



Estrategia Energética Local de la comuna Cartagena

COMUNA 
ENERGÉTICA

Equipo Técnico:

Alfredo González, Jefe de Proyecto
Daniel Mardini, Especialista en Energía
Judith Mendoza, Especialista en Participación Ciudadana
María Cristina Acuña, Coordinadora Comunal

Editores:

Aguasol Latam

Revisión:

Ilustre Municipalidad de Cartagena
Seremi de Energía de Valparaíso
Agencia de Sostenibilidad Energética

Proyecto:

Estrategia Energética Local Comuna de Cartagena

Octubre, 2025



Tabla de Contenido

1	INTRODUCCIÓN	12
2	DIAGNÓSTICO TERRITORIAL.....	12
2.1	ANTECEDENTES GENERALES DE LA COMUNA.....	12
2.1.1	Límites de Influencia de la Estrategia Energética local (EEL)	12
2.1.1	Población	13
2.1.2	Ámbito Socio-Cultural	16
2.1.3	Ámbito económico	19
2.2	INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN.....	19
2.2.1	Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) Chile/ Actualización 2020 Y Fortalecimiento 2022:	20
2.2.2	Estrategia Climática a Largo Plazo:	20
2.2.3	Política Energética de Chile al 2050 (actualización 2022):.....	21
2.2.4	Plan de Desarrollo Comunal PLADECO Cartagena 2022 - 2026.....	22
2.2.5	Plan de Acción Comunal de Cambio Climático (PACCC) de Cartagena	23
3	DIAGNÓSTICO DE LA POBREZA ENERGÉTICA	25
4	DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA LOCAL	30
5	DIAGNÓSTICO DE LA DISPONIBILIDAD Y USO DE LA ENERGÍA	32
5.1	OFERTA ENERGÉTICA	32
5.1.1	Generación eléctrica	32
5.1.2	Transmisión eléctrica	34
5.1.3	Distribución eléctrica	36
5.1.4	Combustibles	36
5.1.5	Calidad de Suministro Eléctrico	37
5.1.6	Proyectos en Evaluación Ambiental	40
5.2	DEMANDA ENERGÉTICA	40
5.2.1	Energía Eléctrica	40
5.2.2	Combustibles	43
5.2.3	Combustibles Sólidos	46
5.2.4	Demanda Energética Total.....	46
5.2.5	Emisiones GEI.....	48
5.2.6	Proyección de la Demanda Energética	50
6	POTENCIAL DE ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	53
6.1	POTENCIAL DE ENERGÍAS RENOVABLES	53
6.1.1	Energía Solar Fotovoltaica	53
6.1.2	Energía Solar Térmica.....	58
6.1.3	Energía Eólica	59
6.1.4	Biomasa	61
6.1.5	Hidroelectricidad	62
6.1.6	Geotermia	62
6.1.7	Resultados del Potencial de Energías Renovables.....	64
6.2	POTENCIAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	66
6.2.1	Reacondicionamiento Térmico de Viviendas.....	66
6.2.2	Reacondicionamiento Térmico de Establecimientos Turísticos.....	69
6.2.3	Recambio de Calefactores	69
6.2.4	Recambio de Luminarias de Alumbrado Público	70
6.2.5	Sistemas de Gestión Energética.....	71
6.2.6	Resultados del Potencial de Eficiencia Energética	72



7	PARTICIPACIÓN CIUDADANA	74
7.1	TALLER: PRESENTACIÓN DEL DIAGNÓSTICO	75
7.2	TALLERES: VISIÓN ENERGÉTICA DE LA COMUNA	76
7.3	TALLERES: OBJETIVOS, METAS Y PLAN DE ACCIÓN	77
8	ESTRATEGIA ENERGÉTICA LOCAL	79
8.1	VISIÓN ENERGÉTICA DE LA COMUNA	79
8.2	OBJETIVOS Y METAS	79
8.3	PLAN DE ACCIÓN	81
8.4	PROYECTOS EMBLEMÁTICOS	85
8.4.1	<i>Proyecto 1: Bus Eléctrico de Acercamiento de Población Rural</i>	85
8.4.2	<i>Proyecto 2: Proyecto de sostenibilidad energética integral eléctrica y agua caliente sanitaria para el Liceo Vicente Huidobro.</i>	91
9	PLAN DE SEGUIMIENTO DEL PLAN DE ACCIÓN	98
10	RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES	101
11	BIBLIOGRAFÍA	103



Índice de Figuras

Figura 1: Comuna de Cartagena. Fuente: Elaboración propia en base a datos de IDE Chile. 13

Figura 2: Número de habitantes en la comuna por género. Fuente: Elaboración Propia en base a datos de INE Censo 2024. 14

Figura 3: Crecimiento de la población períodos intercensales Fuente: INE, Elaboración Propia)..... 15

Figura 4: Comparación pirámide poblacional períodos intercensales 1992-2024. Fuente: INE, Elaboración propia..... 15

Figura 5: Viviendas por entidad censal Censo 2017. Fuente: INE, Elaboración propia..... 16

Figura 6: Localización de establecimientos educacionales por cantidad total de matrículas. Fuente: Biblioteca del Congreso Nacional, Elaboración propia 17

Figura 7: Gráfico línea base iniciativas municipales por categoría Herramienta Sello Comuna Energética. 31

Figura 8: Capacidad Instalada del Sistema Eléctrico Nacional (SEN). Fuente: Elaboración propia a partir de Comisión Nacional de Energía, 2025. 32

Figura 9: Capacidad Instalada en la región de Valparaíso. Fuente: Elaboración propia a partir de Comisión Nacional de Energía, 2025. 33

Figura 10: Distribución por sector de plantas ERNC tipo Net-Billing en la comuna de Cartagena. Fuente: Elaboración propia a partir de Energía Abierta, 2025. 34

Figura 11: Líneas de transmisión y subestaciones eléctricas en las cercanías de Cartagena. Fuente: Elaboración propia en base a data de plataforma Energía Maps (Comisión Nacional de Energía, 2025). 35

Figura 12: Evolución anual del SAIDI de Cartagena con relación a la región y al promedio nacional. Fuente: Elaboración propia en base a datos Energía Abierta (Comisión Nacional de Energía, 2024) 38

Figura 13: Evolución anual del SAIDI de Cartagena clasificado por tipo de interrupción. Fuente: Elaboración propia en base a datos de Energía Abierta (Comisión Nacional de Energía, 2024) 39

Figura 14: Proyectos energéticos aprobados en la comuna de Cartagena. Fuente: Servicio de Evaluación Ambiental, 2025 40

Figura 15: Evolución del consumo y número de clientes de energía eléctrica entre los años 2016 y 2023. Fuente: Elaboración propia a partir de Energía Abierta (Comisión Nacional de Energía, 2025) y (SEC, 2025). 41

Figura 16: Energía eléctrica consumida según sectores generales. Fuente: Elaboración propia a partir de (SEC, 2025). 42

Figura 17: Energía eléctrica consumida según sectores específicos. Fuente: Elaboración propia a partir de (SEC, 2025). 42

Figura 18: Distribución de Clientes por Compañía Eléctrica. Fuente: Elaboración propia a partir de (SEC, 2025). 43

Figura 19: Consumo energético de derivados de petróleo en Cartagena. Fuente: Elaboración propia a partir de (SEC, 2025). 44

Figura 20: Evolución del consumo energético de GLP en Cartagena. Fuente: Elaboración propia a partir de SEC, 2025. 45

Figura 21: Proporción de consumos desagregados de GLP en Cartagena al año 2024. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (SEC, 2025). 45

Figura 22: Distribución de consumos energéticos de Cartagena por sector (año 2024). Fuente: Elaboración propia..... 47

Figura 23: Distribución de consumos energéticos de Cartagena por energético (año 2024). Fuente: Elaboración propia..... 47

Figura 24: Distribución de GEI de Cartagena por sector (año 2024). Fuente: Elaboración propia 49

Figura 25: Distribución de GEI de Cartagena por energético (año 2024). Fuente: Elaboración propia ... 49

Figura 26: Proyección demanda eléctrica no-residencial regulada de Cartagena al año 2030. Fuente: Elaboración propia..... 50



Figura 27: Proyección demanda eléctrica residencial de Cartagena al año 2030. Fuente: Elaboración propia.	51
Figura 28: Proyección consumo electricidad de Cartagena por escenarios a 2030. Fuente: Elaboración propia.	51
Figura 29: Proyección consumo combustibles de Cartagena según escenarios a 2030. Fuente: Elaboración propia.	52
Figura 30: Distribución espacial de la radiación Global Horizontal en la comuna de Cartagena. Fuente: Elaboración propia en base a data del Explorador Solar (Minenergía, 2025)	53
Figura 31: Radiación Global Horizontal en la zona urbana principal de la comuna de Cartagena. Fuente: Explorador Solar (Minenergía, 2025).	54
Figura 32: Generación Planta FV de 1 MWp en Cartagena. Fuente: Elaboración propia con datos de Explorador Solar, 2025.	56
Figura 33: Territorio con potencial de incorporación de plantas fotovoltaicas con inyección al SEN. Fuente: Elaboración propia en base a cartografías de IDE Chile.	57
Figura 34: Velocidad del Viento [m/s] en la región a 100m sobre la superficie. Fuente: Explorador Eólico, 2025.	60
Figura 35: Funcionamiento de una bomba de calor geotérmica en invierno y verano. Fuente: Noticias de la Ciencia y Tecnología, 2023.	63
Figura 36: Rendimiento (COP) promedio mensual de Sistema Geotérmico y Aerotérmico en Cartagena. Fuente: Explorador de Bombas de Calor Geotérmicas Ministerio de Energía, 2025.	64
Figura 37: Potencial de Energías Renovables por capacidad instalada. Fuente: Elaboración propia	65
Figura 38: Potencial de Generación de Energías Renovables al año. Fuente: Elaboración propia	65
Figura 39: Zonificación Térmica Modificación Reglamentación Térmica. Fuente: Elaboración propia.	68
Figura 40: Distribución del ahorro potencial por medidas de eficiencia energética en la comuna. Fuente: Elaboración propia	73
Figura 41: Distribución por sector de los participantes de las instancias de participación ciudadana .	75
Figura 42: Presentación del diagnóstico y de la herramienta EEL de Cartagena	75
Figura 43: Talleres 3 y 5 EEL de Cartagena (Salón Concejo Municipal y Sede JJVV Cajón de La Magdalena)	76
Figura 44: Diagrama Conceptual con los componentes para la visión energética de la comuna de Cartagena	77
Figura 45: Talleres de participación ciudadana Plan de Acción.	78
Figura 46: Recorrido 1 Bus Plaza Cartagena – El Turco – Cartagena. Fuente: Google Maps.....	86
Figura 47: Recorrido 2 Bus Plaza Cartagena – Cajón de la Magdalena. Fuente: Google Maps	87
Figura 48: Recorrido 3 Bus Quebradas Zona Urbana. Fuente: Google Maps	87
Figura 49: Bus eléctrico referencial. Fuente: Reborn Electric Motors Chile	88
Figura 50: Ejemplo de sistema solar térmico para agua caliente sanitaria	92
Figura 51: Perfil de consumo del agua caliente sanitaria	93
Figura 52: Calefont y termo eléctrico existente en el liceo	93
Figura 53: Temperatura de agua fría de la red en Cartagena. Fuente: Anexo VI de Norma Técnica (Minenergía, 2010)	94
Figura 54. Promedio mensual y horario de insolación diaria incidente en plano horizontal e inclinado. Fuente: Explorador Solar	96
Figura 55. Promedio de radiación global horizontal para cada hora y mes. Fuente: Explorador Solar ...	96
Figura 56. Producción Solar Térmica Mensual. Fuente: Explorador Solar	97



Índice de Tablas

Tabla 1: Principales Metas Política Energética de Chile al 2050 y su incidencia en EEL de Cartagena. Fuente: Elaboración propia a partir de Metas Política Energética de Chile al 2050 (Ministerio de Energía, 2024).....	21
Tabla 2: Dimensiones e indicadores de pobreza energética. Fuente: Elaboración propia a partir de información de Ministerio de Energía, 2024..	25
Tabla 3: Indicadores de pobreza energética en su dimensión de acceso. Fuente: Elaboración propia a partir de datos CASEN (Mideso, 2017) y Mapa de Vulnerabilidad Energética (Ministerio de Energía, 2019).....	26
Tabla 4: Indicadores de pobreza energética en su dimensión de calidad. Fuente: Elaboración propia a partir de información de Energía Abierta y Casen 2017.	27
Tabla 5: Indicadores de pobreza energética en su dimensión de calidad – habitabilidad. Fuente: Elaboración propia con información de CASEN 2017; Censo 2017; Censo 2012, Techo. 2022/23.	28
Tabla 6: Indicadores de pobreza energética dimensión asequibilidad o equidad. Fuente: Elaboración propia con información de CASEN 2017.	29
Tabla 7: Puntaje línea base, planificado y máximo por Categoría Sello Comuna Energética.....	31
Tabla 8: Límites exigibles desde el año 2020 en adelante para el indicador SAIDI. Fuente: Norma técnica de calidad de servicio para sistemas de distribución, (Comisión Nacional de Energía, 2019). .	38
Tabla 9: Densidad de redes de distribución por empresa distribuidora para la Comuna de Cartagena. Fuente: Norma técnica de calidad de servicio para sistemas de distribución, (Comisión Nacional de Energía, 2019).....	38
Tabla 10: Consumo energético de leña en Cartagena (2023). Fuente: Elaboración propia con data de (CDT, 2015)	46
Tabla 11: Factores de emisión por fuente energética. Fuente: Energía Abierta (Comisión Nacional de Energía, 2024).....	48
Tabla 12: Emisiones gases efecto invernadero por sector y energético en Cartagena en 2024. Fuente: Elaboración propia.....	48
Tabla 13: Potencial de Energía fotovoltaica a ser generada a nivel residencial. Fuente: Elaboración propia con datos de Explorador Solar, 2025.	55
Tabla 14: Potencial de Energía fotovoltaica a ser generada a nivel comercial e industrial. Fuente: Elaboración propia con datos de Explorador Solar, 2025.	56
Tabla 15: Superficie, potencia y generación potencial fotovoltaico con inyección al SEN. Fuente: Elaboración propia.....	58
Tabla 16: Condiciones de simulación para cálculo de potencial solar térmico en viviendas. Fuente: Explorador Solar (Minenergía, 2025).	58
Tabla 17: Generación potencial de energía solar térmica en viviendas. Fuente: Elaboración propia en base a datos de Explorador Solar (Minenergía, 2025).....	59
Tabla 18: Potencial de Energía Solar Térmica a ser generada a nivel residencial. Fuente: Elaboración propia con datos de Explorador Solar (Minenergía, 2025)	59
Tabla 19: Potencial eólico comuna de Cartagena. Fuente: Elaboración propia en base a Explorador Eólico.....	60
Tabla 20: Factores de conversión de metano a biogás. Fuente: CNE/GTZ, 2007.	61
Tabla 21: Producción de RSU y biogás en la comuna de Cartagena. Fuente: Subdere, 2024.	61
Tabla 22: Resumen de potencial energético mediante fuentes renovables en la comuna. Fuente: Elaboración propia.....	64
Tabla 23: N° Viviendas, demanda y consumo energético según año construcción de parque de viviendas en la comuna de Cartagena. Fuente: Elaboración propia.	67
Tabla 24: Consumos y ahorros energéticos esperados por el reacondicionamiento térmico de viviendas. Fuente: Elaboración propia.....	68
Tabla 25: Consumos y ahorros energéticos esperados por reacondicionamiento térmico de establecimientos turísticos. Fuente: Elaboración propia.	69



Tabla 26: Consumos y ahorros energéticos esperados por recambio de calefactores. Fuente: Elaboración propia.....	70
Tabla 27: N° de Luminarias en la comuna de Cartagena. Fuente: Dirección de Obras Municipales Cartagena	71
Tabla 28: Consumos y ahorros energéticos esperados por recambio de alumbrado público. Fuente: Elaboración propia.....	71
Tabla 29: Ahorro potencial por medidas de eficiencia energética en la comuna. Fuente: Elaboración propia	72
Tabla 30: Contenidos trabajados en los talleres de participación ciudadana	74
Tabla 31: Objetivos y Metas por Categoría. Fuente: Elaboración propia.	79
Tabla 32: Plan de Acción Propuesto. Fuente: Elaboración propia.	81
Tabla 33: Kilómetros de recorridos preseleccionados	86
Tabla 34: Kilómetros de recorrido Bus de Acercamiento en torno a Cartagena.	88
Tabla 35: Kilómetros recorridos para bus eléctrico piloto en la comuna de Cartagena	89
Tabla 36: Análisis energético del uso del bus eléctrico	89
Tabla 37: Análisis Energético Alternativa Bus Diésel	90
Tabla 38: Análisis técnico-económico	90
Tabla 39: Cálculo Demanda ACS	95
Tabla 40: Características SST evaluado	97
Tabla 41. Generación y ahorro estimado por el sistema solar térmico.	97
Tabla 42. Composición Sugerida del Comité Energético Municipal.	99



Abreviaciones

ACS	Agua Caliente Sanitaria
ASE	Agencia de Sostenibilidad Energética
CAC	Comité Ambiental Comunal
CEC	Comité Energético Comunal
CEM	Comité Energético Municipal
COP	Coefficient of Performance (Rendimiento Bombas de Calor)
EEL	Estrategia Energética Local
FV	Fotovoltaico
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GMEEL	Guía Metodológica para la Elaboración de Estrategias Energética Locales
RSU	Residuo Sólido Urbano
SCAM	Sistema de Certificación Ambiental Municipal
SIG	Sistema de Información Geográfico
SNCAE	Sistema de Certificación Ambiental de Establecimientos Educativos
PE	Pobreza Energética
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
SEC	Superintendencia de Electricidad y Combustible
Sello CE	Sello Comuna Energética
SST	Sistema Solar Térmico



Glosario

Estrategia Energética Local (EEL): instrumento de planificación y gestión energética a escala comunal.

Eficiencia Energética (EE): consiste en lograr un mismo resultado consumiendo menos energía, sin disminuir la calidad de vida, o la calidad de los productos o servicios entregados.

Energías Renovables (ER): son aquellas que provienen de fuentes consideradas inagotables, y que se caracterizan porque en sus procesos de transformación y aprovechamiento no se consumen a escala humana, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen o porque son capaces de regenerarse en el tiempo. Presentan cualquiera de las siguientes características:

- Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía de la biomasa, correspondiente a la obtenida de materia orgánica y biodegradable, la que puede ser usada directamente como combustible o convertida en otros biocombustibles líquidos, sólidos o gaseosos. Se entenderá incluida la fracción biodegradable de los residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios.
- Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía hidráulica y cuya potencia máxima sea lo indicado en la Ley N°20571 de Generación Distribuida, Modificada por la Ley N°21.118.
- Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía geotérmica, entendiéndose por tal la que se obtiene del calor natural del interior de la tierra.
- Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía solar, obtenida de la radiación solar.
- Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía eólica, obtenida a través de la energía cinética del viento.
- Aquellos cuya fuente de energía primaria sea la energía de los mares, correspondiente a toda forma de energía mecánica producida por el movimiento de las mareas, de las olas y de las corrientes marinas, así como la obtenida del gradiente térmico de los mares.

Ecosistemas: complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente (abiótico) que interactúan como una unidad funcional (Unión Europea, 2020).

Movilidad sostenible: entendida como una movilidad limpia, segura, inclusiva, que acerca, conecta, y que privilegia modos más eficientes de movilidad. Una movilidad sostenible debería ser eficiente en el uso del espacio vial y público, por ejemplo, dando prioridad a vehículos que consuman menos espacio por pasajero transportado; minimizando el uso de tiempo, lo que permite destinar más tiempo a otras actividades, contribuyendo a la calidad de vida y a la productividad, y dando prioridad a vehículos con mayor eficiencia energética.

Plan de Acción: conjunto de acciones y medidas planificadas para cumplir con la visión, objetivos y metas de la EEL, las que contribuyen en un desarrollo energético sostenible a escala local.



Pobreza energética: un hogar se encuentra en situación de pobreza energética cuando no tiene acceso equitativo a servicios energéticos de alta calidad para cubrir sus necesidades fundamentales y básicas, que permitan sostener el desarrollo humano y económico de sus miembros, según lo define la Red de Pobreza Energética.

Resiliencia: proceso dinámico asociado a la capacidad de un sistema y de sus componentes, tales como población, infraestructura, servicios, medios de vida o medio ambiente entre otros, para anticipar, resistir, absorber, adaptar y recuperarse de los efectos de un evento, de manera integral, oportuna y eficaz, incluso garantizando la preservación, restauración o mejora de sus estructuras y funciones básicas.

Sello Comuna Energética: certificación que reconoce el avance en la gestión energética local y la implementación del plan de acción de un municipio.

Servicios Ambientales: aquellos que brindan los bosques nativos y las plantaciones que inciden directamente en la protección y mejoramiento del medio ambiente (MMA).

Servicios Ecosistémicos: son definidos como la contribución directa e indirecta de los ecosistemas al bienestar humano (MMA)



1 Introducción

El Programa Comuna Energética es una iniciativa impulsada por el Ministerio de Energía y la Agencia de Sostenibilidad Energética, cuyo propósito es fortalecer la gestión energética local y promover la participación de municipios y actores del territorio. Para ello, fomenta la generación e implementación de iniciativas innovadoras, sostenibles y replicables en las comunas de Chile, mediante el desarrollo de una Estrategia Energética Local.

En este marco, el programa brinda apoyo técnico a los municipios para la elaboración de su Estrategia Energética Local (EEL). Este instrumento recoge la visión energética de la comuna y define, junto a la comunidad, un plan de acción con medidas de corto, mediano y largo plazo orientadas a impulsar el uso de energías renovables, la eficiencia energética y la movilidad sostenible, entre otras medidas que permiten gestionar la energía de forma eficiente.

La implementación de la EEL permite, además, que la comuna obtenga el Sello Comuna Energética, una certificación que reconoce la gestión energética que desarrollan los municipios en sus territorios.

A continuación, se presenta el documento que contiene la Estrategia Energética Local de la comuna de Cartagena.

2 Diagnóstico territorial

2.1 Antecedentes Generales de la Comuna

2.1.1 Límites de Influencia de la Estrategia Energética local (EEL)

La comuna de Cartagena, ubicada en la Región de Valparaíso, Chile, se encuentra dentro de la Provincia de San Antonio. Posee una superficie total de 24.590 hectáreas y de acuerdo con el estudio “Actualización Plan Regulador Comunal Cartagena”¹, sólo el 6% corresponde a área urbana, mientras que el resto está compuesto por áreas rurales, zonas agrícolas, campos dunarios y quebradas.

Limita al norte con las comunas de El Tabo y Casablanca, al sur con la comuna de San Antonio, al oeste con el océano Pacífico y al este con la Región Metropolitana de Santiago, comuna de María Pinto.

¹ TERRITORIO Y CIUDAD Consultores, Marzo 2022, Informe Etapa 5 (li) Proyecto Memoria Explicativa.



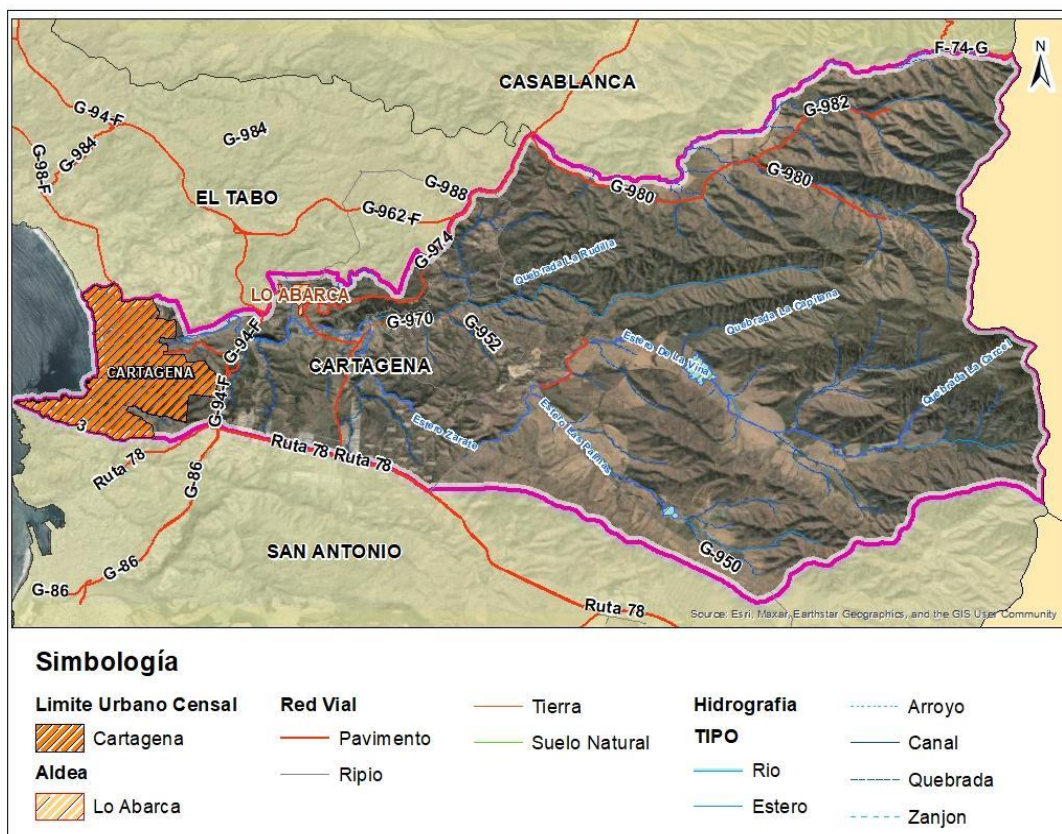


Figura 1: Comuna de Cartagena. Fuente: Elaboración propia en base a datos de IDE Chile.

2.1.1 Población

2.1.1.1 Población comunal

Según el Censo 2024, la comuna de Cartagena alcanza una población de 24.599 personas, compuesta por 12.043 hombres y 12.556 mujeres, con una razón de 95,9 hombres por cada 100 mujeres. Esto representa un equilibrio de género moderado, coherente con el patrón regional y nacional.

En cuanto a la distribución de población urbano-rural, a la fecha solo está disponible la información del Censo 2017, donde se establece que un 91,7 % de la población se concentra en la zona urbana y un 8,3% en el sector rural.

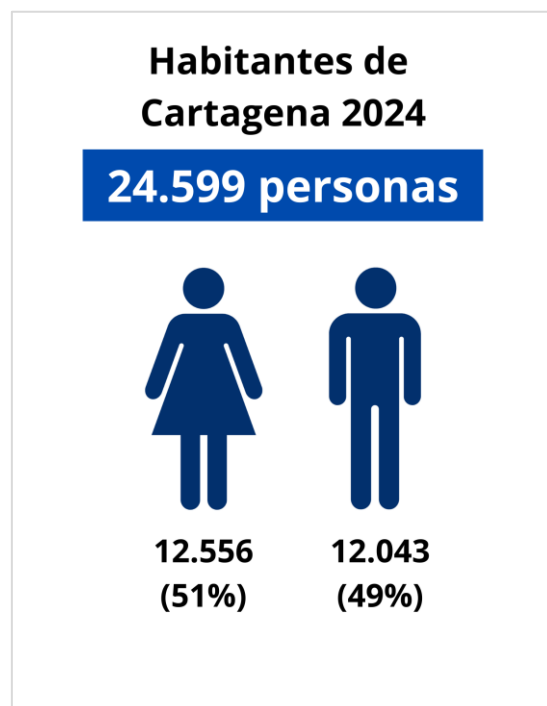


Figura 2: Número de habitantes en la comuna por género. Fuente: Elaboración Propia en base a datos de INE Censo 2024.

2.1.1.2 Crecimiento de la población por grupos etarios

Entre los años 1992 y 2024, la comuna de Cartagena ha experimentado una transformación demográfica significativa, marcada por un sostenido crecimiento poblacional y un envejecimiento progresivo de su estructura etaria. Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), la población total pasó de 11.906 habitantes en Censo 1992 a 24.599 habitantes en el Censo 2024, lo que representa un crecimiento del 106,7% en tres décadas. Este incremento ha sido constante: en 2002 la población alcanzaba los 16.875 habitantes y en 2017 los 22.738 habitantes. Sin embargo, en los últimos años se observa una desaceleración en esta tendencia.



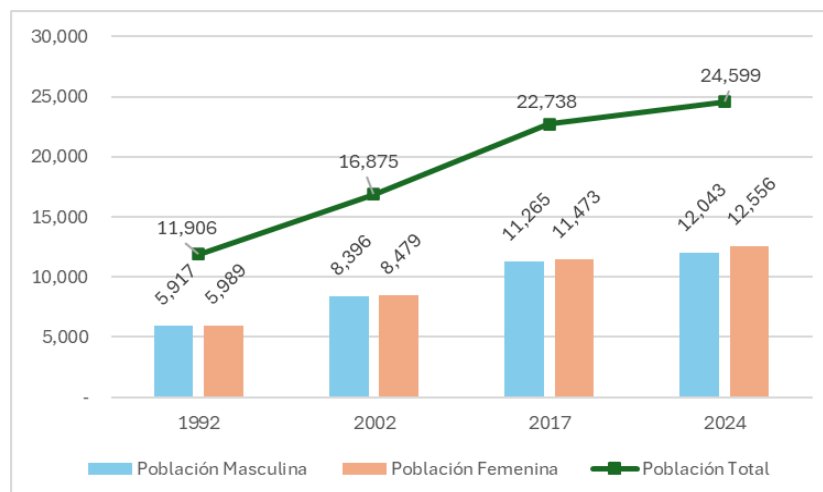


Figura 3: Crecimiento de la población períodos intercensales Fuente: INE, Elaboración Propia.

El análisis de los grupos de edad muestra señales de envejecimiento de la población. De acuerdo con la comparación de los datos intercensales 1992 a 2024 la estructura etaria ha cambiado profundamente. Esta tendencia está acompañada de una estructura concentrada en tramos de edad intermedia y una base juvenil más estrecha, como lo evidencia la pirámide poblacional censal. En 1992, la población de 60 años o más alcanzaba apenas las 2.000 personas; en cambio, para 2024 este grupo suma 7.734 personas, lo que representa un aumento de más de 280%. De manera particular, la población de 80 años y más creció de 202 personas en 1992 a 1.101 en 2024, multiplicándose por más de cinco veces.

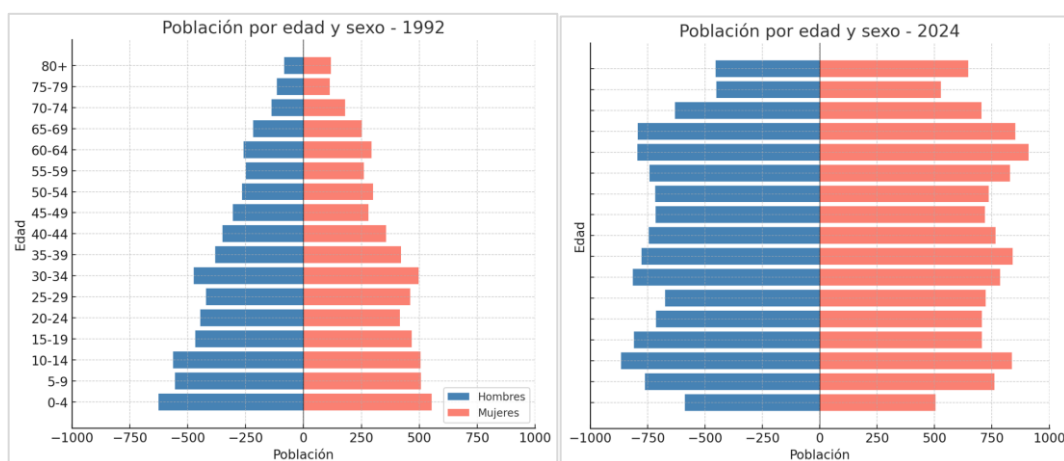


Figura 4: Comparación pirámide poblacional períodos intercensales 1992-2024. Fuente: INE, Elaboración propia.

2.1.2 Ámbito Socio-Cultural

2.1.2.1 Vivienda

Cartagena cuenta con un total de 18.209 viviendas censadas, al año 2024, de las cuales 9.629 son viviendas particulares ocupadas. Esto implica que más del 47% de las viviendas no están ocupadas de forma permanente, lo que podría reflejar un alto uso estacional, frecuente en comunas costeras.

La concentración de viviendas de la comuna se localiza en Cartagena urbano con un 97% de las viviendas. Los demás asentamientos de población de la comuna se localizan en Lo Abarca, Lo Zarate, El Turco, Los Lunes, Quebrada Honda y Cajón de la Magdalena, como se muestran en la siguiente figura.

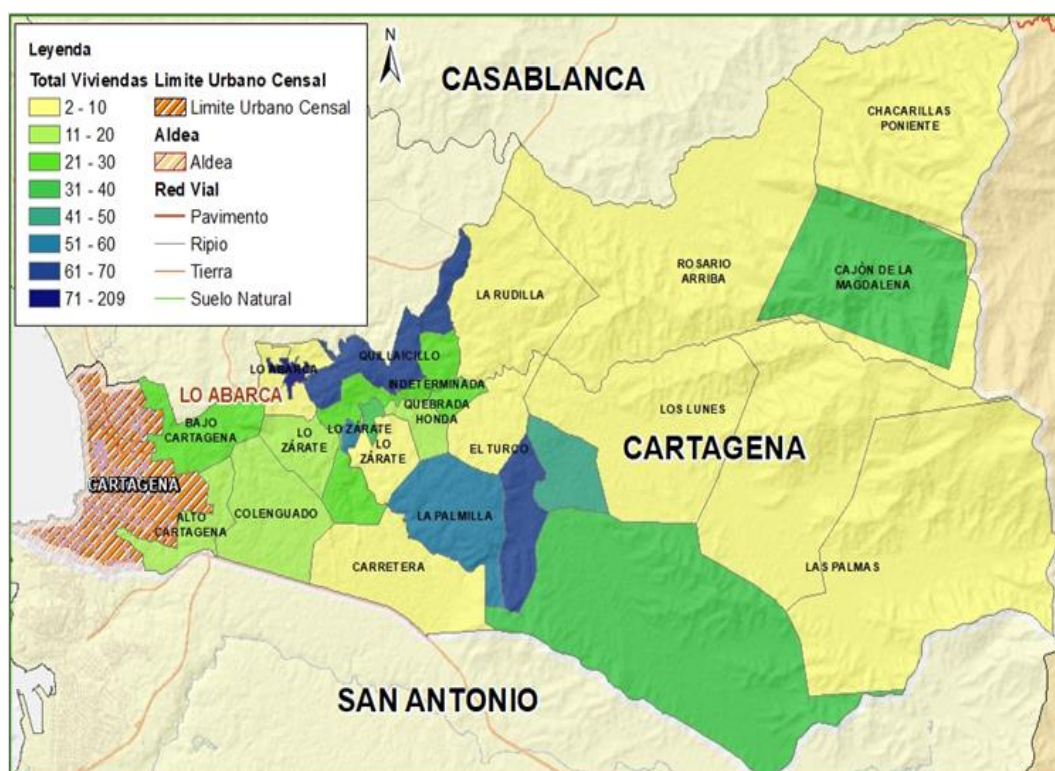


Figura 5: Viviendas por entidad censal Censo 2017. Fuente: INE, Elaboración propia

En cuanto a la calidad de las viviendas, de acuerdo con los datos a la fecha, se puede señalar que para el censo de 2017 el 74% de las unidades habitacionales eran consideradas con materialidad aceptable, mientras que un 25% presentaba condiciones recuperables y solo un 1% era catalogado como irrecuperable. Esta distribución sugiere que, si bien la mayoría de las viviendas mantenían condiciones estructurales adecuadas, persistía un porcentaje no menor con necesidades de mejoramiento.

