares del país del 16%.

TABLA 12. Tipo de cocina en sector residencial según zona térmica (ZT)⁸ Chile

	NACIONAL	ZT1	ZT2	ZT3	ZT4	ZT5	ZT6	ZT7
USA COCINA GLP	84,0%	11,7%	10,6%	30,7%	17,8%	7,8%	4,8%	0,6%
	5'278.381	735.601	664.574	1'929.796	1'118.830	488.743	301.798	39.040
USA COCINA GN	13,1%	0,0%	1,5%	10,3%	0,4%	0,1%	0,0%	0,8%
	823.019	1.687	92.354	644.100	25.080	6.567	0	53.231
USA COCINA ELÉCTRICA/ ENCIMERA	3,4%	0,7%	0,3%	1,4%	0,5%	0,3%	0,1%	0,1%
	214.974	46.591	20.785	86.258	30.427	19.751	7.653	3.510
USA COCINA A INDUCCIÓN	1,1%	0,6%	0,1%	0,0%	0,0%	0,3%	0,1%	0,0%
	66.862	37.870	3.177	0	2.293	18.715	4.807	0
USA COCINA A LEÑA	7,9%	0,1%	0,1%	0,9%	1,9%	2,6%	2,1%	0,3%
	496.505	4.476	6.107	54.169	117.450	162.422	134.672	17.209

Fuente: In-Data Spa y CDT, (2019).

⁸ Nota: La sumatoria de porcentajes verticales por columna no suman 100% porque es respuesta múltiple. Una vivienda puede contar con más de un artefacto.



En relación con el tipo de calefacción (**ver Tabla 14**), tanto a nivel nacional como por ZT, se evidencia que la mayoría del sector residencial emplea estufas o calefactores individuales como su principal fuente de calor. A nivel nacional, un menor porcentaje, el 2,4%, utiliza sistemas de calefacción central, mientras que sólo un 0,3% de las viviendas combinan ambos métodos (calefactores individuales y calefacción central).

TABLA 13. Fuente de energía utilizada para cocción en Chile

TIPO DE COMBUSTIBLE	URBANA (HOGARES)	RURAL (HOGARES)	NACIONAL (HOGARES)
GAS LICUADO (CILINDRO O TANQUE INDIVIDUAL)	75,68% 4.687.842	77,52% 623.379	75,90% 5.311.221
GAS POR RED (DE CAÑERÍA)	15,95% 988.072	0,90% 7.241	14,22% 995.313
PARAFINA (KEROSENE) O PETRÓLEO	0,12% 7.600	0,18% 1.463	0,13% 9.063
CARBÓN, LEÑA O DERIVADOS (PELLETS, ASTILLAS O BRIQUETAS)	2,08% 129.058	20,71% 166.562	4,22% 295.620
ELECTRICIDAD	5,89% 365.004	0,37% 2.948	5,26% 367.952
ENERGÍA SOLAR	0,003% 175	0,014% 114	0,004% 289
NO USA COMBUSTIBLE O FUENTE DE ENERGÍA	0,08% 4.983	0,06% 512	0,08% 5.495
NO TIENE SISTEMA	0,18% 11.241	0,24% 1.899	0,19% 13.140
TOTAL	6.193.975	804.118	6.998.093

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

TABLA 14. Tipo de calefacción en sector residencial según zona térmica (ZT) en Chile

	NACIONAL	ZT1	ZT2	ZT3	ZT4	ZT5	ZT6	ZT7
ESTUFA O CALEFACTOR INDIVIDUAL	97,3%	95,8%	99,7%	96,4%	98,8%	97,5%	98,5%	87,8%
	4'913.892	156.491	530.694	2'274.336	1'057.474	502.621	306.412	85.865
CALEFACCIÓN CENTRAL	2,4%	3,1%	0,3%	3,4%	1,2%	1,2%	1,0%	12,2%
	119.369	5.105	1.723	79.159	12.357	6.083	3.004	11.939
AMBOS	0,3%	1,0%	0,0%	0,2%	0,0%	1,3%	0,6%	0,0%
	15.032	1.687	0	4.785	0	6.758	1.803	0

Fuente: Ministerio de Energía, 2019.

En cuanto al tipo de combustible utilizado para la calefacción, la Tabla 15 muestra las preferencias a nivel nacional, zona urbana y rural. El gas licuado es la principal fuente de energía en áreas urbanas, mientras que en las zonas rurales es más común el uso de carbón, leña o sus derivados. Además, se observa una presencia considerable de la electricidad como fuente de calefacción en ambas áreas, especialmente en el

ámbito urbano. Por otro lado, el gas por red es más utilizado en áreas urbanas en comparación con las rurales. También se registran casos de uso de parafina (kerosene) o petróleo en ambas zonas, aunque en menor medida.

Además, hay una proporción notable de hogares que no utilizan ningún tipo de combustible o fuente de energía para la calefacción.



TABLA 15. Fuente de energía utilizada para calefaccionar en Chile

TIPO DE COMBUSTIBLE	URBANA (HOGARES)	RURAL (HOGARES)	NACIONAL (HOGARES)
GAS LICUADO (CILINDRO O TANQUE INDIVIDUAL)	27,90% 1.728.250	9,41% 75.699	25,78% 1.803.949
GAS POR RED (DE CAÑERÍA)	4,55% 281.548	0,61% 4.915	4,09% 286.463
PARAFINA (KEROSENE) O PETRÓLEO	12,47% 772.519	3,22% 25.855	11,41% 798.374
CARBÓN, LEÑA O DERIVADOS (PELLETS, ASTILLAS O BRIQUETAS)	20,02% 1.240.118	71,12% 571.871	25,89% 1.811.989
ELECTRICIDAD	17,64% 1.092.802	3,94% 31.693	16,07% 1.124.495
ENERGÍA SOLAR	0,064% 3.986	0,074% 598	0,066% 4.584
NO USA COMBUSTIBLE O FUENTE DE ENERGÍA	5,54% 342.890	2,57% 20.669	5,20% 363.559
NO TIENE SISTEMA	11,82% 731.862	9,06% 72.818	11,50% 804.680
TOTAL	6.193.975	804.118	6.998.093

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



Colombia

En el sector residencial urbano, los mayores consumos energéticos corresponden a la electricidad y el gas natural, este último utilizado principalmente para la cocción y el agua caliente sanitaria. También, se suman los equipos de refrigeración representan un alto consumo que varía entre el 40% y el 60% según la zona climática y otros usos significativos de la electricidad en el hogar incluyen el funcionamiento de televisores y la iluminación.

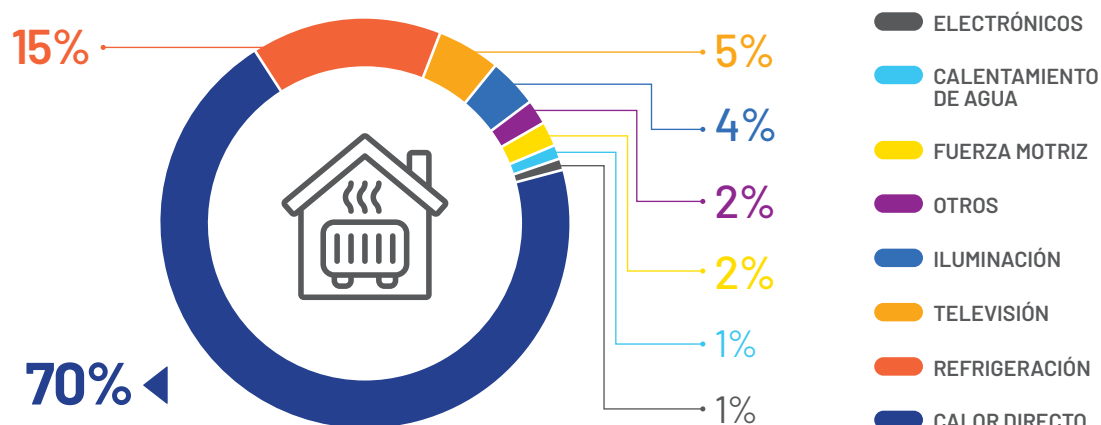
Por otra parte, en el sector rural, el principal consumo energético está asociado a la leña, utilizada principalmente para la

cocción. Es necesario mencionar que el país sigue empleando una cantidad no despreciable de leña en el sector rural y con el propósito de mitigar estos efectos, en 2023 se elaboró el Plan Nacional de Sustitución de Leña – PNSL (UPME, 2023).

La **Figura 48** muestra la participación de los consumos de energía en el sector residencial, incluyendo el área rural (UPME, 2019).

A su vez, la **Figura 49** muestra la distribución de consumos de electricidad para el sector residencial.

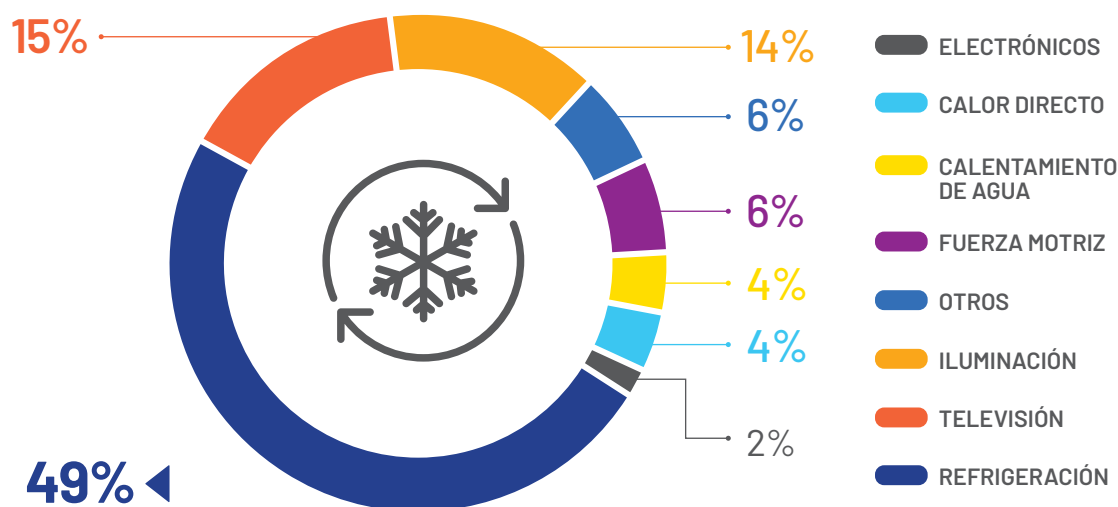
FIGURA 48. Participación de los consumos de energía en el sector residencial Colombia



Fuente: Elaboración propia en base a UPME, (2024).



FIGURA 49. Distribución de consumos de electricidad sector residencial Colombia



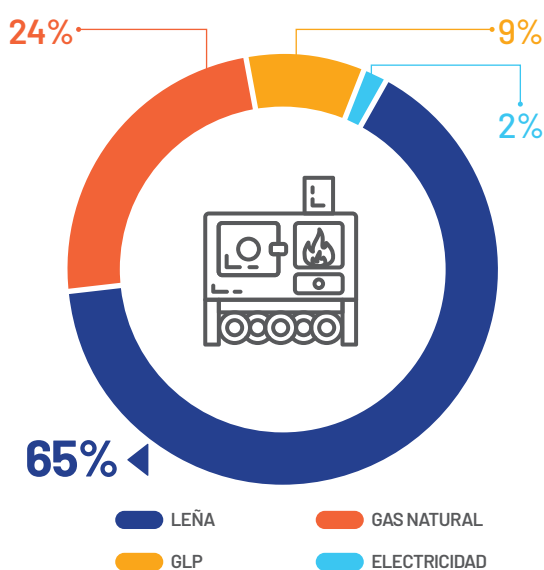
Fuente: Elaboración propia en base a UPME, (2019).