2.1.2.2 Educación

Según el Censo 2024, los años de escolaridad promedio de la comuna alcanza los 9,4 años equivalente a una formación mayoritariamente de enseñanza básica completa. Y los años de estudio completados por la población de 18 años o más es de 10,9 años. Ambos valores por debajo de los promedios regionales.

Por otra parte, la asistencia escolar en la comuna muestra niveles elevados en educación básica y media, alcanzando un 94,5% y un 86,2% respectivamente. No obstante, la cobertura en educación preescolar y superior baja significativamente, con un 45,5% de asistencia en educación parvularia y un 32,2 % de asistencia a la educación superior.

2.1.2.3 Infraestructura educación

La comuna de Cartagena cuenta actualmente con siete establecimientos educacionales municipales y ocho establecimientos particulares subvencionados, donde se distribuyen todos los niveles de educación pre-básica, básica y media.

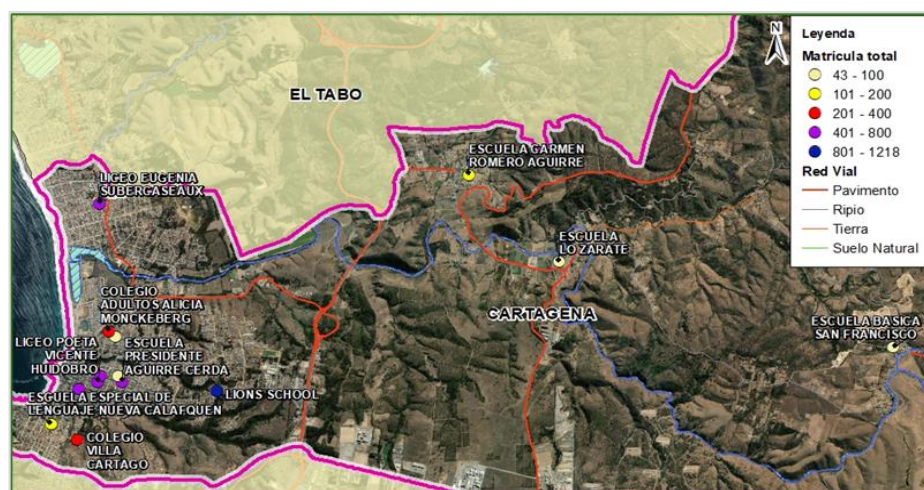


Figura 6: Localización de establecimientos educacionales por cantidad total de matrículas. Fuente: Biblioteca del Congreso Nacional, Elaboración propia.

Del total de establecimientos educacionales de la comuna, ocho establecimientos escolares y cuatro jardines infantiles se han incorporado al Sistema de Certificación Ambiental para Establecimientos Educacionales (SNCAE). En este programa se desarrollan líneas de acción complementarias para fortalecer la responsabilidad ambiental, el cuidado y protección del medio ambiente y la generación de redes asociativas para la gestión ambiental local. De acuerdo con el registro de SNCAE (Ministerio del Medio Ambiente, s.f.), en 2024, había tres establecimientos con certificación vigente, y el resto en proceso de certificación.

2.1.2.4 Infraestructura Salud

Según el Boletín Estadístico 2024 de la Biblioteca del Congreso Nacional, la población inscrita y validada para el financiamiento de la atención primaria de salud en establecimientos municipales de la comuna corresponde a 27.438 personas (BCN, 2024).

En cuanto al equipamiento de salud perteneciente al Sistema Nacional de Servicios de Salud, en 2024 la comuna de Cartagena cuenta con solo 6 establecimientos de salud. Estos establecimientos se concentran en el primer nivel de atención e incluyen:

- 1 Centro Comunitario de Salud Familiar (CECOSF)
- 1 Centro de Salud Familiar (CESFAM)
- 1 Servicio de Atención Primaria de Urgencia (SAPU)
- Postas de Salud Rural (PSR)

No se registran hospitales, centros especializados, consultorios urbanos, ni centros de salud mental.

2.1.2.5 Recreación: áreas verdes y patrimonio cultural

De acuerdo con antecedentes del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, la comuna cuenta con 25 plazas en su área urbana, que en suma abarcan una superficie de 49.842,89 metros cuadrados. La de mayor superficie corresponde al Mirador Vista Hermosa con 10.859 m². El índice de áreas verdes por habitantes es de 1,9 m², lo que se encuentra muy por debajo de lo recomendado por la OMS², cuyo estándar es de 9 m².

Para abordar esta problemática, el nuevo Plan Regulador Comunal (PRC), propone ampliar la cobertura de áreas verdes a través de un sistema que se basa en la integración de quebradas urbanas como bienes nacionales de uso público y la implementación de corredores-parque a lo largo de las principales vías estructurantes; lo cual podría ser una oportunidad para que la Estrategia Energética Local (EEL) de Cartagena proponga algún tipo de intervención para áreas existentes y nuevas proyectadas.

En el ámbito cultural, Cartagena destaca en la provincia de San Antonio por su valioso patrimonio ligado a su historia como uno de los principales balnearios tradicionales en el siglo XX. Esta identidad urbana ha sido reconocida en el proceso de actualización del PRC como un eje estratégico para la diversificación turística, el fortalecimiento de la cultura local y la calidad del entorno urbano.

Actualmente, Cartagena cuenta con protección patrimonial formal bajo dos figuras del Consejo de Monumentos Nacionales (CMN):

- Zona Típica de Cartagena, ubicada en el frente urbano costero centro-sur y en el entorno de la Casa y Tumba del Poeta Vicente Huidobro.

² INE, 2019: Indicadores de Calidad de Plazas y parques Urbanos.



- Dos Monumentos Históricos:
 - Tumba del Poeta Vicente Huidobro, declarada MH por Decreto N.º 171 (1992)
 - Estación de Ferrocarriles de Cartagena, declarada MH por Decreto N.º 287 (1994), actualmente recuperada como centro cultural

2.1.3 Ámbito económico

Durante toda la última década, las empresas de tamaño micro y pequeñas han conformado la gran mayoría del sistema empresarial de la comuna. En 2014 existían 920 empresas micro, y al 2023 éstas aumentaron a 1.064, lo que representa un incremento del 15,6%. Este patrón indicaría que Cartagena tiene un entramado productivo basado principalmente en pequeños negocios y emprendimientos familiares, vinculados al comercio, servicios personales, turismo y actividades informales.

El ecosistema económico de Cartagena ha estado dominado por cuatro rubros principales en términos de número de empresas y trabajadores:

- Comercio al por mayor y al por menor
- Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca
- Construcción
- Actividades de alojamiento y servicios de comidas

Estos sectores concentran la mayoría del empleo y del total de unidades económicas, configurando una estructura productiva basada en servicios, actividades primarias y rubros con alta estacionalidad, especialmente vinculados al turismo.

2.2 Instrumentos de Planificación

En este capítulo se analizan los principales instrumentos estratégicos o de planificación comunal, regional y nacional que tienen incidencia en los lineamientos que guían la Estrategia Energética Local (EEL). Para ello se abordan tanto instrumentos de planificación estratégica como de ordenamiento territorial. El ordenamiento territorial (OT) es una actividad de planificación que tiene como objetivo organizar las actividades en el espacio de manera sostenible, y se concreta a través de planes que establecen una "zonificación", definiendo los usos del suelo permitidos y prohibidos, y "ordenanzas" que detallan las condiciones para urbanizar o preservar estas áreas. Las disposiciones de los planes de OT pueden ser indicativos o normativos. El enfoque indicativo se utiliza para entregar lineamientos estratégicos respecto al destino, uso y vocación del territorio, en esta categoría se ubican: Políticas, Estrategias, Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO), entre otros. El esquema normativo ofrece la ventaja de la certeza, respaldado por una norma y una ley. Estos pueden ser: Planes Reguladores Comunales, Planes Reguladores Intercomunales, Seccionales, Límite Urbano y Planes de Descontaminación Atmosférica, entre otros³.

³ El Artículo 1.1.2 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) define Instrumento de Planificación Territorial, como "vocablo referido genérica e indistintamente al Plan Regional de Desarrollo Urbano, al Plan Regulador Intercomunal o Metropolitano, al Plan Regulador Comunal, al Plan Seccional y al Límite Urbano.



A continuación, se presenta un resumen de los principales instrumentos indicativos y normativos que dan contexto a la presente Estrategia Energética Local. Se ordenan desde nivel nacional hasta comunal.

2.2.1 Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) Chile/ Actualización 2020 Y Fortalecimiento 2022:

Los NCD son compromisos climáticos nacionales establecidos por los países en el Marco del Acuerdo de París 2015 (Ministerio del Medioambiente, 2024), y por tanto, actúa como instrumento indicativo clave para la formulación de políticas públicas sectoriales, incluyendo el sector energía, al establecer metas de reducción de emisiones, adaptación y justicia climática; Los NCD detallan lo que hará cada país, para cumplir el objetivo de limitar un aumento medio de la temperatura mundial a 1,5 °C, adaptarse al impacto climático y garantizar una financiación suficiente para lograr estas metas. Los ámbitos de compromiso de las NDC 2020 y reforzada el 2022 son:

- Transición socio-ecológica justa
- Ley Marco de Cambio Climático, carbono neutralidad y resiliencia
- Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP): transformaciones sectoriales e implementación
- Escenarios de emisiones de Metano (CH₄) y nuevo compromiso⁴

En el sector Energía, la mayor reducción de emisiones de metano esperada se deriva de los compromisos actuales de mitigación de gases de efecto invernadero y todas aquellas acciones que reducen la combustión de combustibles fósiles (MMA, 2020).

2.2.2 Estrategia Climática a Largo Plazo:

La Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP) de Chile es una hoja de ruta que establece los objetivos y metas sectoriales para que el país alcance la carbono neutralidad y resiliencia climática a más tardar en 2050. Este instrumento define lineamientos generales a 30 años, orientando acciones transversales e integradas para enfrentar los desafíos del cambio climático (MMA, 2024).

La ECLP incluye metas específicas, como:

- 2025: Retirar el 65% de la generación a carbón de la matriz energética nacional.
- 2030: Lograr que el 80% de la generación eléctrica provenga de fuentes renovables.
- 2040: Alcanzar que el 100% del transporte público sea de emisión cero.
- 2050: Contar con una matriz energética 100% cero emisiones y reducir en un 70% las emisiones de la industria y minería.

⁴ En línea con el Compromiso Global de Metano adoptado en la COP26, Chile se ha comprometido a reducir las emisiones antropogénicas de metano en al menos un 30% para 2030, tomando como referencia los niveles de 2020.



La EEL de Cartagena adopta las metas sectoriales de la ECLP en el diseño de su plan de acción, fomentando el retiro progresivo de tecnologías contaminantes, el impulso a la generación renovable, la electromovilidad y la reducción de emisiones en sectores productivos locales, bajo una perspectiva de corto, mediano y largo plazo.

2.2.3 Política Energética de Chile al 2050 (actualización 2022):

La Política Energética Nacional 2050 de Chile (PEN), actualizada en 2022 (Ministerio de Energía, 2022), establece una visión a largo plazo para el sector energético del país, orientada hacia una transición sostenible y resiliente. Esta actualización incorpora avances tecnológicos y cambios en el contexto nacional e internacional, reafirmando compromisos como:

- Carbono neutralidad al 2050: implementar medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector energético.
- Desarrollo de energías renovables: promover la diversificación de la matriz energética mediante fuentes limpias y sostenibles.
- Eficiencia energética: fomentar el uso eficiente de la energía en todos los sectores de la economía.
- Participación ciudadana: involucrar a la sociedad en la toma de decisiones relacionadas con la energía.

A su vez, la Política Energética, establece tres grandes propósitos que orientan la transición energética hacia un sistema sustentable, inclusivo y resiliente, y que configuran un marco de desarrollo para la EEL. Estos propósitos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 1: Principales Metas Política Energética de Chile al 2050 y su incidencia en EEL de Cartagena. Fuente: Elaboración propia a partir de Metas Política Energética de Chile al 2050 (Ministerio de Energía, 2024)

Propósito	Metas Asociadas	Estrategia Energética Local de Cartagena
1. Protagonistas de la ambición climática	- 100% generación eléctrica a partir de energías cero emisiones al 2050 y 80% de energías renovables al 2030.	Promueve proyectos locales de energías renovables públicos y privados.
	- Reducción del 60% de emisiones de GEI en el sector energético al 2050, respecto a 2018, logrando carbono neutralidad antes del 2050.	Contribuye al cumplimiento de metas nacionales desde el ámbito local.
	- Reducción del 70% de emisiones de GEI en los sectores industrial y minero al 2050.	Fomento a la disminución de emisiones de GEI en sector industrial de la comuna.
	- Precio al carbono de al menos 35 USD por tonelada de CO2 al 2030.	No tiene relación directa.
	- 70% de combustibles cero emisiones en usos energéticos finales no eléctricos al 2050.	Acciones en ámbito de la electromovilidad en el transporte local.



2. Energía para una mejor calidad de vida	- 100% acceso a electricidad para todos los hogares al 2030 y acceso a energía limpia para calefacción, agua caliente y cocina al 2040.	Acciones dirigidas a resolver pobreza energética
	- Reducción del 70% de contaminación por material particulado fino (MP 2,5) al 2050.	Acciones sobre las fuentes contaminantes (leña y otros)
	- 100% leña seca en todos los centros urbanos al 2030.	Acciones en el uso extensivo de leña de calidad.
	- 100% de las edificaciones nuevas (residenciales y no residenciales) con estándar de “consumo de energía neta cero”.	Estímulo al uso de estándares sostenibles en construcciones locales.
	- 35% del parque de viviendas está acondicionado térmicamente al 2050, con 10% bajo estándar de energía neta cero.	Acciones dirigidas al acondicionamiento térmico en viviendas locales.
	- 100% transporte público urbano y taxis cero emisiones al 2040; 60% de vehículos particulares y comerciales cero emisiones al 2050.	Acciones dirigidas a la electromovilidad.
3. Nueva identidad productiva para Chile	- 6.000 MW en sistemas de almacenamiento de energía al 2050 (2.000 MW al 2030).	No tiene relación directa.
	- Participación de 500 MW de organizaciones indígenas o rurales en generación eléctrica al 2050 (100 MW al 2030).	Acciones dirigidas al uso de ERNC en comunidades rurales de la comuna
	- Paridad de género en cargos directivos y remuneraciones en el sector energético al 2040.	EEL considerar perspectiva de género
	- 25% de mejora en la intensidad energética de grandes consumidores al 2050 respecto al 2021.	No tiene relación directa.
	- 100% de los proyectos energéticos con medidas de resguardo ambiental al 2030, como enfoque de pérdida neta cero de biodiversidad.	Acciones dirigidas a educar en Torno a los impactos ambientales locales.
	- El total de las controversias relacionadas con proyectos energéticos al 2050 se resolverá mediante diálogo o mecanismos de resolución participativos	Incentiva diálogos comunitarios de consenso para el desarrollo energético de la comuna

2.2.4 Plan de Desarrollo Comunal PLADECO Cartagena 2022 - 2026

El Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO) de Cartagena 2022–2026 es el principal instrumento de planificación estratégica de la gestión municipal, orientado a promover el desarrollo integral, equitativo y sustentable de la comuna. Su elaboración incluyó un robusto proceso participativo con la comunidad y los actores relevantes, lo cual lo convierte en un reflejo legítimo de las aspiraciones colectivas del territorio.

Este instrumento se estructura en torno a cinco dimensiones clave del desarrollo comunal:

- Desarrollo económico local
- Desarrollo ambiental
- Desarrollo social e inclusivo
- Desarrollo territorial y urbano



- Desarrollo institucional

Además, considera ejes transversales como la seguridad ciudadana, la protección civil, la gestión del riesgo de desastres y la promoción del patrimonio y la participación ciudadana. Cada dimensión cuenta con objetivos estratégicos, lineamientos, una cartera priorizada de inversiones y un sistema de seguimiento y evaluación, lo cual le da al PLADECO una estructura integral y operativa.

La importancia del PLADECO de Cartagena 2022–2026 para la Estrategia Energética Local (EEL) radica en que establece la visión de desarrollo sostenible, inclusivo y con equidad territorial de la comuna, principios que son coherentes con los objetivos de una transición energética justa. El PLADECO entrega un diagnóstico detallado del territorio, identificando brechas críticas en infraestructura, acceso a servicios básicos, gestión ambiental y condiciones de habitabilidad, lo cual permite focalizar territorialmente las acciones energéticas. Además, promueve el fortalecimiento del turismo no estacional y del desarrollo rural, abriendo oportunidades para implementar soluciones energéticas sostenibles en sectores productivos locales. Su enfoque participativo y su preocupación por la equidad social refuerzan el compromiso de incluir a los grupos vulnerables en los beneficios de la transición energética. Asimismo, plantea la necesidad de fortalecer la gestión municipal, lo que favorece la incorporación de capacidades institucionales para diseñar, implementar y monitorear políticas energéticas a nivel comunal. En este sentido, el PLADECO constituye una base estratégica y operativa clave para articular la EEL con las prioridades de desarrollo local de Cartagena.

2.2.5 Plan de Acción Comunal de Cambio Climático (PACCC) de Cartagena

El Plan de Acción Comunal de Cambio Climático (PACCC) de la comuna de Cartagena, elaborado por Dinámica Costera en mayo de 2025, es un documento estratégico que establece las acciones y metas que la comuna implementará a corto, mediano y largo plazo (horizonte de 5 años) para abordar los desafíos del cambio climático. En cumplimiento de la Ley Marco de Cambio Climático, el PACCC incluye:

- Diagnóstico de vulnerabilidades e impactos climáticos en Cartagena.
- 14 medidas concretas (adaptación, mitigación y mixtas), tanto estructurales como no estructurales.
- Un enfoque participativo que involucró talleres con la comunidad y análisis técnico basado en plataformas como ARCLIM.
- Cadena de impactos priorizadas para el turismo, recursos hídricos y gestión de riesgos (por ejemplo: pérdida de playas, incendios forestales, disminución del agua potable, aumento de olas de calor).
- Listado de Medidas del PACCC de Cartagena

a) Medidas de Adaptación

- Implementación de infraestructura verde en espacios públicos para combatir islas de calor urbano.
- Promoción de soluciones basadas en la naturaleza para el control de la erosión costera.



- Mejoramiento de la gestión del recurso hídrico para consumo humano.
- Rehabilitación de humedales y ecosistemas costeros.
- Desarrollo de sistemas de alerta temprana y protocolos de emergencia para olas de calor e incendios forestales.
- Fortalecimiento de capacidades de gestión del riesgo a nivel municipal y comunitario.
- Incorporación de criterios de resiliencia climática en instrumentos de planificación urbana y territorial.

b) Medidas de Mitigación

- Impulso a la eficiencia energética en edificaciones municipales y comunitarias.
- Fomento del uso de energías renovables en edificios públicos, viviendas y sector productivo.
- Promoción del transporte bajo en emisiones (movilidad activa, electromovilidad local).
- Gestión integral de residuos sólidos urbanos con enfoque de economía circular.

c) Medidas Mixtas

- Campañas de educación ambiental y cambio climático, con enfoque en adaptación y mitigación.
- Promoción de prácticas de turismo sustentable y bajo en carbono.
- Fomento a la participación ciudadana en acciones de cambio climático y gobernanza local.

Importancia para Cartagena: PACCC orienta las prioridades de adaptación y mitigación del cambio climático, lo que permite a la EEL alinear sus medidas con acciones complementarias, como la eficiencia energética en viviendas vulnerables, la promoción de energías renovables no convencionales en sectores productivos locales, o la gestión sustentable de residuos con fines energéticos.



3 Diagnóstico de la pobreza energética

De acuerdo con la definición proporcionada por la Red de Pobreza Energética y el Ministerio de Energía, la pobreza energética (PE) se refiere a aquella situación en que un hogar no tiene accesos equitativos a servicios energéticos de alta calidad para cubrir sus necesidades fundamentales y básicas que permiten sostener el desarrollo humano y económico de sus miembros⁵.

El objetivo de integrar indicadores de Pobreza Energética (PE) en las Estrategias Energéticas Locales (EEL) es profundizar en el conocimiento sobre el acceso y uso de la energía en los hogares de la comuna. El análisis comunal de PE proporciona datos fundamentales para la planificación y gestión energética, buscando un acceso equitativo a servicios energéticos de calidad.

La pobreza energética abarca dimensiones de acceso, calidad, habitabilidad y equidad, dimensiones que se vinculan a la presencia de servicios básicos y condiciones de confort en materia energética en la población de un territorio determinado. La siguiente tabla describe estas dimensiones e indicadores asociados.

Tabla 2: Dimensiones e indicadores de pobreza energética. Fuente: Elaboración propia a partir de información de Ministerio de Energía, 2024.

Dimensiones			
Acceso Físico	Calidad	Habitabilidad	Equidad
Indicadores por dimensiones			
Hogares sin acceso a electricidad	Duración de interrupciones del servicio eléctrico	Viviendas construidas antes de la normativa térmica (2000)	Hogares en situación de pobreza por ingresos y/o multidimensional.
Hogares que no poseen acceso a cocción de alimentos y cocina.	Hogares que utilizan leña o carbón para cocinar	Viviendas con un índice de materialidad irrecuperable.	
Hogares que no poseen acceso a Agua Caliente Sanitaria (ACS)	Hogares que utilizan como fuente de energía leña o carbón para Agua Caliente Sanitaria	Proporción de hogares que forman parte de campamentos.	
Acceso a calefacción en zonas térmicas que lo requieren	Hogares que utilizan leña o carbón para calefacción en zonas climáticas frías.		

Según la Guía Metodológica para la elaboración de EEL de la Agencia de Sostenibilidad Energética, el desarrollar un análisis comunal de PE permite aportar con datos fundamentales para la planificación y gestión energética territorial enfocados en servicios energéticos tales como el uso doméstico de electricidad, cocción de alimentos, calefacción, agua caliente sanitaria y materialidad de las viviendas, entre otros.




⁵ Red de Pobreza energética 2019.



Los indicadores de Pobreza Energética se calcularon en base a la Encuesta CASEN 2017, que es la que se utiliza actualmente para estos efectos, al no disponer de otra fuente de datos más completa.

Esto considerando que esta encuesta posee datos de expansión comunal que permite comparaciones consistentes entre comunas. Versiones posteriores aún no ofrecen una cobertura comunal completa o validada para estos indicadores. De acuerdo con este procedimiento se hizo una estimación de una muestra de 11.082 hogares totales, estimados a partir del factor de expansión comunal, proporcionado por la metodología de la encuesta CASEN 2017⁶. Estos se reparten en 9.750 hogares urbanos, y 1.293 hogares rurales. A continuación, se presenta el cuadro resumen con los indicadores más relevantes calculados



Tabla 3: Indicadores de pobreza energética en su dimensión de acceso. Fuente: Elaboración propia a partir de datos CASEN (Mideso, 2017) y Mapa de Vulnerabilidad Energética (Ministerio de Energía, 2019).

Dimensión	Umbral Pobreza Energética	Índice %
Acceso Físico	Hogares sin acceso a electricidad 	De acuerdo con la Encuesta CASEN 2017, en la comuna de Cartagena no habría hogares sin acceso a electricidad. Lo que estaría bajo el indicador regional para la misma categoría que es de 0,1%.
	Hogares que sin acceso a Agua Caliente Sanitaria (ACS) 	En cuanto a ACS, hay un 2 % de hogares en la comuna sin ACS, esto es 236 hogares, los que se reparten uniformemente entre el sector rural y urbano (1% respectivamente)
	Hogares sin acceso a calefacción en zonas térmicas que lo requieren. 	En Cartagena, un 8,7 % de hogares no posee calefacción (1.428 hogares), la mayoría de ellos, se ubican en sector urbano. Cartagena pertenece a la zona térmica C

En términos generales, en la dimensión acceso físico a la energía, los indicadores de pobreza energética con valores más altos están reflejados en servicios de ACS y acceso a la calefacción. Para evaluar el impacto que estos tienen, es necesario integrarlos con los indicadores de pobreza multidimensional que se presentan en cuadros posteriores. En cuanto a acceso a calefacción Cartagena pertenece a la zona C, de acuerdo con la Norma Chilena 1079, zona climática de Chile que se caracteriza por un clima templado y húmedo, con temperaturas moderadas y alta humedad relativa. Para esta zona, la norma recomienda considerar el aislamiento térmico en las edificaciones, con recomendación de calefacción.

⁶ El número puede diferir del número de hogares registrados por el Censo del mismo año, pero metodológicamente se trabaja con el factor de expansión comunal de la CASEN, Sin embargo, los órdenes de magnitud son similares, así como las conclusiones del indicador.

Tabla 4: Indicadores de pobreza energética en su dimensión de calidad. Fuente: Elaboración propia a partir de información de Energía Abierta y Casen 2017.

Dimensión	Umbral Pobreza Energética	Índice %
Calidad	Duración de interrupciones del servicio eléctrico 	Valor promedio anual de 4,1 horas de interrupción. Cumple la norma técnica para este caso de 9 horas (promedio entre los años 2018 y 2023)
	Hogares que utilizan leña o carbón para calefacción en zonas climáticas frías. 	La proporción de hogares que utilizan leña o carbón, o parafina para calefacción de acuerdo a CASEN 2017 alcanza un 29%, con un total de 3.214 hogares, 25% ubicado en la zona urbana de la comuna, valor por debajo del promedio nacional de 65,7 %.




Dentro de los indicadores de calidad, el primer indicador que se analiza es la duración de la interrupción del servicio eléctrico por sobre la norma técnica (sin considerar fuerza mayor) a partir del indicador SAIDI⁷. Teniendo en cuenta que la mayor parte de la red eléctrica de Cartagena es de baja tensión, se considera que el límite exigible por la norma técnica es de 9 horas para el indicador SAIDI. Aunque para sectores con media tensión el límite debería ser más exigente de solo 5 horas. Si se toma el promedio entre los años 2018 y 2023 del SAIDI sin interrupciones de fuerza mayor, se obtiene un valor promedio anual de 4,1 horas de interrupción, el cual es menor a las 9 horas límites establecidas por la normativa técnica, incluso considerando el límite más exigente de las 5 horas de suspensión de suministro para instalaciones de media tensión.

Respecto a los indicadores que evalúan la calidad de las fuentes de energía utilizados por los hogares para cocción de alimentos y agua caliente sanitaria (ACS), se puede señalar que, en ambos casos, la proporción de energéticos de mala calidad (leña y carbón) es muy baja, siendo un 0% en el caso de cocción de alimentos y 2 % en el caso de ACS, del total de la población comunal. Esta situación cambia en el caso de la calefacción, donde el porcentaje de uso leña para calefacción en los hogares alcanza un 29% del total de hogares. Por lo tanto, es un aspecto para considerar en la implementación de medidas en la EEL, sobre todo apuntando al uso de la leña seca y su certificación.

⁷ El SAIDI refleja la duración promedio, en horas, de los cortes de energía eléctrica y se compone de causas externas, internas y de fuerza mayor. El indicador evalúa el porcentaje de tiempo fuera de norma de la duración de los cortes, debido a causas externas e internas. La parte más estricta de la norma dice que la duración de los cortes no puede exceder las 6 horas.



Tabla 5: Indicadores de pobreza energética en su dimensión de calidad – habitabilidad. Fuente: Elaboración propia con información de CASEN 2017; Censo 2017; Censo 2012, Techo. 2022/23.

Dimensión	Umbral Pobreza Energética	Índice %
Habitabilidad (Calidad)	Proporción de viviendas construidas antes de la entrada en vigencia de la normativa térmica del año 2000. 	La proporción de hogares cuyas viviendas se construyeron previo a la entrada en vigencia de la norma térmica, se estima en 11.389, es decir un 62,5% del total de viviendas censadas hasta el 2024. Se estima que el total de estas viviendas no poseen aislamiento térmico y, por lo tanto, poseen deficientes condiciones de habitabilidad interior.
	Viviendas con un índice de materialidad irrecuperable 	De acuerdo con el registro CASEN 2017, en la comuna de Cartagena, no habría registro de hogares asociados a viviendas en categoría de irrecuperable. Este indicador según datos del Censo del mismo año alcanza solo un 1%.
	Proporción de hogares en campamentos 	De acuerdo tanto a los registros de Techo Chile, en la Comuna existen 13 campamentos activos. MINVU también registra 13 campamentos activos, pero ambas fuentes no son totalmente coincidentes.


Otra perspectiva de la dimensión de calidad es la habitabilidad, cuyos indicadores evaluados se relacionan con calidad de la vivienda y desempeño energético. El primer indicador de habitabilidad es la proporción de viviendas construidas antes de la normativa técnica del 2000, referida a las condiciones de aislamiento térmico de las viviendas construidas⁸. La proporción de viviendas estimadas para Cartagena es bastante alta, esto significa que un 62,5 % de las viviendas hasta el Censo de 2024, no están cubiertas con la norma técnica puesta en vigencia en el año 2000.

En cuanto a la presencia de campamentos en la comuna, según el catastro oficial más reciente de Techo.org, la comuna de Cartagena cuenta con al menos 13 campamentos activos, lo que confirma la persistencia y expansión de asentamientos precarios en el territorio comunal. Estos campamentos se localizan mayoritariamente en el sector límite con la comuna de San Antonio.

⁸ Año en que entró en vigor la reglamentación térmica que exigió un estándar mínimo de aislación térmica en las techumbres y que luego se complementó en el año 2007 en que entró en vigor la segunda etapa de la reglamentación, exigiendo aislamientos térmicos mínimos también para los muros y ventanas.



Tabla 6: Indicadores de pobreza energética dimensión asequibilidad o equidad. Fuente: Elaboración propia con información de CASEN 2017.

Dimensión	Umbral Pobreza Energética	Índice %
Asequibilidad o Equidad	<p>Proporción de hogares en situación de pobreza multidimensional</p> 	<p>Los hogares en condición de pobreza multidimensional en la comuna respecto al total de hogares, alcanza un 14% de los hogares (1.524 hogares), de los cuales un 12% se concentra en la zona urbana.</p>

El último grupo de indicadores de PE a considerar son los que tienen que ver con la asequibilidad o equidad, los cuales están basados en dos indicadores. Uno que mide la proporción de hogares en situación de pobreza solo considerando la variable ingresos, y otro que mide la pobreza multidimensional⁹. Para este análisis se toma el indicador de pobreza multidimensional, en 5 Dimensiones, porque refleja de mejor manera las distintas variables asociadas a la equidad energética. En este caso, el indicador de pobreza multidimensional para la comuna de Cartagena es de 14% de los hogares (1.524 hogares), de los cuales un 12% se concentra en la zona urbana (CASEN 2017). Los hogares que se encuentran en condición de pobreza multidimensional no solo se caracterizan por limitaciones en los recursos monetarios, sino que alude además a variables socioculturales que permitirían romper el círculo de la pobreza y mejorar las condiciones de bienestar, entre ellas, las condiciones en que habitan el entorno, la vivienda y el uso de la energía.

⁹ La medición de pobreza multidimensional implementada por el Ministerio de Desarrollo Social y Familia toma en cuenta un conjunto de 5 dimensiones y 15 indicadores (3 indicadores en cada dimensión) que buscan identificar si los hogares alcanzan o no un determinado umbral de bienestar. Las dimensiones consideradas en este índice compuesto son: educación, salud, trabajo y seguridad social, vivienda y entorno, y redes y cohesión social. Por cada indicador en que el hogar no consigue superar dicho umbral, se contabiliza una carencia. La suma del total de carencias que registra el hogar entre estos 15 indicadores permite establecer si el hogar junto a todos sus integrantes se encuentra o no en situación de pobreza multidimensional (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2023).

4 Diagnóstico de la Gestión Energética Local

El diagnóstico de la gestión energética local constituye la primera evaluación de línea base de las iniciativas o proyectos de energía local impulsados a nivel comunal. Para ello se levantan aquellas iniciativas sobre las cuales el municipio ha ido trabajando en las distintas categorías del Sello de Comuna Energética. El Sello Comuna Energética es un reconocimiento oficial impulsado por el Ministerio de Energía y la Agencia de Sostenibilidad Energética (AgenciaSE), que certifica y reconoce la calidad de la gestión energética realizada por los municipios en sus territorios¹⁰. Cada acción identificada se considera un avance a ponderar mediante la Herramienta del Sello Comuna Energética, y a articular en el Plan de Acción de la Estrategia Energética Local. Para la Certificación, Cartagena está categorizada con la **tipología de comuna A**, es decir, grandes comunas metropolitanas con alto y/o medio desarrollo y comunas mayores, con desarrollo medio (Manual de Sello Comuna Energética, 2021).

Las fuentes de información que se consideran están fuertemente ligadas al quehacer municipal, y los instrumentos de planificación existentes. Las categorías diagnosticadas son:

- Planificación energética.
- Eficiencia energética e infraestructura
- Energías Renovables y Generación local.
- Organización y Finanzas
- Sensibilización y Cooperación
- Movilidad sostenible.

A modo preliminar, se presenta una primera evaluación por categoría, en base a la información disponible de lo que constituye la línea base Municipal y la proyección con el Plan de Acción definido en la Estrategia Energética Local.

¹⁰ https://www.comunaenergetica.cl/sello-de-comuna-energetica/?utm_source=chatgpt.com



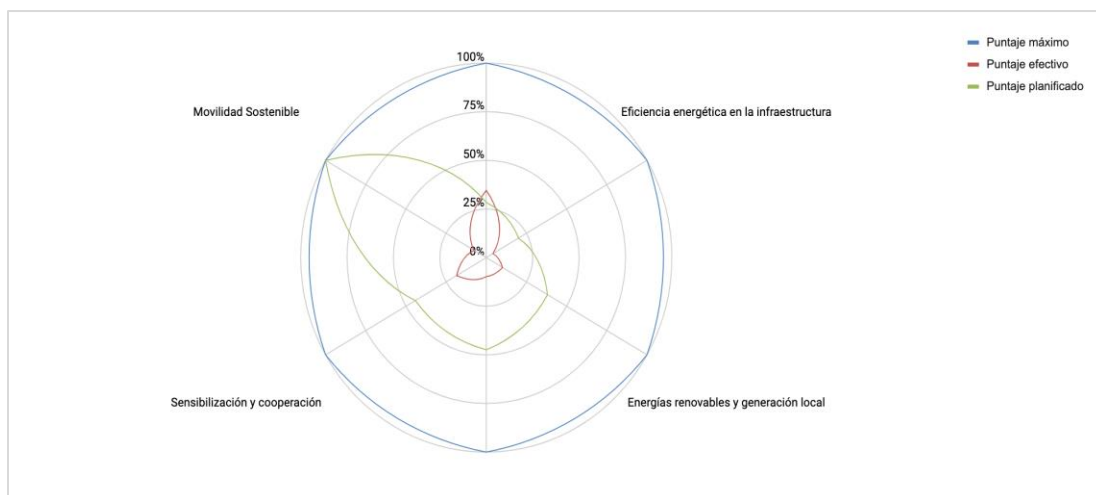


Figura 7: Gráfico línea base iniciativas municipales por categoría Herramienta Sello Comuna Energética.

De este primer análisis se puede sostener que, una de las áreas en que la comuna presenta mayor avance, en la actualidad es en la categoría de Planificación Energética comunal. Destaca en este aspecto que la Comuna de Cartagena, cuenta con un PLADECO recientemente actualizado, donde está presente como hito el desarrollo de la Estrategia Energética Local, y complementariamente, cuenta con un Plan de Acción Comunal de Cambio Climático aprobado. De esta forma, la política medioambiental se alinea con el desarrollo de la presente Estrategia.

Otra iniciativa de interés en la comuna es el desarrollo de un proyecto en 2023 denominado “Energización con sistemas fotovoltaicos y baterías para 8 familias del sector las Chacarillas” postulado por la municipalidad de Cartagena y financiado por la SUBDERE, actualmente en funcionamiento, asociado a la categoría Energías Renovables y Generación Local.

En términos de proyección y considerando las iniciativas priorizadas en el marco del Plan de Acción de la Estrategia Energética Local, se puede observar un foco importante en proyectos de Movilidad sostenible. Luego, el resto de las iniciativas por categorías está más o menos equilibrado en cuanto a número de iniciativas. El puntaje que se obtendría de concretarse todas las iniciativas planteadas es de 116 puntos, con un 42% de cumplimiento, con lo que se podría certificar en un Nivel Básico.

Tabla 7: Puntaje línea base, planificado y máximo por Categoría Sello Comuna Energética.

Componente	Puntaje máximo	Puntaje efectivo	Puntaje planificado
Planificación energética	46	16	13
Eficiencia energética en la infraestructura	50	2	10
Energías renovables y generación local	50	5	19
Organización y finanzas	40	4	19
Sensibilización y cooperación	66	12	29
Movilidad Sostenible	26	2	26
TOTAL	278	41	116

5 Diagnóstico de la Disponibilidad y Uso de la Energía

5.1 Oferta Energética

5.1.1 Generación eléctrica

La comuna de Cartagena consume energía eléctrica del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) cuya capacidad instalada al cierre del año 2024 fue la que se puede apreciar en la siguiente Figura. El valor indicado en la gráfica corresponde a la potencia instalada de cada tecnología en [MW].

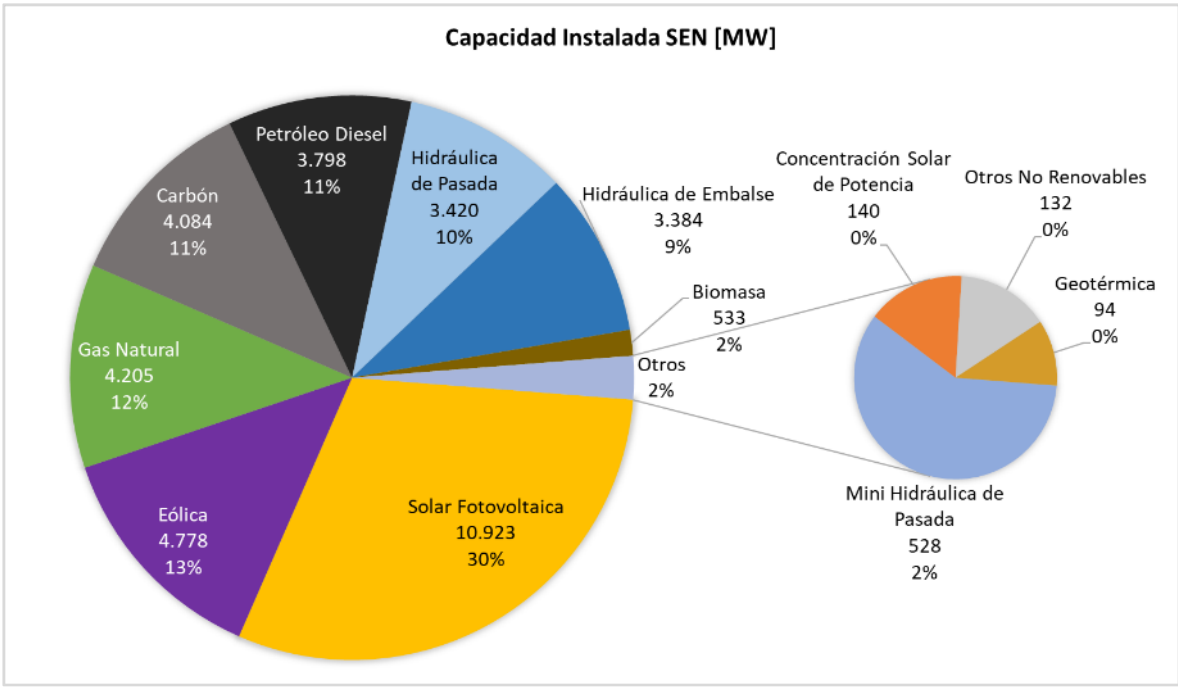


Figura 8: Capacidad Instalada del Sistema Eléctrico Nacional (SEN). Fuente: Elaboración propia a partir de Comisión Nacional de Energía, 2025.

La matriz energética es bastante diversa totalizando 36.019 MW de capacidad instalada de generación bruta y con buena proporción de Energías Renovables, alcanzando éstas el 66,4% de la capacidad instalada, dejando a las fuentes fósiles (Petróleo, Carbón y Gas Natural) solo con el 33,6% de la generación del SEN.

A nivel regional, la Región de Valparaíso totaliza una capacidad instalada más acotada de 3.418 MW con la distribución de fuentes de energía indicada en la siguiente figura.



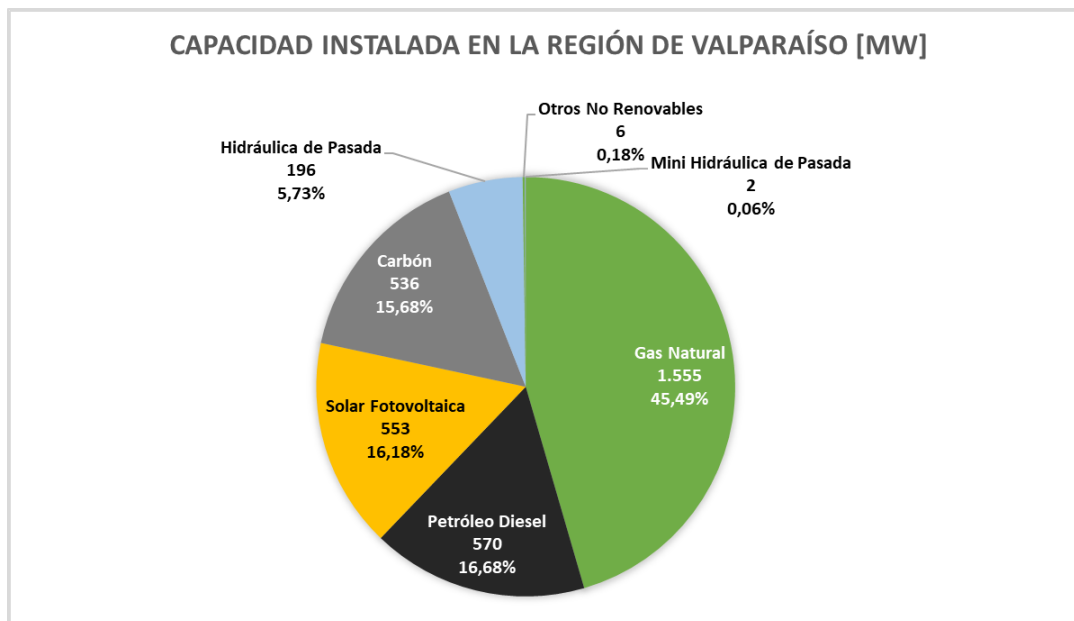


Figura 9: Capacidad Instalada en la región de Valparaíso. Fuente: Elaboración propia a partir de Comisión Nacional de Energía, 2025.

Cabe mencionar la alta presencia de generadoras con energías convencionales, ocupando el 78% del total de la capacidad instalada, contra el 22% de energías renovables, destacando dentro de estas últimas la solar fotovoltaica con un 16% del total de la capacidad instalada en la región. Por otro lado, destaca la importante presencia de plantas generadoras a gas natural, ocupando el 45% de la capacidad instalada en la región.

Cabe destacar que en la comuna de Cartagena a la fecha no se registran plantas de generación energética conectadas al SEN, ni siquiera de tipo PMGD (Pequeño Medio de Generación Distribuida) que corresponden a centrales de generación pequeñas (menores a 9MW). Sin embargo, si existe una planta solar PMGD en construcción y otra de las mismas características aprobada ambientalmente.

Más allá de estos sistemas de generación de mayor envergadura, la comuna de Cartagena si cuenta con ocho (8) instalaciones ERNC de autoconsumo operando bajo la ley 21.118 de generación distribuida o también denominada ley de Net Billing.

Se puede señalar que todas las instalaciones ERNC bajo ley Net Billing en la comuna de Cartagena son de tipo solar fotovoltaicas alcanzando un total de 149,24 kW de capacidad instalada, en donde la mayor parte se encuentra orientada al sector agrícola (81%), además de residenciales (13%) y comerciales (6%). No se observan instalaciones en el sector público.

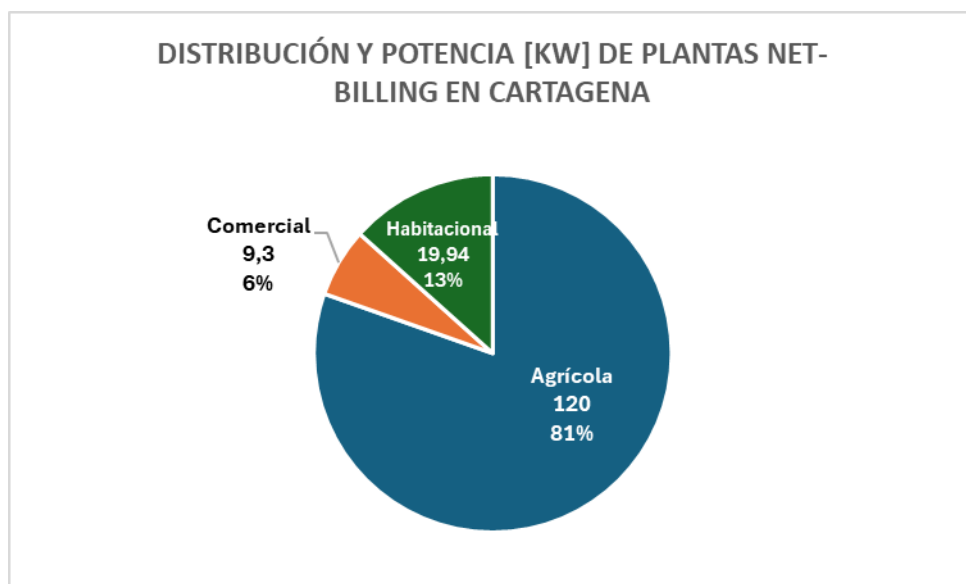


Figura 10: Distribución por sector de plantas ERNC tipo Net-Billing en la comuna de Cartagena. Fuente: Elaboración propia a partir de Energía Abierta, 2025.

5.1.2 Transmisión eléctrica

La comuna de Cartagena cuenta con una línea de transmisión que atraviesa la comuna de norte a sur LAGUNA VERDE – SAN ANTONIO de 66kV de propiedad de Chilquinta. Esta línea se bifurca en dos ramales pasando por TAP San Sebastián Cto 1 y Cto 2, ambas en la comuna de El Tabo, más un tercer ramal hacia la subestación (S/E) “San Sebastián”, también en la comuna de El Tabo, pero prácticamente colindante con la comuna, como se observa en la siguiente cartografía. La comuna no cuenta con subestaciones eléctricas propias, aunque la de “San Sebastián” es la principal que abastece a la comuna. Además, más al sur se encuentra la subestación “San Antonio” en la comuna del mismo nombre.

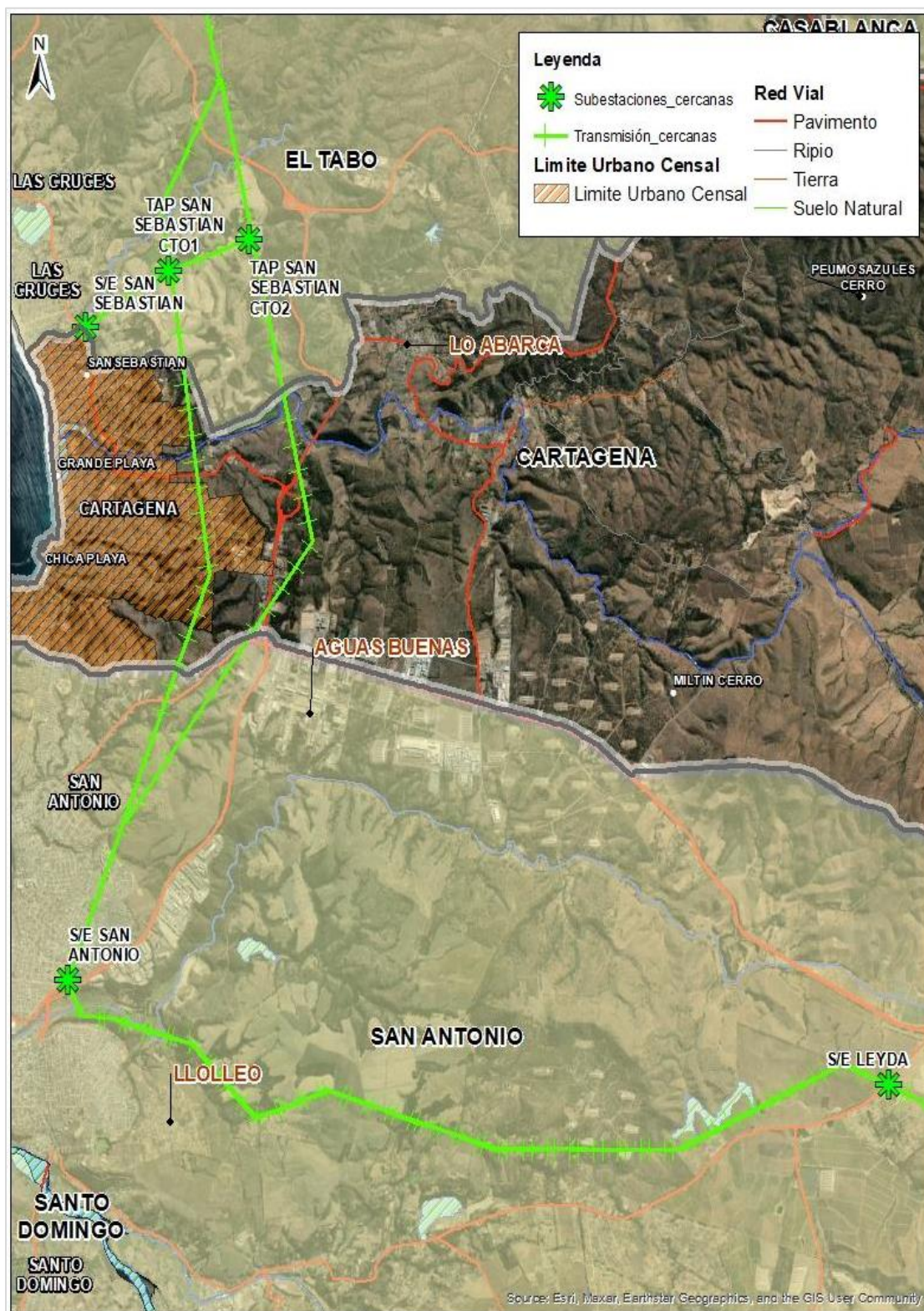


Figura 11: Líneas de transmisión y subestaciones eléctricas en las cercanías de Cartagena. Fuente: Elaboración propia en base a data de plataforma Energía Maps (Comisión Nacional de Energía, 2025).

5.1.3 Distribución eléctrica

El sistema de distribución eléctrico de la comuna de Cartagena está concesionado principalmente a la compañía Chilquinta, quien se encarga de distribuir la energía eléctrica desde el SEN a distintos puntos de la comuna, especialmente a la zona centro de ésta. La distribución hacia el resto de sectores se encuentra concesionada a la compañía Litoral, quien alimenta principalmente a la localidad de San Sebastián y sus alrededores. Así también hay algunos sectores concesionados a la compañía CGE Distribución y EDECSA.

La distribución técnica de electricidad hacia la comuna nace de la subestación San Sebastián y en particular del alimentador Cartagena que forma parte de esta subestación, propiedad de la compañía Chilquinta. Este alimentador tiene una capacidad de 10,5 MVA (Chilquinta, 2025) para alimentar la demanda eléctrica de la comuna. La ubicación del alimentador en la subestación San Sebastián se puede apreciar en la Figura 11.

5.1.4 Combustibles

Los combustibles corresponden a fuentes de energía necesarios para ofrecer por una parte energía térmica, es decir usos de calor como producción de agua caliente sanitaria (ACS), calefacción, cocción y uso directo en procesos industriales. Pero, además, los combustibles tienen usos asociados a transporte terrestre, marítimo y/o aéreo, tanto para uso de las personas mediante automóviles, como para uso industrial en maquinarias agrícolas, forestales, entre otros.

De acuerdo con el portal de Energía Maps, de la Comisión Nacional de Energía, en la comuna de Cartagena no se observa la presencia de oleoductos o gasoductos cercanos, por lo tanto, el suministro de gas y derivados del petróleo se sustenta en el transporte terrestre de éste. En este sentido, se analiza la disponibilidad de oferta de combustibles, tanto líquidos como sólidos y gaseosos en la comuna.

En la comuna de Cartagena se dispone de dos estaciones de servicio de venta de combustibles líquidos.

De la plataforma Gas en Línea¹¹, de la Comisión Nacional de Energía, se obtiene que en la comuna existe distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) a través de las empresas GASCO, ABASTIBLE y LIPIGAS. Estos canales están dispuestos para la venta minorista de gas, es decir por medio de balones de gas de 5 a 45 kg, como también para suministro de gas a granel para grandes consumidores.

De acuerdo con el sitio Sello de Calidad de Leña de la Agencia de Sostenibilidad Energética¹², se observa que la comuna de Cartagena no cuenta con comercializadores de leña certificados. Sin embargo, en base a la medición del consumo de leña en el país (CDT, 2015), la región de Valparaíso contempla una penetración de la leña en el 18% de los hogares, por lo que se espera que exista de todos modos un mercado informal de venta de este tipo de combustible sólido.

¹¹ <https://gasenlinea.gob.cl/> Consulta Abril 2025.

¹² <https://www.sellocalidadlena.cl/proveedores/> Consulta Abril 2025



5.1.5 Calidad de Suministro Eléctrico

La Norma Técnica de Calidad del Servicio para Sistemas de Distribución del año 2019¹³ de la Comisión Nacional de Energía define la Calidad del Suministro como una componente de la calidad de servicio que permite calificar el suministro entregado por la empresa distribuidora eléctrica y que se caracteriza, entre otros, por la frecuencia, la profundidad y la duración de las interrupciones de suministro.

Las razones por las que se producen interrupciones son múltiples, pero las más frecuentes están asociadas a caída de árboles u objetos sobre las líneas y accidentes como los choques a postes. Sin embargo, a estos factores se suman eventos fuera de la normalidad, que son de mayor complejidad, como los eventos climáticos extremos.

En la regulación eléctrica, las interrupciones de suministro se clasifican en:

- Interrupciones por razones internas: producto de fallas en instalaciones de las empresas del segmento de distribución de electricidad y por causas no atribuibles a Fuerza Mayor.
- Interrupciones por razones externas: producto de fallas en instalaciones de las empresas del segmento de generación y transmisión de electricidad, que no pertenecen a la empresa distribuidora.
- Interrupciones atribuibles a Fuerza Mayor: son aquellas interrupciones que ocurren en instalaciones de la empresa distribuidora y por causas atribuibles a Fuerza Mayor.

La Norma Técnica caracteriza las interrupciones de suministro en los sistemas de distribución en estado normal para lo cual se define el indicador SAIDI que corresponde al tiempo promedio de interrupción por Cliente medido en horas al año en una determinada área. Para su aplicación se deben considerar todas las interrupciones de suministro generadas por fallas o desconexiones en las instalaciones de la empresa distribuidora y que hayan sido mayores a 3 minutos. En cualquier caso, se deben excluir aquellas interrupciones solicitadas por el usuario, así como aquellas que hayan sido calificadas por la SEC como eventos de fuerza mayor o caso fortuito y aquellas asociadas a un estado anormal.

El indicador SAIDI tiene límites definidos en la Norma Técnica de acuerdo con el nivel de densidad de la red de distribución. Y para su estimación no se deben considerar las horas de interrupción debido a fuerza mayor, sino sólo la suma de las interrupciones por factores externos e internos. Dichos límites se detallan a continuación.

¹³ <https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2019/12/Norma-T%C3%A9cnica-de-Calidad-de-Servicio-para-Sistemas-de-Distribuci%C3%B3n.pdf>



Tabla 8: Límites exigibles desde el año 2020 en adelante para el indicador SAIDI. Fuente: Norma técnica de calidad de servicio para sistemas de distribución, (Comisión Nacional de Energía, 2019).

	Densidad de la Red			
	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja Tensión de red	9 hrs	10 hrs	14 hrs	18 hrs
Media Tensión de red	5 hrs	6 hrs	10 hrs	14 hrs

La misma norma, en su Anexo 1, establece que la densidad de la red de distribución para la comuna de Cartagena es la que se indica en la siguiente tabla.

Tabla 9: Densidad de redes de distribución por empresa distribuidora para la Comuna de Cartagena. Fuente: Norma técnica de calidad de servicio para sistemas de distribución, (Comisión Nacional de Energía, 2019).

Empresa	Densidad
CHILQUINTA	Media
LITORAL	Alta

Teniendo en cuenta que la mayor parte de la red eléctrica de Cartagena es de baja tensión, se considera que el límite exigible por la norma técnica es de 9 horas para el indicador SAIDI. Aunque para sectores con media tensión el límite debería ser más exigente de solo 5 horas, para el caso de la distribuidora LITORAL, en el caso de CHILQUINTA se tendría un límite exigible de 10 horas para baja tensión y de 6 horas en media.

La evolución anual del SAIDI¹⁴ para la comuna de Cartagena puede observarse en el gráfico de la figura a continuación, donde se compara con los valores de la región además del promedio nacional.

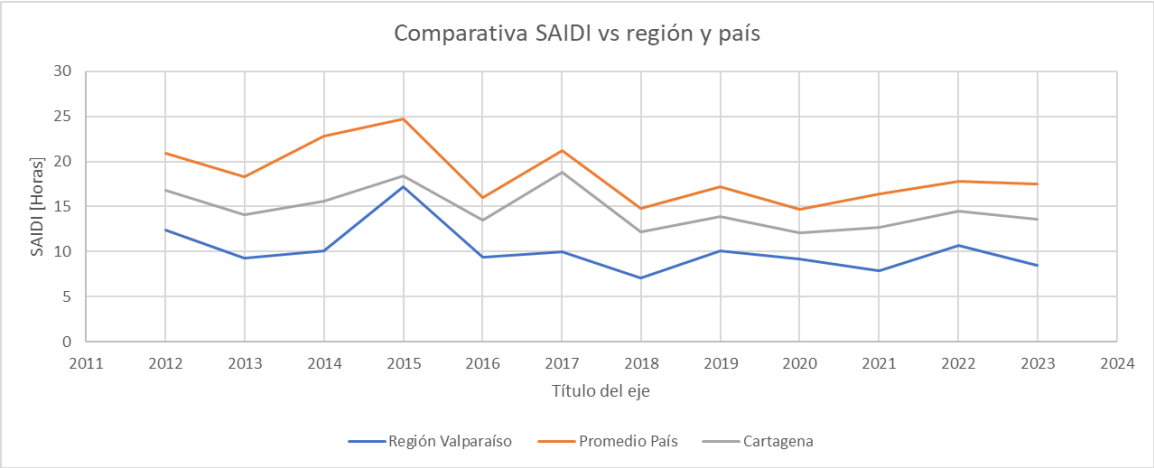


Figura 12: Evolución anual del SAIDI de Cartagena con relación a la región y al promedio nacional. Fuente: Elaboración propia en base a datos Energía Abierta (Comisión Nacional de Energía, 2024)

¹⁴ http://energiaabierta.cl/categorias-estadistica/electricidad/?_sf_s=saidi



Del gráfico de la figura se observa una tendencia a la baja a lo largo de los años similar a la observada en el promedio regional y país, siguiendo fuertemente la tendencia del comportamiento del SAIDI nacional. Sin embargo, a lo largo del tiempo ha mantenido consistentemente el indicador por sobre el promedio regional. Cabe destacar que los valores al oscilar entre 10 y 15 horas se consideran fuera de los límites permitidos por normativa. Es por esto que es de interés determinar las causales de los cortes de suministro de energía. El gráfico a continuación muestra la evolución del desglose del SAIDI de la comuna.

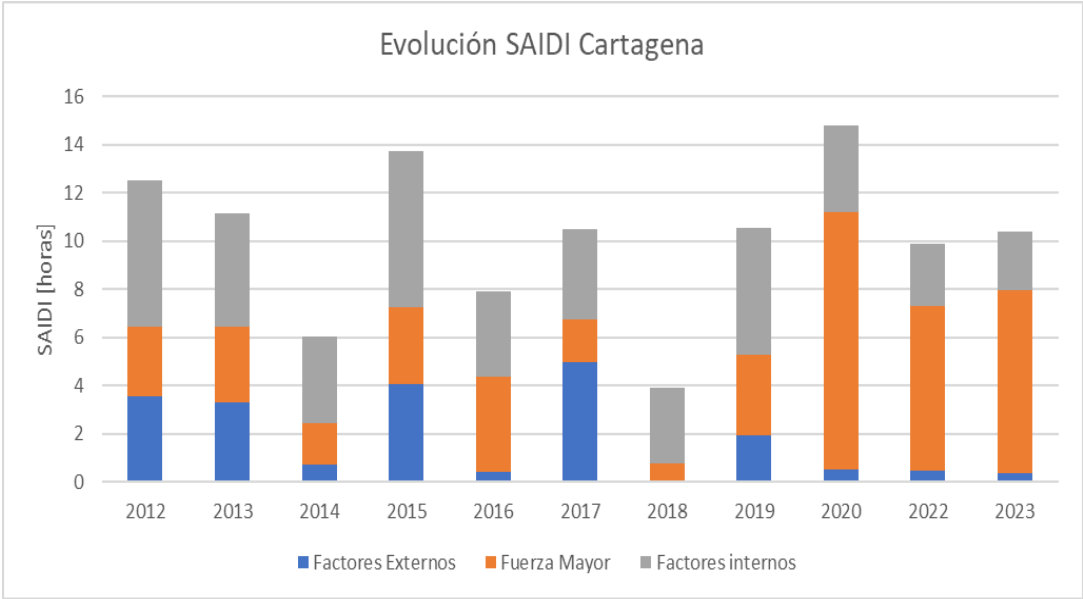


Figura 13: Evolución anual del SAIDI de Cartagena clasificado por tipo de interrupción. Fuente: Elaboración propia en base a datos de Energía Abierta (Comisión Nacional de Energía, 2024).

Del gráfico anterior se puede evidenciar que gran parte de las horas de corte de suministro se debe históricamente a cortes producto de Factores Internos, sin embargo, a partir de 2020 se observa una fuerte crecida en el indicador de eventos de fuerza mayor. Estos eventos corresponden a casos imprevistos, de responsabilidad ajena a las distribuidoras y/o generadoras, normalmente debido a eventos naturales extremos (terremotos, vientos extremos, inundaciones), daños a la infraestructura por terceros (robos, choques a postes, etc.), entre otros casos ajenos a la responsabilidad de gestión de las empresas. Por último, es preciso mostrar que prácticamente no se observan cortes producto de factores externos durante los últimos años.

Cabe destacar, que los cortes más largos observados en la comuna no superan las 2 horas en un mismo mes. Por lo tanto, las distribuidoras se hacen cargo rápidamente de su resolución.

Si se toma el promedio entre los años 2018 y 2023 del SAIDI sin interrupciones de fuerza mayor, se obtiene un valor promedio anual de 4,1 horas de interrupción, el cual es menor a las 9 horas límites establecidas por la normativa técnica, incluso considerando el límite más exigente de las 5 horas de suspensión de suministro para instalaciones de media tensión.

5.1.6 Proyectos en Evaluación Ambiental

A fecha de diciembre de 2024, la comuna de Cartagena cuenta con 4 proyectos energéticos ingresados en el Sistema de Evaluación Ambiental (SEA) y que totalizan 74 millones de dólares en inversión. De estos proyectos tres corresponden a instalaciones fotovoltaicas y uno a una ampliación de línea de transmisión que pasa por la comuna. De los fotovoltaicos, uno de ellos se encuentra eliminado del SEIA por el Decreto Supremo 30 y los otros dos se encuentran aprobados, con una producción nominal esperada de 9 MW respectivamente. Por su parte, el proyecto de línea de transmisión eléctrica se encuentra aprobado desde el año 2020. A continuación, se presenta una tabla con el detalle de los proyectos ingresados al SEIA.

La siguiente cartografía muestra la ubicación de los proyectos solares aprobados.

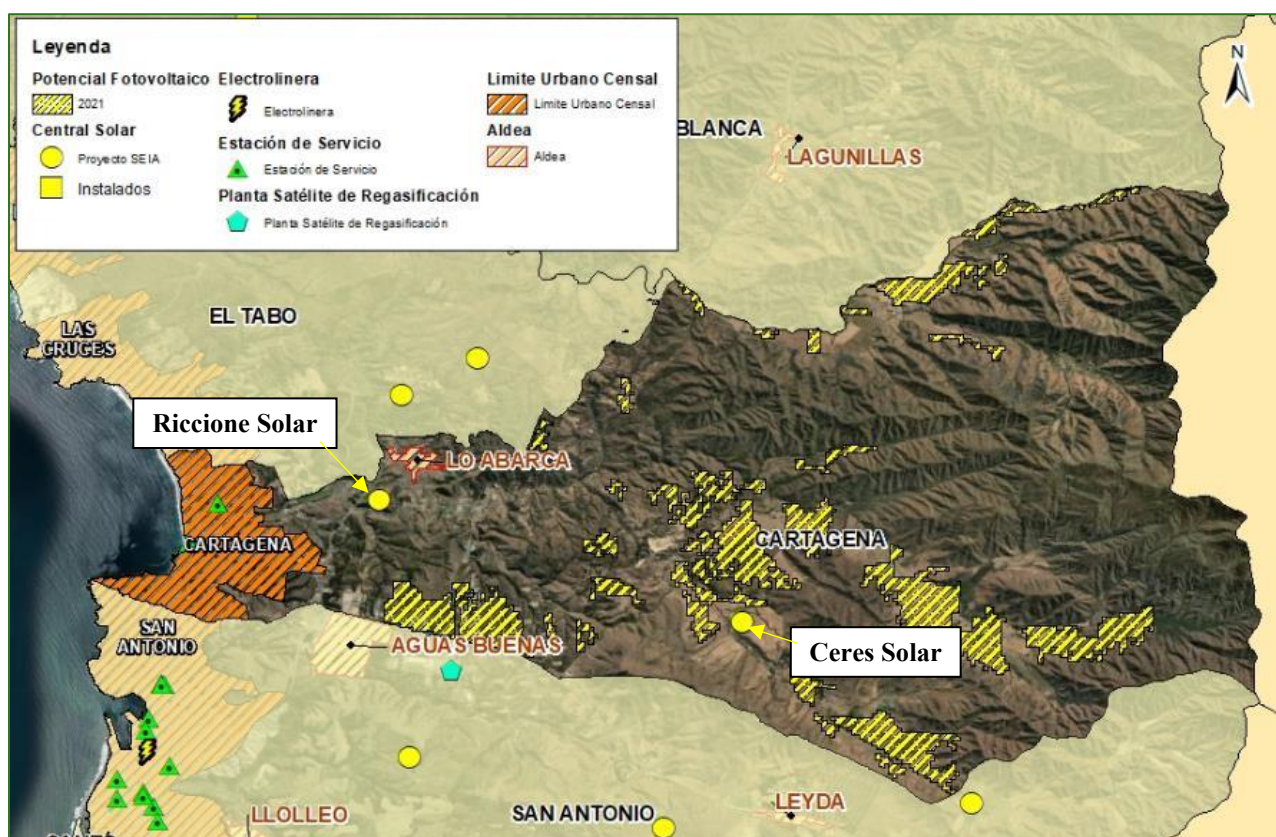


Figura 14: Proyectos energéticos aprobados en la comuna de Cartagena. Fuente: Servicio de Evaluación Ambiental, 2025.

Cabe señalar que la planta Ceres Solar está en etapa de construcción, por lo que debiera conectarse al SEN próximamente.

5.2 Demanda Energética

5.2.1 Energía Eléctrica

A través de la plataforma Energía Abierta se obtuvo el consumo eléctrico de Cartagena, a nivel residencial y no residencial entre los años 2016 y 2022. Además, se solicitó información de

consumo en la comuna a la SEC mediante solicitud a través del Portal de Transparencia (N°AU004T0046184), con lo que se pudo obtener información más detallada por tipología de clientes desde los años 2021 al 2024.

Teniendo toda esta información se pudo analizar los consumos históricos de electricidad para entender la tendencia y, por otra parte, desagregar el consumo eléctrico en los diferentes sectores más allá del sector privado, público y residencial.

La siguiente gráfica da cuenta de los consumos de energía eléctrica en la comuna (barras apiladas) desde el año 2016 al 2024, incluyendo a su vez en el segundo eje vertical y en gráficas de líneas el número de clientes residenciales y no-residenciales de la comuna.

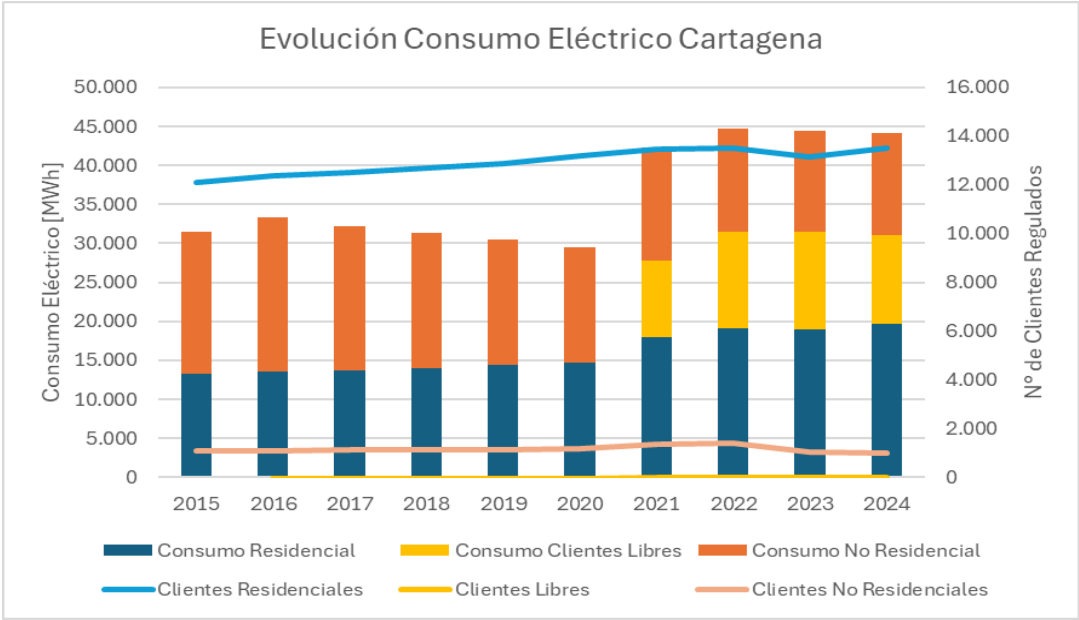


Figura 15: Evolución del consumo y número de clientes de energía eléctrica entre los años 2016 y 2023. Fuente: Elaboración propia a partir de Energía Abierta (Comisión Nacional de Energía, 2025) y (SEC, 2025).