Con respecto a esta figura se aclara que el uso indicado como refrigeración (48%) incluye ventilación y aire acondicionado. A pesar de que en esta gráfica no se discriminan estos usos de la energía en climatización se estima que corresponden a un 10%.

Por otro lado, el balance de energía útil indica que, de toda la energía empleada en el sector residencial, 167 PJ (66%) se usan en cocción. Como se observa en la Figura 50, actualmente el uso de la energía eléctrica para estos fines es marginal (2%). Esta electricidad proviene del Sistema Interconectado Nacional - SIN y se consume principalmente en las ciudades de Bogotá y Medellín. Esta situación obedece principalmente a la diferencia de costos que se puede tener en el uso de energéticos en la operación. Si bien desde el punto de vista de la eficiencia energética resulta más conveniente emplear estufas que usen electricidad, ya sean estufas eléctricas de resistencia o estufas de inducción, el costo de la electricidad resulta más elevado que el de los otros energéticos.



FIGURA 50. Consumo por energéticos en el uso de cocción Colombia



Fuente: Elaboración propia en base a UPME, (2019).

3.3. CALIDAD DE ELECTRIFICACIÓN ASÍ COMO DE LA SEGURIDAD DEL SISTEMA ELÉCTRICO

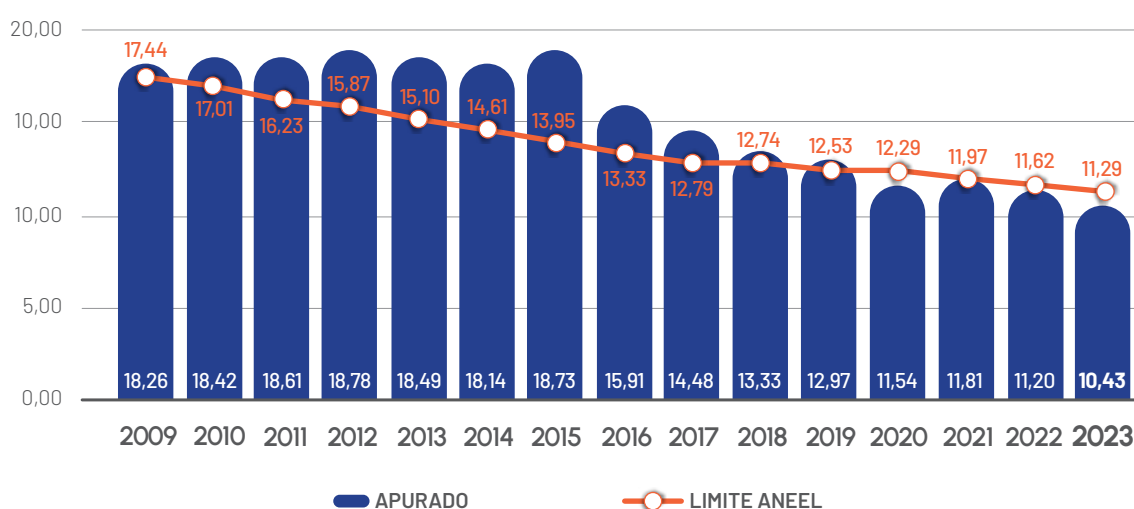
La calidad del acceso a la electricidad es relevante para entender el nivel de preparación para la electrificación, destacando la diferencia entre lo rural y lo urbano. Los tres países informan cifras parecidas en los indicadores de calidad, en cuanto a interrupciones del servicio, con Colombia reportando interrupciones más prolongadas y frecuentes que los otros dos países. Los

niveles se encuentran entre 13 y 25 horas con una frecuencia entre 5 y 15 veces. En países OCDE el promedio es de 1,3 de horas con una frecuencia de 0,9 veces (IEA, 2018). Es decir, los tres países se encuentran aún lejos de los estándares promedio de los países OCDE.

Brasil

Tanto el promedio de duración de interrupciones eléctricas como la frecuencia de interrupciones muestran una tendencia a la baja desde que se implementó la medición el año 2009 (**Figura 51 y Figura 52**).

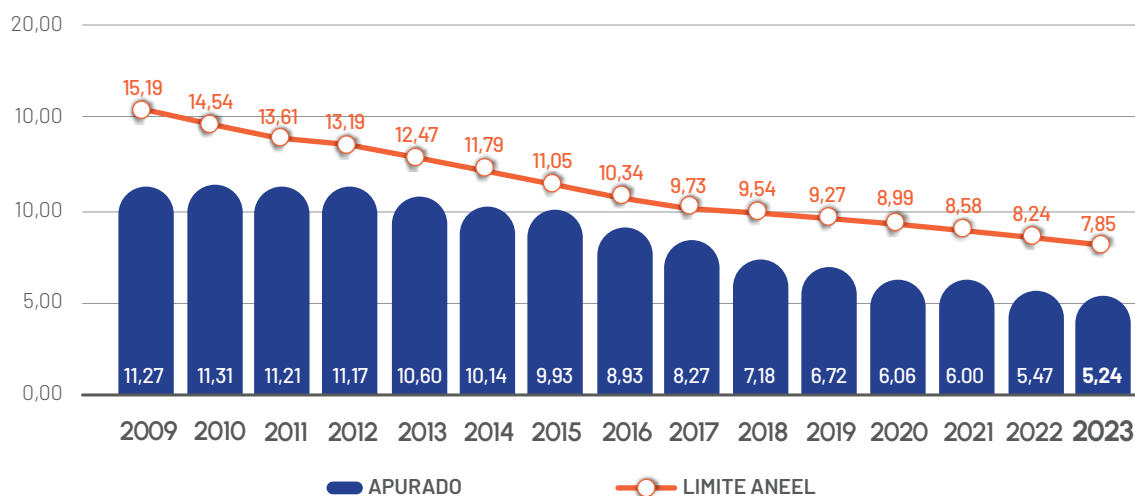
FIGURA 51. Duración de las interrupciones por unidad consumidora (DEC-Media Brasil)



Fuente: Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL), (2024).



FIGURA 52. Frecuencia de las interrupciones por unidad consumidora (FEC-Media Brasil)



Fuente: Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL), 2024.

Chile

La duración promedio de interrupciones que experimenta un cliente durante un periodo de tiempo se representa por el indicador SAIDI. Las interrupciones se pueden generar por causas:

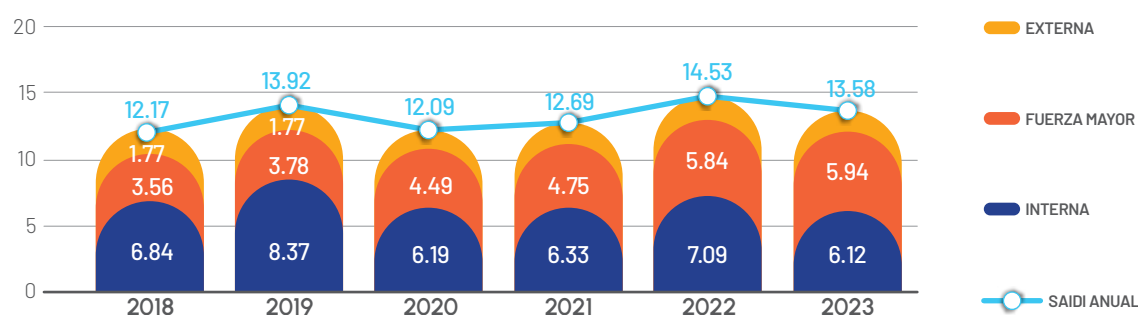
- **Internas:** Interrupciones de suministro producto de las fallas en instalaciones de las empresas del segmento de distribución de electricidad
- **Externas:** Interrupciones de suministro producto de fallas en instalaciones de las empresas del segmento de generación y transporte de electricidad

→ **Fuerza Mayor:** Interrupciones de suministro producto de fallas atribuibles a fuerza mayor, las que consideran hechos que son irresistibles e imprescindibles, como terremotos.

Acorde a la información recopilada para el Anuario SEC 2023, la **Figura 53** presenta las interrupciones eléctricas informadas por las Empresas para el consolidado con fecha 31-12-2023.

Por otra parte, el indicador SAIFI mide el número promedio de interrupciones que sufre un cliente por un año. El SAIFI no se ha reportado en el Anuario del sector Energía hasta el momento.



FIGURA 53. Interrupciones eléctricas informadas por empresas (SAIDI) Chile

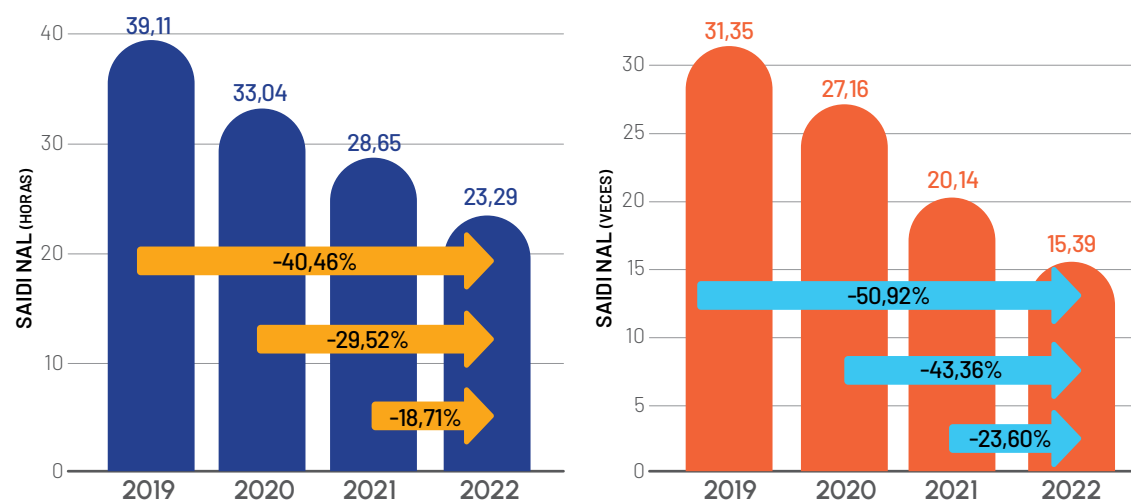
Fuente: Anuario SEC 2023, Resumen Anual de la Industria Energética, 2024.

Colombia

La calidad media en los Sistemas de Distribución Local (SDL) en Colombia se mide a través de los indicadores de duración y frecuencia (SAIDI y SAIFI) donde cada Operador de Red es el responsable del cálculo y reporte de estos indicadores al Sistema Único de Información (SUI).

En la Figura 54 se puede apreciar el comportamiento de los indicadores SAIDI y SAIFI (promedio ponderado) para el periodo 2019-2022, que incluye el reporte de 25

Operadores de Red en Colombia. A raíz de esta información, se percibe una mejora continua en la calidad del servicio desde el año 2019, con una disminución aproximada para el 2022 en el indicador de duración de las interrupciones SAIDI de 9,75 y 5,36 horas en comparación con el 2020 y 2021, respectivamente, y en el indicador de frecuencia de las interrupciones SAIFI de 11,77 y 4,75 veces respecto a los años 2020 y 2021 respectivamente.