De la gráfica se puede observar un aumento relativamente constante en el tiempo del número de clientes residenciales (línea celeste), con un relativo estancamiento en el año 2022 y una pequeña baja en el año 2023. Esta baja se ve acompañada, además, de una caída en de los clientes no residenciales (línea naranja) durante los años 2023 y 2024.

Desde el año 2021 se aprecia consumo de clientes libres¹⁵, que se han mantenido relativamente constantes en los últimos 4 años, observándose al año 2024 un total de 5 clientes (1 agrícola, 2 comerciales y 2 industriales) que consumen el 26% de la electricidad de la columna. No se tiene claridad si los clientes libres existían desde antes del año 2020 o no debido a las bases diferentes de fuentes de información utilizadas.

¹⁵ Corresponden a clientes consumidores de energía que poseen una potencia instalada superior a 500 kVA, lo que les permite negociar un contrato de energía directo con las generadoras sin pasar por las distribuidoras locales. Estos clientes normalmente son industrias medianas a grandes, aunque también pueden ser supermercados o centros comerciales.

También cabe observar el aumento de consumo residencial desde el año 2021 en adelante, lo cual se puede deber a un aumento de población más estable a diferencia de la población flotante histórica de la comuna.

A partir de la información desagregada de consumos proporcionada por la SEC, se ha podido trabajar en la siguiente gráfica que permite visualizar la proporción del consumo energético en la comuna, esta vez separando el consumo no residencial en privado y público. Esto para los consumos específicos del año 2024.

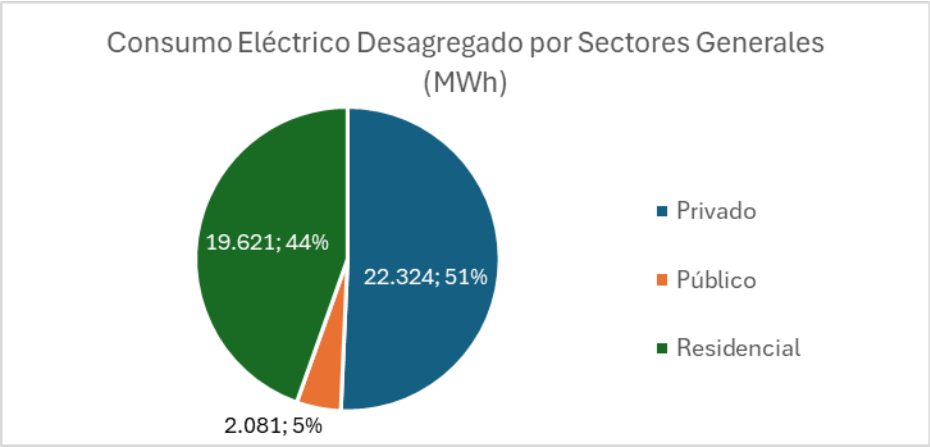


Figura 16: Energía eléctrica consumida según sectores generales. Fuente: Elaboración propia a partir de (SEC, 2025).

Y con una mayor desagregación, se puede observar en la siguiente gráfica la proporción de consumos eléctricos en el año 2024 según diferentes sectores específicos.

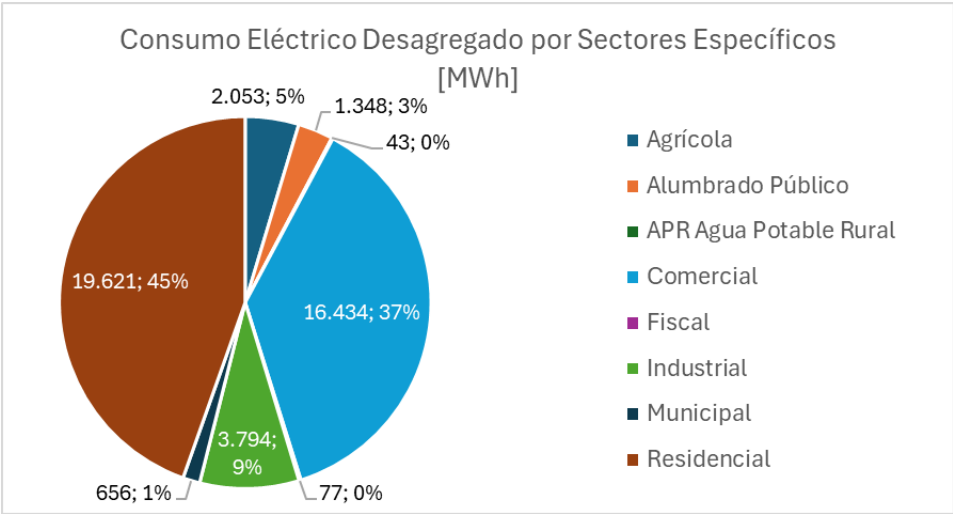


Figura 17: Energía eléctrica consumida según sectores específicos. Fuente: Elaboración propia a partir de (SEC, 2025).

A partir de estas gráficas se puede observar que el principal consumo eléctrico de la comuna viene dado por el sector residencial con un 45% de la energía consumida, seguido por el sector comercial, con un 37%. Luego, y también dentro del sector privado, un 9% del consumo



corresponde al sector industrial, seguido, finalmente, del sector agrícola que se lleva un 5% del consumo energético de la comuna.

Los restantes consumos son considerablemente más bajos y contemplan el alumbrado público y los consumos municipales, que juntos solo alcanzan el 5% del consumo de la comuna.

Finalmente, en términos de compañías eléctricas, se puede apreciar que el mayor número de clientes, así como el mayor consumo facturado corresponde a la Compañía Chilquinta con el 70% de los clientes, mientras en segundo lugar se encuentra la compañía Litoral abarcando al 28% de los clientes de la comuna.

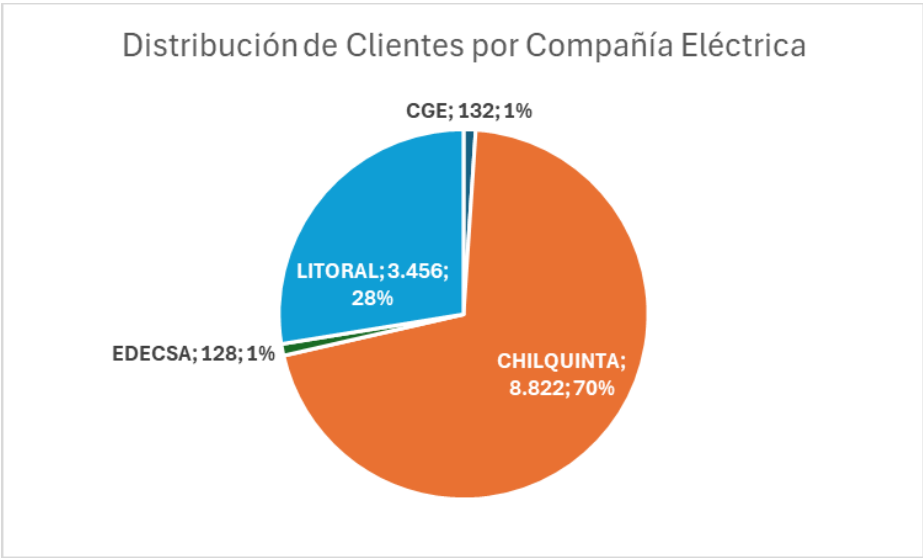


Figura 18: Distribución de Clientes por Compañía Eléctrica. Fuente: Elaboración propia a partir de (SEC, 2025).

5.2.2 Combustibles

Mediante la solicitud de información por transparencia a la SEC (N°AU004T0046184) se obtuvo la data histórica de venta de combustibles derivados de petróleo y GLP, las que se informan en este capítulo.

5.2.2.1 Combustibles Líquidos

La gráfica a continuación muestra la cantidad de combustible vendido para todos aquellos combustibles líquidos disponibles en la comuna, para los años 2022 al 2024.

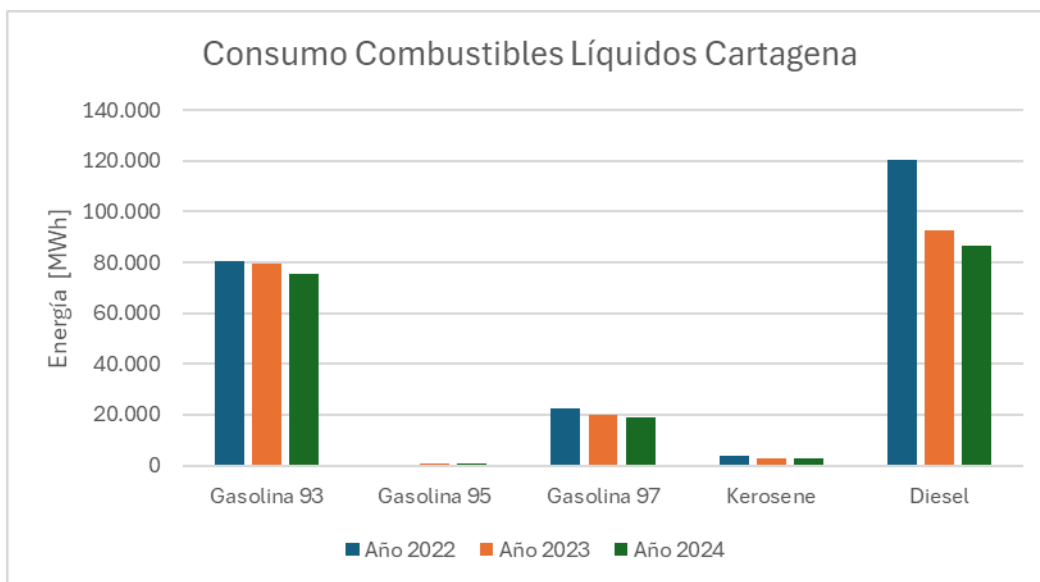


Figura 19: Consumo energético de derivados de petróleo en Cartagena. Fuente: Elaboración propia a partir de (SEC, 2025).

De la gráfica anterior, se puede apreciar que el principal consumo de combustible líquido en la comuna es el petróleo diésel. Seguido posteriormente por la gasolina 93, gasolina 97 y el Kerosene. Es interesante observar el prácticamente nulo consumo de gasolina 95 lo que se puede explicar por la baja cantidad de estaciones de servicio en la zona. Se observa además que el Kerosene también posee un consumo bajo con respecto al resto de combustibles, lo que indica una baja utilización de este combustible en la calefacción.

Otro elemento importante para destacar es la baja sostenida en el tiempo de todos los combustibles, con una disminución de un 10% promedio anual en términos de energía total consumida. Baja presente en todos los combustibles salvo en la gasolina 95, pero que en magnitud es despreciable en comparación al resto de combustibles líquidos

5.2.2.2 Gas Licuado de Petróleo (GLP)

En términos de GLP, de acuerdo con la información entregada por la SEC, la comuna de Cartagena presenta ventas tanto de GLP en formato envasado (cilindros) como a granel, siendo el primero el de mayor uso en la comuna. La siguiente figura muestra el consumo energético de GLP desde el año 2021 al 2024, observándose un aumento en el consumo de GLP entre esos años.

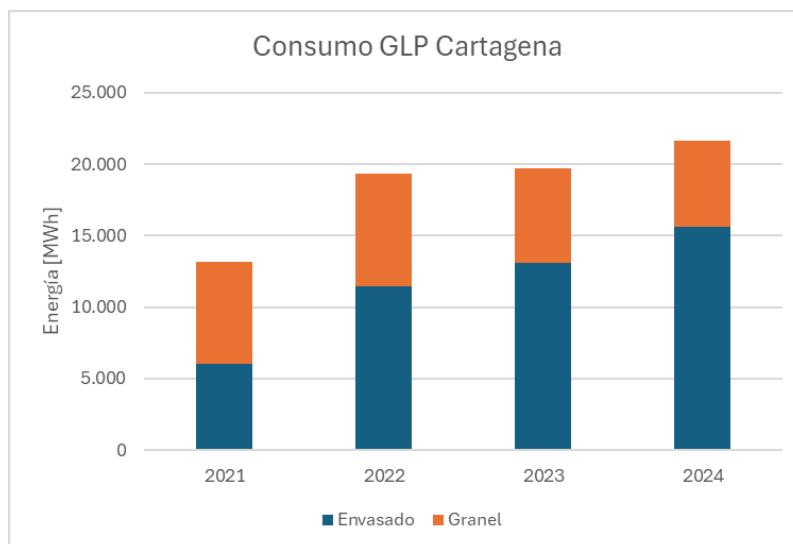


Figura 20: Evolución del consumo energético de GLP en Cartagena. Fuente: Elaboración propia a partir de SEC, 2025.

Además, la SEC da cuenta de una desagregación del consumo de GLP en cuatro sectores tal como se observa en la siguiente gráfica.

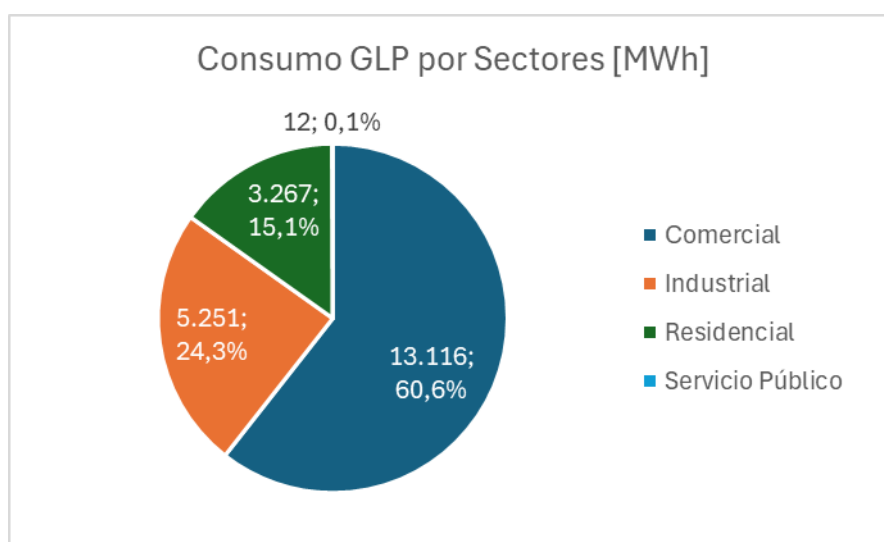


Figura 21: Proporción de consumos desagregados de GLP en Cartagena al año 2024. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (SEC, 2025).

De esta segregación se observa que los principales consumos de GLP están dados por los sectores comercial e industrial, abarcando aproximadamente el 75% del consumo de este combustible. Luego, con un 15% se encuentra el sector residencial y, por último, los consumos asociados a servicio público son considerablemente más bajos, alcanzando solo un 0,1% del total en la comuna.

5.2.2.3 Gas Natural

La Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) declara a través de la respuesta a la solicitud de transparencia que **no se registran consumos de gas natural** en la comuna de Cartagena.

5.2.3 Combustibles Sólidos

En consideración a que el mercado de la leña es principalmente informal, no existe registro de ventas y/o consumo de leña a nivel comunal como se presentó de los combustibles antes detallados. En este sentido, el consumo de leña en la comuna se estima en base al consumo esperado de una vivienda típica de la región, de acuerdo a lo señalado en el estudio “Medición del consumo nacional de leña y otros combustibles sólidos derivados de la madera”, elaborado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) en el año 2015.

Este estudio señala que una vivienda típica de la región de Valparaíso consume un promedio de 3,0 [m³ st] de leña al año, lo que equivale en energía a 4.850 kWh por vivienda al año en promedio.

Por otra parte, tomando en cuenta que el número de viviendas en Cartagena de acuerdo al Censo 2024 fue de 18.209 viviendas, se estima el consumo de leña de la comuna de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 10: Consumo energético de leña en Cartagena (2023). Fuente: Elaboración propia con data de (CDT, 2015)

Data	Valor	Unidad
Viviendas (año 2024)	18.209	
Penetración consumo leña ¹⁶	18,0%	
Nº Viviendas con consumo leña	3.278	
Energía leña promedio por vivienda	4.850	kWh/año
Energía leña comunal	15.898	MWh/año

De acuerdo con el propio estudio de la CDT en 2015, no se observan otros consumos relevantes de combustibles sólidos en la región, solo observándose otros consumos de calefacción asociados al consumo de GLP (52%) y Kerosene (12%) y electricidad (12%), los cuales ya se han contabilizado en las secciones anteriores.

5.2.4 Demanda Energética Total

Se estima entonces que el consumo total anual de energía de la comuna de Cartagena alcanza los 265.662 MWh, y posee una distribución por usos y por energéticos como se muestra en las siguientes figuras.

¹⁶ De acuerdo a estudio “Medición del consumo nacional de leña y otros combustibles sólidos derivados de la madera” (CDT, 2015)



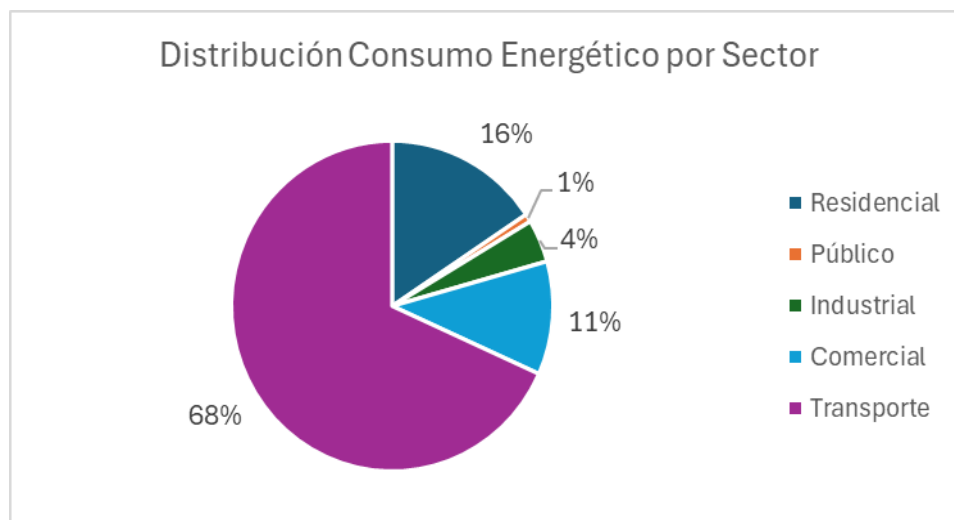


Figura 22: Distribución de consumos energéticos de Cartagena por sector (año 2024). Fuente: Elaboración propia

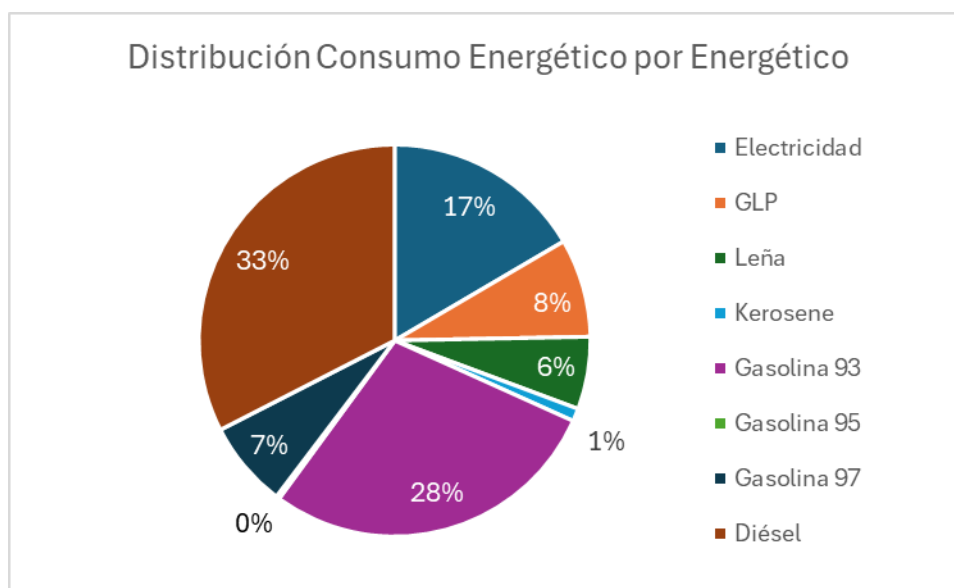


Figura 23: Distribución de consumos energéticos de Cartagena por energético (año 2024). Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar el consumo principal (68%) del sector transporte asociado principalmente a combustibles líquidos derivados del petróleo y en segundo lugar el sector residencial muy por debajo con solo el 16%. Posteriormente, se encuentran los sectores Comercial, Industrial y Público, con valores de 11%, 4% y 1%, respectivamente.

A nivel de energéticos, cabe destacar el consumo de diésel con un 33% y la gasolina 93 con un 28%. Más bajo está el consumo de electricidad con el 17% para continuar con los consumos de GLP, gasolina 97 y leña, con consumos entre 6% y 8%. Los restantes energéticos (Kerosene y Gasolina 95) tienen consumos casi despreciables bajo el 1%.

En síntesis, considerando tanto el consumo de energía térmica como el consumo de energía eléctrica, **la demanda energética total de la comuna alcanza los 265.662 MWh.**

5.2.5 Emisiones GEI

Utilizando la información levantada anteriormente de los consumos de energía por sector y energético, más los factores de emisión¹⁷ de cada energético estudiado, se pueden calcular las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) al ambiente.

Tabla 11: Factores de emisión por fuente energética. Fuente: Energía Abierta (Comisión Nacional de Energía, 2024)

Fuente energética	Factor de emisión	Unidad
Electricidad (promedio 2024)	0,20210	tCO ₂ eq/MWh
GLP	0,00296	tCO ₂ eq/kg
Gas Natural	0,00215	tCO ₂ eq/Nm ³
Gasolina 93 SP	0,00238	tCO ₂ eq/lt
Gasolina 95 SP	0,00238	tCO ₂ eq/lt
Gasolina 97 SP	0,00238	tCO ₂ eq/lt
Gasolina de Aviación 100-300	0,00279	tCO ₂ eq/lt
Kerosene de Aviación	0,00312	tCO ₂ eq/kg
Kerosene Doméstico	0,00312	tCO ₂ eq/kg
Petróleo Combustible	0,00309	tCO ₂ eq/lt
Petróleo Diesel	0,00312	tCO ₂ eq/lt

Con los factores de emisión indicados, se valorizan las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a cada uno de los energéticos consumidos por sectores.

Tabla 12: Emisiones gases efecto invernadero por sector y energético en Cartagena en 2024. Fuente: Elaboración propia

EMISIONES [Ton CO ₂ eq]	Residencial	Público	Industrial	Comercial	Transporte	TOTAL
Electricidad	3.965	421	1.190	3.322	-	8.898
GLP	799	3	1.285	3.209	-	5.295
Leña	0	-	-	-	-	0
Kerosene	623	-	-	-	-	623
Gasolina 93	-	-	-	-	18.607	18.607
Gasolina 95	-	-	-	-	184	184
Gasolina 97	-	-	-	-	4.688	4.688
Diésel	-	-	-	-	25.670	25.670
TOTAL	5.388	423	2.475	6.530	49.150	63.966

¹⁷ Los factores de emisión se definen como un valor representativo que intenta relacionar la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera con una actividad y una tecnología asociadas a la emisión del contaminante. Estos factores son usualmente expresados como la masa del contaminante dividido por una unidad de peso, volumen, distancia o duración.



De este modo, la comuna de Cartagena emite anualmente 63.966 Toneladas de CO₂eq a la atmósfera asociado a acciones de consumo de energía. Las siguientes figuras dan cuenta de la distribución de estas emisiones de gases de efecto invernadero por sector y por energético.

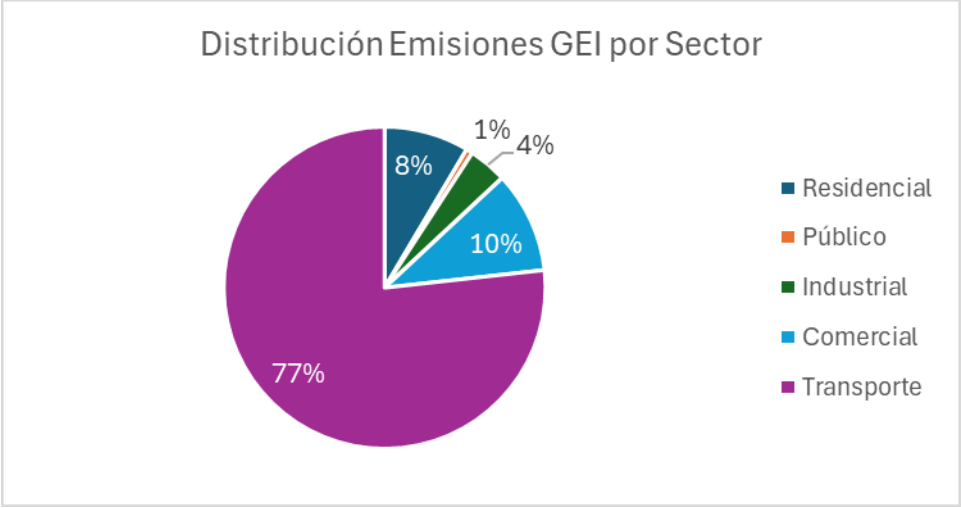


Figura 24: Distribución de GEI de Cartagena por sector (año 2024). Fuente: Elaboración propia

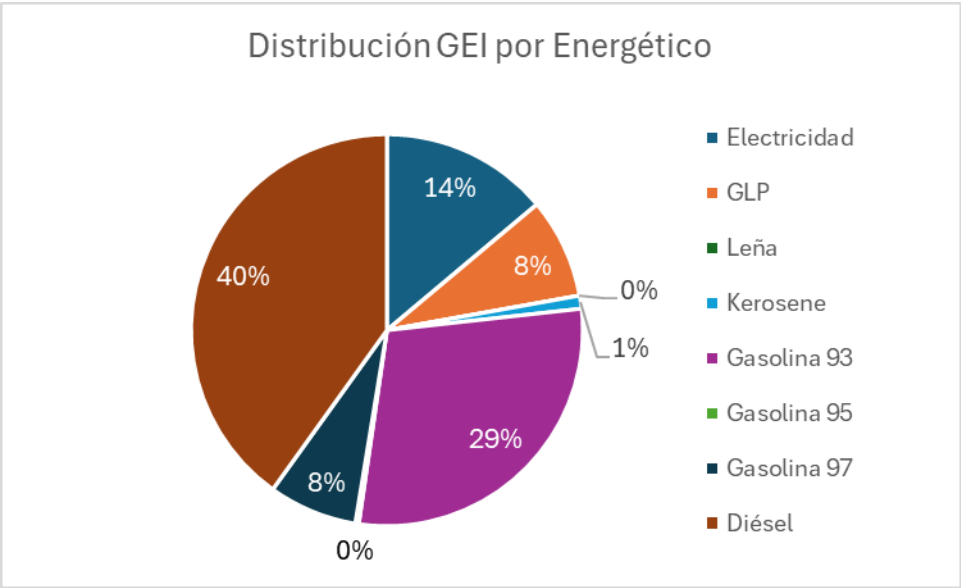


Figura 25: Distribución de GEI de Cartagena por energético (año 2024). Fuente: Elaboración propia

Se aprecia que, principalmente, el sector transporte totaliza más de tres cuartas partes de las emisiones de la comuna, seguida muy por detrás por el sector comercial (10%) y residencial (8%). Mientras que, en términos de energéticos, las mayores emisiones en la comuna se deben al consumo de petróleo diésel (40%), seguidas por la gasolina 93 (29%), electricidad (14%), GLP y gasolina 97 (8% c/u).



5.2.6 Proyección de la Demanda Energética

5.2.6.1 Proyección de la Demanda de Energía Eléctrica

En base a los consumos eléctricos históricos expuestos en la sección 3.2.1, se realiza una proyección al año 2030 en base a una regresión exponencial de los consumos no-residenciales regulados y lineal de los clientes libres y residenciales regulados, corregidas todas para que el último consumo de la data real del año 2024 coincida con la curva de proyección cuantificada según la regresión. En las siguientes gráficas se muestra en color azul la regresión calculada y en rojo la corregida con misma tendencia de crecimiento o decrecimiento.

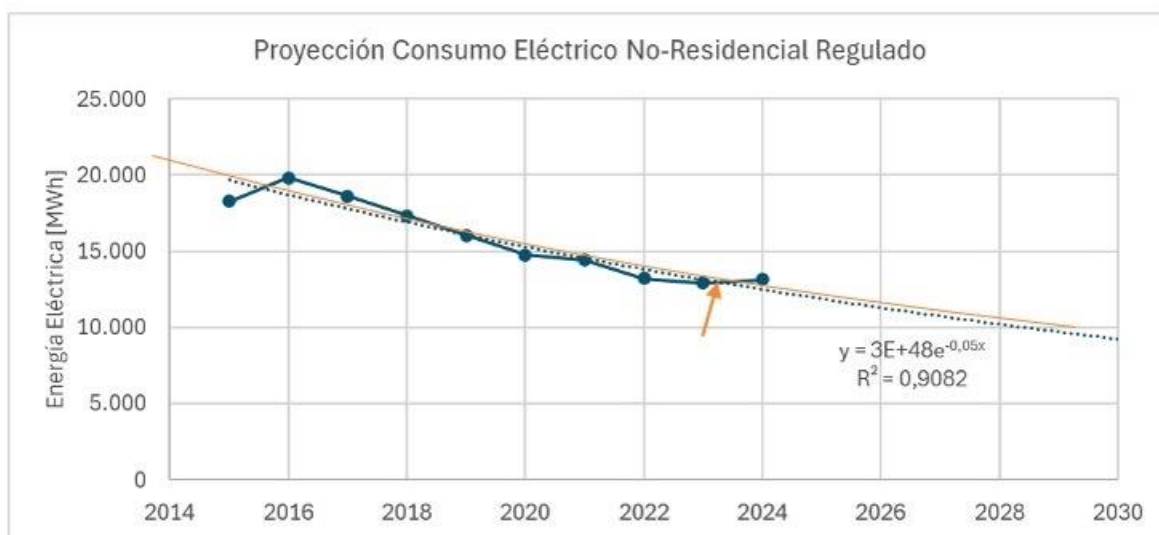


Figura 26: Proyección demanda eléctrica no-residencial regulada de Cartagena al año 2030. Fuente: Elaboración propia.

Se aprecian unas correlaciones aceptables con los datos que se cuentan, por lo que, se estima que las proyecciones son adecuadas. De todos modos, al final del capítulo se propondrán escenarios de mayor o menor decrecimiento en consideración que la tendencia no es estrictamente lineal.

Más allá de esta observación, si se aprecia una caída sostenida del consumo no residencial regulado desde el año 2016 hasta la actualidad, suavizándose levemente con el tiempo.

El mismo análisis se realiza para el consumo eléctrico residencial.

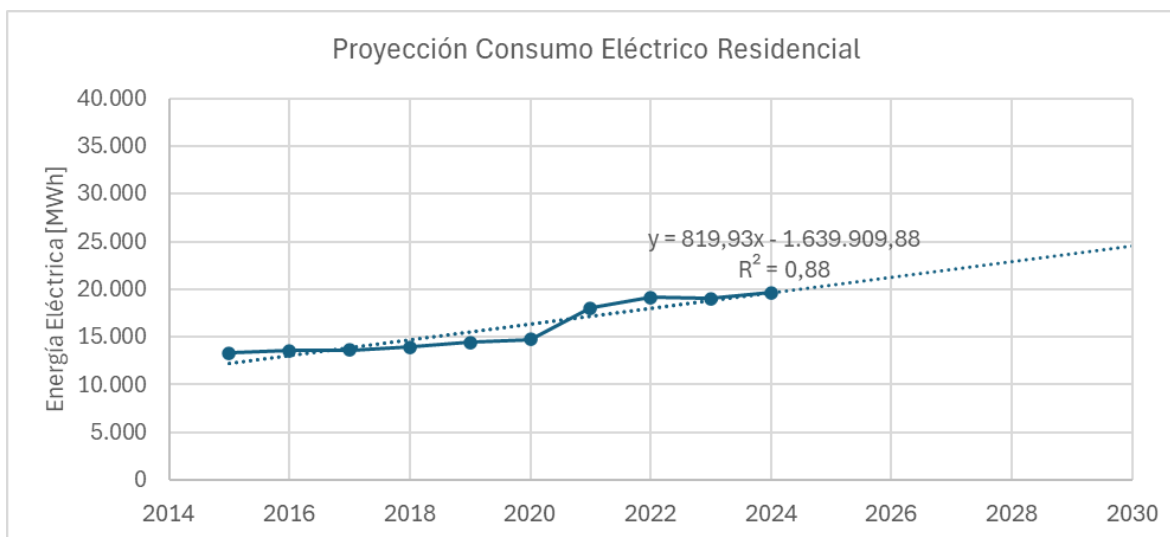


Figura 27: Proyección demanda eléctrica residencial de Cartagena al año 2030. Fuente: Elaboración propia.

La proyección del consumo residencial tiene una correlación aceptable para una regresión lineal y, por lo tanto, se considera confiable como proyección.

Teniendo estas curvas de proyección, se estima que para el año 2030, el consumo eléctrico de la comuna será el que se presenta en la siguiente gráfica, desagregado por sectores. Se presentan en la gráfica cuatro escenarios de proyección de demanda tomando en consideración que las correlaciones de las curvas de proyección no son tan elevadas.

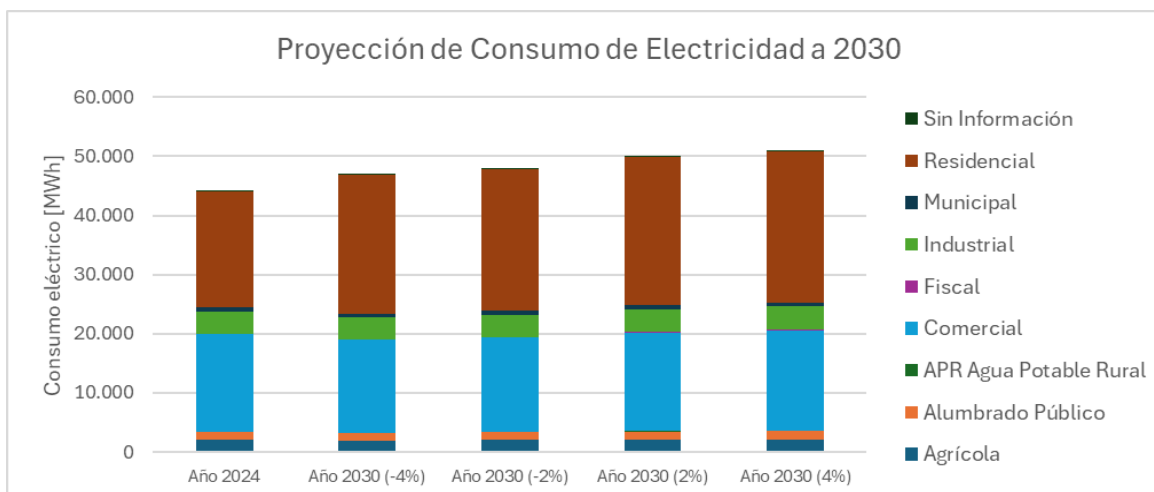


Figura 28: Proyección consumo electricidad de Cartagena por escenarios a 2030. Fuente: Elaboración propia.

En su conjunto, se aprecia que la comuna de Cartagena tendrá una tasa de crecimiento del consumo eléctrico de aproximadamente un 1,83% anual, liderado principalmente por el consumo del sector residencial.

5.2.6.2 Proyección de uso de Combustibles

Un análisis similar al anterior se hizo para proyectar el aumento de consumo de combustibles líquidos, gas licuado de petróleo y gas natural al año 2030, en donde se aprecia la reducción esperada de consumo de combustible principalmente liderado por un menor consumo de combustibles líquidos.

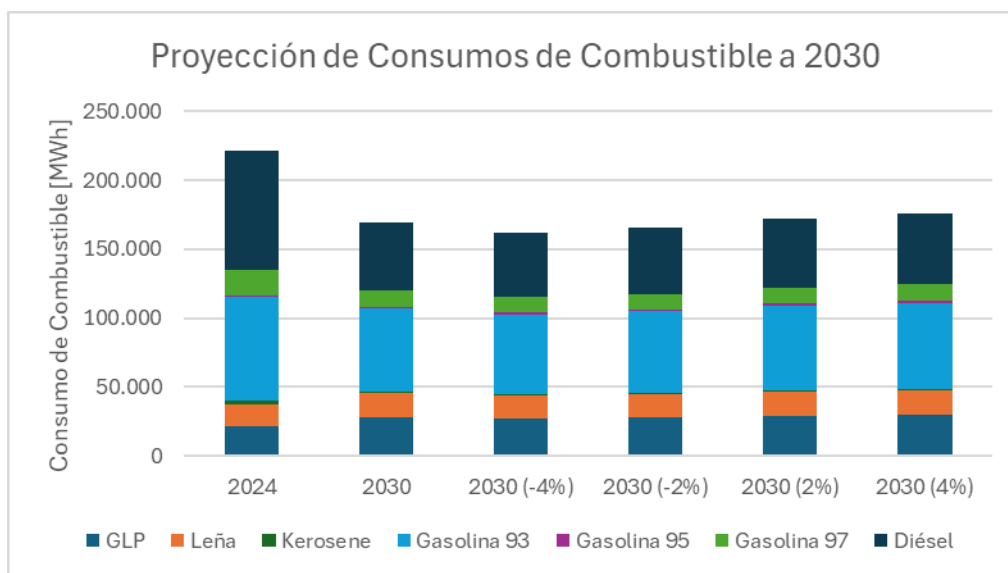


Figura 29: Proyección consumo combustibles de Cartagena según escenarios a 2030. Fuente: Elaboración propia.

6 Potencial de Energías Renovables y Eficiencia Energética

6.1 Potencial de Energías Renovables

6.1.1 Energía Solar Fotovoltaica

La energía solar en Chile, en general, puede utilizarse ya sea para producción eléctrica a través de la tecnología fotovoltaica o para producción de agua caliente a través de la tecnología solar térmica. En ambos casos el parámetro relevante es la radiación sobre los paneles o colectores solares. A mayor radiación, mayor energía a generar. Así también, a menor porcentaje posible de nubes y sombras sobre la instalación, mayor generación también.

De acuerdo con la información del Explorador Solar del Ministerio de Energía¹⁸, Cartagena presenta una radiación solar global (directa + difusa) que oscila entre los 1.700 y 1.950 kWh/m² al año tal como se puede apreciar en la siguiente figura.

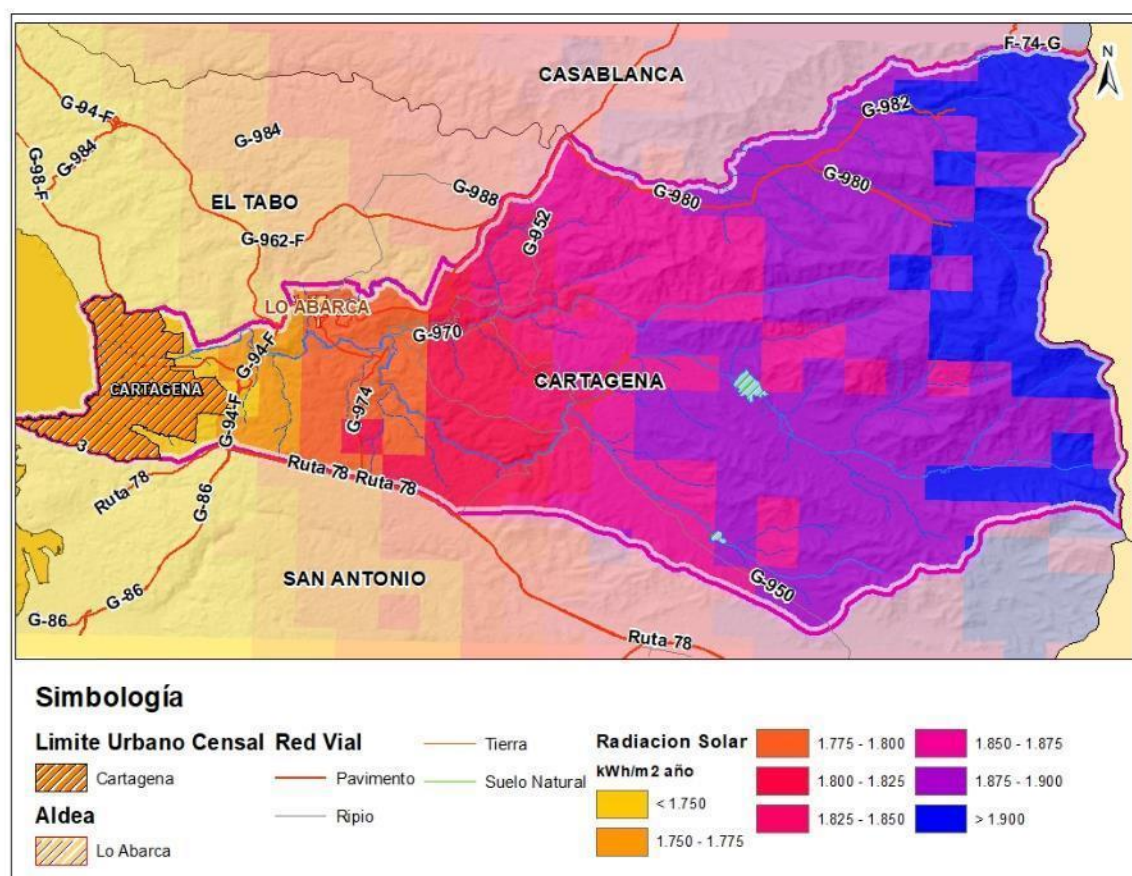


Figura 30: Distribución espacial de la radiación Global Horizontal en la comuna de Cartagena. Fuente: Elaboración propia en base a data del Explorador Solar (Minenergía, 2025)

¹⁸ <https://solar.minenergia.cl/exploracion>

De la figura anterior, se aprecia que las mayores radiaciones se encuentran en la zona de la cordillera de la costa al oriente de la comuna, mientras las menores radiaciones están en la zona costera, especialmente en el centro urbano. En cualquier caso, la variación de la radiación no es tan significativa para efectos de análisis global de la comuna.

Si consideramos un punto promedio de la zona urbana de la comuna, podemos estimar cuál es la radiación promedio diaria a nivel mensual. Esta información se grafica en la siguiente figura.

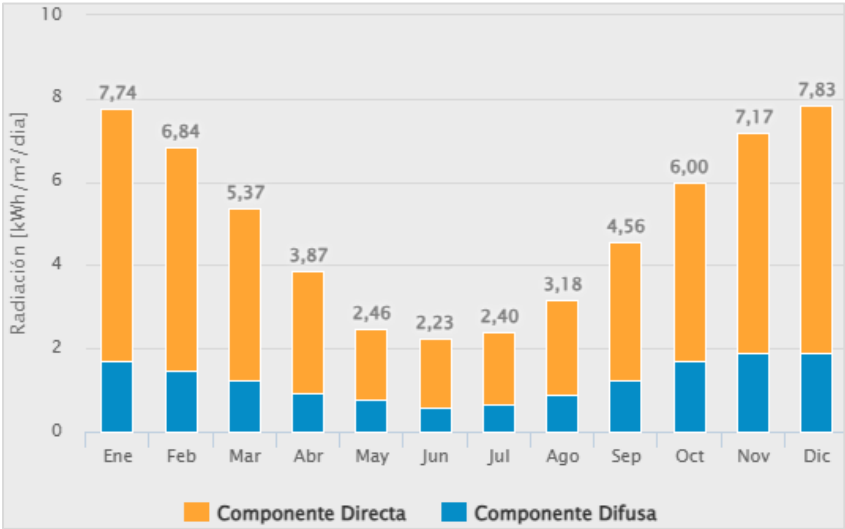


Figura 31: Radiación Global Horizontal en la zona urbana principal de la comuna de Cartagena. Fuente: Explorador Solar (Minenergía, 2025).

Estos valores corresponden a promedios diarios en cada mes, mientras los valores anteriores de la Figura 30 son valores totales anuales por m².

6.1.1.1 Energía Fotovoltaica Residencial

El potencial solar fotovoltaico se evalúa primero a nivel residencial, mediante una estimación de la superficie disponible para la instalación de paneles solares. Se calcula el potencial considerando la instalación en techumbres, acogidas a la ley de generación distribuida.

La metodología de estimación de potencial de generación fotovoltaica en edificios residenciales parte por estimar la potencia instalada que podría albergar una vivienda en Cartagena. Para esto, se utiliza el módulo de Generación Eléctrica Fotovoltaica en su opción de “Estimar Capacidad”. Una techumbre inclinada de 50 m² ubicada en Cartagena puede albergar un máximo de 8 kWp instalados, esto resulta en una tasa de aproximadamente 0,16 kWp por cada m² de techumbre de vivienda. Sin embargo, considerando que habrá siempre otras limitantes a la real disponibilidad de los techos para instalar paneles solares, además de la existencia del Programa Casa Solar del Ministerio de Energía, que permite apoyar en la adquisición de sistemas solares de hasta 2 kWp, se considerará que cada vivienda en promedio podrá incorporar un máximo de potencia instalada de estos 2 kWp. Una instalación de este tipo considera aproximadamente 4 paneles de 500 Wp cada uno, totalizando

aproximadamente 8 m2 de paneles en cubierta. Si se simula una instalación de este tipo se obtiene una generación anual de 2.783 kWh.

Si se tiene en cuenta que de acuerdo con el Censo 2024, en Cartagena existe un total de aproximadamente 18.209 viviendas, se puede calcular el potencial total de implementación de energía solar fotovoltaica en el sector residencial.

Se estiman tres escenarios de penetración de la tecnología fotovoltaica en las viviendas, de este modo, se tiene un caso pesimista de 10% de penetración, un caso moderado de 25% de penetración y un caso optimista, que supone que un 40% de estas viviendas efectivamente tienen una techumbre apta para este tipo de instalaciones. Bajo estos supuestos y utilizando la potencia indicada por unidad de viviendas, se concluye que existirían los potenciales que se indican en la tabla a continuación.

Tabla 13: Potencial de Energía fotovoltaica a ser generada a nivel residencial. Fuente: Elaboración propia con datos de Explorador Solar, 2025.

	10% Penetración	25% Penetración	40% Penetración
Número de Viviendas	1.821	4.552	7.284
Potencia Instalada [MW]	3,6	9,1	14,6
Energía Anual Generada [MWh/año]	5.067	12.667	20.267

6.1.1.2 Energía Fotovoltaica comercial e industrial

Teniendo en consideración que la comuna de Cartagena posee una actividad comercial significativa, siendo el segundo mayor consumo eléctrico en la comuna después del residencial, se ha cuantificado el potencial de que estos clientes instalen sistemas solares para autoconsumo e inyección a la red en sus propias instalaciones. De igual manera se ha agregado a los clientes industriales, ya que, a pesar de no tener un peso significativo en el consumo energético global de la comuna, si poseen un consumo eléctrico correspondiente al 9% de la comuna.

De la información suministrada por transparencia por SEC (2024), se cuantifica que a diciembre de 2024, Cartagena contaba con un total de 574 clientes comerciales y 13 clientes industriales con suministro eléctrico. Además, se contabilizaron un total de 5 clientes libres. Se estimó que en promedio cada uno de estos clientes podría implementar un sistema fotovoltaico de 15 kWp, equivalente a unos 30 paneles de 500 Wp que suman un área aproximada de 72 m2, el que podría llegar a generar 20.869 kWh de energía eléctrica al año.

De modo similar al caso residencial, se estiman tres escenarios de penetración de la tecnología fotovoltaica en estos clientes. Un caso pesimista de 20% de penetración, un caso moderado de 40% de penetración y un caso optimista, de 60% de clientes industriales y comerciales que opten por instalar este tipo de sistemas. Bajo estos supuestos y utilizando la potencia indicada por cliente, se concluye que existirían los potenciales que se indican en la tabla a continuación.



Tabla 14: Potencial de Energía fotovoltaica a ser generada a nivel comercial e industrial. Fuente: Elaboración propia con datos de Explorador Solar, 2025.

	20% Penetración	40% Penetración	60% Penetración
Número de Clientes	117	235	352
Potencia Instalada [MW]	1,8	3,5	5,3
Energía Anual Generada [MWh/año]	2.450	4.900	7.350

6.1.1.3 Energía Fotovoltaica al SEN

A continuación, se realiza una estimación del potencial de generación fotovoltaica contemplando la construcción de plantas de generación solar de mayor tamaño para inyección al SEN en modalidad PMGD de hasta 9 MW. Aunque siempre existe la posibilidad de implementar plantas solares de mayor tamaño, se estima difícil, al menos a corto plazo, la posibilidad de implementar un proyecto de mayor envergadura principalmente por la falta de infraestructura de transmisión eléctrica en la comuna. Por este motivo, los tamaños de sistemas solares con mayor potencial de ser implementados no deberían superar los 9 MW, para ser de tipo PMGD o conectados a la red de distribución.

Mediante el explorador solar se simula una planta tipo de 1 MWp de potencia, la que requeriría de un terreno aproximado de 12.500 m². Se contemplan las mismas características del sistema fotovoltaico utilizado en las simulaciones anteriores, aunque se simula en la zona más interior de la comuna con mayor radiación. La generación anual de una planta de este tamaño sería de 1.438 MWh con un factor de planta del 16%.

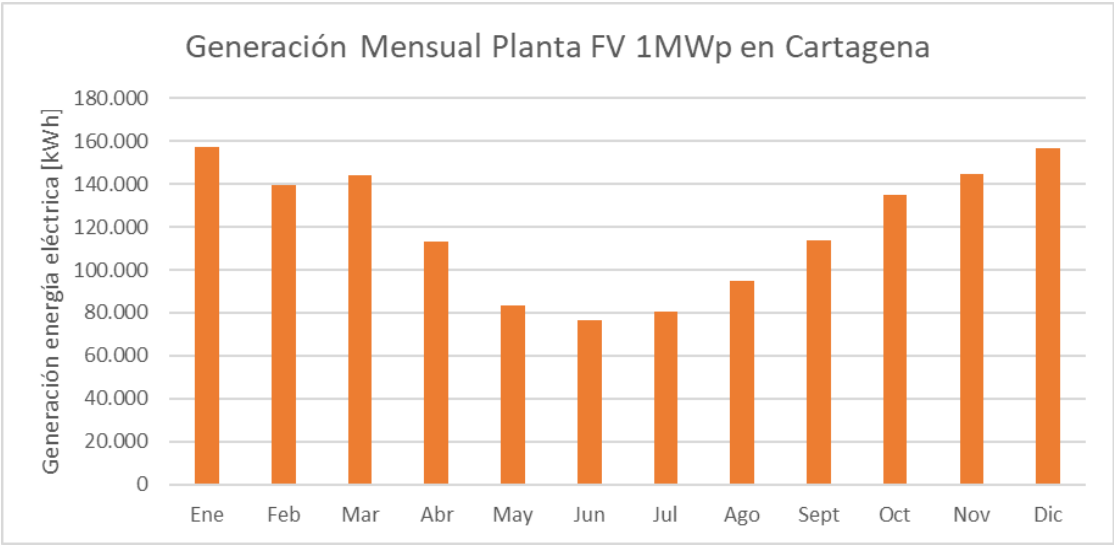


Figura 32: Generación Planta FV de 1 MWp en Cartagena. Fuente: Elaboración propia con datos de Explorador Solar, 2025.

A partir de esta producción solar, se estima que, por terreno disponible, se pueden generar aproximadamente 115 kWh/m² de energía eléctrica mediante energía fotovoltaica.



Mediante un Sistema de Información Geográfico (SIG), se ha realizado un análisis del territorio disponible rural en la comuna no afecto al plan regulador comunal y a las zonas protegidas del plan regulador intercomunal, que considere terrenos tipo pradera, matorral y/o sin vegetación con inclinaciones menores a 3° en cualquier orientación o menor a 35° en dirección norte, noroeste o noreste y con un mínimo de 1,5 Ha por polígono para albergar al menos una planta de 1 MW de potencia solar. De este modo, se descartan todos los terrenos mal orientados, con playas, red hidrográfica con área de influencia de 50 metros, edificaciones en área rural con área de influencia de 100 metros, áreas con proyección de expansión urbana, protegidos, humedales, con plantaciones forestales, bosque nativo, terrenos montañosos y terrenos agrícolas. Además, se descartan todos los terrenos a distancias mayores a 2 km de cualquier camino. Los terrenos resultantes son los que se muestran en la siguiente figura.

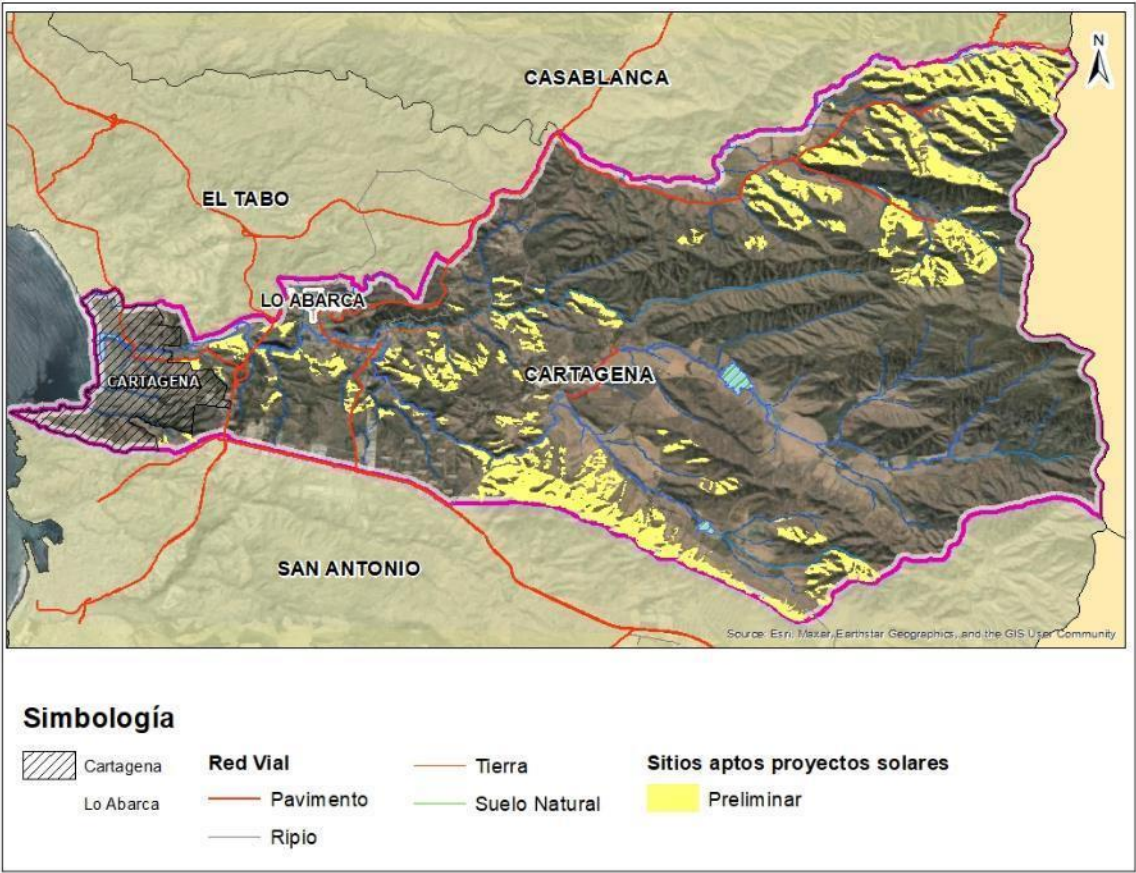


Figura 33: Territorio con potencial de incorporación de plantas fotovoltaicas con inyección al SEN. Fuente: Elaboración propia en base a cartografías de IDE Chile.

La superficie disponible resultante, además de la capacidad de potencia y generación potencial, en terrenos no-agrícolas de la comuna de Cartagena, son los que se indican en la siguiente tabla.

Tabla 15: Superficie, potencia y generación potencial fotovoltaico con inyección al SEN. Fuente: Elaboración propia.

	Total	5% Penetración	15% Penetración	25% Penetración
Superficie No-Agrícola Apta [Ha]	2.400	120	360	600
Potencia Solar en Terreno No-Agrícola [MWp]	1.920	96	288	480
Generación Solar Potencial en Terreno No-Agrícola [MWh]	2.761.174	138.059	414.176	690.294

Se observa una disponibilidad de terreno bastante alta llegando a las 2.400 Ha de terreno que permitirían albergar una capacidad total de 1.920 MWp de energía fotovoltaica. Esta cantidad de potencia es muy alta para la comuna ya que con solo el 2% de ésta permitiría generar más del 100% del consumo eléctrico total de la comuna, esto sin tener que recurrir a terrenos de tipo agrícola para el desarrollo de proyectos solares en la comuna.

Teniendo en cuenta estos terrenos y un potencial de utilización de ellos de un 5% a un 25%, se obtiene un potencial de desarrollo de proyectos solares de mediana y gran envergadura de hasta 480 MWp con un potencial de generación de energía de 690.294 MWh/año.

6.1.2 Energía Solar Térmica

Al igual que para el análisis de la energía fotovoltaica, para el análisis de la energía solar térmica también se utiliza el Explorador Solar del Ministerio de Energía. En este caso, el indicador que se utiliza para cuantificar el potencial será el porcentaje de contribución a la demanda de ACS de una vivienda.

El cuadro a continuación muestra las condiciones bajo las cuales se realizó la simulación. Estos parámetros corresponden al tipo de instalación más común en el país y que permite optimizar la producción de energía térmica.

Tabla 16: Condiciones de simulación para cálculo de potencial solar térmico en viviendas. Fuente: Explorador Solar (Minenergia, 2025).

Configuración	Data
Inclinación	35°
Azimut	0°
Volumen	120 lts
Área	2,7 m ²
Eficiencia óptica del colector	67%
Factor global de pérdidas	3,7
Porcentaje del tiempo con sombras	0%
Número de residentes vivienda	3
Demanda diaria	120 lts

Con los datos indicados en la tabla se genera una simulación en el Explorador Solar, que arroja los siguientes resultados, para una vivienda tipo de 3 integrantes. Además, del potencial de generación para el total de viviendas de la comuna.



Tabla 17: Generación potencial de energía solar térmica en viviendas. Fuente: Elaboración propia en base a datos de Explorador Solar (Minenergía, 2025)

	Data
Producción anual de energía por vivienda [kWh]	1.236,7
Potencia térmica SST por vivienda [kW]	1,9
Consumo aportado por SST	85%
Capacidad térmica comunal potencial [MW]	34,4
Generación de energía anual en la comuna [MWh]	22.519

Finalmente, si consideramos 3 escenarios de penetración de la tecnología, se obtendría el siguiente potencial de energía solar térmica.

Tabla 18: Potencial de Energía Solar Térmica a ser generada a nivel residencial. Fuente: Elaboración propia con datos de Explorador Solar (Minenergía, 2025)

	10% Penetración	25% Penetración	40% Penetración
Potencia Instalada [MW]	3,4	8,6	13,8
Energía Anual Generada [MWh/año]	2.252	5.630	9.008

6.1.3 Energía Eólica

La energía eólica es la energía que se obtiene a partir del viento, es decir, es el aprovechamiento de la energía cinética de las masas de aire. En la actualidad, la energía eólica se utiliza principalmente para producir electricidad, lo que se consigue mediante aerogeneradores conectados a las redes de distribución de energía eléctrica.

Para cuantificar el potencial de energía eólica se cuantifica típicamente la velocidad del viento, puesto que este es el parámetro principal de la energía cinética del aerogenerador, que finalmente puede ser transferida como energía a una turbina para generar electricidad. Para analizar entonces estas características en la comuna de Cartagena, se utiliza el Explorador Eólico del Ministerio de Energía¹⁹. La siguiente figura muestra el mapa de la comuna con la velocidad de viento promedio por sector a 100 metros de altura por sobre el terreno.

¹⁹ <https://eolico.minenergia.cl/potencia>



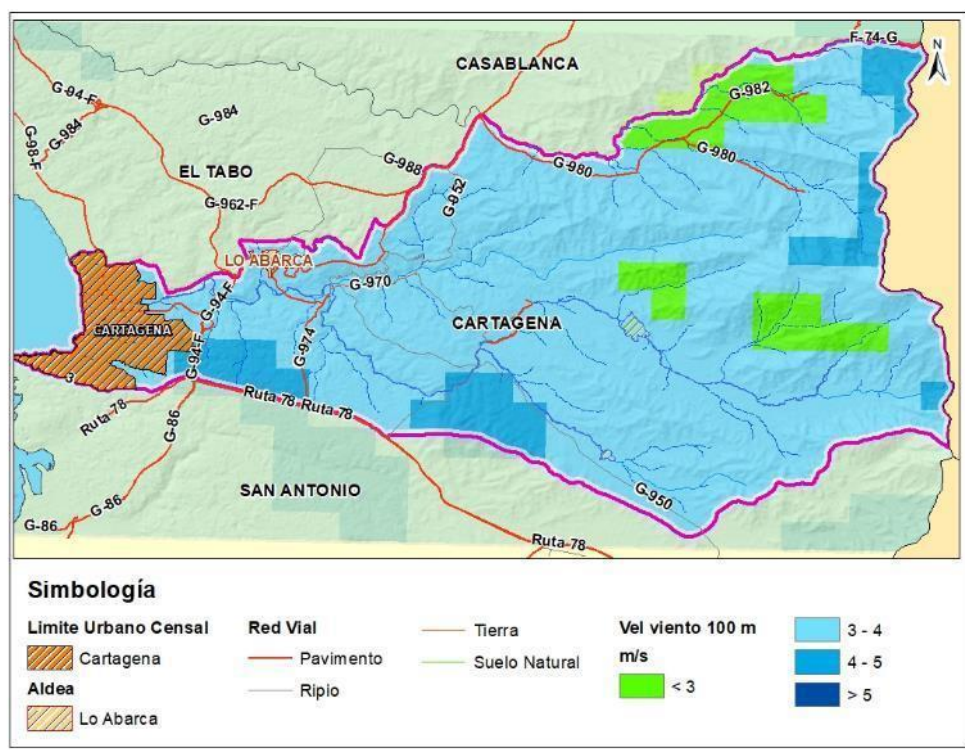


Figura 34: Velocidad del Viento [m/s] en la región a 100m sobre la superficie. Fuente: Explorador Eólico, 2025.

De la figura se observa que la mayor parte de la comuna posee velocidades del viento relativamente bajas, casi siempre menores a los 4,0 m/s con ciertos sectores hacia el poniente en la zona sur en donde se observan velocidades un poco mayores de todas maneras menores a 5 m/s a 100 metros de altura.

En función de la distribución del viento en la comuna, se estima que se podrían llegar a implementar unos 3 parques eólicos de este tipo en la comuna.

La siguiente tabla resume entonces los resultados esperados de potencial eólico en la comuna. Sin embargo, aunque esta cantidad de energía es plausible de ser generada en la zona en estudio, se considera que no sería de tal atractivo para un inversionista.

Tabla 19: Potencial eólico comuna de Cartagena. Fuente: Elaboración propia en base a Explorador Eólico

Aerogenerador seleccionado	WinWinD WWD-1-60
Potencia Aerogenerador [MW]	1
Altura de Buje [metros]	90
Energía Generada Aerogenerador [MWh]	1.144,54
Factor de Planta	13,1%
Energía Generada Parque 9MW (9 aerogeneradores) [MWh]	10.301
Total de Parques de 9MW en la comuna	3
Potencia Eólica Potencial en la comuna [MW]	27
Energía Eólica Potencial Cartagena [MWh]	30.903

6.1.4 Biomasa

6.1.4.1 Producción de biogás

El biogás se obtiene a través de la digestión anaeróbica de la materia orgánica (biomasa). El gas energético principal del biogás es el metano, en una proporción de 50-70%. Este combustible puede ser posteriormente tratado para su uso en calderas de aprovechamiento térmico o equipos de generación eléctrica. Uno de los recursos principales (y en el que se enfocará este reporte) son los RSDyA o Residuos Sólidos Domiciliarios y Asimilables generados por el sector residencial. Los RSDyA tienen el potencial de conversión de biomasa a metano que se indica en la tabla a continuación.

Tabla 20: Factores de conversión de metano a biogás. Fuente: CNE/GTZ, 2007.

Tipo de Biomasa	Residuo Sólido Domiciliario y Asimilable (RSDyA)
Productividad [m³ biogás/ ton biomasa]	850
Tasa de conversión de metano a biogás	50%

De acuerdo con la información obtenida a través del “Informe Diagnóstico y catastro nacional de residuos sólidos domiciliarios” (SUBDERE, 2024), la producción per cápita de RSU en la comuna de Cartagena es la que se indica en la tabla a continuación.

Tabla 21: Producción de RSU y biogás en la comuna de Cartagena. Fuente: Subdere, 2024.

Producción per cápita de RSU [kg/hab año]	430
Población Total [habitantes]	24.599
Producción RSU Comunal [ton/año]	10.578
Metano [m3]	8.991.362
Biogás [m3]	4.495.681
Energía Térmica [MWh]	31.470
Energía Térmica Escenario 5% de recolección [MWh]	1.573
Energía Térmica Escenario 25% de recolección [MWh]	7.867
Energía Térmica Escenario 50% de recolección [MWh]	15.735

6.1.4.2 Producción de biocombustibles

Así también la biomasa puede utilizarse para producir biocombustible, de los cuales principalmente existen de dos tipos:

1. Bioetanol: Sustituye a la gasolina. En el caso del etanol actualmente se obtiene de cultivos tradicionales como el cereal, el maíz y la remolacha.
2. Biodiesel: Su principal aplicación va dirigida a la sustitución de petróleo Diesel. En un futuro servirá para variedades orientadas a favorecer las calidades de producción de energía.

En el caso de la producción de biocombustibles, se analiza el potencial en relación con la posibilidad de reutilizar el aceite vegetal usado mediante el proceso de transesterificación. De acuerdo con el Estudio de Aceites Vegetales Comestibles (ODECU, 2023), se considera que a nivel nacional se consumen aproximadamente 31,1 lt de aceite por hogar al año, si consideramos un hogar promedio de 3 personas, se obtiene un consumo per cápita de unos 10,37 lts. Si aproximadamente el 10% de este aceite ya usado se desecha de forma no



controlada, se podría concluir que a nivel comunal se desechan aproximadamente 25.501 litros de aceite usado.

Se puede asumir una tasa de recolección de 5%, es decir, que si el 5% de la población de Cartagena recolecta su aceite usado para su posterior disposición, se dispondría de aproximadamente 1.275 lts de aceite usado para pasar por el proceso de transesterificación. Considerando que los litros recolectados de aceite son equivalentes a los litros generados de biodiésel, con una densidad del aceite de 0,91 kg/L y un poder calorífico inferior (PCI) de 28 MJ/kg, se obtiene un potencial energético de producción de biodiésel de 9,02 MWh al año.

6.1.4.3 Producción de energía térmica

Por otra parte, la biomasa puede utilizarse para producción de energía térmica mediante sistemas de combustión directa. El uso principal es calor, que se puede utilizar directamente para, por ejemplo, cocinar alimentos, secar productos agrícolas o como medio de calefacción, el cual es el uso principal de la biomasa a nivel comunal e incluso nacional. También se puede aprovechar para producir vapor para la industria o para generar electricidad. Su mayor inconveniente es la contaminación que genera debido al proceso de combustión.

Para el cálculo de potencial de energía térmica, se puede considerar la cantidad de toneladas secas de biomasa anual que se puede obtener a través del manejo sostenible del bosque nativo. CONAF reporta una disponibilidad de 152 toneladas secas disponibles de biomasa al año, pudiendo llegar a generar hasta 300 MWh de energía térmica al año²⁰.

6.1.5 Hidroelectricidad

Una central de generación hidroeléctrica es una instalación que utiliza energía hidráulica para la generación de energía eléctrica. En general, estas centrales aprovechan la energía potencial gravitatoria que posee una masa de agua de un cauce natural en virtud de un desnivel, también conocido como salto geodésico. En su caída entre dos niveles del cauce, se hace pasar el agua por una turbina hidráulica que transmite energía a un generador eléctrico, donde se transformará en energía eléctrica.

De acuerdo con la plataforma Explorador Hidroeléctrico del Ministerio de Energía²¹, no se observan recursos hídricos en la comuna que sean aprovechables para generación eléctrica y, por lo tanto, el potencial hidroeléctrico de la comuna se considera nulo. En la región, solo hay potencial hidroeléctrico en las comunas de Los Andes y San Felipe.

6.1.6 Geotermia

En consideración a que el territorio comunal está en una zona costera, alejada de las zonas volcánicas no se contempla potencial de geotermia de alta entalpía para el territorio de la comuna de Cartagena.

²⁰ Explorador de bioenergía forestal de Conaf, 2025.

²¹ <https://eh.exploradorenergia.cl/potencial/pch-resumen/>



No obstante, lo anterior, la comuna cuenta con potencial para la generación geotérmica de baja entalpía, asociada al uso de bombas de calor geotérmicas para usos en calefacción y/o ACS en el sector residencial, así como para otros usos de baja temperatura (<60°C) en los sectores comerciales e industriales, como por ejemplo climatización de edificios comerciales, hospitales, escuelas, entre otros.

Las bombas de calor pueden ser tanto de ciclo abierto, que utilizan agua subterránea, para el intercambio térmico, o de ciclo cerrado, que intercambian calor directamente con el suelo mediante intercambiadores verticales u horizontales enterrados. Y pueden generar calefacción en invierno como también extraer calor, enfriando los espacios en verano.