FIGURA 54. Interrupciones eléctricas informadas por empresas (SAIDI) Chile

Fuente: Anuario SEC 2023, Resumen Anual de la Industria Energética, 2024.



4. EMISIONES

4.1. EMISIONES GLOBALES

4.2. EMISIONES LOCALES E INTRADOMICILIARIAS





4.1. EMISIONES GLOBALES

Brasil

Los factores de emisión son los siguientes.

TABLA 16. Factores de emisión Brasil

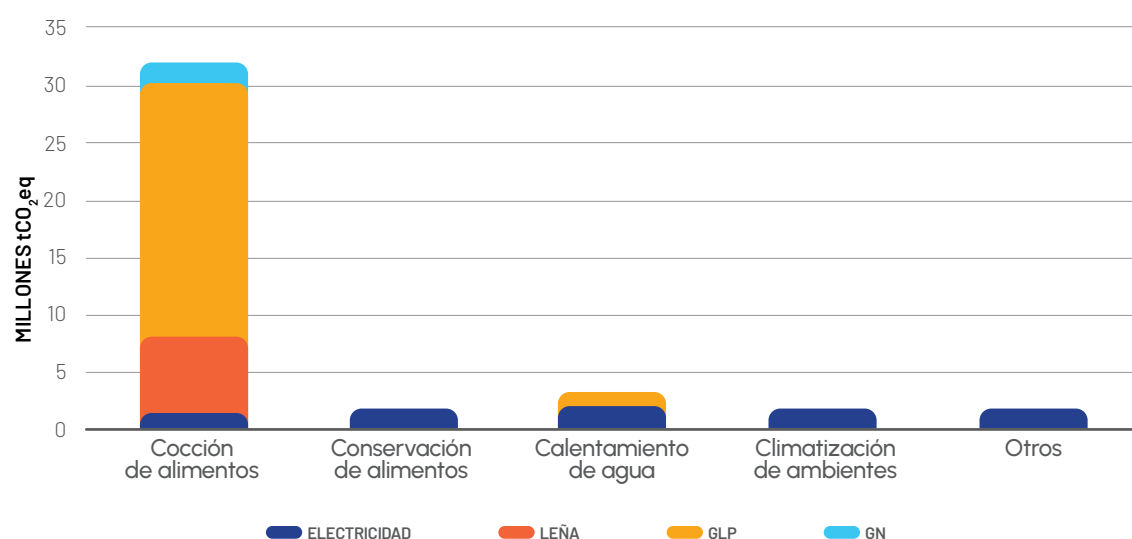
ENERGÉTICO	FACTOR DE EMISIÓN tCO ₂ /MWh	FACTOR DE EMISIÓN METANO kg / MWh
ELECTRICIDAD	0,0385	N/A
LEÑA	0,4373	1,08
GLP	0,2274	0,018
GN	0,2022	0,018

Fuente: IPCC, 2006.

Los sectores Residencial, Comercial y Público representan en total un 14% de las emisiones, siendo el residencial responsable de un 13,2%.

Con los factores de emisión antes mencionados, se obtiene que las emisiones totales para el sector residencial desagregadas por uso final serían las siguientes:

FIGURA 55. Emisiones de CO₂ del sector residencial desagregadas por uso final Brasil



Fuente: Elaboración propia en base a Balance Nacional de Energía y Plan Decenal de Expansión de Energía 2032.

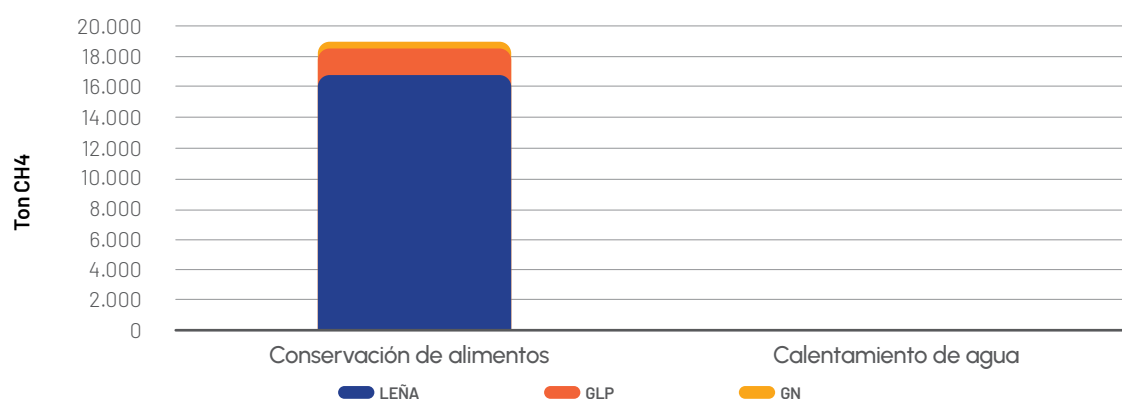
De la **Figura 55**, se puede apreciar la importancia de la cocción de alimentos en cuanto al total de emisiones de gases de efecto invernadero en Brasil, siendo del orden de 10 veces mayor al uso que le sigue de calentamiento de agua.

Para el caso del metano, se obtienen las emisiones asociadas a los distintos usos en el sector residencial, utilizando los

factores de emisión para el metano en el sector residencial indicados en las directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero del 2006.

Cabe mencionar que en la revisión bibliográfica no se encontraron mediciones de CO₂ y de metano asociadas al tema de cocción y calefacción en Brasil.

FIGURA 56. Emisiones de Metano del sector residencial desagregadas por uso final Brasil



Fuente: Elaboración propia en base a datos del balance nacional de energía y factores de emisión IPCC 2006.





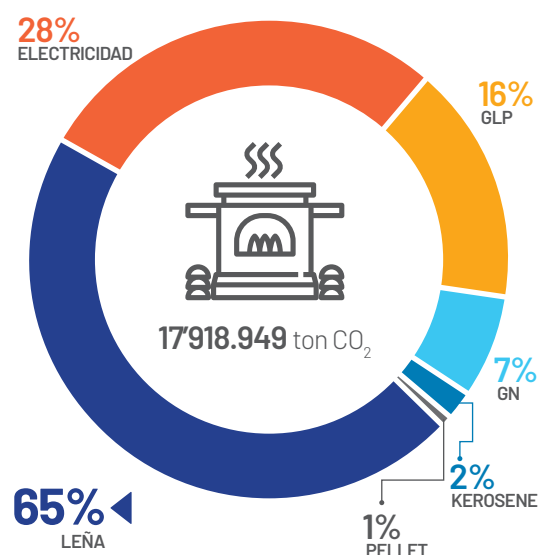
Chile

Dióxido de carbono (CO₂)

El uso energético residencial generó alrededor de 18 millones de toneladas de CO₂ en el año 2022 (**Ver Figura 57**), sin considerar la tasa de absorción de la biomasa⁹. También se observa en el gráfico que la leña es la principal fuente de emisiones, debido a su amplio uso en los hogares y a un alto factor de emisiones, seguida por la electricidad y el gas licuado.

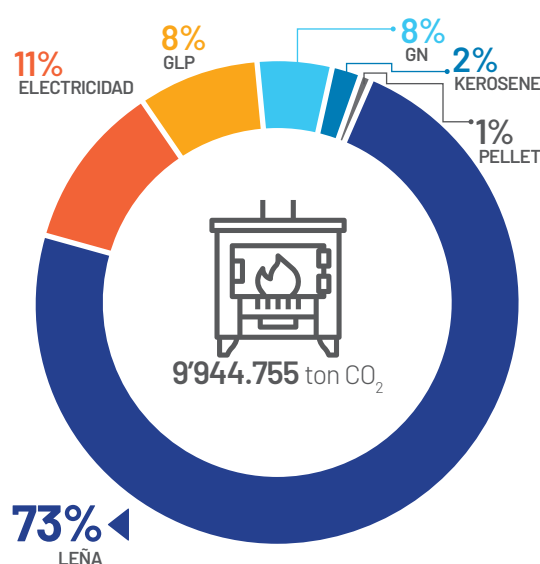
En términos de calefacción, para el 2022 se proyectó una emisión aproximada de 10 millones de toneladas de CO₂ a la atmósfera debido a la calefacción. La madera es responsable del 72% de estas emisiones a nivel nacional, seguida por el gas licuado (GLP), gas natural (GN) y el kerosene. A continuación, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se presentan las emisiones del sector residencial según el tipo de energético utilizado.

FIGURA 57. Emisiones asociadas al sector residencial por tipo de energético, incluyendo cocción, calefacción y otros usos Chile



Fuente: EBP, 2022.

FIGURA 58. Emisiones asociadas a calefacción del sector residencial por tipo de energético en Chile



Fuente: EBP, 2022.

⁹ Según la metodología y los estándares del IPCC, antes de su uso, la leña se consideraba un sumidero de emisiones de gases de efecto invernadero, las cuales se registraban como reducciones en el sector forestal del inventario.

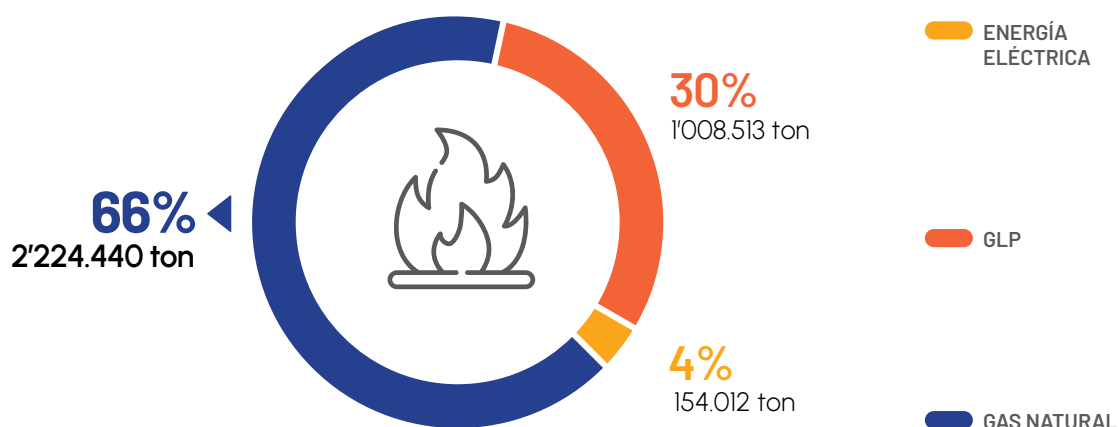
Colombia

De acuerdo con el "Tercer informe bienal de actualización de cambio climático" publicado por el IDEAM en 2021, las emisiones de CO₂, el gas emitido en mayor proporción en Colombia durante el período 1990 – 2018, alcanzaron 212.596 Gg en 2018. En esta cuantificación, las emisiones asociadas al sector residencial sumaron 4.187,32 Gg. De acuerdo con los consumos

de energéticos, se calculan las emisiones de CO₂ como se muestra en la **Figura 59**. Cabe mencionar que la leña se considera biogénica, por lo tanto, no se cuantifican emisiones asociadas a su uso.

En cuanto a las emisiones totales de metano (CH₄) en 2018 alcanzaron los 73.631 Gg, donde las emisiones asociadas al sector residencial corresponden a 1.294,53 Gg.

FIGURA 59. Emisiones de CO₂ por cocción en el sector residencial en Colombia



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la calculadora de emisiones UPME, (2024).