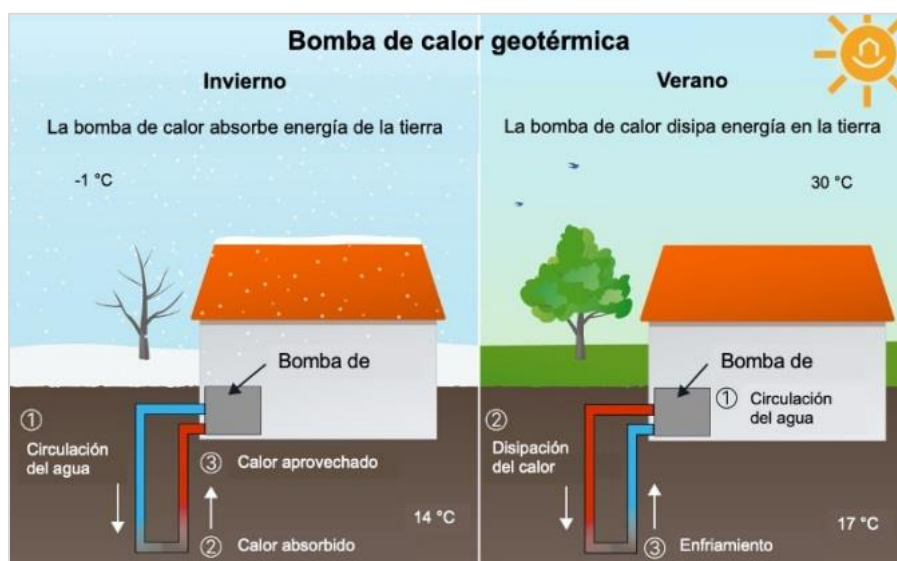


Figura 35: Funcionamiento de una bomba de calor geotérmica en invierno y verano. Fuente: Noticias de la Ciencia y Tecnología, 2023.

Mediante el explorador de bombas de calor geotérmicas se simula un sistema geotérmico para una vivienda tipo, la cual considera los siguientes consumos de calefacción y ACS, considerados bastante típicos para una vivienda de la comuna:

- Consumo de 5 balones de 45 kg de GLP al año para ACS (2.723 kWh)
- Consumo de 3 m³st de leña al año para calefacción (CDT, 2015) (4.850 kWh)

Considerando un COP²² promedio de una bomba de calor geotérmica de 3,19 (de acuerdo al explorador) para una vivienda en la comuna de Cartagena, se obtiene un consumo eléctrico geotérmico para esta vivienda tipo de 1.740 kWh, generando un ahorro aproximado de 5.868 kWh/año, equivalente a un 77% respecto al consumo tradicional de leña para calefacción y gas licuado (GLP) para agua caliente sanitaria. La siguiente gráfica muestra comparativamente el COP o rendimiento tanto de bombas de calor geotérmicas, que intercambian calor con el suelo, como las aerotérmicas, que intercambian calor con el aire, demostrando cómo los

²² COP: Viene de la sigla en inglés “Coefficient Of Performance” que significa coeficiente de rendimiento. Como su nombre indica corresponde al rendimiento térmico de la tecnología señalando específicamente cuantos kW térmicos entrega según cuantos kW eléctricos consume. Es decir, si el COP es igual a 3 significa que consumiendo 1 kW eléctrico produce 3 kW térmicos de calefacción o enfriamiento.

sistemas aerotérmicos (aires acondicionados tradicionales) pierden rendimiento en períodos de invierno.

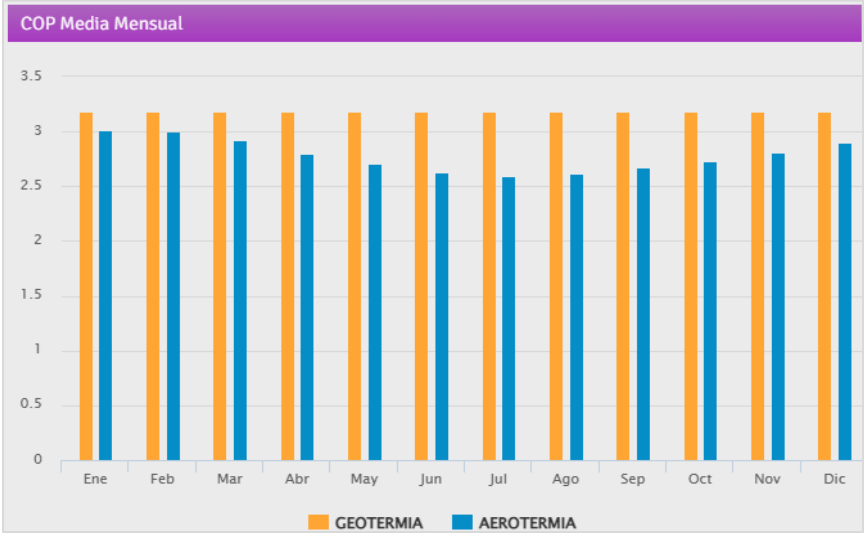


Figura 36: Rendimiento (COP) promedio mensual de Sistema Geotérmico y Aerotérmico en Cartagena. Fuente: Explorador de Bombas de Calor Geotérmicas Ministerio de Energía, 2025.

Si consideramos el total de 18.209 viviendas de la comuna de Cartagena, entonces el potencial máximo de ahorro energético mediante bombas de calor geotérmicas para el sector residencial es de 106.854 MWh. Si asumimos que un % de penetración alcanzable en mediano-largo plazo es de un 10%, entonces el potencial viable de ahorro energético mediante geotermia de baja entalpía podría alcanzar los 10.685 MWh al año.

6.1.7 Resultados del Potencial de Energías Renovables

La tabla y figuras a continuación resumen los resultados del potencial de generación energética mediante energías renovables en la comuna.

Tabla 22: Resumen de potencial energético mediante fuentes renovables en la comuna. Fuente: Elaboración propia.

	Capacidad Energía Eléctrica Instalable [MW]	Generación Eléctrica [MWh/año]	Generación Energía Térmica [MWh/año]
Solar FV Viviendas	15	20.267	22.519
Solar FV Comercio-Industria	5	7.350	-
Solar FV PMGD	480	138.059	-
Eólica	27	30.903	-
Biomasa Forestal	0	129	300
Biogás	1	9.441	31.470
Biocombustibles	-	-	9
Hidroelectricidad	-	-	-
Geotermia de Alta Entalpía	-	-	-
Geotermia de Baja Entalpía	-	-	10.685



TOTAL	528	206.148	64.983
-------	-----	---------	--------

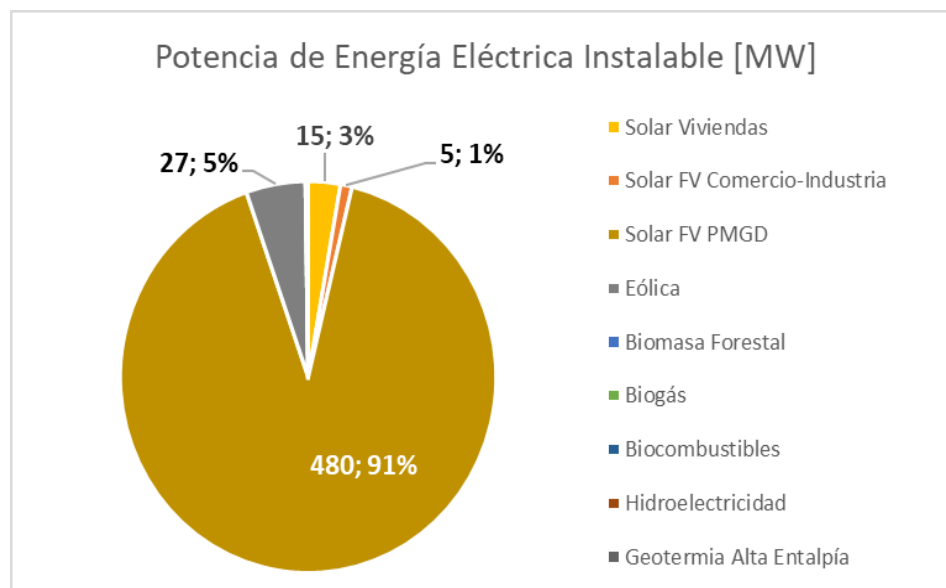


Figura 37: Potencial de Energías Renovables por capacidad instalada. Fuente: Elaboración propia

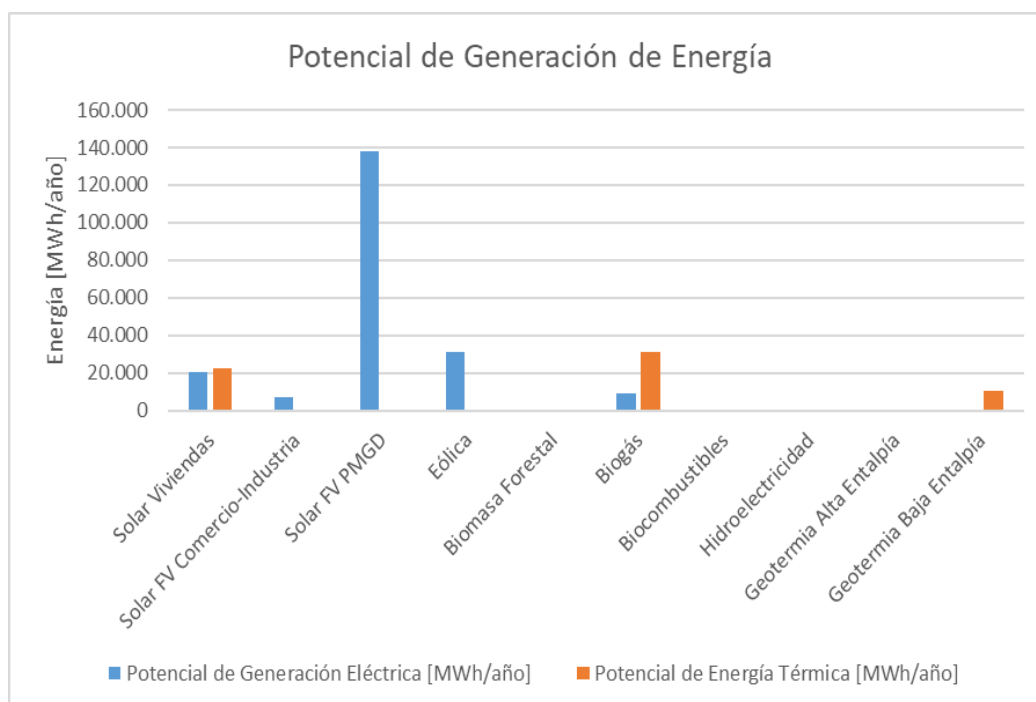


Figura 38: Potencial de Generación de Energías Renovables al año. Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia que las mayores oportunidades para las energías renovables eléctricas en la comuna están en las tecnologías solares principalmente de tipo PMGD, pero también de autoconsumo en viviendas y en los sectores comercial e industrial. Juntas suman el 95% del

potencial de capacidad eléctrica instalable en la comuna. Posteriormente, se aprecia un potencial eólico menor de 27 MW. Si se visualiza la generación eléctrica potencial, se puede observar que la energía solar, sumadas la residencial, comercial-industrial y PMGD son las que permitirían generar más energía (165 GWh), seguidas de la energía eólica con 31 GWh. También es interesante dar cuenta del nulo potencial de generación de hidráulica y la casi nula capacidad de generación mediante biomasa forestal propia.

Finalmente, en términos térmicos, cabe destacar el potencial de generación de biogás a partir de residuos domiciliarios, la energía solar térmica y la geotermia de baja entalpía mediante bombas de calor geotérmicas.

6.2 Potencial de Eficiencia Energética

6.2.1 Reacondicionamiento Térmico de Viviendas

El Ministerio de Vivienda y Urbanismo contempla el Programa Mejoramiento de Vivienda, Barrios y entorno (DS27), el cual dentro de sus alternativas considera el “Programa de Eficiencia Energética e Hídrica para la vivienda”, el que busca mejorar la calidad de vida de las familias que habitan en áreas o localidades urbanas de más de 5 mil habitantes, así como en comunas con PDA vigente y cuyas superficies no superen los 140 m².

El programa considera un subsidio que busca mejorar la envolvente de la vivienda con el fin de reducir sus pérdidas de calor y contribuir a reducir la demanda de energía de calefacción, lo que permite contribuir a mejorar los servicios básicos de la vivienda por medio del uso eficiente de los recursos naturales disponibles.

La mejora de la envolvente de la vivienda consiste principalmente en aplicar aislación térmica tanto en muros como en techumbres, en viviendas que no cuenten con estos materiales en su envolvente. Principalmente, aplica a viviendas construidas antes del 2000, año en que entró en vigor la reglamentación térmica que exigió un estándar mínimo de aislación térmica en las techumbres y que luego se complementó en el año 2007, cuando entró en vigor la segunda etapa de la reglamentación, exigiendo aislamientos térmicos mínimos también para los muros y ventanas. Cabe señalar también, que recientemente en mayo de 2024, se aprobó la tercera etapa de la reglamentación térmica que entrará en vigencia en noviembre de 2025 y que contemplará mayores niveles de aislamiento térmico en las viviendas, así como también en establecimientos educacionales y de salud.

En base a los datos de los Censos de 2002, 2017 y 2024, se estimó el número de viviendas construidas previo al año 2000, las construidas entre el año 2000 y 2007 y las restantes viviendas construidas desde esa fecha hasta el día de hoy, realizando una proyección lineal en base al crecimiento entre los Censos de 2002 y 2017. Estos valores se resumen en la Tabla 23

Por otra parte, a partir del Manual de Acondicionamiento Térmico de Viviendas (CDT, 2015), se han podido cuantificar las demandas de una vivienda estándar en la zona térmica 2 que corresponde a la zona de Cartagena. Este manual señala las demandas unitarias de calefacción para las viviendas construidas en las 3 fases de la reglamentación térmica, es decir, las viviendas sin aislación, con aislación solo en techumbre y aislación de techumbre



más muros, según los estándares exigidos por la propia reglamentación. Estos valores de demanda se acotaron al 50% para contabilizar una demanda energética más realista, teniendo en cuenta los resultados de otros estudios como el señalado en el capítulo 3.2.2 de “Medición del consumo nacional de leña y otros combustibles sólidos derivados de la madera” (CDT, 2015) que acota la demanda energética promedio por viviendas a valores cercanos a la mitad del estimado por el Manual de Acondicionamiento Térmico. En base a estos valores y asumiendo una vivienda promedio de 60 m², se determina la demanda total por vivienda promedio en la comuna, su consumo de leña asociado (asumiendo un uso hipotético de este tipo de combustible con una eficiencia del 60%) y el ahorro de energía alcanzable para cada caso de mejora de vivienda frente a la condición sin aislación térmica

Tabla 23: N° Viviendas, demanda y consumo energético según año construcción de parque de viviendas en la comuna de Cartagena. Fuente: Elaboración propia.

	N° Viviendas	Proporción Viviendas	Demanda Unitaria Anual [kWh/m ²]	Demanda Anual de Vivienda [kWh]	Consumo Anual de Leña [kWh]	Ahorro Energía
Total Viviendas	18.209	-	-	-	-	-
Viviendas pre-2000 (sin aislación)	11.389	62,5%	75	4.500	7.500	-
Viviendas entre 2000-2007 (aislación techo)	1.947	10,7%	50	3.000	5.000	33%
Viviendas post 2007 (aislación techos+muros)	4.873	26,8%	40	2.400	4.000	47%

De la tabla anterior, se observa un ahorro importante al aislar el techo de las viviendas, que exige aislar con un espesor de aproximadamente 60mm, sin embargo, la mejora de aislación térmica al agregar aislamiento a los muros es menos significativa, incrementando el ahorro solo de un 33% a un 47%, es decir, solo 14% adicional. Esto se debe por una parte a que el calor siempre tiende a ascender y, por lo tanto, las pérdidas térmicas en paramentos verticales son menores, pero también a que la reglamentación térmica para la zona térmica 2, en donde se encuentra Cartagena, ha exigido hasta la fecha un nivel de aislación térmica en muros muy bajo, por ejemplo, una vivienda de albañilería no ha requerido aislamiento térmico en la fachada, mientras un muro de hormigón solo requeriría 2mm de aislación térmica para cumplir la normativa y por ende el ahorro esperado es muy bajo. En este sentido, en caso de implementar un programa de reacondicionamiento térmico para la comuna de Cartagena se recomienda optar a un aislamiento térmico mayor al exigido por la normativa vigente desde 2007 en particular para los muros de las viviendas.

La sugerencia, en este sentido, es que cualquier medida de acondicionamiento térmico tanto en viviendas como en cualquier otra construcción habitable siga las nuevas exigencias de la actualización de la reglamentación térmica, artículo 4.1.10 de la OGUC. Ésta se basa en la zonificación térmica de la NCh 1079 que indica que la comuna de Cartagena se encuentra en la zona térmica C. Así, las viviendas acondicionadas deben cumplir con una transmitancia térmica máxima de 0,47 W/m²K para las techumbres; 0,80 W/m²K para muros; 0,60 W/m²K para pisos ventilados y 1,7 W/m²K para puertas opacas. Así también se modifican las superficies máximas de ventana según orientación y transmitancia térmica de la misma.



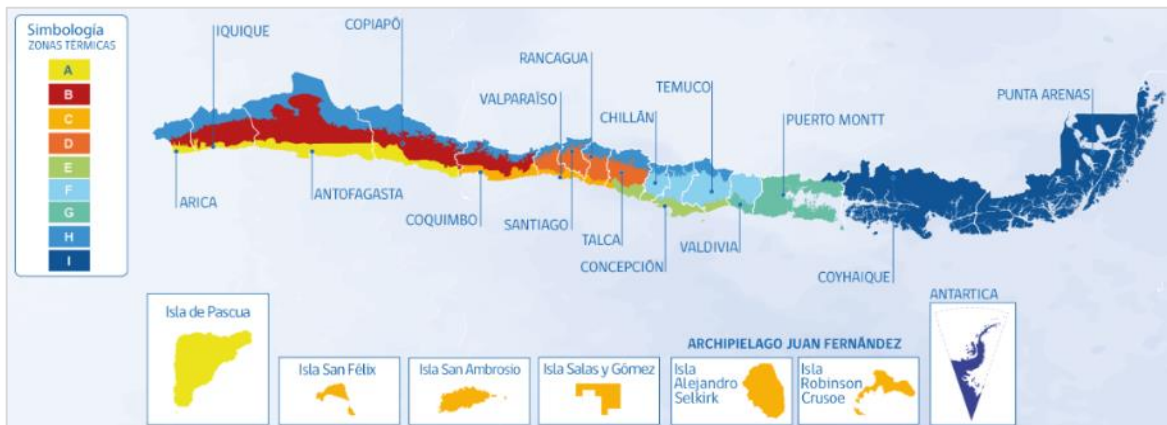


Figura 39: Zonificación Térmica Modificación Reglamentación Térmica. Fuente: Elaboración propia.

Para alcanzar entonces la nueva reglamentación térmica en la comuna de Cartagena, las viviendas deberán poseer un aislamiento térmico en muros de al menos 40mm de EPS de 20 kg/m³, mientras en techumbres se deberá considerar un aislamiento térmico de al menos 80mm de espesor. Una mejora de estos espesores de la envolvente permitiría incrementar el ahorro de energía de un 36% a al menos un 65% frente a la reglamentación térmica actual. Este aislamiento permitiría dar cumplimiento a las nuevas exigencias de la actualización de esta reglamentación para la comuna de Cartagena. La siguiente tabla muestra entonces los resultados esperados de reacondicionar térmicamente las viviendas de la comuna según las recomendaciones anteriores para el parque de viviendas sin aislación o con aislación parcial según su año de construcción. Así también, se señala el ahorro esperado según el número de viviendas acondicionadas respecto al total de la comuna.

Tabla 24: Consumos y ahorros energéticos esperados por el reacondicionamiento térmico de viviendas. Fuente: Elaboración propia

	N° Viviendas	10% Penetración	25% Penetración	40% Penetración
Viviendas sin aislación (construidas antes año 2000)	11.389	1.139	2.847	4.556
Consumo Energía Térmica Viviendas pre-2000 (sin aislación) [MWh]	85.419	-	-	-
Ahorro Energía Térmica Viviendas pre-2000 [MWh]	55.522	5.552	13.881	22.209
Viviendas solo aislación techumbre (construidas entre 2000 y 2007)	1.947	195	487	779
Consumo Energía Térmica Viviendas 2000-2007 (con aislación solo en techumbre) [MWh]	9.734			
Ahorro Energía Térmica Viviendas 2000-2007 [MWh]	4.624	462	1.156	1.849
Ahorro Energía Térmica Viviendas Total [MWh]	60.146	6.015	15.037	24.058
Ahorro Energía Térmica Viviendas Total [%]	52%	5%	13%	21%

Cabe señalar que el potencial de acondicionamiento térmico es también aplicable a otros edificios no residenciales, como puede ser a recintos educacionales, de salud, turísticos, entre otros. El municipio cuenta con diferentes edificios municipales, como por ejemplo el Edificio Consistorial que no posee ningún tipo de aislación térmica, estrategia que podría generar ahorros energéticos adicionales importantes.

6.2.2 Reacondicionamiento Térmico de Establecimientos Turísticos

Teniendo en cuenta que la comuna de Cartagena tiene vocación histórica turística, pero con una infraestructura antigua, se considera que el reacondicionamiento térmico antes visto para el sector residencial también podría ser aplicable a las edificaciones hoteleras y/o gastronómicas en general.

En consideración de que la reglamentación térmica no aplica a edificios no-residenciales y en consideración a que la infraestructura de la comuna es antigua, es altamente probable que las edificaciones turísticas no cuenten con aislación térmica. En este sentido podemos asumir entonces que la demanda de calefacción de un establecimiento turístico será similar al de una vivienda, llegando a una demanda de hasta 150 kWh/m².

De acuerdo a las estadísticas territoriales SIIT (Biblioteca del Congreso Nacional, 2025) al año 2023 existen un total de 213 establecimientos turísticos en la comuna de Cartagena. Si asumimos que en promedio tienen una superficie construida de 150 m², se puede determinar que tendrían una demanda total de 4.793 MWh de energía térmica, que mediante la aislación térmica propuesta por la nueva reglamentación térmica se podría reducir en un 65%, lo que equivaldría a un ahorro energético total de 3.115 MWh al año.

Tabla 25: Consumos y ahorros energéticos esperados por reacondicionamiento térmico de establecimientos turísticos. Fuente: Elaboración propia.

N° Establecimientos (año 2023)	213
Superficie Construida promedio (m2)	150
Demanda Térmica promedio (kWh/m2)	150
Demanda Total Energía Térmica (MWh)	4.793
Ahorro Esperado	65%
Ahorro Esperado de Energía Térmica (MWh)	3.115

Cabe señalar que Sernatur cuenta con un sello de sustentabilidad turística (Sello S)²³ el cual no ha sido alcanzado por ningún establecimiento turístico de la comuna.

6.2.3 Recambio de Calefactores

Del análisis de demandas de energía comunales, se observa que una parte importante de éstas se concentran en calefacción tanto de edificios residenciales como no residenciales.

En particular en el sector residencial, gran parte del consumo se concentra en el uso de calefactores ineficientes a leña (18%) o a gas licuado (52%), que además son contaminantes y dañinos para la salud, como también lo son los calefactores a parafina, de menor uso en la comuna. En este sentido, se hace evidente la oportunidad de eficiencia energética alcanzable en la comuna si se implementa un programa de recambio de calefactores, más allá que el territorio no tenga ningún plan de descontaminación atmosférica. Este programa podría atender al sector residencial, aunque también a otros sectores como el comercial, turístico y municipal.

²³ <https://portalserviciosturisticos.sernatur.cl/diferenciate/sustentabilidad-turistica/sello-s/>



Considerando que el 18% de los habitantes de la comuna utilizan leña para calefaccionar sus viviendas, lo que corresponde a un consumo de leña por vivienda de 4.850 kWh al año, que suma un total de 15.898 MWh al año para el total de la comuna. Así también, la comuna tiene una penetración del 52% que si asumimos que aproximadamente el 50% del consumo de GLP comunal residencial de la comuna se destina a calefacción, entonces el consumo de GLP comunal alcanzaría los 1.634 MWh/año. Sumando este valor al consumo de leña comunal permite obtener un estimado del consumo de combustible para calefacción en las viviendas de Cartagena, alcanzando los 17.530 MWh/año.

Implementar un recambio de calefactores en la comuna implicaría cambiar tanto las estufas a leña como a GLP por calefactores a pellet o equipos de aire acondicionados tipo Split. Si asumimos que los primeros tienen un rendimiento promedio del 85% y los Split un COP²⁴ promedio de 2,9, entonces los potenciales de ahorro son los que se muestran en la siguiente tabla. El total de energía ahorrado asume que el 50% de las viviendas acceden a reemplazar las estufas a leña o GLP por pellet y el otro 50% por equipos bomba de calor tipo Split.

Tabla 26: Consumos y ahorros energéticos esperados por recambio de calefactores. Fuente: Elaboración propia

	N° Viviendas	10% Penetración ²⁵	25% Penetración	40% Penetración
N° Viviendas con consumo leña o GLP	3.605	361	901	1.442
Consumo Energía Leña Total Viviendas [MWh]	17.530	-	-	-
Ahorro Energía Leña mediante Estufas Pellet [MWh]	5.143	514	1.286	2.057
Ahorro Energía Leña mediante Bomba Calor Split [MWh]	13.868	1.387	3.467	5.547
Ahorro Energía Térmica Viviendas Total [MWh]	9.506	951	2.376	3.802
Ahorro Energía Térmica Viviendas Total [%]	54%	5%	14%	22%

6.2.4 Recambio de Luminarias de Alumbrado Público

A partir de la información recopilada en el capítulo 3.2.1, se sabe que en el año 2024 en Cartagena se consumieron 1.348 MWh por concepto de alumbrado público en toda la comuna.

Así también, a partir del estudio “Apoyo a la eficiencia energética en el sector residencial y municipal” (BID, 2013) se sabe que la mayor parte de las luminarias públicas del país (sobre el 85%) son del tipo Sodio de Alta Presión, las cuales oscilan en potencia entre los 70 y 1000 W según el grado de luminosidad de la luminaria.

Para el análisis del potencial de eficiencia energética mediante recambio de luminarias públicas se han considerado los siguientes supuestos:

- Las luminarias ineficientes de Sodio Alta Presión tienen una potencia de 150 W;
- Existe un total de 5.490 luminarias de alumbrado público;
- Un 20%, aproximadamente 4.844 focos son eficientes de tipo LED de 80 Watts;

²⁴ COP: Coefficient of Performance (Coeficiente de Rendimiento)

²⁵ Corresponde aproximadamente a las viviendas con el programa ya implementado entre los años 2016 y 2024



- Un 80%, aproximadamente 19.378 luminarias, son ineficientes, de Sodio Alta Presión.

Tabla 27: N° de Luminarias en la comuna de Cartagena. Fuente: Dirección de Obras Municipales Cartagena

Vial	Peatonal	Ornamental	Plaza	Proyector	TOTAL
4.288	557	468	61	116	5.490

Bajo estos supuestos, se estima el ahorro potencial de energía eléctrica a alcanzar para el municipio considerando el recambio total y parcial de luminarias de alumbrado público.

Tabla 28: Consumos y ahorros energéticos esperados por recambio de alumbrado público. Fuente: Elaboración propia.

	TOTAL	25% Penetración	50% Penetración	75% Penetración
Luminarias Sodio Alta Presión	4.392	-	-	-
Consumo Eléctrico Total Luminarias [MWh]	1.348	-	-	-
Ahorro Energía Recambio Luminarias LED [MWh]	1.122	281	561	842
Ahorro Energía Térmica Viviendas Total [%]	83%	21%	42%	62%

Fuera del ahorro energético que significaría para la Municipalidad, se generaría una reducción de costo significativo en las facturas, al reducirse también fuertemente el costo por demanda (potencia) contratada que, al tener una potencia fija, es posible acceder a una tarifa eléctrica con contrato a menor demanda contratada. De acuerdo a información suministrada por la DAF municipal, en el año 2024 el municipio incurrió en un gasto de 339 millones de pesos al año solo por concepto de consumo eléctrico de luminaria pública en la comuna.

6.2.5 Sistemas de Gestión Energética

Otra medida de eficiencia energética que puede impulsar la comuna de Cartagena es la implementación de sistemas de gestión de la energía (SGE) aplicables tanto en el sector privado industrial o comercial, así como en el sector público municipal.

Esta medida se fundamenta en la entrada en vigor de la Ley de Eficiencia Energética que obliga a todas las grandes empresas con consumos sobre los 50 tera-calorías anuales a implementar un SGE en sus instalaciones. La comuna de Cartagena, aunque no se caracteriza por contar con un sector industrial importante, de todos modos, estarán obligados a implementar SGE en sus empresas. Además, el municipio podría impulsar y fomentar la implementación de un sistema de este tipo en las propias dependencias de la Municipalidad, en especial considerando que la ley de eficiencia energética exigirá desde el año 2026 a todos los municipios a reportar los consumos de energía comunales al Ministerio de Energía. Cabe señalar que este ministerio posee la plataforma “Gestiona Energía”²⁶ que busca sistematizar el trabajo de los gestores energéticos del sector público ofreciendo a su vez capacitación a éstos. Por otra parte, la Agencia de Sostenibilidad Energética cuenta con el Sello de Excelencia Energética²⁷ donde empresas pueden adherirse en forma voluntaria a este programa y así evidenciar sus políticas de eficiencia y gestión energética.

²⁶ <https://sectorpublico.gestionaenergia.cl/>

²⁷ <https://www.selloee.cl/>



Esta medida implicaría implementar como una de las primeras medidas una plataforma de seguimiento de consumos o facturación energética, de tal forma de poder tener un registro sistematizado de los consumos de energía de la comuna y de este modo poder gestionar sus consumos.

Cabe señalar la existencia del programa Gestiona Energía²⁸ del Ministerio de Energía, el cual tiene por objetivo promover el uso eficiente de las fuentes energéticas en el sector público y privado, contribuyendo a fomentar la sustentabilidad del país.

La implementación de un sistema de este tipo puede llegar a generar ahorros significativos en los consumos y costos de la energía el cual en forma conservadora puede incluso superar el 3% anual.

Si consideramos la demanda energética municipal de 2.015 MWh (entre electricidad y GLP), se puede estimar que el ahorro potencial a alcanzar solo en el sector público sería de 60,4 MWh al año. Mientras el ahorro a alcanzar en el sector industrial y comercial privado es de 1.158 MWh al año, considerando el consumo de electricidad y GLP de ambos sectores que actualmente alcanza los 38.596 MWh/año.

6.2.6 Resultados del Potencial de Eficiencia Energética

La tabla y figura a continuación resumen los resultados de ahorro energético mediante las distintas medidas de eficiencia energética susceptibles de aplicar en la comuna.

Tabla 29: Ahorro potencial por medidas de eficiencia energética en la comuna. Fuente: Elaboración propia

	Ahorro de Energía Eléctrica Potencial [MWh/año]	Ahorro de Energía Térmica Potencial [MWh/año]	Potencial de Ahorro Energía Total [MWh/año]
Reacond. Térmico Viviendas		60.146	60.146
Reacond. Térmico Sector Turismo		3.115	3.115
Recambio Calefactores		9.506	9.506
Energía Distrital		0	0
Recambio Alumbrado Público	1.122		1.122
Sistema de Gestión Energética	667	551	1.218
TOTAL	1.789	73.318	75.107

²⁸ <https://www.gestionaenergia.cl/>



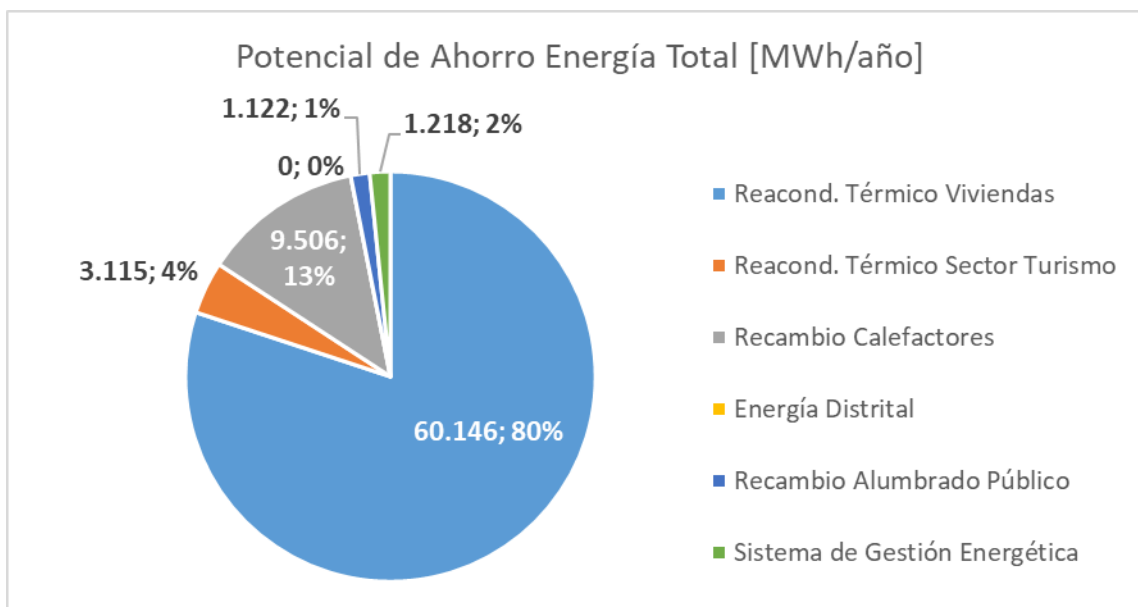


Figura 40: Distribución del ahorro potencial por medidas de eficiencia energética en la comuna. Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el 80% del potencial de ahorro de energía viene dado por el acondicionamiento térmico de viviendas, que sumado al reacondicionamiento térmico del sector hotelero y el recambio de calefactores alcanzan el 97% del potencial. Las restantes medidas como el recambio de luminarias y la implementación de sistemas de gestión de energía tienen un impacto considerablemente menor, aunque éstos si pueden tener un impacto significativo en los consumos propios del municipio y en el sector industrial. La energía distrital no se observa que tenga potencial en la comuna.

Finalmente, cabe señalar que, de implementar todo el potencial de eficiencia energética propuesto, **se podría generar un ahorro de un 28% del total de energía consumida en la comuna.**

7 Participación Ciudadana

Este capítulo da cuenta del proceso de participación ciudadana considerado en la Estrategia Energética Local para la definición de la Visión Energética de la Comuna, los Objetivos y Metas, y la propuesta de Plan de Acción surgida de este proceso.

Previo al comienzo de los talleres comunitarios, se realizó un hito de inicio con el Concejo Municipal el día 4 de junio, donde la consultora, junto al equipo de la Dirección Medio Ambiental Aseo y Ornato - DIMAO, le presentó la iniciativa, sus contenidos y los plazos para su desarrollo.

Las actividades del proceso participativo realizadas se dividieron en: 5 talleres ciudadanos presenciales, más un taller online con profesionales de distintas direcciones del municipio. Adicionalmente se realizó una encuesta online, más la aplicación de encuesta a los participantes del taller de diagnóstico.

Tabla 30: Contenidos trabajados en los talleres de participación ciudadana.

Tema	Fecha	Lugar
Presentación del diagnóstico	13 de junio	Salón Concejo Municipal
Taller desarrollo de la visión Energética de la Comuna	13 de junio	Escuela Lo Zárate
Taller de desarrollo de los objetivos, metas y Plan de Acción de la EEL	16 de junio	Salón Concejo Municipal
	16 de junio	Escuela Lo Zárate
Taller Plan de Acción	02 de julio	Online
Taller consolidado Visión energética, Plan de Acción	15 de julio	Sede Junta de Vecinos Cajón de La Magdalena

El municipio apoyó la convocatoria a dirigentes, tanto de organizaciones territoriales como funcionales, además de vecinos y vecinas de distintas localidades de la comuna, procurando la mayor representatividad territorial posible. La consultora reforzó la convocatoria a través de los correos electrónicos disponibles invitando a distribuir la invitación tanto a dirigentes como vecinos.