4.2. EMISIONES LOCALES E INTRADOMICILIARIAS

Más allá de las emisiones de contaminantes globales, como el CO₂ y el metano, el uso de los combustibles fósiles implica una serie de contaminantes locales e intradomiciliarias. En el pasado ha habido estudios especialmente en Chile sobre la contaminación intradomiciliaria y sus efectos.

Por ejemplo, en un trabajo realizado en La Pintana y publicado en 2001, se monitoreó el ambiente de 24 hogares pertenecientes

a los niños que registraban mayor número de consultas en los consultorios de la zona y se realizaron 136 encuestas a las familias del sector. La calefacción utilizada era parafina en 77%, gas en 16%, carbón en 9%, leña en 6% y electricidad en 3% de los casos (Cáceres et al., 2001), se encontró que la calidad de aire de interiores representa un riesgo importante para la salud, especialmente la de poblaciones sensibles.

Los contaminantes determinados, tenían sus principales fuentes emisoras al interior de las viviendas.



Sin embargo, no existen estudios actualizados sobre el tema ni mediciones de los contaminantes actualmente involucrados en las distintas tecnologías.

El GMH encomendó mediciones en unas 95 viviendas en el marco de este estudio en los tres países. Los resultados serán compartidos a fines de 2024.

En Brasil existe una asociación denominada "Plano Nacional de Qualidade do Ar Interno" - PNQAI, conformada por distintas empresas relacionadas al rubro de aire acondicio-

nado, consultores y otros, la cual cuenta con un plan de trabajo y mesas de trabajo para hacer frente a tópicos relacionados a calidad del aire, enfocados principalmente en edificaciones de uso público como oficinas y recintos educativos.

En documentos publicados la Asociación hace referencia a distintas recomendaciones para mejorar la calidad del aire interior de la vivienda, pero no realiza ningún diagnóstico sobre la situación de la calidad del aire en las viviendas en Brasil.

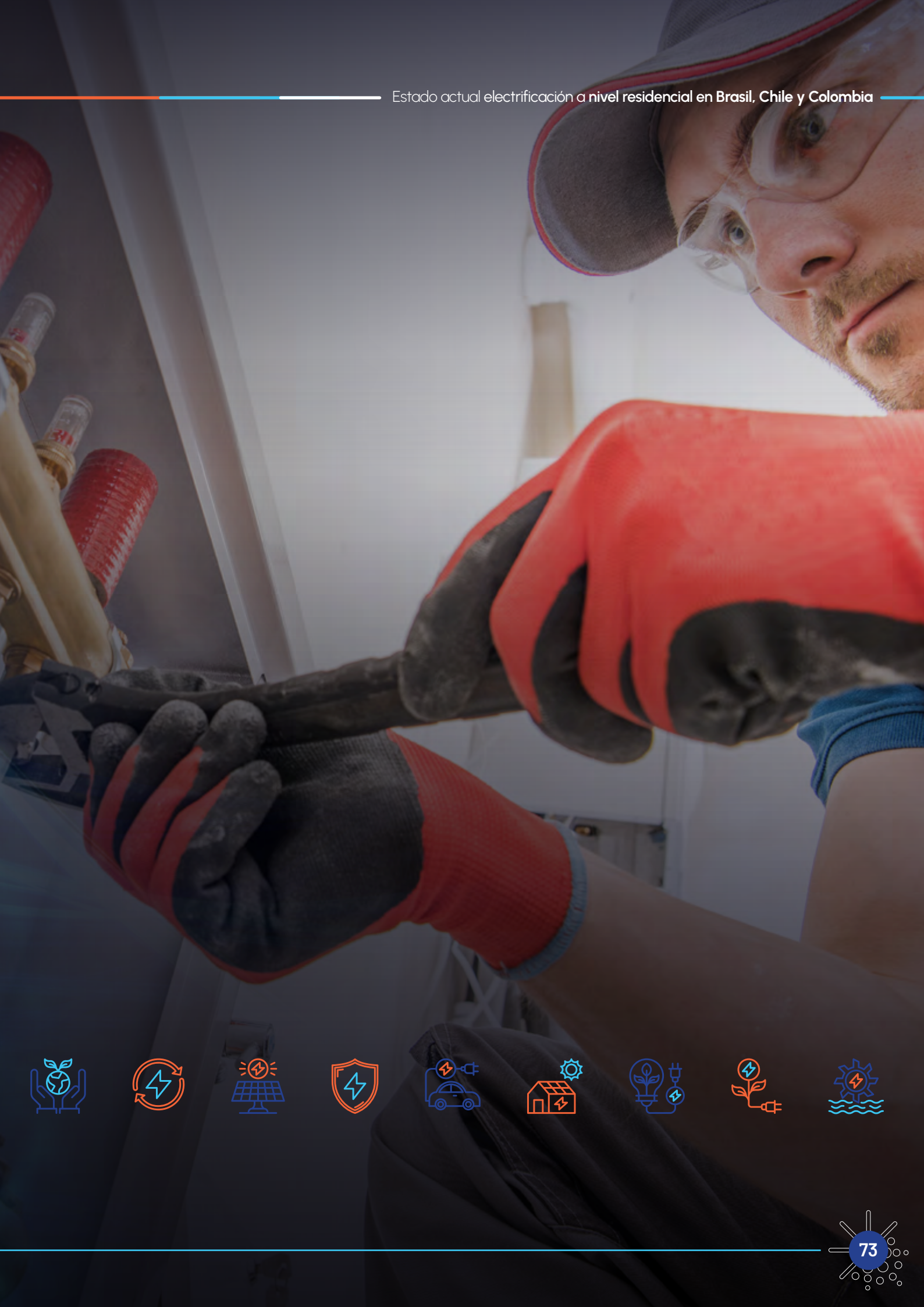




5. TECNOLOGÍAS Y COSTOS COMPARADOS

5.1. TECNOLOGÍAS DE CALEFACCIÓN

5.2. TECNOLOGÍAS DE COCCIÓN



Para evaluar el avance de la electrificación es esencial mirar la disponibilidad y los costos comparados de las distintas tecnologías y energéticos. La disponibilidad tecnológica en los tres mercados es algo diferente, dependiendo de las necesidades de climatización, pero también de la tradición de uso de diferentes energéticos.

En general, tanto en Chile como en Colombia, la leña es un combustible relevante a nivel residencial, ya sea para calefacción y cocción en el caso de Chile, y para cocción en el caso de Colombia. En Brasil la leña siendo mucho menos relevante.

5.1. TECNOLOGÍAS DE CALEFACCIÓN

El único país en el que la calefacción es relevante es Chile. En los otros países la climatización es básicamente para la generación de frío. En Chile, la diversidad geográfica y climática determina las tecnologías de calefacción. En el norte, con clima cálido y seco, se usan calefactores eléctricos y bombas de calor para noches frías. En el centro, incluyendo Santiago, calderas y estufas a gas natural y a parafina son comunes en áreas urbanas; en zonas rurales, predominan las estufas a leña. Por último, en el sur de Chile, donde el clima es más frío y húmedo, las tecnologías de calefacción típicamente incluyen estufas a leña, pellets de madera y sistemas de calefacción individual a gas licuado y calefacción central como calderas. El uso de estufas a pellet se ha posicionado en los últimos años como una alternativa atractiva frente a la leña, menos contaminante y por tanto más aceptada regulatoriamente. Hay una gran variedad de calefactores eléctricos que

suelen ser compactos, livianos y fáciles de transportar e instalar, solo requiere conexión a un tomacorriente. Están diseñados para calentar espacios reducidos, como una habitación de una vivienda o una pequeña oficina y tienen poca inercia térmica, lo que significa que una vez se apagan el calor se extingue rápidamente. Su costo de adquisición es reducido pero dado que su componente principal corresponde a una resistencia eléctrica, el consumo energético es elevado.

En Colombia en lo relacionado con equipos de calefacción, la oferta incluye equipos a gas (natural o GLP) y eléctricos. Los primeros tienen la ventaja de operar a costos relativamente reducidos en comparación con los calefactores eléctricos. La calefacción central es muy poco usada.

En los tres países ha habido un aumento significativo en la compra de aires acondicionados. En el caso de Chile se revisaron las bases de datos de importaciones, llegando a establecer que entre 2019 y 2023 se importaron 1.197.701 aire acondicionado de entre 9.000 y 18.000 BTU.

Costos

- Los costos de inversión son muy variados, pudiendo igualar costos de inversión entre calefactores a gas, leña (pellets) y electricidad.
- Se generó en el marco de este estudio una homologación simple para poder comparar tecnologías. La **Tabla 17** comparativa abajo refleja los costos de inversión, así como los costos de operación para los casos de Colombia y Chile, todo a nivel muy estimativo.
- Los costos de operación de la Tabla indican los costos de la energía útil.

Esto es, el cociente entre el costo del energético y el rendimiento del equipo.

- Los costos de los energéticos considerados para determinar los costos de operación de los equipos, se obtuvieron de los distintos pliegos tarifarios de cada país, para las tarifas más comunes.

	CHILE	BRASIL	COLOMBIA
LEÑA	0,03	0,04	0,19

	CHILE	BRASIL	COLOMBIA
ELECTRICIDAD	0,15	0,12	0,22

	CHILE	BRASIL	COLOMBIA
GLP	0,14	0,11	0,06

	CHILE	BRASIL	COLOMBIA
KEROSENE	0,11	N/A	N/A

	CHILE	BRASIL	COLOMBIA
GN	0,20	0,13	0,05

	CHILE	BRASIL	COLOMBIA
PELLET	0,07	N/A	N/A

TABLA 17. Costo de inversión y operación de equipos de calefacción

TECNOLOGÍA DE CALEFACCIÓN	COSTOS	CHILE	COLOMBIA
CHIMENEA GAS NATURAL	Inversión (USD)	\$143- \$344	\$945 - \$1.539
	Operación (USD/kWh)	\$0,305	\$0,075
CALEFACTOR A GAS LICUADO	Inversión (USD)	\$65 - \$118	\$595 - \$932
	Operación (USD/kWh)	\$0,308	\$0,119
CALEFACTOR ELÉCTRICO	Inversión (USD)	\$11- \$215	\$11 - \$19
	Operación (USD/kWh)	\$0,164	\$ 0,217
CALEFACTOR CERTIFICADO A LEÑA	Inversión (USD)	\$183- \$430	-
	Operación (USD/kWh)	\$0,054	-

CALEFACTOR PELLET DE MADERA	Inversión (USD)	\$538 - \$2.441	-
	Operación (USD/kWh)	\$0,097	-
CALEFACTOR A PARAFINA	Inversión (USD)	\$54 - \$538	-
	Operación (USD/kWh)	\$0,226	-
AIRE ACONDICIONADO (TIPO: INVERTER, VENTANA, CENTRAL Y/O SPLIT)	Inversión (USD)	\$215 - \$1.022	\$212 - \$896
	Operación (USD/kWh)	\$0,047	\$ 0,068
BOMBA DE CALOR*	Inversión (USD)	\$2.300 - \$4.500	\$850 - \$1.091
	Operación (USD/kWh)	\$0,036	\$0,052

Fuente: Elaboración propia en base a datos de mercado, diversas tecnologías.

** Las bombas de calor en el mercado tienen tamaños mínimos del orden de 9kW de capacidad, por lo que su uso se limita a viviendas grandes. Los rendimientos de las bombas de calor en el mercado chileno son superiores a las del mercado colombiano.*

5.2. TECNOLOGÍAS DE COCCIÓN

En los tres países no hay una clara tendencia de evolución en la adquisición de cierta tecnología para cocinar. Lo más preponderante sigue siendo la cocina a gas en el caso de Brasil, y en partes de Colombia y Chile, y de leña en el caso de Colombia y Chile. La electricidad se está usando cada vez más frecuentemente como un energético complementario para cocinar.