En total, se contó con la participación directa de 51 personas de la comunidad, distribuidas entre los distintos talleres presenciales y la encuesta online disponible entre el 10 de junio y el 15 de julio. La participación se desglosa en 28 mujeres (54,9 %), 23 hombres (45,1 %). La representación por sector se muestra en la siguiente gráfica:



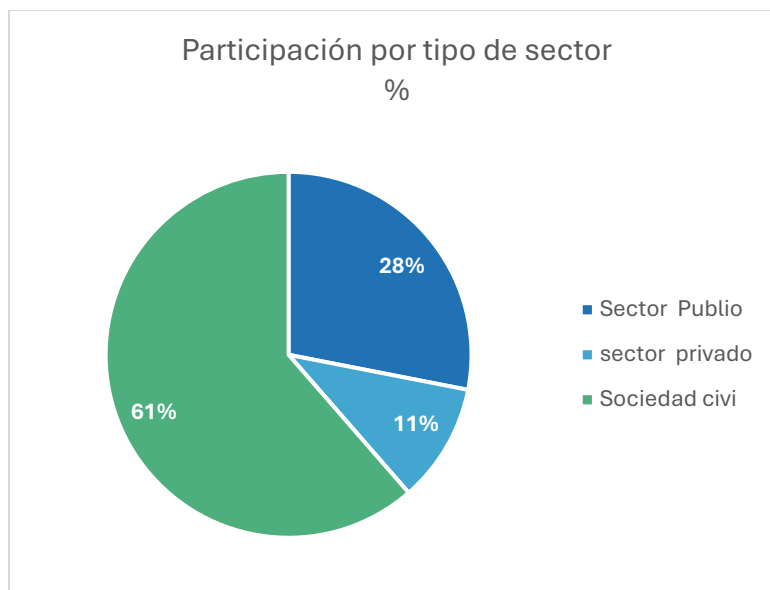


Figura 41: Distribución por sector de los participantes de las instancias de participación ciudadana.

7.1 Taller: Presentación del Diagnóstico

Como hito inaugural del proceso participativo comunitario, el 13 de junio de 2025 se realizó una jornada de socialización del diagnóstico energético de la comuna en el Salón del Concejo Municipal. En esta instancia se presentaron los principales resultados del diagnóstico elaborado por el equipo consultor, abordando aspectos como: consumo energético residencial y público, emisiones GEI asociadas, infraestructura crítica, oportunidades locales de generación renovable, y situación de pobreza energética.

Este evento fue clave no solo para validar colectivamente el estado de situación energética de la comuna, sino también para convocar e invitar a la comunidad organizada y ciudadanía general a participar activamente en las siguientes etapas del proceso: definición de la visión y construcción del plan de acción. En esa presentación fueron publicadas ante la audiencia todas las fechas de las actividades programadas, para invitarlas a participar del proceso.



Figura 42: Presentación del diagnóstico y de la herramienta EEL de Cartagena

Se acompañó la actividad con un trabajo de interacción con los asistentes con preguntas en línea sobre las temáticas expuestas. Para ello se utilizó la plataforma Menti, y se hicieron tres preguntas a los asistentes:

- 1 ¿Cuál cree que es la energía renovable con mayor potencial en Cartagena?
- 2 ¿Qué medida de eficiencia energética cree que debiese ser prioritaria de implementar?
- 3 ¿Qué medida de movilidad sostenible se podría implementar en la comuna?

Los resultados reflejan una ciudadanía interesada en soluciones concretas para una transición energética en la comuna.

7.2 Talleres: Visión Energética de la Comuna

Para el desarrollo de la Visión Energética de la comuna de Cartagena, fueron aplicadas distintas herramientas y estrategias de recopilación de información, tanto en formato presencial como *online* con alcance urbano y rural. Se desarrollaron 2 tipos de encuestas: una *online* permanente durante todo el proceso participativo disponible entre el 10 de junio y el 15 de julio, la cual fue promocionada en los talleres, a través de afiches en DIMAO e Instagram; adicionalmente se aplicó una encuesta física voluntaria en papel a los participantes de los talleres; y se planificó una experiencia para realizar en los talleres 2 y 3. Estas instancias serán descritas a continuación.

El trabajo de taller de visión fue planificado para ser realizado en instancia urbana y rural siendo esta última apoyada por un quinto taller realizado en la localidad de Cajón de La Magdalena el día 15 de julio.



Figura 43: Talleres 3 y 5 EEL de Cartagena (Salón Concejo Municipal y Sede JJVV Cajón de La Magdalena).

En los talleres se realizaron trabajo en mesas, donde se dialogó en torno a las siguientes preguntas:

1. Aspectos identitarios que deben estar en la Estrategia Energética: En su opinión, ¿Qué aspectos de la identidad de Cartagena deben ser considerados en su EEL?
2. ¿Qué valores representan a la comunidad de Cartagena?



3. Visión energética futura de Cartagena: Si imagina a Cartagena en 15 años, ¿Cómo le gustaría que fuera en términos de energía?

De este proceso, surgieron los principales conceptos e ideas fuerza a partir de las cuales se construyó la visión energética para la Estrategia Energética Local. Una síntesis de estas propuestas se presenta en el siguiente diagrama:



Figura 44: Diagrama Conceptual con los componentes para la visión energética de la comuna de Cartagena.

La propuesta de Visión Energética propuesta y validada por la comunidad participante es la siguiente:

*Cartagena, comuna **solidaria y sostenible**, que gestiona su **identidad patrimonial, turística, rural y cultural** para transitar hacia una **energía limpia, equitativa y descentralizada**. Con una ciudadanía consciente, comprometida con las futuras generaciones, que valora su territorio y promueve tecnologías **renovables, eficiencia energética y educación ambiental** como pilares del desarrollo local.*

7.3 Talleres: Objetivos, Metas y Plan de Acción

El proceso de construcción del Plan de Acción de la Estrategia Energética Local de Cartagena se estructuró a partir de múltiples instancias participativas: encuestas presenciales en todos los talleres, encuesta *online*, taller presencial de Objetivos; Metas y Plan de Acción urbano, taller online con funcionarios municipales y taller presencial en sector cajón de La Magdalena.



La metodología de trabajo se centró en dinámicas grupales, desarrolladas a partir de una lluvia de ideas de iniciativas organizadas según las categorías del Sello Comuna Energética. La actividad fue guiada por un monitor, quien facilitó el diálogo y el análisis de cada propuesta, permitiendo su agrupación y categorización en torno a objetivos comunes.

De este proceso se recopilieron 63 propuestas de iniciativas, que se agruparon por categoría y se sistematizaron en torno a acciones constituyentes de futuros proyectos, que son las que se presentan en el plan de acción del capítulo siguiente.

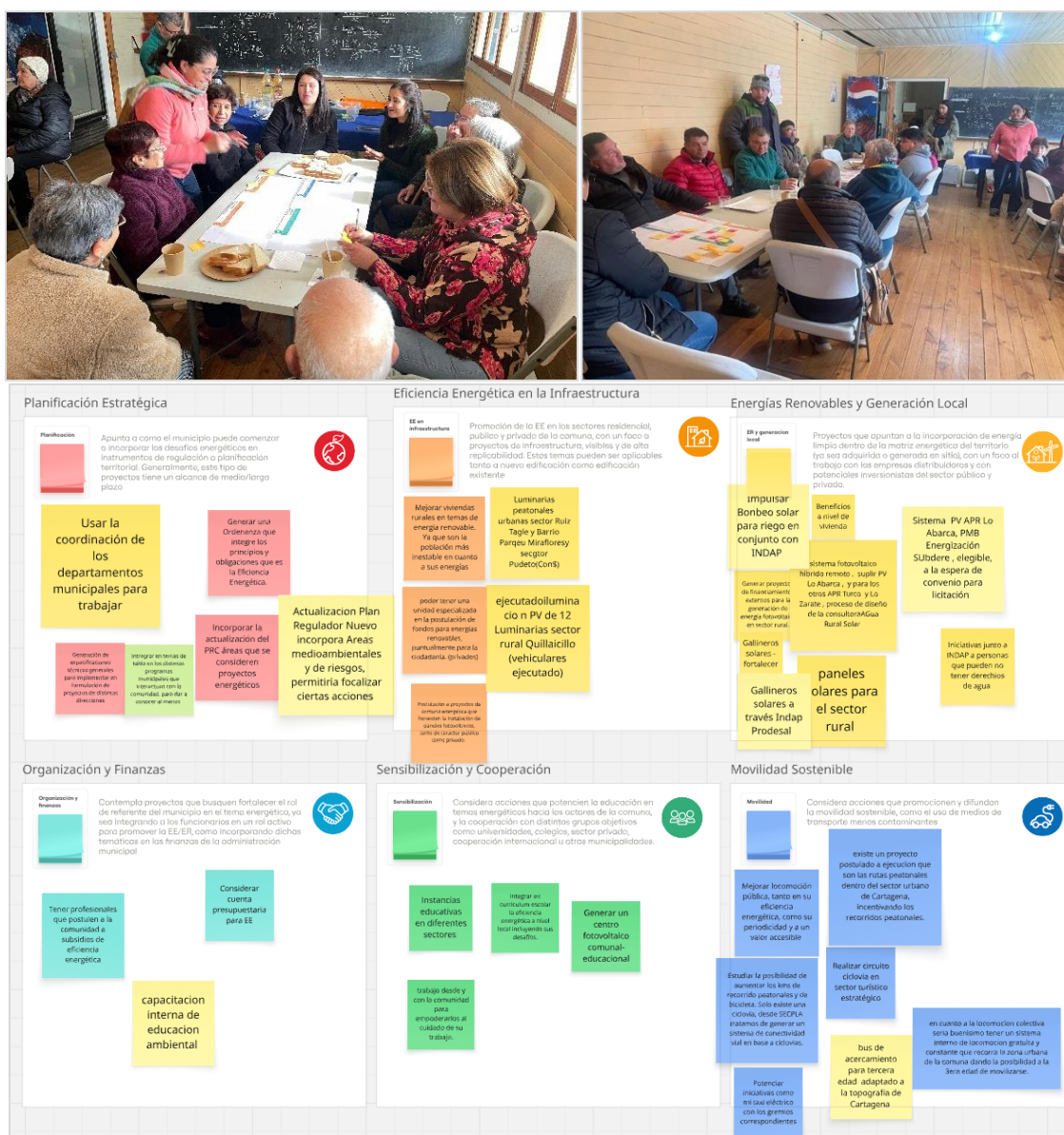


Figura 45: Talleres de participación ciudadana Plan de Acción.

8 Estrategia Energética Local

Como resultado del proceso de participación ciudadana, desarrollado en sus distintas instancias presenciales y remotas, se llegó a una propuesta construida de manera dialogada y consensuada junto al equipo municipal contraparte técnica. Esta propuesta constituye la Estrategia Energética Local para la comuna de Cartagena, la cual se presenta a continuación.

8.1 Visión Energética de la Comuna

Cartagena, comuna solidaria y sostenible, que fortalece su identidad turística, rural y cultural integrándola en una visión de futuro basada en energías limpias, equitativas y descentralizadas. Con una ciudadanía consciente y comprometida con las futuras generaciones, que valora y cuida su territorio, impulsando las energías renovables, la eficiencia energética y la educación ambiental como pilares de su desarrollo local.

8.2 Objetivos y Metas

A continuación, se presentan los objetivos y metas definidos para las seis categorías del Sello Comuna Energética. De ellos se desprenden las acciones a implementar en el marco de la Estrategia Energética Local a corto, mediano y largo plazo, en un horizonte de 15 años.

Tabla 31: Objetivos y Metas por Categoría. Fuente: Elaboración propia.

OBJETIVOS	METAS
1. Planificación Estratégica	
1.1. Fortalecer la planificación territorial y la gobernanza energética local con criterios y lineamientos en materia de eficiencia energética, energías renovables y sustentabilidad.	Meta: <ul style="list-style-type: none"> - Disponer de una pauta única validada con criterios de sostenibilidad energética y ambiental transversales a los instrumentos de planificación territorial, ordenanzas y protocolos de adquisiciones municipales para el año 2028.
2. Eficiencia energética en la Infraestructura	
2.1. Mejorar el desempeño energético de la infraestructura pública y comunitaria, mediante intervenciones visibles y replicables que promuevan confort, ahorro y sustentabilidad.	Metas: <ul style="list-style-type: none"> - Contar con una línea base actualizada del parque de luminarias LED, al año 2030, para establecer planes de recambio y mantenimiento. - Personal municipal capacitado en certificación sustentable de edificaciones públicas (CES), para el año 2030.

OBJETIVOS	METAS
3. Energías Renovables y Generación Local	
3.1. Ampliar el uso de energías renovables en la comuna mediante soluciones locales, comunitarias y rurales, que fortalezcan la resiliencia energética y seguridad en el suministro.	Metas: <ul style="list-style-type: none"> - Implementar un proyecto de energía solar térmica en al menos un establecimiento educacional - Proyecto de luminarias solares fotovoltaicas en al menos dos localidades rurales aisladas para el año 2035.
4. Organización y Finanzas	
4.1. Fortalecer la institucionalidad energética municipal, asegurando recursos, capacidades y normativas que permitan liderar e implementar la transición energética a nivel local.	Meta: <ul style="list-style-type: none"> - Incremento de un 25% de funcionarios capacitados cada año para alcanzar al menos el 75% de la planta al año 2030.
5. Sensibilización y Cooperación	
5.1. Impulsar una cultura energética comunal a través de la educación, el empoderamiento ciudadano y la cooperación con instituciones educativas.	Meta: <ul style="list-style-type: none"> - Contar con al menos una campaña de sensibilización en buenas prácticas energéticas al sector turismo y de comercio realizada al año 2028. - Desarrollo de al menos 3 ciclos de capacitaciones en eficiencia energética dirigidas al sector comercio y turismo al año 2030.
6. Movilidad Sostenible	
6.1. Fomentar un sistema de movilidad sustentable, accesible e inclusivo, basado en transporte eléctrico, caminabilidad y conectividad territorial.	Meta: <ul style="list-style-type: none"> - Contar con una iniciativa de electromovilidad municipal funcionando al 2035 - Disponer de rutas de movilidad sostenible no motorizadas implementadas al año 2035.



8.3 Plan de Acción

La estrategia se completa con el levantamiento de iniciativas, priorización y definición de líneas de proyectos y sus plazos, que son los que se presentan en la tabla a continuación:

Tabla 32: Plan de Acción Propuesto. Fuente: Elaboración propia.

Objetivo	Nombre de la acción o iniciativa	Categoría de Sello	Plazo		
			Corto 2025-30	Mediano 2030-35	Largo 2035 - 40
1. Planificación Estratégica					
1.1. Fortalecer la planificación territorial y la gobernanza energética local con criterios y lineamientos en materia de eficiencia energética, energías renovables y sustentabilidad.	Iniciativa 1: Incorporación de criterios energéticos y ambientales transversales y único a todos los instrumentos de planificación comunal. (Ficha 1).	1.1.			
	Iniciativa 2: Ordenanza municipal sobre principios y obligaciones en materia de Eficiencia Energética y Energías Renovables en la comuna. (Ficha 2).	1.1.			
	Iniciativa 3: Desarrollo de un protocolo municipal para la planificación y diseño de espacios públicos que incorpore criterios de eficiencia energética y resiliencia climática (Ficha 3).	1.1.			
2. Eficiencia energética en la Infraestructura					
2.1. Mejorar el desempeño energético de la infraestructura pública, residencial y comunitaria, mediante intervenciones visibles y replicables que promuevan confort, ahorro y sustentabilidad.	Iniciativa 4: Certificación energética en las nuevas construcciones municipales (Ficha 4)	2.1.			
	Iniciativa 5: Aumento del parque de luminarias led en la comuna (Ficha 5)	2.8.			



Objetivo	Nombre de la acción o iniciativa	Categoría de Sello	Plazo		
			Corto 2025-30	Mediano 2030-35	Largo 2035 - 40
3. Energías Renovables y Generación Local					
3.1. Ampliar el uso de energías renovables en la comuna mediante soluciones locales, comunitarias y rurales, que fortalezcan la resiliencia energética y seguridad en el suministro.	Iniciativa 6: Proyecto de sostenibilidad energética integral eléctrica y agua caliente sanitaria para el Liceo Vicente Huidobro (Ficha 6).	3.3.			
	Iniciativa 7: Energía Comunitaria entre establecimientos de salud y otras dependencias municipales (Ficha 7).	3.4.			
	Iniciativa 8 Parque solar comunitario para el sector rural de Cartagena (Ficha 8).	3.4.			
	Iniciativa 9: Sistema de impulsión solar para riego en zonas rurales (Ficha 9).	3.4.			
	Iniciativa 10: Alumbrado público solar para accesos de localidades rurales poco iluminadas (Ficha 10).	3.4.			
4. Organización y Finanzas					
4.1. Fortalecer la institucionalidad energética municipal, asegurando recursos, capacidades y normativas que permitan liderar e implementar la	Iniciativa 11: Integración de la planificación energética en el presupuesto de gestión municipal (Ficha 11).	4.6.			



Objetivo	Nombre de la acción o iniciativa	Categoría de Sello	Plazo		
			Corto 2025-30	Mediano 2030-35	Largo 2035 - 40
transición energética a nivel local.	Iniciativa 12: Focalización del financiamiento a proyectos postulados al municipio que incorporen criterios energéticos y/o ambientales (Ficha 12).	4.6.			
	Iniciativa 13: Capacitación funcionaria en eficiencia energética y educación ambiental (Ficha 13).	4.4.			
	Iniciativa 14: Formación de un equipo de profesionales municipales especializados en orientación ciudadana a incentivos públicos en materia de eficiencia energética y energías renovables (Ficha 14).	4.4.			
5. Sensibilización y Cooperación					
5.1. Impulsar una cultura energética comunal a través de la educación, el empoderamiento ciudadano y la cooperación con instituciones educativas.	Iniciativa 15: Campaña municipal dirigida a turistas para el cuidado del medioambiente y energía (Ficha 15).	5.1.			
	Iniciativa 16: Reconocimiento municipal a proyectos turísticos energéticamente sustentables (Ficha 16).	5.6.			



Objetivo	Nombre de la acción o iniciativa	Categoría de Sello	Plazo		
			Corto 2025-30	Mediano 2030-35	Largo 2035 - 40
	Iniciativa 17: Capacitación en eficiencia energética al sector comercio y empresas turísticas (Ficha 17).	5.6.			
6. Movilidad Sostenible					
6.1. Fomentar un sistema de movilidad sustentable, accesible e inclusivo, basado en transporte eléctrico, caminabilidad ²⁹ y conectividad territorial.	Iniciativa 18: Evaluación de circuitos urbanos inter-quebradas para reducir el transporte motorizado (Ficha 18).	6.1.			
	Iniciativa 19: Piloto de transporte público eléctrico de acercamiento comunal (Ficha 19).	6.1.			
	Iniciativa 20: Desarrollo de rutas peatonales dentro del sector urbano (Ficha 20).	6.2.			
	Iniciativa 21: Semana de la movilidad sustentable (Ficha 21).	6.3.			
	Iniciativa 22: Factibilidad ciclovías de conexión intercomunal (Ficha 22).	6.2.			

²⁹ capacidad de un entorno habitado para facilitar y motivar que las personas se desplacen a pie —de forma segura, cómoda, continua, accesible y atractiva— en sus trayectos cotidianos.



8.4 Proyectos Emblemáticos

8.4.1 Proyecto 1: Bus Eléctrico de Acercamiento de Población Rural

a) Antecedentes

En base a los antecedentes trabajados en el diagnóstico territorial, la comuna de Cartagena tiene amplios sectores con localidades rurales, las cuales se encuentran a distancias considerables del centro de la comuna donde se concentran buena parte de los servicios. Así también, la geografía de cerros de la comuna y en especial de la zona urbana, más una población con fuerte presencia de adultos mayores, hace necesario el desplazamiento a través de vehículos de transporte públicos, que poseen baja frecuencia y limitado acceso a ciertas poblaciones rurales. Por este motivo, el Municipio considera un servicio público de acercamiento desde estas zonas y sus alrededores para acceder a servicios básicos (CESFAM, escuelas, SSR, otros) y también para acceder al centro urbano de la comuna.

Actualmente, hay precedentes de comunas de la Región de O'Higgins, que a través de fondos del Gobierno Regional han adquirido buses de acercamiento eléctricos³⁰ para mejorar las condiciones medioambientales asociadas al traslado de poblaciones rurales. Las características que presentan estos buses son: potencia de 320 kW, capacidad de baterías de 326,73 kW, transmisión automática y motor eléctrico; autonomía de 315 km al 80%, tiempo de recarga es de 2 a 4 horas, aire acondicionado, 45 asientos, 2 pantallas LCD, 3 cámaras, asientos reclinables con apoyabrazos y tela o ecocuero, además de cinturón de 3 puntas en todos los asientos.

El sector rural de Cartagena considera una serie de localidades entre las que destacan El Turco, el Parque Industrial Loboma, Lo Abarca, Lo Zárate, La Chacarilla, La Rudilla, Rosario Arriba y Cajón de la Magdalena donde se acaba el camino hacia el poniente.

Se plantean 2 recorridos para abarcar todos estos sectores tal como se explicará en la siguiente tabla y figuras donde se explicitan las distancias en kilómetros y recorridos propuestos.

Así también, de acuerdo con el diagnóstico, se planteó la necesidad de transporte urbano entre las quebradas de la ciudad de Cartagena, por lo que se plantea un último recorrido también que suba y baje por las quebradas de la zona urbana.

La siguiente tabla presenta las distancias en kilómetros desde la Plaza de Cartagena a cada localidad y tres posibles rutas o recorridos de interconexión.

³⁰ <https://www.goreohiggins.cl/noticias/noticias-gore/1147-impulsando-electromovilidad-para-rancagua-gobierno-regional-de-o-higgins-financia-10-buses-electricos-para-el-transporte-publico>



Tabla 33: Kilómetros de recorridos preseleccionados

Sectores	Kms. Desde Plaza de Cartagena	Recorridos
El Turco	17,6	23,8 km (ida y vuelta) (Plaza Cartagena – Parque Industrial Loboma – El Turco – Refugio Paihuen – Fundo Apaltagu – El Turco Parque Industrial Loboma – Plaza Cartagena)
Parque Industrial Loboma	11,7	
Lo Abarca	8	32,2 km (solo ida) (Plaza Cartagena – Lo Abarca – Lo Zárate – La Rudilla – Rosario Arriba – Cajón de la Magdalena – Plaza Cartagena)
Lo Zárate	11	
La Chacarilla	14	
La Rudilla	19	
Rosario Arriba	26	
Cajón de la Magdalena	32	
Zona Urbana		22 km (solo ida) (Plaza Cartagena – Condominio Vicente Huidobro – Los Boldos – Casa Museo Vicente Huidobro – av. Cartagena – Camino Las Verbenas – Av. Padre Santiago Loveluck – Terminal de Buses – El Maquinazo – Camino al Cementerio – Camino a Lo Abarca – Playa San Sebastián)

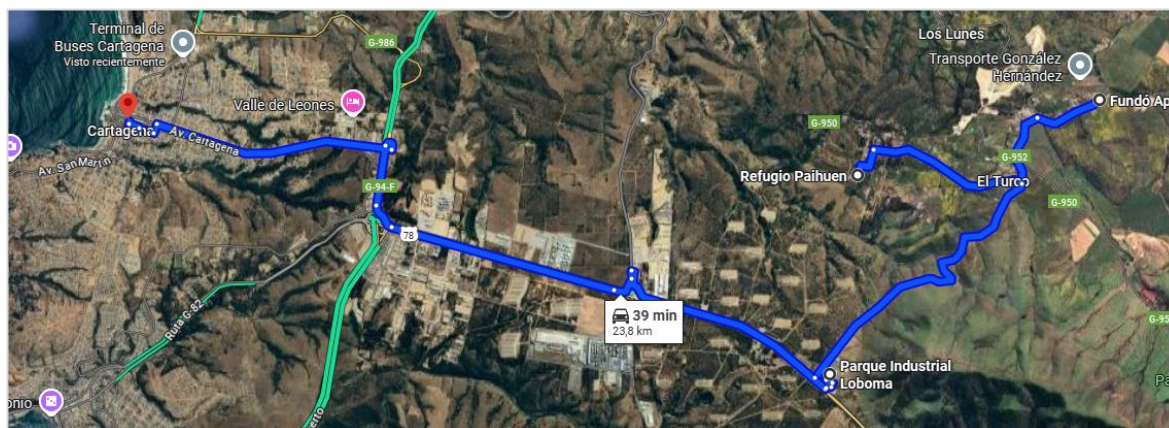


Figura 46: Recorrido 1 Bus Plaza Cartagena – El Turco – Cartagena. Fuente: Google Maps.

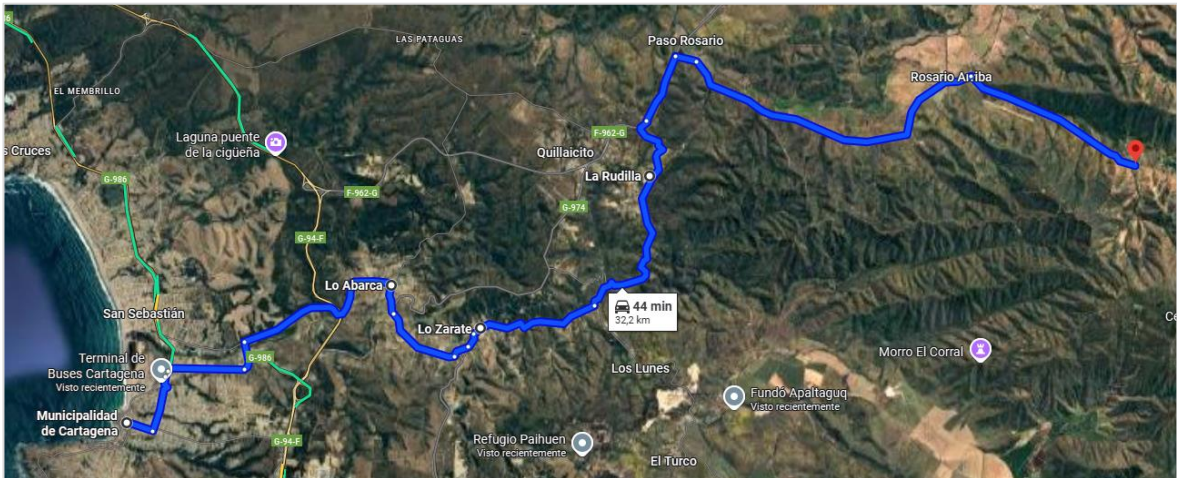


Figura 47: Recorrido 2 Bus Plaza Cartagena – Cajón de la Magdalena. Fuente: Google Maps.

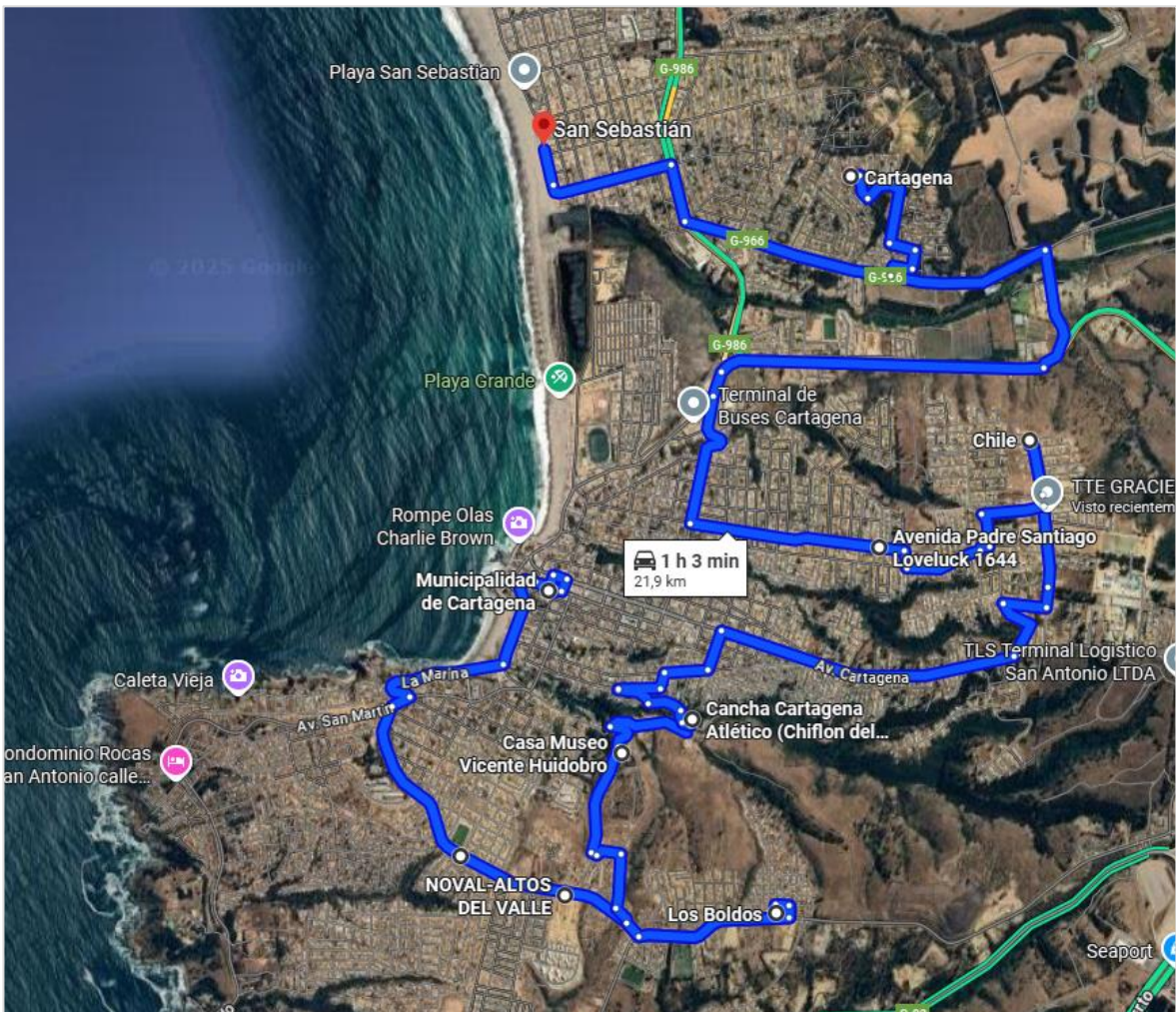


Figura 48: Recorrido 3 Bus Quebradas Zona Urbana. Fuente: Google Maps.



La siguiente tabla presenta los kilómetros por recorrido, acumulados de recorrido directo entre las localidades de los buses de acercamiento.

Tabla 34: Kilómetros de recorrido Bus de Acercamiento en torno a Cartagena.

Tramos del Recorrido	Kms. Tramo	Kms. Acumulados
Recorrido 1 (Plaza Cartagena - El Turco)	23,8	23,8
Recorrido 2 (Plaza Cartagena - Cajón de la Magdalena)	64,4	88,2
Recorrido 3 (Quebradas Zona Urbana)	44	132,2

b) Objetivo:

Incorporar un bus eléctrico piloto para el traslado de población rural y urbana de Cartagena entre las localidades, quebradas y la plaza de Cartagena.

c) Desarrollo técnico

Se propone la adquisición de un bus eléctrico de pasajeros que permita reemplazar el uso de buses a petróleo diésel, actualmente en uso en la comuna.



Figura 49: Bus eléctrico referencial. Fuente: Reborn Electric Motors Chile

Para la evaluación técnica de esta medida se han cuantificado los kilómetros recorridos en los tres recorridos propuestos anteriormente. Y se ha considerado que cada uno de estos tramos se realice 3 veces por día de lunes a viernes dos veces al día los fines de semana y festivos. De esta forma, los kilómetros recorridos en forma semanal y anual son los que se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 35: Kilómetros recorridos para bus eléctrico piloto en la comuna de Cartagena

Período	kms recorridos
por Recorrido	132
por Día	397
por Semana	2.512
por Mes	10.801
por Año	129.609

Los buses que se han propuesto en otras comunas del país para este uso poseen una autonomía de 315 km que podrían quedar un poco ajustados para el funcionamiento diario, sin embargo, se considera posible realizar algunas cargas entre trayectos durante el día para complementar la carga completa diaria requerida. Los buses eléctricos se cargan en promedio en unas 4 horas con un cargador de 150 kW, por lo que una carga completa consumirá 600 kWh, lo que se traduce en un rendimiento de aproximadamente 1,9 kWh/km.

Análisis Energético

En consideración al uso antes señalado del bus eléctrico, se presenta a continuación el análisis de consumo, emisiones y costo asociado al uso anual de esta tecnología de sistema de transporte.

Tabla 36: Análisis energético del uso del bus eléctrico

Ítem	Valor	Unidad
Potencia Cargador	150	kW
Período Carga Diaria	4	horas
Energía Consumida Carga Completa	600	kWh
Autonomía Carga Completa	315	km
Rendimiento Bus Eléctrico	1,90	kWh/km
Distancia recorrida semana	2.512	km
Distancia recorrida anual	129.609	km
Consumo eléctrico anual	246.874	kWh
Factor de emisión SEN ³¹	0,2021	tCO ₂ eq/MWh
Emisiones CO ₂	49,89	tCO ₂ eq
Tarifa eléctrica	\$163	
Costo asociado al consumo eléctrico	\$40.167.643	\$/año

La siguiente tabla presenta un análisis similar para la condición de referencia, correspondiente a un bus a combustible diésel.

³¹ Factor de emisión promedio del SEN para el año 2024 (Energía Abierta, 2025)



Tabla 37: Análisis Energético Alternativa Bus Diésel

Ítem	Valor	Unidad
Distancia recorrida semana	2.512	km
Distancia recorrida anual	129.609	km
Factor emisión CO2 Petróleo Diésel	0,00312	tCO2eq/lt
Factor de conversión Diésel	10,51	kWh/lt
Rendimiento bus a diésel	2,0	km/lt
Consumo diésel semanal	1.255,9	litros
Consumo diésel anual	64.804	litros
Consumo energético anual	681.393	kWh
Emisiones CO2 anuales	202,19	tCO2eq
Tarifa Diésel	\$1.100	
Costo estimado energía	\$71.284.884	\$/año

Presupuesto

En base a la experiencia de otros municipios que han iniciado la implementación de compras de buses eléctricos, se puede estimar que el precio de uno de estos buses ronda los 387 millones de pesos.

Evaluación Técnica-Económica

En base a los consumos energéticos, presupuesto y emisiones, se presenta a continuación los resultados de la evaluación técnico-económica para el proyecto.

Tabla 38: Análisis técnico-económico

Análisis Técnico - Económico	Valor	Unidad
Ahorro energético	434.519	kWh/año
	64%	
Ahorro emisiones	152,30	tCO2eq/año
	75%	
Presupuesto Bus Eléctrico	\$387.000.000	
Ahorro económico	\$31.117.241	\$/año
	44%	
Período de Retorno Simple	12,4	años
Vida útil esperada	10-15	años

En base a lo presentado, el proyecto permitiría ahorros importantes tanto de emisiones como económicos, que incluso podrían gestionarse para que sean más altos, tramitando cambios en la tarifa eléctrica a una de tipo flexible con menor costo en uso nocturno o implementando energía fotovoltaica para autoconsumo.



Cabe señalar también que la vida útil de un bus de este tipo puede superar los 10 a 15 años, incluso llegando a superar los 20 años dependiendo de su uso y un adecuado mantenimiento.

d) Financiamiento

El financiamiento para un proyecto de esta naturaleza requiere un trabajo de desarrollo en varias etapas. Una etapa de preparación del proyecto en sus detalles para ser presentado a fuentes de financiamiento, y otra de búsqueda de fondos y postulación a los mismos. Para ello, la Agencia de Sostenibilidad Energética hace un llamado anual para postular a una Aceleradora de Electromovilidad, para el desarrollo del proyecto. Considerando estas instancias se propone el trabajo en las siguientes dos etapas:

I. Postulación Aceleradora de Electromovilidad

El objetivo de la Aceleradora es apoyar un piloto de movilidad eléctrica a través de:

- Asesoría en el diseño de un piloto
- Hoja de ruta Electromovilidad con el objetivo de apoyar a la organización en avanzar hacia una flota cero emisiones.
- Encuentro con proveedores de vehículos eléctricos, soluciones de carga y otros servicios relacionados a la electromovilidad.
- Abordar la incorporación de flotas eléctricas desde una mirada sistémica, considerando la planificación, operación y mantención de los vehículos eléctricos, e infraestructura de carga.

II. Gestión del Financiamiento

Actualmente, la principal fuente de financiamiento, dada la envergadura de la inversión, son los Gobiernos Regionales. Para ello, el ingreso a la aceleradora de electromovilidad de la Agencia de Sostenibilidad Energética permite preparar el proyecto para poder ser presentado a esta instancia con todos los requerimientos técnicos, para posteriormente desarrollar la evaluación económica y social para su postulación.

8.4.2 Proyecto 2: Proyecto de sostenibilidad energética integral eléctrica y agua caliente sanitaria para el Liceo Vicente Huidobro.

a) Antecedentes

En base a los antecedentes observados de potencial atractivo para desarrollar proyectos de energía solar en la comuna de Cartagena, en la participación ciudadana del estudio surge la posibilidad de dotar al Liceo Poeta Vicente Huidobro de Cartagena de un sistema de generación de agua caliente sanitaria mediante energía solar térmica, destinado a abastecer el área de gastronomía del establecimiento y los servicios higiénicos (baños y duchas). El proyecto busca ser un piloto emblemático de transición energética local en infraestructura educativa, promoviendo el uso de energías limpias en equipamiento municipal.



Actualmente, el liceo no cuenta con un sistema eficiente para agua caliente sanitaria en estos recintos, lo que genera dependencia de energía convencional (electricidad y gas), con altos costos y baja eficiencia.



Figura 50: Ejemplo de sistema solar térmico para agua caliente sanitaria

b) Objetivo:

Diseñar e implementar un sistema de energía solar térmica en el Liceo Poeta Vicente Huidobro, reduciendo los consumos de energía convencional, promoviendo la educación ambiental y generando un caso demostrativo de tecnología limpia en infraestructura pública comunal.

c) Desarrollo técnico

El liceo Poeta Vicente Huidobro incluye enseñanza técnica profesional de gastronomía en sus dependencias, las cuales utilizan considerable agua caliente sanitaria (ACS).

De acuerdo a la información suministrada por el liceo, éste utiliza aproximadamente unos 300-400 litros de agua caliente al día, los que se utilizan principalmente a la hora de almuerzo con algunos consumos menores en la mañana. La siguiente gráfica muestra el perfil de uso diario del ACS, en donde el factor de utilización multiplicado por la cantidad de litros al día permitiría obtener los litros consumidos cada hora.



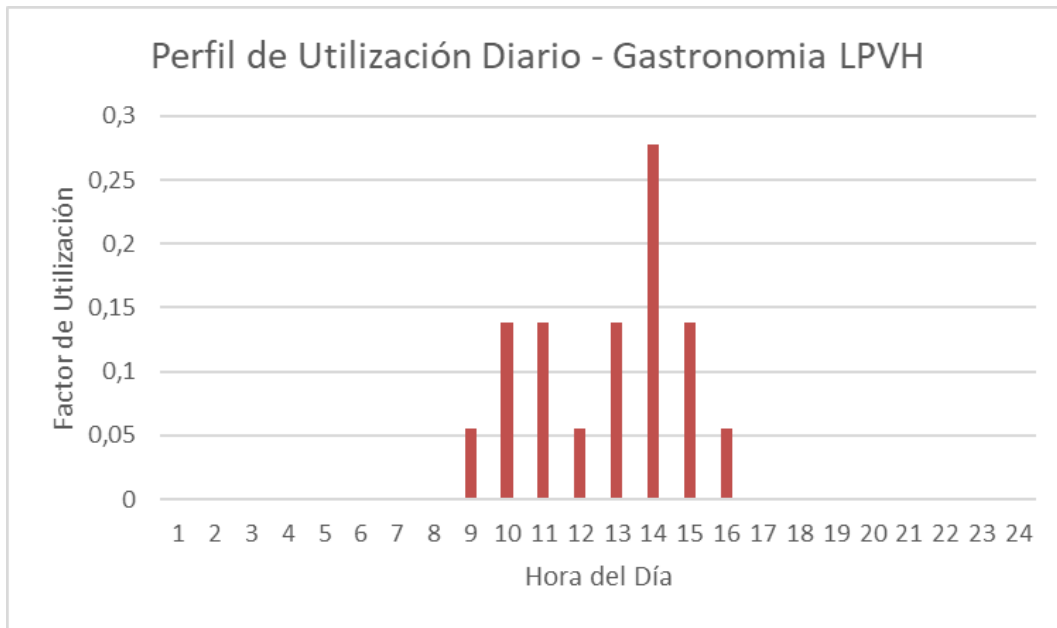


Figura 51: Perfil de consumo del agua caliente sanitaria

El liceo cuenta actualmente con un calefont de 16 litros a gas licuado de petróleo (GLP) y un termo eléctrico de 500 litros, ambos para la generación del ACS del colegio.



Figura 52: Calefont y termo eléctrico existente en el liceo

Para el cálculo de la demanda de agua caliente sanitaria se consideran los lineamientos establecidos en la guía del Ministerio de Energía “Sistemas Solares Térmicos II, Guía de diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria” (Ministerio de Energía, Chile, 2010). Para ello se consideran los siguientes parámetros:

- 400 litros de uso diario
- Uso de lunes a viernes
- Uso de marzo a diciembre
- Temperatura de servicio: 45°C

Temperatura de agua fría de acuerdo a la siguiente gráfica:

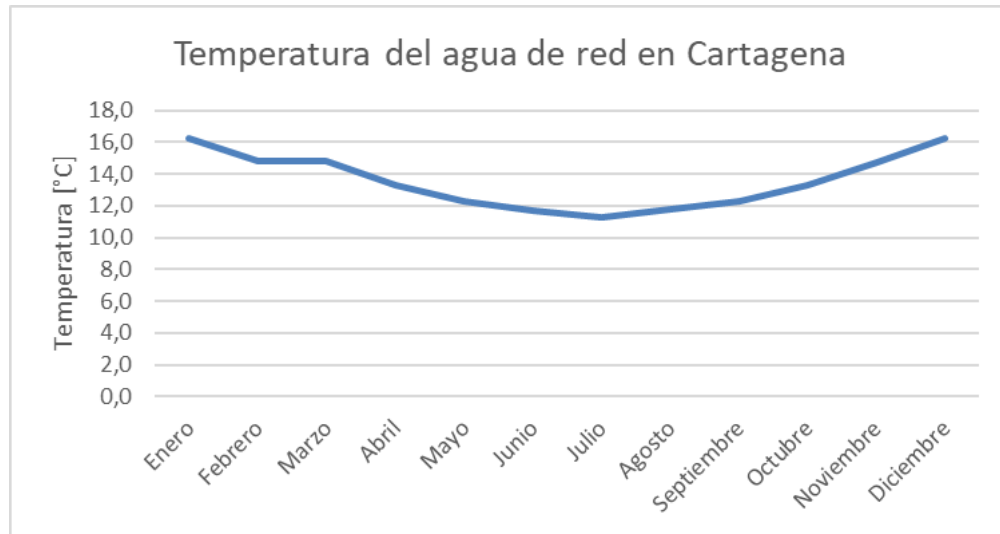


Figura 53: Temperatura de agua fría de la red en Cartagena. Fuente: Anexo VI de Norma Técnica (Minenergía, 2010)³²

Con los parámetros descritos, se utiliza la fórmula siguiente (Ministerio de Energía, Chile, 2010) para el cálculo de la demanda:

$$DE_{ACS} = \frac{Q_{ACS}(T_u) \cdot \rho \cdot Cp \cdot (T_u - T_{AF})}{3600}$$

Donde:

DE_{ACS} = Demanda mensual de energía térmica por ACS [kWh/pers.]

$Q_{ACS}(T_u)$ = Caudal de agua de consumo mensual, considerando días y temperatura de uso [lts/mes.pers]

ρ = Densidad del agua = 1 [kg/lts]

Cp = Calor específico del agua a presión constante = 4,186 [kJ/kg.°C]

T_u = Temperatura de uso o servicio [°C]

T_{AF} = Temperatura de agua de red [°C]

A partir de estos valores se calcula la demanda de energía de ACS del establecimiento que alcanza los 3.236 kWh al año.

³² Norma Técnica que determina algoritmo para la verificación de la contribución solar mínima de los Sistemas Solares Térmicos acogidos a la franquicia tributaria de la Ley N° 20.365

Tabla 39: Cálculo Demanda ACS

GASTRONOMÍA	T. AF (°C)	Días	Consumo ACS (lts)	Demanda Energía (kJ)	Demanda Energía (kWh)
Enero	16,2	0,0	0	0	0
Febrero	14,8	0,0	0	0	0
Marzo	14,8	22,1	8.857	1.119.695	311
Abril	13,3	21,4	8.571	1.137.396	316
Mayo	12,3	22,1	8.857	1.212.385	337
Junio	11,7	21,4	8.571	1.194.804	332
Julio	11,3	22,1	8.857	1.249.461	347
Agosto	11,8	22,1	8.857	1.230.923	342
Septiembre	12,3	21,4	8.571	1.173.276	326
Octubre	13,3	22,1	8.857	1.175.309	326
Noviembre	14,7	21,4	8.571	1.087.164	302
Diciembre	16,2	22,1	8.857	1.067.789	297
TOTAL			87.429	11.648.203	3.236

Tarifas

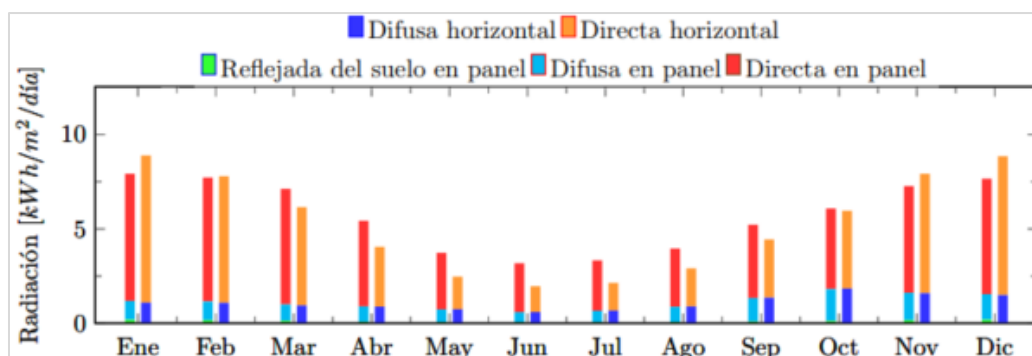
De acuerdo a las facturas suministradas por el liceo, el establecimiento contempla las siguientes tarifas:

- Electricidad, distribuidora Chilquinta, tarifa BT-3 PPP: 175 pesos/kWh (+ IVA).
- Gas licuado, GASCO, tarifa: 273 pesos/lt (+ IVA)

Aunque el liceo informó la existencia de un calefont y un termo eléctrico, se considerará en adelante la evaluación en base al sistema eléctrico, ya que las tarifas de gas informadas son del año 2023 y, por lo tanto, no se consideran confiables para ser aplicadas a la fecha de hoy.

Radiación Solar

De acuerdo a la información suministrada por el Explorador Solar elaborado por la Universidad de Chile y el Ministerio de Energía, que recoge el promedio de valores de radiación entre los años 2004 y 2016, se pueden observar los siguientes datos de radiación solar disponibles para la zona específica en estudio.



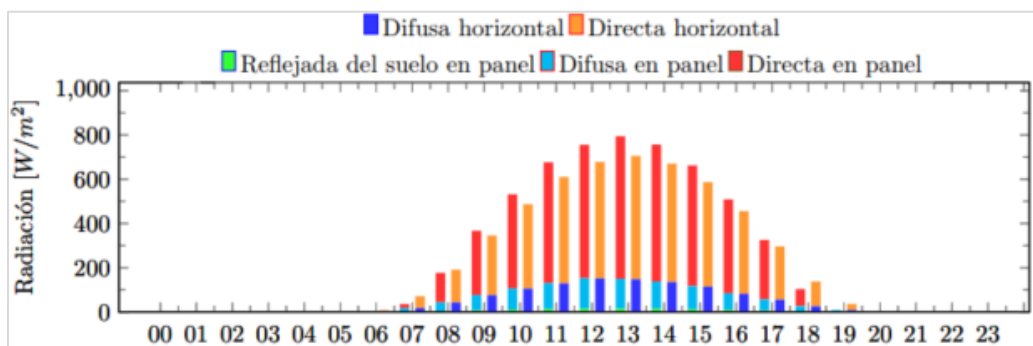


Figura 54. Promedio mensual y horario de insolación diaria incidente en plano horizontal e inclinado. Fuente: Explorador Solar

Los paneles solares térmicos son capaces de producir agua caliente tanto con radiación directa como difusa (reflejada principalmente en las nubes), por lo que el estudio se centra en la radiación total en el panel.

En este sentido, se observa que el periodo de mayor radiación corresponde a los meses de verano, en donde también se presenta un aumento de la temperatura ambiente. Se aprecia, por un lado, en la Figura 53, que el mes con menor radiación disponible corresponde a Junio y que, según la Figura 55, las horas de mayor radiación son entre las 11:00 y las 15:00.

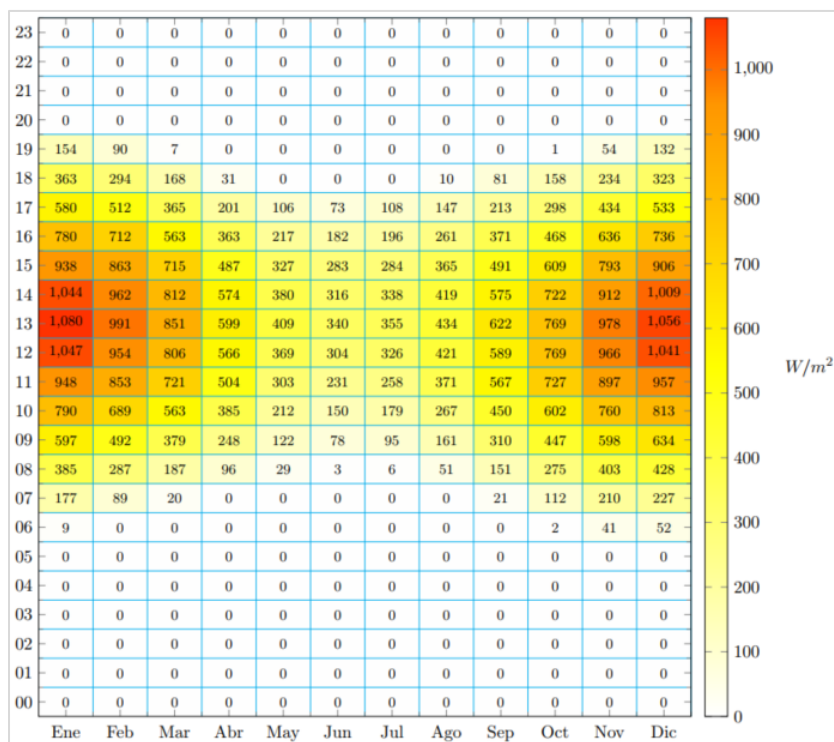


Figura 55. Promedio de radiación global horizontal para cada hora y mes. Fuente: Explorador Solar

Generación Solar Térmica y Evaluación Económica

Para la demanda del liceo, se contempla un Sistema Solar Térmico (SST) con las características señaladas en la siguiente tabla.

Tabla 40: Características SST evaluado

Item	Valor
Inclinación	30°
Azimut	15°
Volumen	250 lts
Área	5 m ²
Eficiencia Óptica Colector	67%
Factor global de pérdidas	3,7
% de tiempo con sombras	0%
Demanda diaria	400 litros

Se realizan las correspondientes simulaciones energéticas mediante el explorador solar para determinar la generación energética de un SST de este tamaño, utilizando el panel solar indicado.

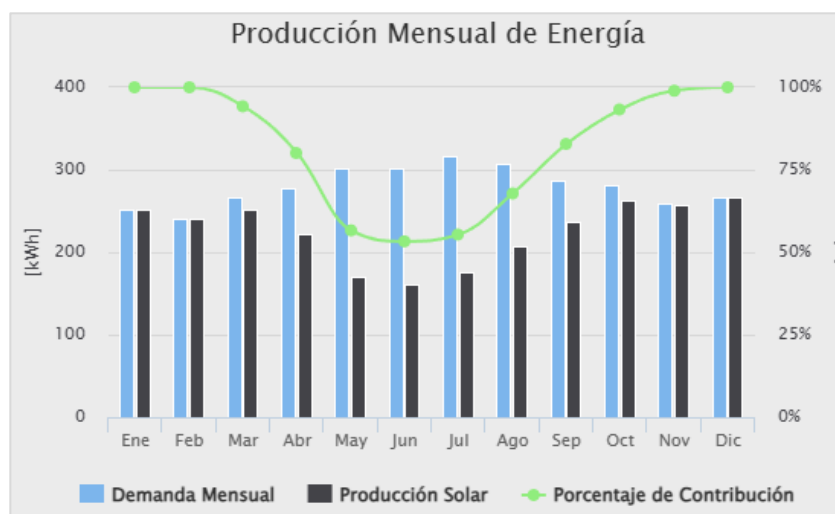


Figura 56. Producción Solar Térmica Mensual. Fuente: Explorador Solar

La producción energética y los ahorros esperados se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 41. Generación y ahorro estimado por el sistema solar térmico.

Sistema Propuesto	Valores
Generación SST (ahorro energético) [kWh]	2.706
Demanda ACS [kWh]	3.236
Eficiencia Termo Eléctrico	100%
Ahorro Energético	84%
Tarifa energética	\$175
Ahorro Económico Anual	\$473.550
Inversión Estimada	\$2.000.000
Período de Retorno [años]	4,2
Vida útil esperada [años]	15-20

En base a lo presentado, el proyecto permitiría ahorros muy significativos con un período de retorno en torno a los 4 años para el liceo. Esto teniendo en cuenta que la vida útil de un sistema solar térmico de este tipo ronda entre los 15 a 20 años con un correcto mantenimiento.

d) Financiamiento

El financiamiento para un proyecto de esta naturaleza por ser de baja inversión podría considerar la postulación a un fondo de la Agencia de Sostenibilidad Energética o incluso financiamiento directo municipal. También se pueden considerar fondos tipo FNDR o FAE.

9 Plan de seguimiento del Plan de Acción

La Estrategia Energética Local (EEL) de la comuna de Cartagena ha sido impulsada y coordinada desde la Dirección de Medio Ambiente, Aseo y Ornato, con participación de distintos profesionales de distintas direcciones pertenecientes al municipio. Este enfoque ha permitido incorporar una visión transversal del desarrollo energético comunal, con participación tanto de funcionarios municipales como de representantes de la comunidad organizada.

Una vez concluida la etapa de formulación participativa de la EEL y su validación por el Honorable Concejo Municipal, se hace necesario definir un modelo de seguimiento e implementación del plan de acción. En línea con las recomendaciones de la Guía Metodológica para el Desarrollo de Estrategias Energéticas Locales (2024), se propone:

- La designación mediante decreto alcaldicio de un Encargado Energético Municipal (CEM), quien será responsable de liderar la implementación del plan de acción.
- La conformación de un Comité Energético Municipal, como instancia de coordinación interdepartamental y técnica, encargada del seguimiento, priorización y articulación de las iniciativas de la EEL.

La representatividad de los miembros del CEM se establece, en primer lugar, según el rol y la relación de cada departamento o unidad municipal con el tipo de iniciativa contemplada en el plan de acción. De esta manera, se garantiza también la representatividad territorial y sectorial. Por ejemplo, las iniciativas de carácter agrícola estarán vinculadas al Programa de Desarrollo Local (Prodesal) de la municipalidad, mientras que aquellas relacionadas con el sector turismo corresponderán al Departamento de Gestión Turística Sostenible y Patrimonio Local, ambos dependientes de la Dirección de Desarrollo Económico Local. Esta lógica se mantiene de acuerdo con la composición sugerida en el apartado siguiente.

Asimismo, en concordancia con los compromisos asumidos en el marco de Comuna Energética, la municipalidad deberá procurar la equidad de género entre los participantes del CEM.

Dado el enfoque transversal de las iniciativas contenidas en la estrategia, se recomienda que el comité esté compuesto por representantes de las siguientes unidades municipales:



Tabla 42. Composición Sugerida del Comité Energético Municipal.

REPARTICIÓN MUNICIPAL	ROL EN EL COMITÉ ENERGÉTICO
Secretaría Comunal de Planificación (SECPLA)	Coordinación estratégica y seguimiento del plan Vinculación ambiental y proyectos de eficiencia energética
Dirección de Medio Ambiente, Aseo y Ornato (DIMA O)	Coordinación estratégica y asesoramiento ambiental
Dirección de Obras Municipales (DOM)	Normativa urbana y permisos para infraestructura energética
Dirección de Desarrollo Comunitario (DIDECO)	Enlace con organizaciones sociales y territoriales
Dirección de Tránsito y Transporte Público	Coordinación de iniciativas de movilidad sostenible
Dirección de Desarrollo Económico Local y Turismo	Fomento de emprendimientos energéticos sostenibles
Administración y Finanzas	Revisión presupuestaria y coordinación de recursos externos
Unidad de Emergencias y Seguridad Pública	Articulación con estrategias de resiliencia energética
Unidad de Educación Municipal (DAEM)	Implementación de acciones educativas en EE y ERNC
Unidad de Salud Municipal (DESAMU)	Coordinación de acciones en establecimientos de salud

Las principales tareas del Comité serán:

- Establecer instancias periódicas para actualizar el plan de acción según el contexto comunal y las oportunidades de financiamiento disponibles.
- Realizar reuniones semestrales de reporte dirigidas al Alcalde/sa, Concejo Municipal y funcionarios municipales involucrados.
- Comunicar el estado de avance de la implementación de la Estrategia Energética Local a la Agencia de Sostenibilidad Energética (ASE) y a la Seremi de Energía de la Región de Valparaíso.
- Mantener el vínculo con actores del sector privado y organizaciones comunitarias que participaron en la formulación de la EEL.
- Realizar seguimiento activo a convocatorias y programas de financiamiento, en especial aquellos del programa Comuna Energética u otros fondos ministeriales o internacionales.
- Participar en las actividades organizadas por la Red de Comunas Energéticas, contribuyendo con buenas prácticas y aprendizaje colectivo.

Para operacionalizar el seguimiento del plan de acción, se propone desarrollar una Hoja de Control de Gestión del Plan, de carácter compartido entre los miembros del Comité. Esta hoja contendrá:

- Las iniciativas priorizadas del plan.
- Fechas de inicio y término esperadas.



- Porcentaje de avance por acción.
- Fuentes de financiamiento.
- Principales hitos y responsables.
- Incidencias o alertas de implementación.

Este sistema podrá ser desarrollado inicialmente en formato Excel compartido, permitiendo una visualización clara del estado del plan. En una segunda etapa, el municipio podrá optar por plataformas digitales especializadas en gestión de planes de acción y eficiencia energética

Asimismo, se recomienda establecer un calendario anual de seguimiento, con al menos dos reuniones formales del Comité, y una sesión anual abierta al Comité Ambiental Comunal, COSOC u otros actores relevantes para rendir cuentas públicas de los avances e incorporar retroalimentación ciudadana al proceso.



10 Recomendaciones y Conclusiones

El desarrollo de la Estrategia Energética Local para la comuna de Cartagena y su Plan de Acción constituye una herramienta estratégica de gestión, capaz de orientar de manera integral el impulso de las energías renovables y el uso eficiente de la energía en el territorio. Este instrumento recoge las particularidades del diagnóstico energético comunal y traduce sus resultados en líneas de acción concretas que aprovechan los recursos locales, fortalezcan la gobernanza y promueven la participación ciudadana.

A continuación, se sintetizan los hallazgos del diagnóstico energético y las iniciativas de acción en un conjunto de directrices estratégicas destinadas a orientar las políticas, programas y proyectos de la comuna de Cartagena. A través de un enfoque que busca combinar gobernanza, financiamiento, planificación territorial, participación ciudadana y monitoreo, estas recomendaciones pretenden asegurar la implementación efectiva y sostenible de la Estrategia Energética Local, maximizando sus beneficios sociales, ambientales y económicos.

Las oportunidades identificadas en Cartagena se resumen en:

- Un municipio dispuesto a incorporar criterios de sustentabilidad en sus instrumentos de planificación y ordenamiento territorial.
- Un recurso solar fotovoltaico de alto potencial, aprovechable en cubiertas de viviendas, comercios e infraestructura pública.
- Una comuna de desarrollo rural con vocación productiva (agrícola y turística) que puede beneficiarse de soluciones off-grid (bombeo solar, energización de servicios básicos).
- Un patrimonio cultural y natural que facilita proyectos de energía renovable con valor añadido turístico y educativo.
- Una parte de comunidad local motivada, que ha participado en talleres y encuestas, aportando un diagnóstico crítico y voluntad de colaboración.

Los desafíos para su implementación exitosa son:

- Definir y capacitar un equipo municipal especializado, alojado en una unidad energética con mandato claro.
- Vincularse de forma sistemática a los concursos y programas de la Agencia de Sostenibilidad Energética y otros fondos de financiamiento.
- Integrar la EEL con los instrumentos de ordenamiento territorial y el Plan de Acción Climática Comunal para generar sinergias.
- Constituir un Comité Energético multidisciplinario que incluya a representantes de SECPLA, Medio Ambiente, Obras, Servicios Sociales, el sector privado, academia y sociedad civil.



- Mantener una colaboración continua público-privada para cofinanciar y escalar iniciativas piloto (recambio de luminarias, aislamiento térmico, autoconsumo colectivo), existiendo un potencial asociado a la industria vitivinícola.
- Diseñar y ejecutar un plan de comunicación y sensibilización que difunda avances, logros y aprendizajes a toda la ciudadanía.
- Involucrar formalmente a las organizaciones sociales, juntas de vecinos y gremios productivos en el seguimiento y ajuste de las metas; dado que la participación actual es parcial y episódica, hay capacidades y tiempos limitados en municipio y organizaciones, y coexisten intereses productivos diversos (turismo, agricultura, comercio) que requieren mediación y datos de monitoreo para acordar ajustes realistas de la EEL.

Con estas recomendaciones, Cartagena contará con una hoja de ruta robusta, participativa y alineada con sus realidades y aspiraciones, que permitirá transformar el diagnóstico energético en resultados tangibles, en beneficio de su desarrollo sustentable y de la calidad de vida de sus habitantes.



11 Bibliografía

Agencia de Sostenibilidad Energética (2024). *Guía Metodológica para la elaboración de Estrategias Energéticas Locales*.

BCN (2021). *Política Nacional de Ordenamiento Territorial (PNOT)*. Recogido de bcn.cl: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?i=1195788>

BCN (2024). *Reportes Municipales*. Recogido de dbcn.cl: https://www.bcn.cl/siit/reportescomunales/comunas_v.html?anno=2021&idcom=16101

BID (2013). *Apoyo a la eficiencia energética en el sector residencial y municipal*.

CDT (2015). *Manual de Acondicionamiento Térmico de Viviendas*.

CDT (2015). *Medición del consumo nacional de leña y otros combustibles sólidos derivados de la madera*.

CGE (2025). *Portal PMGD-Netbilling*. Recogido de <https://plataformagdympgd.cge.cl/portal/cge>

CONAF (2023). Explorador de bioenergía forestal de Conaf.

Concha, C., & Serey, A. (2015). *Mapa de unidades geomorfológicas de Chile: Escala 1:1.000.000*. Ministerio del Medio Ambiente. Recogido de <https://sig.mma.gob.cl/>

DGA (2020). *Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad: Cuenca del río Itata*. Ministerio de Obras Públicas.

Elaboración propia (2025) a partir de cartografía SIG comunal, verificada con Google Earth y Carta Hidrográfica DGA (2022), más observación participativa durante la caracterización de localidades rurales.

INE. (2020) *Censo de Población y Vivienda 2017 y Proyecciones de población comunal 2018–2035*.

INE (2019) *Indicadores de Calidad de Plazas y Parques Urbanos*. Recogido de INE.cl: <https://storymaps.arcgis.com/stories/391dac6ee0c3438fbf186aed3ea1cff1>

INE (2017) *Censo 2017*. Recogido de ine.cl: <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/sociales/censos-de-poblacion-y-vivienda/censo-de-poblacion-y-vivienda>

INFOR (2023). *Superficie plantaciones forestales*. Recogido de infor.cl <https://ifn.infor.cl/index.php/informacion-regional/region-de-nuble>

MBN (2024) *Geoportal IDE Chile: Infraestructura de Datos Geoespaciales*. <https://www.geoportal.cl> (consulta diciembre 2024).

MDSF (2018). *Informe sobre pobreza por ingresos y pobreza multidimensional en Chile, según CASEN 2017*. Observatorio Social. <https://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/encuesta-casen-2017>

MDSF (2023). *Encuesta CASEN 2017 y 2022*. <https://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/>



MINEDUC (2024). *Datos Abiertos Ministerio de Educación*. Recogido de [datosabiertos.mineduc.cl](https://datosabiertos.mineduc.cl/directorio-de-establecimientos-educacionales/): <https://datosabiertos.mineduc.cl/directorio-de-establecimientos-educacionales/>

MINEDUC (2023). *Bases de datos de matrícula y establecimientos educacionales*. <https://datosabiertos.mineduc.cl/>

Minenergía (2025). *Genera tu propia energía*. Recogido de autoconsumo.minenergia.cl: <https://autoconsumo.minenergia.cl/>

Minenergía (2024). *Plan de Descarbonización*. Recogido de [energia.gob.cl](https://energia.gob.cl/panel/plan-de-descarbonizacion): <https://energia.gob.cl/panel/plan-de-descarbonizacion>

Minenergía (2024). *Plan Sectorial de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático*. Recogido de [energia.gob.cl](https://energia.gob.cl/consultas-publicas/plan-de-mitigacion-y-adaptacion-al-cambio-climatico-del-sector-energia): <https://energia.gob.cl/consultas-publicas/plan-de-mitigacion-y-adaptacion-al-cambio-climatico-del-sector-energia>

Minenergía (2023). *Plan de Descarbonización*. Recogido de [Energía.cl](https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/20230801_jornada_mesa_descarbonizacion_vfinal.pdf): https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/20230801_jornada_mesa_descarbonizacion_vfinal.pdf

Minenergía (2022). *Política Energética 2050*. <https://energia.gob.cl/energia2050>

Minenergía (2022). *Plan Nacional de Eficiencia Energética 2022–2026*. <https://energia.gob.cl/plan-nacional-de-eficiencia-energetica>

Minenergía (2020). *Estrategia de Transición Energética Residencial*. Gobierno de Chile. https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/estrategia_de_transicion_energetica_residencial13082020.pdf

MINSAL - DEIS. (2023). *Estadísticas de salud comunales*. <https://deis.minsal.cl/>

MINSAL (2024). *Datos Abiertos Salud*. [datos.gob.cl](https://datos.gob.cl/dataset/establecimientos-de-salud-vigentes/resource/2c44d782-3365-44e3-aefb-2c8b8363a1bc): <https://datos.gob.cl/dataset/establecimientos-de-salud-vigentes/resource/2c44d782-3365-44e3-aefb-2c8b8363a1bc>

MINVU (2001). *Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC)*. Decreto Supremo N°75. <https://www.leychile.cl/navegar?idNorma=186911>

MINVU (s.f.). *Déficit habitacional*. Centro de Estudios MINVU. <https://centrodeestudios.minvu.gob.cl/deficit-habitacional/>

MMA (2024). *Acuerdo de París 2015*. Recogido de [cambioclimatico.mma.gob.cl](https://cambioclimatico.mma.gob.cl/negociacion-internacional/): <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/negociacion-internacional/>

MMA (2024). *Estrategia Climática Largo Plazo*. Recogido de [cambioclimatico.mma.gob.cl](https://cambioclimatico.mma.gob.cl/estrategia-climatica-de-largo-plazo-2050/descripcion-del-instrumento/): <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/estrategia-climatica-de-largo-plazo-2050/descripcion-del-instrumento/>

MMA (2020). *Contribución Determinada a Nivel Nacional de Chile*. https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/08/NDC_2020_Espanol_PDF_web.pdf

<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1088773>



MMA (s.f.). *Ecosistema bosque esclerófilo mediterráneo interior*. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (Simbio).

<https://simbio.mma.gob.cl/Ecosistemas/Details/46>

MMA (s.f.). *Atlas de Riesgo Climático ARCLim*. Recogido diciembre 2024, de

<https://arclim.mma.gob.cl/>

MMA (s.f.). *Atlas de Riesgo Climático: Incendios en plantaciones forestales*.

https://arclim.mma.gob.cl/atlas/view/incendios_plantaciones_forestales/

MMA (s.f.). *Explorador de Amenazas Climáticas - ARCLim*.

<https://arclim.mma.gob.cl/amenazas/>

MMA (s.f.). *Mapas de riesgo por cadena de impacto*:

https://arclim.mma.gob.cl/atlas/sector_index/infraestructura_energia/

Noticias de la Ciencia y Tecnología (2023). *Bomba de calor geotérmica: mayor eficiencia*.

<https://noticiasdelaciencia.com/art/46536/bomba-de-calor-geotermica-mayor-eficiencia>

https://www.sectra.gob.cl/encuestas_movilidad/encuestas_movilidad.htm

ODECU (2023). *Estudio de Aceites Vegetales Comestibles*. Organización de consumidores y usuarios. Fondo Concursable para Asociaciones de Consumidores.

<https://www.odecu.cl/wp-content/uploads/2020/02/INFORME-ESTUDIO-DE-ACEITES-DICIEMBRE-2023.pdf>

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2015). *District energy in cities: unlocking the potential of energy efficiency and renewable energy*. Recogido de

<https://www.unep.org/resources/report/district-energy-cities-unlocking-potential-energy-efficiency-and-renewable-energy>

SII (2023). *Estadísticas de empresas y trabajadores por rubro económico y tamaño*.

<https://www.sii.cl/>

Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (Simbio).

<https://simbio.mma.gob.cl/Ecosistemas/Details/46>

Subdere (2022). *Sistema Nacional de Información Municipal (SINIM)*.

<https://datos.sinim.gov.cl/>

Subdere (2024). *Informe Diagnóstico y catastro nacional de residuos sólidos domiciliarios*.

Subsecretaría del Patrimonio Cultural (s.f.). *Patrimonio Urbano*. Gobierno de Chile. Recogido diciembre 2024, de <https://www.patrimoniourbano.cl/>

SISS (2023). *Informe anual de coberturas urbanas de servicios sanitarios*. Gobierno de Chile.

https://www.siss.gob.cl/586/articles-19543_recurso_1.pdf