→ **Electricidad:** Se utiliza en cocinas eléctricas, hornos, microondas y otros pequeños electrodomésticos. La electricidad se usa de estas diferentes formas en la mayoría de los hogares chilenos, brasileños y colombianos. Las estufas que funcionan con electricidad pueden ser de dos tipos: 1) las de resistencia

eléctrica; 2) las de inducción. Las dos son energéticamente eficientes, la de resistencia eléctrica a 70%, y la de inducción llega a tener una eficiencia de un 85%. Por los costos elevados de inversión aún hay muy poca presencia de cocinas de inducción en los tres países.

→ **Gas Licuado de Petróleo (GLP):** El GLP es ampliamente utilizado en cocinas y hornos a gas en los tres países. Es el energético más relevante para la cocción.

→ **Gas Natural (GN):** En los hogares conectados a la red de gas natural es común que la cocina funcione a gas natural en los tres países. En Chile, se revisaron las bases de datos de importaciones, llegando a que durante el periodo comprendido entre enero del año

2019 y diciembre del 2023 se registra la importación de más de 621.000 cocinas a GLP y GN. No hay ninguna tendencia clara. En el caso de Colombia, la mayoría de las estufas comercializadas en Colombia corresponden a equipos de fabricación nacional.

- **Leña:** La leña es un energético tradicional, especialmente en zonas rurales y algunas urbanas de Brasil, Chile y Colombia. Casi un 30% de los hogares chilenos utiliza leña para calefacción y/o cocinar, ofreciéndose en el mercado tecnologías que combinan calefacción y cocción. Lo anterior, es muy común en el sur. Dentro de las estufas de leña se distinguen dos grandes grupos: 1) las estufas simples o tradicionales llamadas "fogón de tres piedras" y 2) las estufas mejoradas de leña. Las primeras tienen una eficiencia baja que oscila entre el 5% y el 15% (MMADS, 2015) y generan las situaciones colaterales como contaminación del aire y enfermedades respiratorias en las personas que realizan las labores de cocción. Por otra parte, las estufas mejoradas cuentan con una eficiencia cercana al 25% (MMADS, 2015), y evitan los impactos del "fogón de tres piedras" por contar con un sistema más elaborado para la mantención del calor y el manejo de las emisiones.
- **Parafina:** Aunque menos común, la parafina se utiliza en algunas estufas y cocinas portátiles.
- **Biogás:** El biogás se produce a través de la fermentación anaeróbica en biodigestores y es una alternativa renovable y sostenible, aunque su uso es muy poco extendido.

Barreras transversales

En la tecnología eléctrica más avanzada para cocinar, las estufas eléctricas de inducción, hay varias barreras tecnológicas en los tres países, fuera de un mercado muy incipiente y por lo tanto aún bastante costoso en términos de inversión. Las configuraciones de estas estufas requieren conexión a 220 V. La mayoría de los hogares de Colombia tienen conexión a 120 V, a diferencia de Chile que utiliza 220 V, y Brasil que usa 127/220 V. Realizar la modificación para cambiar el nivel de tensión en Colombia no resulta sencilla. Otra barrera constituye el hecho de tener que comprar también la batería de ollas que deben tener una base ferromagnética.



Costos

A nivel general hay algunos aspectos a considerar:

→ Los costos de inversión son muy variados, pudiendo igualar costos de inversión entre cocinas a gas, leña y electricidad, cuando estas últimas son de resistencia, no de inducción.

→ Se generó en el marco de este estudio una homologación simple para poder comparar tecnologías.

→ La **Tabla 18** comparativa abajo refleja los costos de inversión, así como los costos de operación para cada uno de los tres países **Tabla 19**.

TABLA 18. Costo de inversión de equipos de cocina

TECNOLOGÍA DE COCCIÓN	COSTO CHILE (USD)	COSTO COLOMBIA (USD)	COSTO BRASIL (USD)
COCINA ELÉCTRICA (4 QUEMADORES) RESISTENCIA	\$198 - \$878	\$260 - \$267	\$257 - \$330
COCINA ELÉCTRICA (4 QUEMADORES) INDUCCIÓN	\$1.250 - \$5.000	\$377 - \$1.073	\$257 - \$518
COCINA A GAS (4 QUEMADORES)	\$134 - \$1.750	\$105 - \$234	\$324 - \$493
COCINA A LEÑA	\$561 - \$3.750	\$364 - \$469	\$ 366 - \$1.224

Fuente: Elaboración propia con base a consultas en mercados páginas web.

TABLA 19. Costo energéticos cocinas

TECNOLOGÍA DE COCCIÓN	COSTO CHILE (USD/KWH) ¹⁰	COSTO COLOMBIA (USD/KWH) ¹¹	COSTO BRASIL (USD/KWHI)
COCINA ELÉCTRICA INDUCCIÓN	0,167	0,241	0,129
COCINA ELÉCTRICA RESISTENCIA	0,231	0,334	0,179
COCINA A GAS NATURAL	0,310	0,083	0,213
COCINA A GAS LICUADO	0,224	0,094	0,167
COCINA A LEÑA	0,051	0,0308	0,057

Fuente: Elaboración propia con base en el Plan sustitucion progresiva Leña. UPME.

10. En base a costos de los energéticos y las eficiencias de los equipos Tarifas eléctricas de junio 2024. En julio 2024 se inició un ajuste en la tarifa de la energía eléctrica.

11. En base al Plan Energético Nacional (PEN) 2022-2052.





6. POLÍTICAS PARA LA ELECTRIFICACIÓN RESIDENCIAL



A continuación, la **Tabla 20** presenta el resumen con las principales políticas que influyen actualmente en el grado de electrificación en los tres países¹².

Este capítulo contiene una revisión preliminar de las políticas, el siguiente Informe del proyecto proporcionará una revisión y análisis más completo.



TABLA 20. Políticas y normativas que influyen en el nivel de electrificación residencial

CATEGORÍA DE INSTRUMENTO	BRASIL	CHILE	COLOMBIA
TRANSVERSAL (POLÍTICAS RELEVANTES)	→ Plan Nacional de Eficiencia Energética → Programa Brasileño de Etiquetado, Sello PROCEL → Programa Nacional para uso racional de derivados del petróleo y gas natural (CONPET) → Ley de Eficiencia Energética → Plan Innova Energía → Régimen Especial de Incentivos para el Desarrollo de la Infraestructura - REIDI	→ Política Energética de Largo Plazo → Ley de Eficiencia Energética (2021) → Programa de Mejoramiento de Viviendas y Barrios → Plan Nacional de Eficiencia Energética 2022-2026 → Programa de Electrificación Rural (PER) → Etiquetado energético de artefactos → Impuesto al carbono	→ Plan de Acción Indicativo del PROURE 2022-2030 → Ley 1715 de 2014 (promoción de Fuentes No Convencionales de Energía y Gestión Eficiente de la Energía) → Ley 2128 de 2021 ("Ley de gases combustibles") → Plan Nacional de Desarrollo 2022 - 2026
ESTRATEGIA/ POLÍTICA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES GLOBALES PARA EL SECTOR RESIDENCIAL	→ Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) → Política Nacional para el Cambio Climático PNMC → Programa Tecnológico para la Mitigación del Cambio Climático (Proclima) → Programa Fondo Clima BNDES	→ Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) → Ley Marco de Cambio Climático, que incluye Plan Sectorial de Vivienda → Acuerdos bilaterales en el marco del Artículo 6 del Acuerdo de París	→ Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC)

¹². Esta tabla resume preliminarmente las políticas e instrumentos. En la segunda fase del presente proyecto se hará un análisis detallado de las políticas e instrumentos, complementando y validando la información.



ESTRATEGIA/ NORMATIVA DE REDUCCIÓN DE CONTAMINACIÓN LOCAL	→ ...	→ Planes de Descontaminación	→ Plan Nacional de Sustitución de Leña
		→ Programa de Recambio de artefactos a leña	
SUBSIDIO TARIFA ELÉCTRICA (Y OTROS COMBUSTIBLES)	→ Tarifa Blanca (opción tarifaria para consumo en baja tensión)	→ Subsidio eléctrico para hogares de menores ingresos	→ Subsidios en tarifas eléctricas: 60% para estrato 1, 50% para estrato 2, 15% para estrato 3
	→ Tarifa Social de Electricidad: descuentos de 65% (hasta 30 kWh/ mes), 40% (31-100 kWh/mes), 10% (101-220 kWh/mes) para hogares de bajos ingresos	→ Ley de estabilización de tarifas eléctricas → Tarifa del gas en Magallanes: precio de venta de ENAP a Gasco más un valor agregado de distribución de Gasco → Subsidios para consumo de gas de grupos vulnerables en la Región de Magallanes → MEPCO	→ Subsidios para GLP en cilindros para comunidades indígenas y estratos 1 y 2
PROMOCIÓN ESPECÍFICA DE LA ELECTRICIDAD A NIVEL RESIDENCIAL/ REGULACIÓN DE LOS OTROS COMBUSTIBLES	→ RELUZ	→ Programa "Hogares Eficientes"	→ Plan de Acción Indicativo del PROURE 2022- 2030
	→ Programa Nacional de Conservación de la Energía Eléctrica (PROCEL)	→ Subsidios para mejoras en eficiencia energética en viviendas	
	→ Programa de Eficiencia Energética de las Empresas de Distribución - PEE	→ Normas de Eficiencia Energética para Artefactos Eléctricos	

Fuente: Elaboración propia, 2024.



A nivel general, una política de impacto en el uso de la electricidad a nivel residencial, y aplicado en los tres países analizados, son los subsidios eléctricos, específicamente dirigidos a los grupos socioeconómicos vulnerables. Estos subsidios son en los tres países sustanciales. Sin embargo, no logran generar una igualación de los costos de otros combustibles tales como el gas natural los cuales, en algunos de los países, tales como Colombia, también se benefician de subsidios relevantes.

Por otra parte, hay una variedad de instrumentos de política relacionados con la reducción de emisiones, la promoción de las energías renovables, el recambio de artefactos a nivel residencial. Estos instrumentos son muy diferentes en los tres países.

En ninguno de los países existe una política de regulación directa para introducir de manera decidida la electrificación, incluyendo por ejemplo prohibiciones de conexiones de gas en el caso de viviendas nuevas.

Los marcos regulatorios con respecto al fomento de la inversión a nivel de empresas de distribución, incluyendo la facilitación de integración de energías renovables, la facilitación de la inversión en la renovación de las redes a nivel de distribución y la creación de esquemas de tarificación innovadoras, no han sido empujado y tematizado desde el punto de vista de la facilitación de la electrificación residencial en ninguno de los tres países.

Brasil

En Brasil hay una serie de programas relevantes para crear un contexto favorable a la eficiencia energética. La tabla anterior resume estos programas.

A continuación, se revisan más en profundidad algunos elementos regulatorios y de planificación que afectan especialmente a la posibilidad de electrificar los consumos asociados a gas:

a. Decreto No 9.863 del 27 de junio de 2019, Programa Nacional de Conservación de Energía Eléctrica, Procel (Procel es un programa del Gobierno Federal, coordinado por el Ministerio de Minas y Energía – MME y ejecutado por la Empresa Brasileira de Participações em Energia Nuclear e Binacional – ENBPar. Fue creado el 30 de diciembre de 1985, mediante Ordenanza Interministerial N° 1.877, para promover el uso eficiente de la energía eléctrica y combatir su desperdicio. Fue reafirmado mediante el Decreto N° 9.863, de 27 de junio de 2019, que menciona los objetivos del Programa en promover acciones de eficiencia energética eléctrica en la generación, transmisión y distribución de energía, así como para el usuario final, dirigidas a:

- ➔ Incrementar la competitividad del país;
- ➔ Posponer inversiones en el sector eléctrico; y
- ➔ Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Con la promulgación de la Ley N° 13.280, el 3 de mayo de 2016, que modificó la Ley 9.991, de 24 de julio de 2000, el Procel cuenta con un Plan Anual de Aplicación de Recursos (PAR) elaborado y aprobado, luego de un proceso de consulta pública, por representantes gubernamentales y agentes del sector energético nacional, brindando transparencia y credibilidad a las

inversiones realizadas. El PAR es aprobado, evaluado y monitoreado por el Comité de Gestión de Eficiencia Energética (CGEE), constituido en el ámbito del Ministerio de Minas y Energía.

b. Tarificación Eléctrica (ANEEL)

Dentro de las opciones tarifarias que se presentan para el sector residencial, existe la "Tarifa Blanca", que es una opción tarifaria para unidades de consumo servidas en baja tensión (127, 220, 380 o 440 Voltios), denominada grupo B. Pueden adherirse a la Tarifa Blanca los consumidores de las siguientes clases:

- **Residencial:** denominado subgrupo B1;
- **Rural:** denominado subgrupo B2;

Esta tarifa no está disponible para consumidores de la subclase Residencial de Bajos Ingresos que reciben beneficios tarifarios.

A diferencia de la modalidad Convencional, que tiene un valor de tarifa única, la Tarifa Blanca tiene diferentes valores a lo largo del día. Entre semana se cuenta con 3 valores tarifarios, aplicados según los periodos (estaciones):

- **Punta:** tarifa más alta;
- **Intermedio:** arancel de valor intermedio;
- **Fuera de Punta:** tarifa más baja.

Esto hace que la Tarifa Blanca sea recomendable para quienes puedan concentrar su consumo en periodos fuera de punta en la semana y los fines de semana.

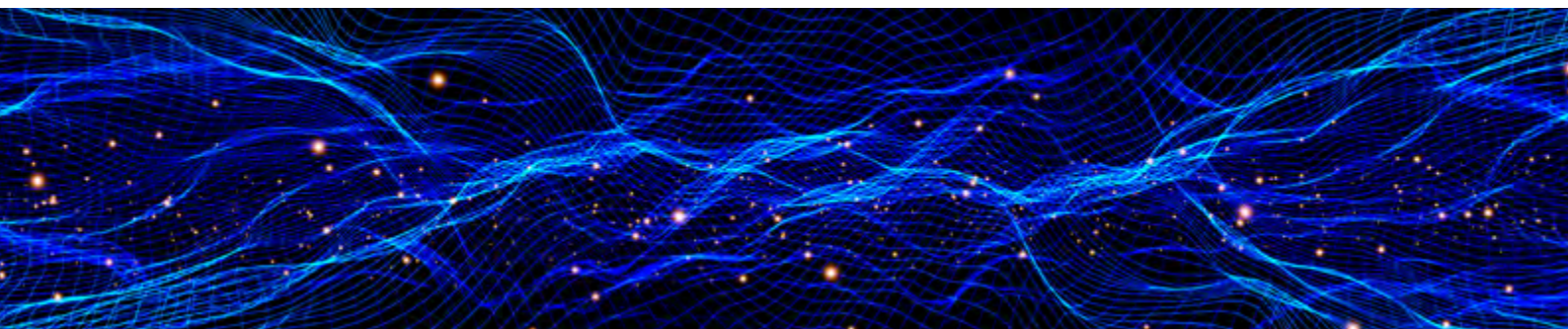
Tarifa Social de Electricidad, que aplica descuentos en la tarifa eléctrica a aquellos usuarios que estén dentro de la clase residencial de bajos ingresos (**Tabla 21**). Los descuentos son inversamente proporcionales al consumo de energía, con un tope de 220 kWh al mes. Los porcentajes de descuentos aplicados son los siguientes:

TABLA 21. Descuentos aplicables para la Tarifa Social de Electricidad

CONSUMO MENSUAL	PORCENTAJE DE DESCUENTO
HASTA 30 KWh/mes	65%
ENTRE 31 Y 100 KWh/mes	40%
DE 101 A 220 KWh/mes	10%

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Sin embargo, con todo, el uso de electricidad a nivel residencial no ha sido una apuesta, dado el uso de electricidad a nivel residencial muy menor.



Chile

En Chile los tres instrumentos transversales más relevantes para influir en la adopción de artefactos eléctricos a nivel residencial son:

1. Política Energética,
2. Ley Marco de Cambio Climático
3. Planes de Descontaminación local

Estas políticas a su vez generan un marco para la proliferación de instrumentos específicos de fomento a la electrificación muy variado, a saber:

- ➔ Aquellos relacionados con el fomento de las energías renovables - lo cual implica que la electricidad llega más rápidamente a un factor de emisión de 0
- ➔ Aquellos relacionados con el fomento de la introducción de artefactos de bajas emisiones, en primer lugar, eléctricos
- ➔ Aquellos relacionados con el fomento de viviendas net zero - lo cual implica la eliminación de artefactos a combustibles fósiles y una mayor eficiencia energética en la vivienda
- ➔ Aquellos relacionados con el aumento de la seguridad y calidad de suministro eléctrico

Por otra parte, el impuesto al carbono, actualmente a 5US\$ / tCO₂, emite señales claras en cuanto a ponerle un precio al carbono y por lo tanto incentivar la reducción del uso de combustibles fósiles. Se introdujo además el mecanismo de offsets para este impuesto, con lo cual eventualmente se pueden generar programas de recambio de artefactos que tienen altos niveles de emisión por aquellos con menores niveles de emisión. Se proyecta un aumento de este impuesto en el marco de la Política

Energética a 35US\$/tCO₂ al año 2030.

El otro instrumento relevante, en el marco de los Planes de Descontaminación local, dice relación con el Programa de Recambio de Artefactos de Calefacción que se creó en el marco de estos Planes. El Programa de Recambio de Artefactos ha implicado un recambio de 10.000 de artefactos de leña por artefactos a pellets, parafina y electricidad.

Colombia

En Colombia los instrumentos más relevantes son los subsidios a las tarifas, así como el PAI PROURE y el Plan Nacional de Desarrollo.

El servicio de electricidad cuenta con esquema de subsidios y contribuciones con el propósito de favorecer a los hogares con menores ingresos económicos. El estrato 1 tiene un subsidio del 60%, el estrato 2, 50% y el estrato 3, 15%. El estrato 4 no tiene subsidios ni contribuciones, es decir, la factura corresponde efectivamente al valor del consumo. Los estratos 5 y 6 pagan un so-



brecurso (contribución) del 20% sobre el valor de su consumo.

Por otra parte, acorde al Decreto 2.467 emitido en diciembre de 2018, el gas licuado de petróleo (GLP) también cuenta con subvenciones a través de su "Plan Piloto de Subsidios de GLP en cilindros". Este plan va en beneficio de las comunidades indígenas y usuarios de los estratos 1 y 2 y es gestionado por el Ministerio de Minas y Energía en conformidad con la disponibilidad presupuestal (MinEnergía, 2019).

I. Climatización

De los instrumentos de política mencionados, para el tema de climatización el referente más contundente lo constituye el PAI PROURE 2022 - 2030. En este plan, el tema de climatización se aborda principalmente en los sectores terciario y residencial y se asocia a diversas estrategias como impulsar el diseño y construcción de edificaciones teniendo en cuenta los principios de la bioclimática, el equipamiento con sistemas energéticamente eficientes operados

de manera adecuada y la consolidación de distritos térmicos como medida transversal (aplicada a diversos sectores, incluido el industrial).

El diseño bioclimático pretende optimizar el uso de la energía teniendo en cuenta principalmente las condiciones climáticas locales donde se va a emplazar la edificación. Con respecto al equipamiento, el PAI PROURE es reiterativo en indicar que cuando se requiera el uso de equipos activos (que consumen algún energético), se deben preferir aquellos que resulten más eficientes energéticamente. En el caso de equipos para reducir la temperatura se recomienda emplear en primera instancia ventiladores. Si eso no es suficiente, entonces se puede considerar el uso de aires acondicionados. Una buena práctica, es combinar el uso de estos equipos, enfriando el espacio con un aire acondicionado y luego circulando el aire frío con el ventilador.

Para el sector residencial y pequeñas oficinas desde hace varios años se ha comercializado el aire acondicionado mini split tipo "inverter" que puede representar ahorros en consumo de energía hasta de un 40% con respecto a las tecnologías convencionales (conocidas como on/off). Los equipos "inverter" funcionan con control de velocidad que optimiza la operación del compresor.

Los sistemas de aire acondicionado eficiente son objeto de los incentivos establecidos en la Ley 1715 de 2014 para promover la eficiencia energética.

II. Cocina

Con respecto a los energéticos destinados a satisfacer las necesidades de cocina y la evolución de sus tecnologías asociadas,





el PAI PROURE 2022 - 2030 se refiere a tres posibles medidas: 1) la sustitución de la leña; 2) el reemplazo de estufas a gas por unas que empleen ese energético, pero con mejores rendimientos y 3) la sustitución de estufas a gas por estufas de inducción.

Las posibles opciones tecnológicas para la sustitución de leña para cocción son: la hornilla convencional de energía eléctrica (de resistencia), la estufa de GLP y la estufa a base de biogás.

Si bien el PAI PROURE plantea estas posibilidades, es importante mencionar que las opciones que involucran electricidad requieren aquella infraestructura que permita contar con el energético in situ. En consecuencia, dicha opción tecnológica será difícil de implementar en zonas rurales remotas. De alguna manera, la distribución de GLP en estas regiones también puede resultar limitada por las distancias a cubrir y la dificultad para recorrer las vías, pues en ciertos lugares del país el acceso debe hacerse por vías terrestres muy precarias, vías fluviales o por una combinación de ellas.

La posibilidad de contar con estufas a gas natural que presenten mejores rendimientos a los actualmente disponibles en el mercado se considera viable, aunque los desarrollos tecnológicos para lograrlo implican ciertos costos que deberían ser asumidos por los usuarios finales. Será necesario cuantificarlos de manera precisa y si es el caso, acompañar la estrategia de implementación tecnológica de actividades de sensibilización para alcanzar el entendimiento de sus beneficios. También, como lo indica el Plan, será necesario brindar asistencia técnica en esta materia a los fabricantes locales con el propósito de que puedan incrementar la eficiencia energética de sus productos. Como una de las estrategias para promover la medida, en

el PAI PROURE se recomienda otorgar incentivos tributarios en el marco de programas de equipamiento de viviendas de interés social y de interés prioritario por la adquisición de estas estufas.

El reemplazo de estufas a gas natural por estufas de inducción resulta como una opción viable pero como ya se ha mencionado a lo largo de este documento, actualmente persisten barreras asociadas al alto costo en la operación por el precio del kWh, al costo mismo de la estufa y al hecho de tener que adquirir una batería de ollas que tenga base ferromagnética. A ello se suma que, en la mayoría de los casos, la instalación eléctrica de la vivienda debe tener tensión a 220 V, lo cual no es común en Colombia.

Por su parte, la Ley 2.128 de 2021, conocida como "Ley de gases combustibles", en su artículo 7, modificado por el Plan Nacional de Desarrollo 2022 - 2026, establece una disposición para promover el incremento en la cobertura de usuarios con gas combustible. El artículo indica textualmente, lo siguiente (Congreso de la República, 2020):

"ARTÍCULO 7. PROGRAMA DE SUSTITUCIÓN DE LEÑA, CARBÓN Y RESIDUOS POR ENERGÉTICOS DE TRANSICIÓN. El Ministerio de Minas y Energía desarrollará el programa de sustitución de leña, carbón y residuos por energéticos de transición para la cocción de alimentos, el cual tendrá una duración de hasta diez (10) años ya través de este se podrá subsidiar, financiar o cofinanciar la conexión de cada usuario al servicio público de gas combustible u otras fuentes como el biogás u otros energéticos de transición, tal conexión podrá incluir mangueras, reguladores y estufas, así como los demás equipos, elementos actividades necesarios para utilizar dichos energéticos".

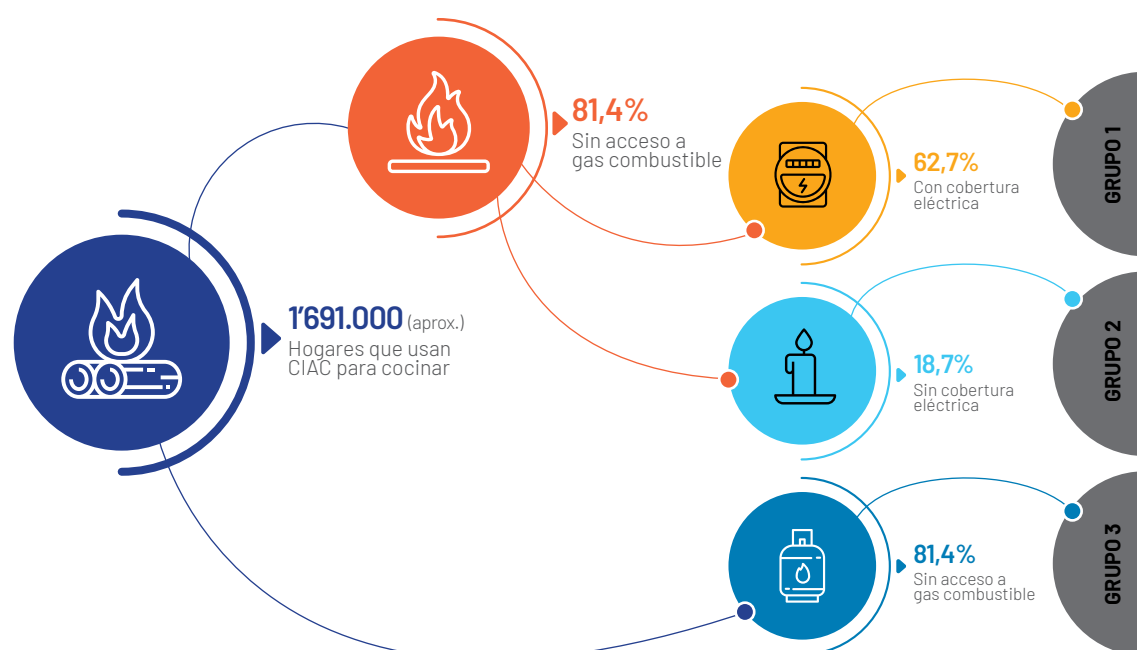
Como se lee, con lo allí dispuesto se pretende desarrollar un programa a 10 años para subsidiar o financiar las conexiones a sistemas de gas combustible a cambio de sustituir leña, carbón o ciertos residuos.

El Plan Nacional de Desarrollo menciona la necesidad de ejecutar "proyectos estratégicos de impacto regional". Dentro de éstos se incluyó uno denominado "Desarrollo de proyectos de biogás asociados a proyectos agropecuarios y aprovechamiento de residuos sólidos y biomasa residual" enmarcado en el derecho a la alimentación. Los análisis realizados priorizaron la ejecución de tal proyecto en los departamentos de Bolívar, Caquetá, Casanare, Cauca, Chocó, Meta, Nariño, Sucre y Valle del Cauca. Dentro de sus alcances se incluye promover el biogás como energético alternativo para la cocción (Congreso de la República, 2023).

Como una estrategia que permita al sector energético avanzar en la sustitución de los combustibles más contaminantes para cocción, en 2023 la UPME formuló el Plan Nacional de Sustitución de Leña (UPME, 2023). Si bien el documento es de carácter indicativo, está elaborado con un enfoque territorial a nivel departamental, que analiza las causas y externalidades asociadas al consumo de leña y otros energéticos contaminantes y contiene unas metas de sustitución en grupos de población bien definidos.

En el estudio se tomó la información de la Encuesta de Calidad de Vida - ECV 2021 elaborada por el DANE en la cual se estima que existen 1.691.000 hogares que consumen combustibles ineficientes y altamente contaminantes para la cocción. Teniendo en cuenta el acceso a gas combustible y a energía eléctrica, tales usuarios se clasificaron como se muestra en la **Figura 60**.

FIGURA 60. Clasificación de hogares que cocinan con CIAC



Fuente: UPME, 2023.

En el grupo 1 se consideran los hogares que solamente consumen CIAC para cocinar (alrededor de 1.061.000) pero que tienen acceso a la electricidad. Teniendo en cuenta esto último, es posible que en el mediano o largo plazo cuenten también con la opción de usar gas combustible. Para este grupo la sustitución de estufas puede darse con cualquiera de las que empleen gas natural, GLP, biogás o energía eléctrica.

Del grupo 2 hacen parte los hogares que solamente consumen combustibles de uso ineficiente y altamente contaminantes - CIAC para cocinar (alrededor de 316.000) pero que no tienen acceso a la electrici-

dad y por los altos costos que implica la conexión, no se tiene previsto conectarlos al Sistema Interconectado Nacional en el mediano plazo. Para estos usuarios, las alternativas energéticas son microrredes de energía eléctrica, biogás o GLP.

El grupo 3 se definió como aquellos hogares que combinan el consumo de CIAC para la cocción con el uso de gas natural, GLP o electricidad dado que ya cuentan con la infraestructura necesaria para estos energéticos. En este caso, la estrategia consiste en desincentivar el uso de CIAC recabando en aspectos como el tiempo necesario para acopiarlos, la degradación del ambiente derivada de su combustión y



los consecuentes impactos negativos en la salud de las personas.

Para las comunidades con menores ingresos deberá ponerse en marcha un mecanismo que les facilite el acceso a energéticos menos contaminantes y sus correspondientes tecnologías para cocción. También se debe promover la investigación y desarrollo en esta temática para diseñar tecnologías a base de biogás, electricidad y otros energéticos que resulten económicas y eficientes.

Como horizontes para la ejecución de este plan se han definido 4 plazos, con sus metas, así:

- Inmediato, hasta diciembre de 2023, plazo para poner en marcha el plan estratégico.
- Corto plazo hasta diciembre de 2026, coincidiendo con el horizonte del Plan Nacional de Desarrollo 2022 - 2026 "Colombia Potencia Mundial de la Vida". (159.000 hogares, 11,6%).
- Mediano plazo, hasta diciembre de 2030, fecha para cumplir los compromisos del Acuerdo de París. (381.000 hogares, 27,7%),
- Largo plazo, hasta el año 2050, fecha planteada para alcanzar la carbono-neutralidad. (836.000 hogares, 60,7%).





7. CONCLUSIONES





El sector residencial es relevante en términos de consumo energético en los tres países, ubicándose entre un 11% y un 19% del total, sin contar la participación de los ciudadanos en el consumo energético para transporte.

En los tres países que se analizaron, a pesar de tener altos niveles de acceso a electricidad (entre 93,1% para Colombia a 99,7% en Chile), el nivel de electrificación es aún muy bajo a nivel residencial. La tendencia es a un aumento gradual del uso de electricidad, desplazando básicamente el uso de la leña. Sin embargo, el aumento pronosticado no será exponencial. Como ejemplo, en Brasil, en los últimos 10 años, el consumo de electricidad en el sector residencial ha aumentado en un 32,3%, y se pronostica un aumento en el consumo de electricidad, pasando de un 46% de la composición de la matriz energética residencial al año 2022, a un 53% al año 2032, con la leña disminuyendo su participación desde un 25% a un 16% en el mismo período. En Colombia el consumo de electricidad en el total de del consumo energético residencial está a un 31%, la leña se ubica aún en un 46%. En Chile el consumo de electricidad a nivel residencial está en un 23,9% y la leña en un 43,5%. Los consumos altos de leña en Colombia y en Chile se basan en el consumo para cocción en Colombia y para calefacción en Chile.

El uso del gas natural y gas licuado a nivel residencial se ubica en Brasil en un 23%, básicamente centrado en gas licuado y solo en el estado de Sao Paulo con gas natural, en Colombia en un 23% (con énfasis en gas natural), y en Chile en un 30,5%. En un escenario de política actual no se prevé una disminución de su participación. Más bien hay planes de ampliar la red de distribución del gas natural.



Mientras que en Colombia y Brasil se usa muy poca calefacción, en Chile la calefacción es usada ampliamente. Los porcentajes de hogares que usan los siguientes energéticos para la calefacción en Chile son: el gas licuado en un 26%, la leña en un 26%, la electricidad en un 16%, la parafina en un 11%, el gas natural en un 4% y un 17 % no tiene calefacción.

En los tres países ha habido un aumento significativo en la compra de aires acondicionados, los que se pueden usar para climatización en general, tanto calefacción, pero principalmente aplicándose para climatización en frío. En el caso de Chile se revisaron las bases de datos de importaciones, llegando a establecer que entre 2019



y 2023 se importaron 1.197.701 aire acondicionados de entre 9.000 y 18.000 BTU, cubriendo más del 18,4% de las viviendas¹³.

La cocción ocupa un lugar importante en términos de consumo energético en los tres países. Los energéticos usados difieren en su participación en el total significativamente entre los tres países. En Chile los energéticos más usados para la cocción de alimentos son el GLP, el gas natural, la electricidad, y la leña con una penetración en los hogares del 76%, 14%, 5% y 4% respectivamente. En Brasil los porcentajes entre el GLP, el gas natural, la electricidad y la leña son de un 65%, un 3%, un 22% y un 6%

respectivamente. Mientras, en Colombia estos porcentajes, en la misma secuencia son 9%, 24%, 2% y 65%. Es por esto que en Colombia el reemplazo de la leña en la cocción ha sido un tema relevante.

Los impactos ambientales del uso de los combustibles fósiles a nivel residencial no han sido estudiados y cuantificados en detalle en el pasado. De primeras estimaciones se llega a cifras potencialmente significativas para emisiones globales. Los factores de emisión de los sistemas nacionales de electricidad son relativamente bajos, a $0,04\text{tCO}_2/\text{MWH}$ en Brasil, $0,24\text{tCO}_2/\text{MWH}$ en Chile y $0,11\text{tCO}_2/\text{MWH}$ en Colombia.

13. El tamaño de estos aires acondicionados puede ser usado también en oficinas pequeñas.

En los tres países hay políticas para seguir aumentando la participación de las energías renovables en la matriz, bajando de esta manera aún más los factores de emisión. Los factores de emisión actuales implican desde ya ventajas ambientales en Brasil y Colombia en términos de una transición hacia la electrificación con respecto al gas natural y gas licuado. Para estimar los impactos a nivel domiciliario el GMH está llevando a cabo un estudio de

medición de emisiones y de concentración de contaminantes con 95 viviendas en los tres países bajo análisis.

Readiness

El nivel de preparación para la electrificación del sector residencial se puede considerar mediano, con algunos desafíos que se tienen que enfrentar, especialmente en el caso de Colombia.

NIVEL DE PREPARACIÓN DE LOS TRES PAÍSES PARA LA ELECTRIFICACIÓN RESIDENCIAL

ASPECTO	BRASIL	CHILE	COLOMBIA
NIVEL DE ACCESO A ELECTRICIDAD			
CALIDAD DE SERVICIOS ELÉCTRICOS			
BARRERAS TECNOLÓGICAS			
CALIDAD DE LA VIVIENDA			
PRESENCIA Y POTENCIAL DE ENERGÍAS RENOVABLES			
NIVEL SOCIOECONÓMICO - PODER ADQUISITIVO			
NIVEL SOCIOECONÓMICO - PODER ADQUISITIVO			
COSTOS COMPARADOS ELECTRICIDAD VS OTROS COMBUSTIBLES			

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Las políticas existentes en los tres países apuntan por un lado a una transición hacia combustibles más limpios.

Sin embargo, no hay una estrategia sistemática en los países para empujar y fomentar la electrificación residencial. Se ha considerado necesario sustituir la leña en la cocción y la calefacción por sus efectos nocivos a nivel de la contaminación y en el marco de la modernización de edificios, pero el reemplazo ha sido tanto por gas como por electricidad. Esto se refleja en subsidios a las tarifas del gas y de la electricidad así como en programas directamente de recambios de artefactos.

Las políticas acompañantes de la electrificación, mejora en vivienda, acceso a electricidad, mejora en la calidad del servicio eléctrico, no se han considerado como parte de una estrategia de electrificación, sino como políticas con objetivos diferentes.

En una segunda fase del presente estudio se hará una revisión más exhaustiva de las políticas e instrumentos existentes y potenciales de aplicar, considerando el contexto que se describió en esta primera fase del estudio.





8. BIBLIOGRAFÍA

- Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa (ABEP). 2024. Criterio de classificação econômica Brasil. Recuperado en: <https://www.abep.org/>
- Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa (ABEP). 2024. Critério Brasil 2024. Recuperado en: <https://www.abep.org/criterio-brasil>
- AIM. 2024. Actualización GSE AIM 2023 y Manual de Aplicación. Disponible en: https://aimchile.cl/wp-content/uploads/2024/01/Actualizacion-y-Manual-GSE-AIM-2023_VF.pdf
- Agencia Reguladora de Servicios Públicos do estado de Sao Paulo (ARSESP).. 2023. Gas canalizado. Recuperado en: <https://www.arsesp.sp.gov.br/Paginas/gas/gas-canalizado.aspx>
- Atlas de Eficiencia Energetica Brasil 2022 – Relatório de Indicadores. IEA, EPE, Ministerio de Minas y Energia de Brasil.
- Cáceres D, Adonis M, Retamal, C. et al. 2001. Contaminación intradomiciliaria en un sector de extrema pobreza de la comuna de La Pintana. Rev Med Chil. Jan;129(1):33-42.
- CNE (Comisión Nacional de Energía). 2024. Tarificación eléctrica: Valor agregado de distribución y opciones tarifarias a usuarios finales. Recuperado en: <https://www.cne.cl/tarificacion/electrica/valor-agregado-de-distribucion/opciones-tarifarias-a-usuarios-finales/>
- Congreso de la República. Colombia. 2020. Ley 2128 de 2021 por medio de la cual se promueve el abastecimiento, continuidad, confiabilidad y cobertura del gas combustible en el país. Recuperado en: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_2128_2021.html#:~:text=Leyes%20desde%201992%20%2D%20Vigencia%20expresa%20y%20control%20de%20constitucionalidad%20%5BLEY_2128_2021%5D&text=Por%20medio%20de%20la%20cual,gas%20combustible%20en%20el%20pa%C3%ADs
- Conselho de Arquitetura e Urbanismo. 2022. OBRAS IRREGULARES SÃO MAIORIA, MAS CONTRATAÇÃO DE PROFISSIONAIS HABILITADOS CRESCERAM DESDE 2015. Recuperado en: https://www.caubr.gov.br/pesquisa2022/?page_id=128
- Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCCS), la Universidad de los Andes y Hill Consulting, Colombia. 2022. Línea base de emisiones GEI de las edificaciones en Colombia. Recuperado en: <https://docs.cccs.org.co/Linea%20base%20Hill.pdf>

- DANE. 2022. Censo Nacional de Población y Vivienda 2018 (Colombia). Recuperado en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivienda-2018>
- DANE. 2022. Análisis de las clases sociales en las 23 ciudades y áreas metropolitanas de Colombia 2019 - 2021. en línea]. Recuperado en: <https://naturgas.com.co/wp-content/uploads/2023/11/INFORME-COMPLETO-2.pdf>
- Empresa de Pesquisa Energética (EPE). 2024. Balanço Energético Nacional 2024. Recuperado en: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2024>
- Empresa de Pesquisa Energetica (EPE). 2022. Plano decenal de Expansão de Energia 2032 - Demanda de Eletricidade. São Paulo.
- Energía Abierta. 2024. Factor de Emisión - Promedio Mensual. Disponible en: <http://energiaabierta.cl/?lang=&s=factor%20de%20emisi%C3%B3n&t=datasets-estadistica>
- Generadoras de Chile. 2024. Volumen de energía eléctrica generada por fuente. Recuperado en: <https://generadoras.cl/generacion-electrica-en-chile>
- IDEAM, Fundación Natura, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. Colombia. 2021. Tercer Informe Bienal de Actualización de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC). en línea]. Recuperado en: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/BUR3%20-%20COLOMBIA.pdf>
- In-Data Spa; CDT. 2019. Informe final de usos de la energía de los hogares Chile 2018. . Recuperado en: https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/informe_final_caracterizacion_residencial_2018.pdf. Consultado el 20 de mayo de 2024.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2024. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Recuperado en: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/2044-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios>
- International perspectives on electricity system resilience, Matthew Wittenstein Tokyo, Japan, December 19, 2018, IEA, https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/pdf/014_03_02.pdf
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). 2006. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Recuperado en: <https://www.ipcc.ch/languages-2/spanish/ipcc-en-espanol-publications/>
- Köppen - Geiger. 2017. Zonas climáticas de Chile según Köppen-Geiger escala 1:1.500.000. Geoportal de Chile. IDE Chile. Disponible en: <https://www.geoportal.cl/geoportal/catalog/35414/Zonas%20clim%C3%A1ticas%20de%20Chile%20seg%C3%BAAn%20K%C3%B6ppen-Geiger%20escala%201:1.500.000>



- Ministerio de Desarrollo Social y Familia (MIDESO). 2022. Resultados Vivienda CASEN 2022. Recuperado en: https://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/storage/docs/casen/2022/Resultados_Vivienda_Casen_2022.pdf.
- Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. 2024. Fator de emissão de CO2 na geração de energia elétrica no Brasil em 2023 é o menor em 12 anos. Recuperado en: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/02/fator-de-emissao-de-co2-na-geracao-de-energia-eletrica-no-brasil-em-2023-e-o-menor-em-12-anos>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Colombia. 2015. Lineamientos para un programa nacional de estufas eficientes para cocción con leña, en línea]. Recuperado en: https://archivo.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/mitigacion_/LINEAMIENTOS_ESTUFAS_MEJORADAS_PARA_COCCION_CON_LEÑA.pdf.
- Ministerio de Energía. 2023. Balance Nacional de Energía 2022. Recuperado en: <http://energiaabierta.cl/categorias-estadistica/balance-energetico/>.
- Ministerio de Energía. 2022. Informe Balance Nacional de Energía 2020. Recuperado en: https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/2022_informe_anual_bne_2020.pdf.
- Ministerio de Energía. 2022. [en línea]. Ruta de la Luz. Uniendo Chile con Energía. Recuperado en: <https://energia.gob.cl/sites/default/files/revistarutadelaluz.pdf>.
- Ministerio de Minas y Energía, Colombia. 2024. Cálculo del índice de cobertura de energía eléctrica 2019 – 2022. Recuperado en: https://www.upme.gov.co/siel/Documents/Informes_cobertura/Boletin_Calculo_ICEE_2019_2022v3.pdf.
- Ministerio de Minas y Energía, Colombia. 2021. Plan Nacional De Electrificación Rural.
- Ministerio de Minas y Energía. 2019. Resolución 4-0873. República de Colombia. Recuperado en: https://www.minenergia.gov.co/documents/2774/48400-res_4_0873_del_10-12-192019-12-11-121514.pdf
- NATURGAS. Colombia. 2024. Colombia respira: el impacto del gas natural en el futuro de Colombia. en línea]. Recuperado en: <https://naturgas.com.co/wp-content/uploads/2023/11/INFORME-COMPLETO-2.pdf>.
- Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC). 2023. Anuario SEC 2023: Resumen Anual de la Industria Energética. Recuperado en: <https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2024/05/Anuario-SEC-2023.pdf>
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. 2023. Diagnóstico de la calidad del servicios de energía eléctrica en Colombia 2022. Recuperado en: <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/Informe-de-Calidad-del-Servicio-de-Energia-2022.pdf>

- UPME, Colombia. 2024. Plan Energético Nacional PEN 2022 – 2052. Recuperado en: https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PEN_2022_2052/PEN_2022_2052_Tomol_VF.pdf.
- Operador Nacional do Sistema Elétrico do Brasil. 2024. Geração da eletricidade. Recuperado en: <https://www.ons.org.br/>
- UPME, Colombia. 2023. Plan nacional de sustitución de leña y otros combustibles de uso ineficiente y altamente contaminante para la cocción doméstica de alimentos. Recuperado en: <https://www1.upme.gov.co/sipg/Paginas/Plan-nacional-sustitucion-le%C3%B1a.aspx>.
- UPME, Colombia. 2023. Resolución No. 762 de 2023 por la cual se actualiza el factor marginal de emisión del Sistema Interconectado Nacional del año 2022 para inventarios de emisiones de Gases de Efecto invernadero -GEI y proyectos de mitigación de GEI. Recuperado en: https://www1.upme.gov.co/Normatividad/762_2023.pdf.
- UPME, Colombia. 2022. Plan de Acción Indicativo PROURE 2022 – 2030. Recuperado en: <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/PROURE.aspx>.
- UPME, Colombia. 2021. Diagnóstico del estado de los electrodomésticos de producción nacional con mejores eficiencias y propuesta de estrategias para su promoción. Recuperado en: <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/Proyectos-de-eficiencia-energetica.aspx>.
- UPME, Colombia. 2019. Primer balance de energía útil. Recuperado en: <https://www1.upme.gov.co/Hemeroteca/Paginas/estudio-primer-balance-energia-util-para-Colombia.aspx>.
- World Bank. 2022. Tracking SDG 7, The energy progress report. Recuperado en: <https://trackingsdg7.esmap.org/country/brazil>
- World Economic Forum. 2017. The future of electricity: New technologies transforming the grid edge. Disponible en: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Electricity_2017.pdf
- XM, Colombia. 2024. SUBASTA PRIMARIA 2027-2028: Publicación de resultados. Recuperado en: <https://www.xm.com.co/noticias/6632-subasta-primaria-2027-2028-publicacion-de-resultados>.





TRANSICIÓN ENERGÉTICA A NIVEL RESIDENCIAL

Cocción y Calefacción
en América Latina

UNA INICIATIVA DE:



IMPLEMENTADO POR:



Stanford University

